

**DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA REUTILIZACION DE CIRCUITOS DE  
OXIGENOTERAPIA.**

**CLARA ISABEL LÓPEZ GUALDRÓN  
JULIÁN MAURICIO ROMERO GÓMEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA  
2004**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA REUTILIZACION DE CIRCUITOS DE  
OXIGENOTERAPIA.**

**CLARA ISABEL LÓPEZ GUALDRÓN  
JULIÁN MAURICIO ROMERO GÓMEZ**

Trabajo de grado presentado como requisito  
parcial para optar por el título de  
**DISEÑADOR INDUSTRIAL.**

**Director: JUAN CARLOS MORENO MUÑOZ.  
Diseñador Industrial**

**Co-Director: CARLOS RODRIGO CORREA CELIS  
Ingeniero Químico, Ph.D**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2004**

## DEDICATORIA

A mi hija motivo de mi despertar... tu existencia me impulsa, tu compañía me llena, tu eres esperanza para mis ojos... tu eres un nuevo comienzo y toda la inspiración que alguien puede sentir... te regalo el inicio de mi trabajo y te garantizo que es solo el principio...por ti y para ti mi mariposa, el ser que mas amo. Siempre Cata.

A mi mejor amigo, mi guía, mi compañía, mi ejemplo... es imposible sentirse solo cuando se piensa en ti... te debo todo lo que soy... gracias por encontrar la manera de hablarme desde tan alto... gracias por estar siempre conmigo... Papá.

A la mujer colombiana y todo lo que encierra esta palabra, tú eres fuerza, dedicación y entrega...Nuestras diferencias me enseñan, tu nobleza me sorprende, tu fortaleza me inspira y tu amor es de manera extrema correspondido, a ti te debo la vida más de una vez...gracias Mamita.

A mi país, el lugar de todos mis recuerdos, mi dolor, mi amor y mi esperanza están debajo de los guayacanes... la gente que amo, el paisaje que recuerdo, la raza que orgulloso ostento...que ni siquiera el tiempo, la distancia, el dolor o el éxito me alejen de ti, mi tierra amada, Colombia.

**Mauro**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos de manera especial a quienes han participado con su esfuerzo personal y profesional en la elaboración de esta propuesta y para todos aquellos que la acogen con entusiasmo y buena voluntad.

Gracias por acompañarnos:

Clínica Materno Infantil San Luís CMISL

Ligia Rincón, Enfermera Jefe CMISL

Doctor Luís Fernando Duque, Gerente CMISL

Ingeniero Carlos Rodrigo Correa, Co-Director de proyecto

Diseñador Juan Carlos Moreno, Director de Proyecto

Ingeniero Carlos Amaya, Jefe de Producción METALTECO

Ingeniero Industrial Danny Cruz

Jorge Alfonso Reyes, Gerente Tejas Centro

Finalmente, pero no menos importante, agradecemos a nuestra familias por todo su apoyo, paciencia, esfuerzo y amor a nosotros y cada una de las cosas que hacemos, esta obra también es fruto de su esfuerzo.

**TITULO: DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA REUTILIZACION DE CIRCUITOS DE OXIGENOTERAPIA.<sup>1</sup>**

**AUTORES: CLARA ISABEL LÓPEZ GUALDRÓN  
JULIÁN MAURICIO ROMERO GÓMEZ\*\***

**PALABRAS CLAVES:** reutilización elementos oxigenoterapia, desinfección microondas, secado convección, mangueras oxigenoterapia, aplicación medica microondas, diseño equipo médico, protocolo limpieza - desinfección, bacterias Intrahospitalarias.

**RESUMEN:**

Con el ánimo de aportar al compromiso ético y social adoptado por los entes prestadores de salud, y ante la imposibilidad de controlar la presencia, en la población, de las Infecciones Intrahospitalarias (IN); formulamos, desde la óptica del Diseño Industrial, una solución que busca reducir su incidencia en los servicios de oxigenoterapia. Enmarcada dentro de la premisa fundamental de la medicina, “primun non nocere” (ante todo no hacer daño); se adelanta una propuesta basada en el diseño, construcción e implementación de un sistema tendiente a la reutilización de mangueras de oxigenoterapia, que involucra una aproximación diferente basada en la aplicación de tecnologías no convencionales y de una nueva metodología protocolaria de limpieza y desinfección.

Mediante un minucioso análisis de los diversos mecanismos de evaluación y definición, entre los que se destacan: laboratorios, pruebas, muestreos, entrevistas, encuestas, sondeos y observaciones; frente al proceso actual de reutilización de circuitos, a la incidencia de las IN y a las numerosas alternativas de diseño planteadas, se dió nombre a esta propuesta. SROC, Sistema de Reutilización de Circuitos de Oxigenoterapia, es un conjunto de operaciones interrelacionadas que contribuyen de manera directa al aforismo “es mejor prevenir que curar” que sin duda enmarca actualmente la labor de la comunidad médica en el mundo en cuanto al control de enfermedades se refiere y mas aún, si la posibilidad de contagio es su directa responsabilidad.

De esta manera se genera una alternativa de solución a una problemática global, que por supuesto, obedece a diferentes matices, que van desde el carácter socio-económico, como es el caso colombiano, hasta la cultura de conservación y protección del medio ambiente, presente en los países del primer mundo.

Concientes de las limitaciones de la propuesta, esperamos esta sirva de motivación y punto de partida de nuevas investigaciones, en un lugar donde desafortunadamente realizar esta labor no es para nada fácil, pero si podemos garantizar con nuestra experiencia personal que es inmensamente gratificante.

**TITLE: DEVELOPMENT OF A OXYGEN´S CIRCUITS REUTILIZATION SYSTEM. \***

---

<sup>1</sup> Trabajo de Grado

<sup>\*\*</sup> Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Diseño Industrial; Director: Juan Carlos Moreno, Codirector: Carlos Rodrigo Correa.

**AUTHORS: CLARA ISABEL LÓPEZ GUALDRÓN**

**JULIÁN MAURICIO ROMERO GÓMEZ \*\***

**KEY WORDS:** reuse elements, oxygen's circuits, disaffection microwaves, dried convection, oxygen's therapy hoses, medical application of microwaves, design of medical device, cleaning – disaffection's protocol, bacteria's Intrahospitalarias.

**ABSTRACT:**

With the spirit of contributed to the ethical and social commitment adopted by the entities lenders of health, and the impossibility of control the presence, in the population, of the Nosocomial's Infections (IN); we formulate, from the Industrial Design optical, a solution that want reduce their incidence in the breathing therapy's services. Framed inside the fundamental medical premise, "primun non nocere" (above all not to harm); the thesis ahead a propose based on the design, construction and implementation of a system tending to the reutilization of oxygen's therapy's hoses that involves a different approach based on the application of non conventional technologies and of a new protocol methodology of cleaning and disaffection.

By means of a meticulous analysis of the diverse evaluation mechanisms and definition, among those that stand out: laboratories, tests, samplings, interviews, surveys, polls and observations; in front of the current process of reuse circuits, to the incidence of those seek and the numerous outlined design alternatives, that gave the name to this propose. SROC, System of Reuse of Oxygen Circuits, this is a group of interrelated operations that contribute of a directly way to the aphorism "it is better to prevent that to cure" that without doubts, it's frames at the work of the medical labor's community on the world at the moment of refers to the illnesses control and but still, if the infection possibility is yours direct responsibility.

At This way a solution alternative to a global problem is generated, of course it obeys to different shades, since from the social economics character, like it is the Colombian case, until the conservation and protection's environment culture, present in the first world countries.

Connoisseur about the limitations of the propose, we wait this job serves as motivation and starting point of new investigations, in a locus in quo to carry out this work is not unfortunately for anything easy, but if we can guarantee with our personal experience that is vastly rewarding.

---

\* Thesis Project

\*\* Physic Mechanical Faculty, Industrial Design School; Director: Juan Carlos Moreno, Codirector: Carlos Rodrigo Correa.

## CONTENIDO

pág.

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCCION .....</b>  | <b>18</b> |
| <b>1. ANALISIS PRELIMINAR.....</b>   | <b>19</b> |
| <b>1.1 TITULO DEL PROYECTO.....</b>  | <b>19</b> |
| <b>1.2 ORIGEN DEL PROYECTO.....</b>  | <b>19</b> |
| <b>1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>                                    | <b>20</b> |
| <b>1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>                                      | <b>21</b> |
| 1.4.1 SÍNTOMAS .....   | 21        |
| 1.4.2 POSIBLES CAUSAS.....   | 21        |
| 1.4.3 PRONÓSTICO .....   | 22        |
| 1.4.4 DIAGNOSTICO .....  | 23        |
| <b>2. JUSTIFICACIÓN .....</b>  | <b>24</b> |
| <b>3. OBJETIVOS .....</b>  | <b>26</b> |
| <b>3.1 OBJETIVO GENERAL .....</b>  | <b>26</b> |
| <b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN .....</b>            | <b>26</b> |
| <b>3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL DESARROLLO PROYECTUAL .....</b>               | <b>26</b> |
| <b>4. MARCO DE REFERENCIA.....</b>   | <b>28</b> |
| <b>4.1 MARCO TEÓRICO .....</b>   | <b>28</b> |
| 4.1.1 PROTOCOLO DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE ELEMENTOS DE OXIGENOTERAPIA..... | 28        |
| 4.1.1.1 Descontaminación.....  | 28        |
| 4.1.1.2 Limpieza .....   | 28        |
| 4.1.1.3 Desinfección .....   | 29        |
| 4.1.1.4 Esterilización .....   | 29        |
| 4.1.2 OXIGENOTERAPIA.....  | 29        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 4.1.3      | NIVEL DE LIMPIEZA PARA ACCESORIOS DE EQUIPOS MÉDICOS .....                                  | 31        |
| 4.1.4      | MICROBIOLOGÍA BACTERIANA.....   | 32        |
| 4.1.4.1    | Morfología bacteriana.....  | 32        |
| 4.1.4.2    | Composición química .....   | 33        |
| 4.1.4.3    | Nutrición y crecimiento.....  | 33        |
| 4.1.4.4    | Genética bacteriana. ....   | 34        |
| 4.1.4.5    | Las mutaciones. ....  | 34        |
| 4.1.4.6    | Tamaño de las bacterias.....  | 35        |
| 4.1.4.7    | Efectos físicos sobre las bacterias.....  | 35        |
| 4.1.4.8    | Relaciones entre la bacteria y su huésped.....  | 36        |
| 4.1.5      | INFECCIONES BACTERIANAS.....  | 36        |
| 4.1.6      | INFECCIONES INTRAHOSPITALARIAS .....  | 37        |
| 4.1.6.1    | Medio de transmisión de IN.....   | 37        |
| 4.1.6.2    | Panorama general sobre infecciones nosocomiales. ....                                       | 38        |
| 4.1.6.3    | Grafico 8 Prevalencia De Gérmenes Hospital De Caldas 1989-1993 .....                        | 43        |
| 4.1.7      | MÉTODOS DE SECADO.....  | 44        |
| 4.1.7.1    | Calor.....  | 44        |
| 4.1.7.2    | Radiación.....  | 45        |
| 4.1.8      | MÉTODOS DE DESINFECCIÓN.....  | 46        |
| 4.1.8.1    | Resistencia innata de los gérmenes a los compuestos utilizados para la<br>desinfección..... | 46        |
| 4.1.8.2    | Calor.....  | 46        |
| 4.1.8.3    | Autoclave.....  | 46        |
| 4.1.8.4    | Esterilización Por Gas.....   | 47        |
| 4.1.8.5    | Desinfección por microondas.....  | 48        |
| 4.1.8.6    | Desinfección por radiación solar.....   | 48        |
| 4.1.8.7    | Desinfección por agentes químicos en estado líquido.....                                    | 49        |
| <b>4.2</b> | <b>MARCO CONCEPTUAL .....</b>   | <b>51</b> |
| <b>4.3</b> | <b>MARCO ESPACIAL .....</b>   | <b>54</b> |
| <b>4.4</b> | <b>MARCO LEGAL .....</b>  | <b>54</b> |
| 4.4.1      | A NIVEL DE MANEJO DE AGUAS.....   | 54        |
| 4.4.2      | A NIVEL DE RESIDUOS SOLIDOS .....   | 55        |
| 4.4.3      | A NIVEL DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL .....  | 55        |
| 4.4.4      | A NIVEL DE REGULACIÓN.....  | 55        |
| 4.4.5      | A NIVEL DE TRANSFORMACIÓN DE PROCESOS .....   | 56        |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>5.</b>  | <b>ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL CMISL .....</b>                   | <b>57</b> |
| <b>5.1</b> | <b>MONITOREOS DE CULTIVOS BACTERIOLÓGICOS CMISL.....</b>       | <b>57</b> |
| <b>5.2</b> | <b>ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS CMISL.....</b>                 | <b>62</b> |
| 5.2.1      | ANÁLISIS DE PROCESO DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN .....           | 62        |
| 5.2.2      | VOLUMEN Y ROTACIÓN DE MANGUERAS .....                          | 67        |
| <b>5.3</b> | <b>ANÁLISIS DE COSTOS CMISL .....</b>                          | <b>68</b> |
| 5.3.1      | ANÁLISIS DE GASTO DE RECURSOS ENERGÉTICOS.....                 | 68        |
|            | 5.3.1.1 Agua .....   | 68        |
|            | 5.3.1.2 Energía eléctrica .....                                | 69        |
| 5.3.2      | COSTOS DIRECTOS.....   | 71        |
| <b>5.4</b> | <b>SONDEO DEL COMPORTAMIENTO DE REUTILIZACIÓN.....</b>         | <b>71</b> |
| 5.4.1      | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                                | 71        |
| 5.4.2      | OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN .....                             | 71        |
| 5.4.3      | OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                                     | 71        |
| 5.4.4      | DISEÑO DEL MUESTREO.....                                       | 72        |
|            | 5.4.4.1 Población y objeto de estudio .....                    | 72        |
|            | 5.4.4.2 Parámetros de interés.....                             | 72        |
|            | 5.4.4.3 Tipo De Muestreo.....                                  | 72        |
|            | 5.4.4.4 Definición De La Muestra De Población .....            | 73        |
|            | 5.4.4.5 Preguntas de investigación .....                       | 73        |
|            | 5.4.4.6 Encuesta.....  | 73        |
|            | 5.4.4.7 Resultados .....                                       | 74        |
|            | 5.4.4.8 Tabulación.....  | 74        |
|            | 5.4.4.9 Conclusiones.....                                      | 77        |
| <b>6.</b>  | <b>DESARROLLO PROYECTUAL.....</b>                              | <b>81</b> |
| <b>6.1</b> | <b>FACTORES INHERENTES AL PROCESO DE REUTILIZACIÓN.....</b>    | <b>81</b> |
| 6.1.1      | CIRCUITOS DE OXIGENOTERAPIA .....                              | 81        |
|            | 6.1.1.1 Material.....  | 81        |
|            | 6.1.1.2 Geometría.....   | 83        |
| 6.1.2      | ACCIÓN BACTERIANA .....  | 83        |
| <b>6.2</b> | <b>PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA A APLICAR.....</b> | <b>83</b> |
| 6.2.1      | TERMO RESISTENCIA DE LOS POLÍMEROS DE LAS MANGUERAS .....      | 83        |
| 6.2.2      | RESISTENCIA DE LAS BACTERIAS .....                             | 83        |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 6.2.3      | CONOCIMIENTO DE LAS TECNOLOGÍAS APLICADAS .....             | 84         |
| 6.2.4      | VIABILIDAD ECONÓMICO-TECNOLÓGICA .....                      | 84         |
| 6.2.5      | PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE .....                         | 84         |
| 6.2.6      | SIMPLIFICACIÓN DEL PROCESO.....                             | 84         |
| <b>6.3</b> | <b>ALTERNATIVAS DE SECADO .....</b>                         | <b>85</b>  |
| 6.3.1      | CENTRIFUGADO .....  | 85         |
| 6.3.2      | RADIACIÓN SOLAR .....                                       | 86         |
| 6.3.3      | CALOR POR CONVECCIÓN FORZADO .....                          | 87         |
| 6.3.4      | AIRE FORZADO .....  | 88         |
| 6.3.5      | MICROONDAS.....   | 88         |
| <b>6.4</b> | <b>ALTERNATIVAS DE DESINFECCIÓN .....</b>                   | <b>92</b>  |
| 6.4.1      | MICROONDAS.....   | 92         |
| 6.4.2      | COLECTOR SOLAR .....  | 94         |
| <b>6.5</b> | <b>EVALUACIÓN DE MODELOS DE COMPROBACIÓN FUNCIONAL.....</b> | <b>96</b>  |
| 6.5.1      | LABORATORIO DE SECADO .....                                 | 96         |
| 6.5.2      | LABORATORIO DE DESINFECCIÓN .....                           | 96         |
| 6.5.3      | DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE COMPROBACIÓN SELECCIONADO .....   | 99         |
| <b>7.</b>  | <b>PROPUESTA.....</b>                                       | <b>101</b> |
| <b>7.1</b> | <b>REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.....</b>                        | <b>103</b> |
| 7.1.1      | ESTRUCTURAL .....   | 103        |
| 7.1.2      | INTERFASE.....  | 103        |
| 7.1.3      | SEGURIDAD .....   | 104        |
| 7.1.4      | MANTENIMIENTO .....   | 104        |
| 7.1.5      | FORMAL.....   | 105        |
| 7.1.6      | ERGONOMÍA.....  | 105        |
| 7.1.7      | TÉCNICO – PRODUCTIVO .....                                  | 105        |
| <b>7.2</b> | <b>PARÁMETROS DE DISEÑO.....</b>                            | <b>105</b> |
| <b>7.3</b> | <b>PROPUESTA METODOLOGICA.....</b>                          | <b>106</b> |
| 7.3.1      | REPLANTEAMIENTO DEL PROCESO. ....                           | 106        |
| 7.3.2      | REDISTRIBUCIÓN DEL FLUJO .....                              | 109        |
| <b>7.4</b> | <b>PROPUESTA FUNCIONAL .....</b>                            | <b>111</b> |
| 7.4.1      | FASE DE DESINFECCIÓN.....                                   | 111        |
| 7.4.1.1    | Funcionamiento del sistema.....                             | 111        |
| 7.4.1.2    | Descripción de componentes fundamentales .....              | 113        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 7.4.1.3    | Esquema general fase de desinfección .....                               | 116        |
| 7.4.1.4    | Esquema de mantenimiento.....  | 116        |
| 7.4.1.5    | Esquema de revisión técnica .....  | 117        |
| 7.4.2      | FASE DE SECADO .....   | 119        |
| 7.4.2.1    | Funcionamiento del sistema.....  | 119        |
| 7.4.2.2    | Descripción de componentes.....  | 119        |
| 7.4.2.3    | Esquema general fase de secado.....                                      | 121        |
| 7.4.2.4    | Esquema de mantenimiento.....  | 121        |
| 7.4.2.4    | Esquema de mantenimiento.....  | 122        |
| 7.4.2.4    | Esquema de revisión técnica .....  | 123        |
| 7.4.3      | FASE DE CONTROL .....  | 123        |
| 7.4.4      | ACCIONAMIENTO DE EMERGENCIA .....  | 124        |
| <b>7.5</b> | <b>PROPUESTA FORMAL-ESTETICA .....</b>                                   | <b>125</b> |
| 7.5.1      | ANÁLISIS DE LA SECUENCIA DE USO A NIVEL DE DESINFECCIÓN .....            | 125        |
| 7.5.2      | ANÁLISIS DE LA SECUENCIA DE USO A NIVEL DE SECADO .....                  | 126        |
| 7.5.3      | ANÁLISIS DE LA SECUENCIA DE USO DEL PANEL .....                          | 127        |
| 7.5.4      | SECUENCIA DE USO DEL SISTEMA INTEGRADO.....                              | 128        |
| 7.5.5      | ESQUEMA GENERAL .....  | 129        |
| 7.5.6      | DESARROLLO DE ALTERNATIVAS.....  | 129        |
| 7.5.6.1    | Estructura General .....   | 130        |
| 7.5.6.2    | Elementos de Interfase .....   | 137        |
| 7.5.7      | EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....  | 144        |
| 7.5.7.1    | Modelos de comprobación de uso .....                                     | 144        |
| 7.5.7.2    | Evaluación de modelos de comprobación .....                              | 147        |
| <b>7.6</b> | <b>EVOLUCIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA .....</b>                    | <b>148</b> |
| 7.6.1      | MODIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA FORMAL .....                               | 148        |
| 7.6.2      | MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ACCESO A MANTENIMIENTO .....                 | 148        |
| 7.6.3      | MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ACCESO A OPERACIONES .....                   | 148        |
| 7.6.4      | ANÁLISIS DEL MODELO DE COMPROBACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.....  | 150        |
| 7.6.5      | MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CIRCUITOS ENTRE PROCESOS ..... | 150        |
| 7.6.5      | MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CIRCUITOS ENTRE PROCESOS ..... | 151        |
| 7.6.6      | MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE APERTURA.....                                | 151        |
| 7.6.7      | MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD DE LA COMPUERTA.....               | 153        |
| <b>7.7</b> | <b>MODELO DE COMPROBACIÓN .....</b>                                      | <b>153</b> |
|            | 153  |            |
| <b>7.8</b> | <b>ANÁLISIS DE MOVIMIENTO .....</b>                                      | <b>154</b> |

|             |  |            |
|-------------|--|------------|
| <b>7.9</b>  | <b>OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES DEL MODELO DE COMPROBACIÓN .....</b> | <b>155</b> |
| <b>7.10</b> | <b>ALTERNATIVA FINAL .....</b>                                       | <b>156</b> |
| <b>7.11</b> | <b>PROPUESTA DE PRODUCCIÓN .....</b>                                 | <b>158</b> |
| 7.11.1      | IDENTIFICACIÓN DE PARTES PRINCIPALES .....                           | 158        |
| 7.11.2      | PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE MATERIALES .....                          | 159        |
|             | 7.11.2.1 Estructura .....  | 159        |
|             | 7.11.2.2 Asepsia.....  | 159        |
|             | 7.11.2.3 Complejidad de las piezas .....                             | 159        |
| 7.11.3      | PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN .....          | 160        |
|             | 7.11.3.1 Volumen de mercado .....                                    | 160        |
|             | 7.11.3.2 Viabilidad productiva .....                                 | 160        |
|             | 7.11.3.3 Costos .....  | 161        |
| 7.11.4      | ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN.....  | 161        |
|             | 7.11.4.1 Base estructural .....                                      | 161        |
|             | 7.11.4.2 Cámara de secado .....                                      | 161        |
|             | 7.11.4.3 Envolverte frontal.....                                     | 161        |
|             | 7.11.4.4 Envolverte posterior.....                                   | 162        |
|             | 7.11.4.5 Cubierta superior.....                                      | 162        |
|             | 7.11.4.6 Contenedor de circuitos .....                               | 162        |
| 7.11.5      | MATERIALES Y PROCESOS DE PRODUCCIÓN.....                             | 164        |
|             | 7.11.5.1 Acero inoxidable.....                                       | 164        |
|             | 7.11.5.2 Policarbonato .....   | 167        |
| <b>7.12</b> | <b>PROPUESTA DE IMAGEN GRAFICA DEL EQUIPO .....</b>                  | <b>169</b> |
| 7.12.1      | DESARROLLO DEL NOMBRE .....  | 169        |
| 7.12.2      | DESARROLLO DEL LOGO SÍMBOLO .....                                    | 170        |
|             | 7.12.2.1 Síntesis de la onda.....                                    | 170        |
|             | 7.12.2.2 Analogía del funcionamiento del magnetrón.....              | 170        |
|             | 7.12.2.3 Lenguaje universal de reutilización .....                   | 171        |
|             | 7.12.2.4 Protección al medio ambiente.....                           | 171        |
| 7.12.3      | IMAGEN FINAL DEL SISTEMA .....                                       | 172        |
| <b>7.13</b> | <b>PROPUESTA DE EMBALAJE .....</b>                                   | <b>173</b> |
| <b>9.</b>   | <b>ALCANCES .....</b>  | <b>177</b> |
| <b>9.1</b>  | <b>EVALUACIÓN DE OBJETIVOS PROPUESTOS.....</b>                       | <b>177</b> |
| <b>9.2</b>  | <b>IMPACTO ALCANZADO.....</b>  | <b>179</b> |

|            |                              |            |
|------------|------------------------------|------------|
| 9.2.1      | SOCIAL .....                 | 179        |
| 9.2.2      | ECONÓMICO .....              | 179        |
| 9.2.3      | AMBIENTAL .....              | 180        |
| 9.2.4      | TECNOLÓGICO .....            | 180        |
| 9.2.5      | METODOLÓGICO.....            | 181        |
| 9.2.6      | CIENTÍFICO .....             | 181        |
| <b>10.</b> | <b>CONCLUSIONES.....</b>     | <b>183</b> |
| <b>11.</b> | <b>RECOMENDACIONES .....</b> | <b>184</b> |
|            | <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>    | <b>186</b> |

## LISTA DE TABLAS

|  | pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Mangueras de oxigenoterapia .....   | 30   |
| Tabla 2. Nivel de limpieza según interacción del paciente con el elemento .....      | 31   |
| Tabla 3. Desinfectantes líquidos .....   | 50   |
| Tabla 4. Tipos de radiación que influyen en las bacterias.....                       | 53   |
| Tabla 5. Prevalencia de Gérmenes CMISL (1998-2002).....                              | 58   |
| Tabla 6. Bacterias más comunes CMISL 1998-2002 .....                                 | 60   |
| Tabla 7. Volumen de rotación de mangueras.....                                       | 67   |
| Tabla 8. Gasto de recursos energéticos.....  | 69   |
| Tabla 9. Costos directos por reutilización de mangueras.....                         | 70   |
| Tabla 10. Tabulación sondeo de comportamiento - conceptos generales (ítem 1-4) ..... | 75   |
| Tabla 11. Tabulación sondeo de comportamiento–porcentaje de reutilización.....       | 75   |
| Tabla 12. Tabulación sondeo de mercado–procedimiento de reutilización (ítem 9) ..... | 76   |
| Tabla 13. Tabulación sondeo de mercado–conceptos generales (ítem 8-10) .....         | 77   |
| Tabla 14. Reconocimiento de polímeros en las mangueras.....                          | 82   |
| Tabla 15. Modelos de comprobación funcional fase de secado.....                      | 90   |
| Tabla 16. Porcentaje de confiabilidad fase de desinfección.....                      | 94   |
| Tabla 17. Modelos de comprobación funcional fase de desinfección .....               | 95   |
| Tabla 18. Evaluación de las alternativas de secado.....                              | 97   |
| Tabla 19. Evaluación de las alternativas de desinfección .....                       | 98   |
| Tabla 20. Matriz de selección de la tecnología del sistema .....                     | 99   |
| Tabla 20. Comparativo modelos de comprobación .....                                  | 147  |
| Tabla 21. Selección de material metálico .....                                       | 163  |
| Tabla 22. Selección de material polimérico .....                                     | 164  |
| Tabla 23. Costo de mercancía vendida .....   | 174  |

## LISTA DE GRAFICOS

pág.

|   |     |
|---|-----|
| Grafico 1. Clasificación de bacterias.....  | 33  |
| Grafico 2. Principales localizaciones de infecciones nosocomiales (1990-1999) ..... | 39  |
| Grafico 3. Infecciones respiratorias nosocomiales según áreas de asistencia .....   | 40  |
| Grafico 4. Infecciones respiratorias nosocomiales según tamaño del hospital .....   | 40  |
| Grafico 5. Principales localizaciones de infecciones nosocomiales (1991-1993) ..... | 42  |
| Grafico 6. Letalidad y sobreestancia.....   | 42  |
| Grafico 7. Sobrecostos por infecciones nosocomiales promedio anual 1989-1993.....   | 43  |
| Grafico 9. Prevalencia De Gérmenes CMISL 1998-2002.....                             | 59  |
| Grafico 10. Frecuencia De Cultivos Positivos.....                                   | 61  |
| Grafico 11. Porcentaje de muestras positivas monitoreos bacteriológicos CMISL ..... | 61  |
| Grafico 12. Diagrama de proceso de limpieza y desinfección.....                     | 63  |
| Grafico 13. Diagrama Gant de Operación .....  | 65  |
| Grafico 14. Diagrama de Flujo del Proceso .....                                     | 66  |
| Grafico 15. Servicios de oxigenoterapia .....                                       | 77  |
| Grafico 16. Porcentaje de Centros hospitalarios que reutilizan.....                 | 78  |
| Grafico 17. Proveedores de accesorios para oxigenoterapia.....                      | 78  |
| Grafico 18. Porcentaje de reutilización en accesorios de oxigenoterapia .....       | 79  |
| Grafico 19. Procedimiento de limpieza y desinfección .....                          | 79  |
| Gráfico 20. Diagrama de proceso propuesto .....                                     | 107 |
| Grafico 21. Diagrama Gant Planteado.....  | 108 |
| Grafico 22. Diagrama de Flujo .....   | 110 |
| Grafico 23. Principio básico del microondas.....                                    | 111 |
| Grafico 24. Disposición de los interruptores de seguridad .....                     | 114 |
| Grafico 25. Componentes de la puerta .....  | 115 |
| Grafico 26. Diagrama electrónico panel de control.....                              | 124 |
| Grafico 27. Diagrama de la secuencia de uso a nivel de desinfección .....           | 125 |
| Grafico 28. Diagrama de la secuencia de uso a nivel de secado.....                  | 126 |
| Grafico 29. Diagrama de la secuencia de uso del panel .....                         | 127 |
| Grafico 30. Diagrama de la secuencia de uso del sistema integrado .....             | 128 |
| Grafico 31. Modificaciones de la estructura y sistemas de acceso .....              | 149 |
| Grafico 32. Modificaciones de la estructura y sistemas de acceso .....              | 152 |

## LISTA DE ANEXOS

|  | pág. |
|--|------|
| Anexo A. Laboratorio de reconocimiento de polimeros .....                            | 191  |
| Anexo B. Bacterias encontradas en cultivos bacteriológicos CMISL (1998-2002).....    | 192  |
| Anexo C. Bacterias encontradas en cultivos bacteriológicos CMISL (1998-2002) .....   | 193  |
| Anexo D. Formato de Sondeo de mercado sobre el comportamiento de reutilización. .... | 194  |
| Anexo E. Diagrama de gasto de recursos energeticos .....                             | 195  |
| Anexo F. Análisis de deformación de las mangueras sometidas a microondas .....       | 196  |
| Anexo G. Análisis de deformación de las mangueras sometidas a microondas.....        | 197  |
| Anexo H. Resultados laboratorios de desinfección por microondas .....                | 198  |
| Anexo I. Resultados laboratorios de desinfección por microondas .....                | 199  |
| Anexo J. Resultados laboratorios de desinfección por microondas .....                | 200  |
| Anexo K. Especificaciones Técnicas del compresor de uso Clínico .....                | 201  |
| Anexo L. Plano Base estructural – Cámara de secado .....                             | 202  |
| Anexo M. Plano Envolverte frontal – Envolverte Posterior .....                       | 203  |
| Anexo N. Plano Desarrollo Envolverte frontal – Envolverte Posterior .....            | 204  |
| Anexo O. Plano Cubierta Superior –Contenedor de Circuitos.....                       | 205  |
| Anexo P. Costos de proceso de limpieza y desinfección propuesto .....                | 206  |
| Anexo Q. Índices de pobreza y cobertura de salud en Colombia (2003) .....            | 207  |

## INTRODUCCION

La expectativa aparente de una posible solución a nuestras dolencias y enfermedades humanas al momento de recurrir a los entes hospitalarios se ve perturbada cuando se conoce la existencia de enemigos inapreciables, pero no por ello inofensivos, que atentan directamente contra el bienestar de los pacientes. Las bacterias que producen las infecciones nosocomiales mas conocidas como Infecciones Intrahospitalarias se encuentran al interior de nuestros centros prestadores de salud, indiferentes muchas veces a los continuos intentos por erradicarlas, o al menos controlar su incidencia y las consecuencias que conlleva su presencia.

De esta forma se han propuesto diversas metodologías y procesos de limpieza y desinfección de los equipos, elementos e inclusive de las instalaciones, con el ánimo exclusivo de salvaguardar la salud de los pacientes.

Se convierte entonces en nuestra intención asumir el problema de manera global, es decir, desarrollar no solo una solución basada en la construcción de un equipo para una función específica, sino partir de un análisis del entorno para indagar cual es la necesidad real presente en el proceso de reutilización de las mangueras de oxigenoterapia, contribuyendo a que estos elementos que fueron concebidos desde su desarrollo como desechables, sean por el contrario reutilizados de manera controlada.

Esta necesidad de reutilización es la consecuencia de las falencias en la cobertura de los servicios de salud actuales, de las políticas de salud estatales y de la imposibilidad económica de sufragar los gastos de consecución por parte de un gran porcentaje de la población, resultado simplemente de una situación de orden mayor que esta contenida en la realidad social de nuestro país; de esta forma el proyecto gira en torno a favorecer a la sociedad, fin último de nuestra labor profesional.

## **1. ANALISIS PRELIMINAR**

### **1.1 TITULO DEL PROYECTO**

Desarrollo de un sistema para reutilización de circuitos de oxigenoterapia.

### **1.2 ORIGEN DEL PROYECTO**

La recesión económica en la que el país se ha visto envuelto durante los últimos años, generó una disminución en la capacidad adquisitiva de la población incrementando el número de personas imposibilitadas para cubrir los servicios básicos, incluyendo la salud. Ante esta situación se adoptaron políticas como la carnetización con el SISBEN, favoreciendo solo un porcentaje de la población que padece este problema.

Por otro lado la ley 100 contempla que: “las EPS (entidad promotora de salud) se comprometen solidariamente ante las entidades hospitalarias a responder por el valor de la prestación de servicios de sus afiliados”. En el caso que nos compete oxigenoterapia, para llevar a cabo este servicio se requiere de insumos, equipos, personal especializado y elementos básicos (kit nebulizador, set de mangueras etc.) sin embargo las EPS solo cubren un porcentaje del valor total del servicio, dejando de lado los costos de dichos elementos, acarreando un problema administrativo para el hospital.

Para dar solución a esta situación en algunos centros se optó por adjudicar esta adquisición al usuario comprometiendo así la realización del tratamiento. Estos sucesos más cotidianos de lo que se cree, llevaron a la Clínica San Luis a asumir una cultura de reutilización, tomando como referencia la metodología existente sobre el proceso de limpieza y desinfección para equipos de uso hospitalario en general; el Comité de infecciones Interno adoptó este procedimiento para obtener un nivel de seguridad en la reutilización de las mangueras.

Esta determinación generó consecuencias imprevistas como la disminución del volumen de desechos hospitalarios, reduciendo los costos de incineración y generando un impacto ambiental favorable. Por otra parte el aspecto social se vio beneficiado, especialmente en los casos donde el usuario no cuenta con los recursos económicos para la adquisición de

nuevos elementos de terapia, generando la opción de contar con el servicio a través de las mangueras reutilizadas.

Sin embargo, no existen antecedentes directos del problema a tratar, referente a los procesos de limpieza y desinfección de mangueras de oxigenoterapia, puesto que éstas han sido concebidas para un uso único, es decir desechables. La poca información recavada de manera directa ha sido suministrada por la Clínica San Luis; en las demás instituciones Hospitalarias del área metropolitana esta información es confidencial.

Por otro lado, existen Instituciones de investigación como la EPA (Environmental Protection Agency) y la CDC (Center for Disease Control and Prevention) en Estados Unidos y el EPINE (evolución de la prevalencia de enfermedades nosocomiales en los hospitales españoles) en España; las cuales se dedican al estudio del comportamiento y control de las infecciones de origen nosocomial en los centros hospitalarios.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Teniendo en cuenta los antecedentes históricos mencionados, y los beneficios administrativos, ecológicos y sociales, en la actualidad la Clínica San Luis está llevando a cabo la reutilización de elementos desechables para equipos médicos, basados en la metodología planteada por el Comité de Infecciones Interno, para la prevención de enfermedades nosocomiales.

La Clínica ha manifestado su inconformidad por los resultados obtenidos en función del tiempo de secado y del grado de desinfección; especialmente en circuitos de oxigenoterapia, ya que por sus características formales y dimensionales dificulta la labor de limpieza y desinfección. De esta forma se ve comprometida la integridad de los pacientes que tienen acceso a estos servicios, convirtiéndose en un problema latente que no se puede pasar por alto.

## 1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.4.1 Síntomas

Existen diversos factores que ponen en evidencia la presencia de un problema y que a su vez se convierten en una herramienta eficaz para comprenderlo; es así como en nuestro primer acercamiento al problema investigativo encontramos los siguientes:

Con cierta periodicidad se realiza el monitoreo de los equipos y elementos pertenecientes a la clínica, cuyos datos han sido tabulados y analizados en la primera etapa de la investigación, “revelando un promedio de contaminación cercano al 30.8 % durante el periodo comprendido entre 1998-2001”<sup>2</sup>.

Se encontraron resultados positivos en el estudio anteriormente descrito, sobre incubación de bacterias en la toma de muestras realizadas específicamente en mangueras de oxigenoterapia, que previamente han sido limpiadas y desinfectadas, constituyéndose en un factor riesgo para su uso posterior en otros pacientes. Confirmando que el método actual para realizar esta labor no es eficiente.

Se pudo observar que la ejecución del procedimiento en general presenta periodos de tiempo prolongados que comprometen el rendimiento y la calidad de los resultados del mismo.

Se contempla una deficiente administración de los recursos en cuanto a consumo de agua, gasto energético, utilización de insumos y personal destinado a dicha actividad.

### 1.4.2 Posibles causas

“Las bacterias para su incubación requieren una temperatura que oscila entre 10°C y 45°C y un ambiente con una humedad propicio para su desarrollo”<sup>3</sup>, Bucaramanga cumple con los requisitos climáticos anteriores presentado una temperatura y humedad promedio ideales. Sumado a estos factores, al interior de los centros hospitalarios dichos microorganismos no están expuestos a la luz solar, completando así todos los elementos necesarios para su desarrollo.

---

<sup>2</sup> Ver Grafico 11. Porcentajes de muestras positivas monitoreos bacteriológicos CMISL. Documento. p.44.

<sup>3</sup> \_\_. Información Epidemiológica sobre los Taxones: Sistemas de Identificación BBL CRISTAL. p. 20-40

La organización de los diferentes servicios que presta la entidad hospitalaria ha llevado a la ubicación de los departamentos de limpieza en cada uno de los pisos o alas de las mismas, donde se lleva a cabo el protocolo por personal que no ha sido exclusivamente asignado a dicha labor. Esto repercute en la ausencia de responsabilidad sobre el control de calidad del procedimiento y sus resultados.

Las mangueras utilizadas para equipos de oxigenoterapia presentan diámetro reducido en relación con su longitud (elevada esbeltez) y un cuerpo corrugado que dificulta la remoción de materia orgánica en el proceso de lavado, tiempo de secado y desinfección.

El carácter repetitivo y la manualidad del procedimiento de limpieza y desinfección, así como el tiempo de secado considerablemente superior, comparado con las demás operaciones, son los factores determinantes en la duración del mismo. Por otra parte esta situación conlleva al gasto innecesario de recursos (agua, energía, mano de obra, etc.)

### **1.4.3 Pronóstico**

Después de un estudio previo de la sintomatología y sus causas, estas son las primeras conclusiones sobre el panorama general que se presenta y se continuará presentando, si no se propone y asumen las medidas correctivas pertinentes:

De acuerdo a los resultados arrojados por el EPINE (evolución de la prevalencia de enfermedades nosocomiales en los hospitales españoles): “el segundo lugar de prevalencia de infecciones nosocomiales es el referente al aparato respiratorio”<sup>4</sup>, por otro lado los resultados de los monitoreos internos de la clínica realizados a elementos de equipos para oxigenoterapia previamente descontaminados, muestran que a pesar de llevar a cabo los respectivos controles sobre los procedimientos de limpieza y desinfección, los índices de contaminación de estas enfermedades siguen haciendo presencia en los centros hospitalarios, aumentando el factor de riesgo para los pacientes.

Existe una metodología orientada a cumplir las normas de limpieza y garantizar la asepsia de dichos elementos; sin embargo dicho proceso se realiza manualmente con el objeto de reducir costos y así prescindir del ETO (óxido de etileno), bala de oxígeno y demás equipos

---

<sup>4</sup> EPINE. Evolución de la prevalencia de la infecciones nosocomiales en los hospitales españoles. EPINE, [en línea], [consultada junio 2002 - julio 2003]. Disponible en: [www.mpsp.org/mpsp/epine/menu.htm/](http://www.mpsp.org/mpsp/epine/menu.htm/)

afines para secado y desinfección. Esta situación refleja los tiempos extendidos de secado y la necesidad de repetir dicha operación para completar el ciclo de limpieza y desinfección.

Hasta ahora los recursos tanto energéticos como de insumos y mano de obra requeridos, muestran un gasto excesivo teniendo en cuenta que las mangueras después de descontaminadas lavadas y secadas repiten el ciclo, panorama que se advierte en cada uno de los pisos por ser un proceso descentralizado.

#### **1.4.4 Diagnostico**

Tomando como referencia las causas y los síntomas del problema, se concluye que en el lavado debido a la complejidad descrita por la forma de las mangueras, se requiere de una limpieza manual para remover la materia orgánica; por otra parte el empleo de tiempo es irrelevante comparado con el secado, razón por la cual se hace innecesaria la inversión en un equipo de lavado. Contemplar esta opción implica una inversión considerablemente alta para una operación que presenta un grado aceptable en la ejecución.

Este Argumento diverge con la operación de secado en la cual se requiere de un sistema que agilice la remoción de humedad, que actualmente emplea el 77 % del tiempo de todo el proceso e igualmente es necesaria la presencia de un medio controlado que inhiba el posible desarrollo de bacterias aún latentes.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Los centros hospitalarios tienen como función fundamental preservar la salud de los pacientes y garantizar un servicio confiable; sin embargo estas entidades se ven afectadas por la existencia de microorganismos patógenos que al inocularse en los pacientes originan enfermedades adquiridas al interior de los establecimientos de salud agravando el cuadro clínico de los pacientes atendidos.

En Colombia se puso en marcha entre 1989- 1993, el Programa de Vigilancia Epidemiológica para la Prevención y Control de las Infecciones Intrahospitalarias (IIH) en el Hospital de Caldas (HC). Los costos económicos y sociales de las IIH son notables. “Se calculó que el HC tuvo un sobre costo superior a los 600 millones de pesos por IIH durante estos 5 años y se reportaron 2366 casos de infecciones”<sup>5</sup>.

Por otra parte en “Estados Unidos se estima que las IIH afectan a más de 2 millones de personas anualmente y que en 1992 costaron más de 4.5 billones (miles de millones) de dólares”<sup>6</sup>. Estos datos ponen en evidencia, que el problema compromete la misión de la entidad con sus pacientes así como los sobre costos administrativos que esta situación les acarrea.

Paralelo a esto, estudios realizados basados en el EPINE, muestran que “el segundo lugar de prevalencia ha pasado a ser ocupado por las infecciones nosocomiales del aparato respiratorio”<sup>7</sup>, las cuales tienen una incidencia que oscila entre el 0.5 y el 5% de todos los ingresos hospitalarios; entre las causas se ha señalado la contaminación de los equipos de oxigenoterapia (nebulizadores, ventiladores mecánicos, mangueras, etc.).

Así mismo cabe anotar que España posee el índice mas bajo de prevalencia de enfermedades nosocomiales en Europa; sumado a esto el mantenimiento y reutilización de los elementos para estos equipos se ha visto expuesto a la improvisación en los métodos de

---

<sup>5</sup> LEON JARAMILLO, Eduardo. Vigilancia Epidemiológica de IN. Hospital de Caldas, [en línea], actualización agosto 1996 [consultada julio 2002]. Disponible en: <http://colombiamedica.univalle.edu.co/Vol27No1/indice.htm>

<sup>6</sup> \_\_\_\_. CDC (Center for disease Control) CDC, [en línea], [consultada junio 2002 -agosto 2003]. Disponible en: <http://www.cdc.gov/nchs/data/hp2000/hp2k97.pdf>

<sup>7</sup> Ver Grafico 2. Principales localizaciones de infecciones nosocomiales (1990-1999). Documento p. 22

limpieza y desinfección que afectan particularmente a las mangueras de oxigenoterapia. Partiendo de las bases anteriormente expuestas, se hace evidente la importancia de un estricto control sobre los elementos de uso hospitalario, tomando como referencia los circuitos de oxigenoterapia, con el fin de reducir la presencia de agentes causantes de infecciones nosocomiales. Para alcanzar dicho objetivo se propone un equipo de secado y desinfección que permita disminuir tiempos de operación, reducir el gasto de recursos, a la vez que mejore las condiciones del proceso en general, situaciones que se revertirán en la disminución de costos de sostenimiento y administración referentes al proceso.

La esencia fundamental de la propuesta radica en proteger la integridad de las personas que acceden a los servicios de salud, ofreciendo un mecanismo que permita la reutilización de elementos desechables (mangueras de oxigenoterapia) con la seguridad de cumplir con las disposiciones planteadas por el Comité de Infecciones en el Procedimiento de limpieza y desinfección.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Desarrollo (diseño y construcción) de un sistema para la remoción de humedad y desinfección en mangueras de oxigenoterapia para uso hospitalario.

#### **3.2 Objetivos específicos del proceso de investigación**

Conocer las aplicaciones de oxigenoterapia existentes, así como los equipos que intervienen en el proceso.

Estudiar los requerimientos teóricos y analizar los procesos prácticos de limpieza y desinfección con el fin de evaluar el procedimiento actual.

Conocer la morfología y fisiología de los organismos patógenos causantes de las enfermedades nosocomiales.

Examinar los procedimientos y mecanismos actuales para la desinfección de equipos médicos.

Analizar y conocer las propiedades así como los comportamientos del material de las mangueras al someterse a cambios de temperatura.

Determinar la(s) Técnica(s) que permitan el secado y desinfección de las mangueras conservando las propiedades del material y la simplicidad del proceso, para su reutilización.

#### **3.3 Objetivos específicos del desarrollo proyectual**

Controlar el desarrollo de bacterias patógenas durante el proceso de secado y desinfección de las mangueras de terapia respiratoria.

Reducir el tiempo de secado por unidad de manguera con el propósito de eliminar el gasto innecesario de recursos y agilizar el proceso posterior al lavado.

Homogenizar las condiciones de secado para preservar las propiedades mecánicas y en consecuencia la vida útil del material.

Centralizar el proceso de limpieza y desinfección con el objeto de generar mayor control sobre dicho procedimiento.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 MARCO TEÓRICO

#### 4.1.1 Protocolo de limpieza y desinfección de elementos de oxigenoterapia

El objetivo consiste en estandarizar criterios acerca de la descontaminación, limpieza, desinfección, esterilización y almacenamiento de los elementos de Oxigenoterapia, para garantizar una atención segura, disminuyendo el riesgo de infecciones nosocomiales.

“De acuerdo al protocolo de aseo y desinfección se sigue el siguiente orden”<sup>8</sup> :

##### 4.1.1.1 Descontaminación

Consiste en la implantación de un proceso químico para inactivar los microorganismos y disminuir el riesgo de contaminación del personal de salud al realizar la limpieza y desinfección de los elementos utilizados por los pacientes. Este método se realiza con una solución de hipoclorito a 5000 ppm durante 30 minutos. Posteriormente se sumerge el material en agua jabón en un tiempo variable hasta que sea sometido al siguiente procedimiento.

##### 4.1.1.2 Limpieza

Es un proceso físico-químico de remoción de material extraño en los objetos, el procedimiento requiere de un aseo meticuloso puesto que reduce significativamente los microorganismos y la materia orgánica. Actualmente este proceso se realiza con abundancia de agua en jabón en polvo y la acción manual del operario en la remoción de materia. Inmediatamente las mangueras se someten al secado, donde un porcentaje es removido por acción de la bala de aire comprimido y el restante se elimina por suspensión y secado por el aire del ambiente o secado por acción del ventilador.

---

<sup>8</sup> BELTRAN, Viviana. Monitor Científico 2ª edición. 3M División Limpieza y Desinfección. Bogotá, Colombia (abril 1999)

#### **4.1.1.3 Desinfección**

Se parte de un proceso químico que elimina la mayoría de los microorganismos que producen enfermedades, aunque no elimina esporas. Consiste en sumergir los elementos en una solución de agua y glutaraldehído al 2% durante 45 minutos. Hasta aquí todas las mangueras sin distinción de material cumplen el mismo procedimiento protocolario, las mangueras corrugadas, manguera nebulizador y manguera de aspiración finalizan su ciclo donde el paso siguiente es el etiquetado y empaçado.

#### **4.1.1.4 Esterilización**

En este procedimiento se destruye o elimina completamente todas las formas de microorganismos tanto patógenas como no patógenas, aquí se destruyen por completo las esporas. Los métodos de esterilización empleados para equipos de oxigenoterapia están sustentados en el autoclave y ETO (Oxido de etileno) este ultimo empleado para la esterilización del set de ventilador.

#### **4.1.2 Oxigenoterapia**

La prestación de servicios de la clínica sobre oxigenoterapia está relacionada con nebulizaciones, ventilación mecánica e incubadoras. Estos equipos transmiten el oxígeno al paciente a través de sets o circuitos que establecen el puente entre el equipo y el paciente.

En la tabla 1 (pagina siguiente) se muestra los elementos de oxigenoterapia de Interés, presentación y especificaciones técnicas de los circuitos.

**Tabla 1. Mangueras de oxigenoterapia**

| MANGUERA  |              | FICHA TÉCNICA GENERAL                       |  |
|---|--------------|---|--|
|    | POLIMERO     | POLIETILENO                                 |  |
|   | PRESENTACION | POR METROS , COLOR AZUL<br>CUERPO CORRUGADO |  |
|   | DIAMETRO     | 1 PULG                                      |  |
|   | LONGITUD     | 30 MT                                       |  |
|   | PESO         | 22  |  |
|   | VALOR GRAL   | 81300                                       |  |
|   | VALOR U.     | 4065  |  |
|   | POLIMERO     | POLIETILENO/POLIPROPILENO                   |  |
|   | PRESENTACION | SET DE TRES MANGUERAS<br>CORRUGADAS         |  |
|   | DAMETRO      | 1/2 PULG                                    |  |
|   | LONGITUD     | 1.50 MT                                     |  |
|   | PESO         | 0.93  |  |
|   | VALOR GRAL   | 47676                                       |  |
|   | VALOR U.     | 47676                                       |  |
|  | POLIMERO     | POLIETILENO/POLIPROPILENO                   |  |
|   | PRESENTACION | SET DE TRES MANGUERAS<br>CORRUGADAS         |  |
|   | DAMETRO      | 1/2 PULG                                    |  |
|   | LONGITUD     | 1.50 MT                                     |  |
|   | PESO         | 2.8   |  |
|   | VALOR GRAL   | 34800                                       |  |
|   | VALOR U.     | 34800                                       |  |

**Fuente:** Laboratorio de identificación de polímeros<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Ver Anexos A. Laboratorio de investigación de polímeros, Documento. p. 173

#### 4.1.3 Nivel De Limpieza Para Accesorios De Equipos Médicos

Es el método recomendado por el CDC para artículos críticos y semicríticos, y su principal actividad es inhibir las endoesporas bacterianas, partiendo de ello se propuso un esquema de clasificación llamado categorías de Spaulding<sup>10</sup> desarrollado en 1968, que divide los instrumentos y objetos para el cuidado del paciente en tres categorías basadas en el grado de riesgo de infección que puede existir por el empleo de los mismos, así como también se evalúa el grado de poder desinfectante (alto medio o bajo). La tabla 2 muestra tres categorías de instrumentos sobre la base del grado de riesgo de infección relacionado con su uso.

**Tabla 2. Nivel de limpieza según interacción del paciente con el elemento**

| TIPO        | DEFINICIÓN   | EJEMPLO  | NIVEL MÍNIMO DESINFECCIÓN                           |
|-------------|--|--|---|
| CRÍTICA     | Un objeto introducido directamente en el torrente sanguíneo o en otras áreas normalmente estériles | Instrumental quirúrgico, catéteres cardiacos implantes componentes de un oxigenador para corazón y pulmones              | Esterilización                                      |
| SEMICRÍTICA | Un objeto que entra en contacto con mucosas intactas o con una abertura mínima de la piel.         | Espéculos nasales, circuitos de anestesia, inspirómetros, circuitos de inspiración, mascararas de anestesia, termómetros | Desinfección química de alto nivel o pasteurización |
| NO CRÍTICA  | Un objeto que entra en contacto con la piel intacta.   | ...<br>Esterilizador de mesa, electrodos electrocardiográficos.  | Limpieza sola o desinfección de bajo nivel.         |

**Fuente:** Monitor científico 2ª Edición<sup>11</sup>

<sup>10</sup> HERNANDEZ L., MONTOYA J. Infecciones hospitalarias. Bogotá, Colombia: Editorial PANAMERICANA, 1995. p. 48-49.

<sup>11</sup> BELTRAN, Viviana. Op.Cit.

#### 4.1.4 Microbiología bacteriana

Las bacterias están en casi todos los ambientes: en el aire, el suelo y el agua. También se pueden encontrar en algunos alimentos o viviendo en simbiosis con plantas, animales y otros seres vivos. “Son enormemente diferentes en cuanto a su forma, habitad y características metabólicas aunque éstas son generalmente más pequeñas (1 y 10 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) de longitud) y de organización aparentemente sencilla”.<sup>12</sup> Esta denominación es relativa; dichos microorganismos realizan funciones celulares semejantes a las de otros sistemas vivientes además poseen características funcionales propias de los procarióticos, por otra parte su maquinaria bioquímica y fisiológica es muy compleja.<sup>13</sup>

“Las bacterias juegan un papel fundamental en la naturaleza y en el hombre: la presencia de una flora bacteriana normal es indispensable, aunque algunos gérmenes son patógenos. Análogamente tienen un papel importante en la industria y permiten desarrollar importantes progresos en la investigación, concretamente en fisiología celular y en genética. El examen microscópico de las bacterias no permite identificarlas, ya que existen pocos tipos morfológicos”.<sup>14</sup>

##### 4.1.4.1 Morfología bacteriana

Microscópicamente las células bacterianas se pueden clasificar siguiendo varios criterios:

“Por su forma como esféricas (cocos), bacilos y curvos o en espiral. Los cocos pueden aparecer solos y en pares, racimos o cadenas. Los bacilos en forma de bastón o en forma de clava. las espiroquetas y espirilos (con forma espiral). Según la estructura de la pared celular; por el comportamiento que presentan frente a la tinción de Gram”.<sup>15</sup>

“La reacción al oxígeno atmosférico divide a las bacterias en aerobias, facultativas (capaces de crecimiento aerobio o anaerobio) y anaerobias estrictas u obligadas por su posibilidad de formar esporas resistentes cuando las condiciones son adversas”.<sup>16</sup>

---

<sup>12</sup> ENCARTA 2002. Enciclopedia Microsoft®. Microbiología. Microsoft- Corporation. 1996-2002.

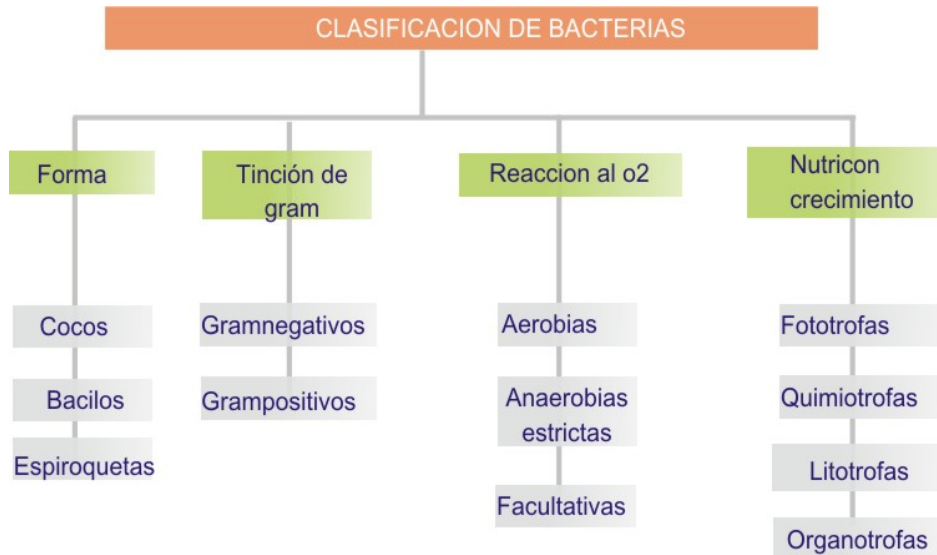
<sup>13</sup> Ver Gráfico 1. Clasificación de Bacterias. Documento, p. 16

<sup>14</sup> IAÑEZ PAREJA, Enrique, Curso de Microbiología General, [en línea], actualización agosto 1998, [consultada septiembre 2003]. Disponible en: [http://fai.unne.edu.ar/microgeneral/17\\_micro.htm](http://fai.unne.edu.ar/microgeneral/17_micro.htm).

<sup>15</sup> \_\_\_\_. Fisiología y Morfología de las bacterias. Universidad de Granada, [en línea], actualización enero 2002 [consultada septiembre 2003]. Disponible en: <http://bilbo.edu.uy/~microbio/morfologia.html#fr>

<sup>16</sup> ENCARTA 2002. Op.Cit., Morfología Bacteriana.

**Grafico 1. Clasificación de bacterias**



**Fuente:** Fisiología y Morfología de las bacterias <sup>17</sup>

#### 4.1.4.2 Composición química

Los principales elementos químicos de la célula bacteriana son el nitrógeno, carbono, oxígeno e hidrógeno. El agua es el componente principal de la célula y se encuentra libre o ligado a otras sustancias así como sustancias minerales materia orgánica, proteínas ácidos e hidratos.

#### 4.1.4.3 Nutrición y crecimiento

Se distinguen distintos tipos nutricionales según la fuente de energía utilizada: las bacterias que utilizan la luz son fotótrofas y las que utilizan los procesos de oxirreducción son quimiótrofas. Las bacterias pueden utilizar un sustrato mineral (litótrofas) u orgánico (organótrofas). Las bacterias patógenas que viven a expensas de la materia orgánica son quimioorganótrofas. Ciertas bacterias precisan de unas sustancias específicas: los factores

<sup>17</sup> \_\_\_\_. Fisiología y Morfología de las bacterias. Op.Cit.

de crecimiento. Son éstos unos elementos indispensables para el crecimiento de un organismo incapaz de llevar a cabo su síntesis. “Las bacterias que precisan de factores de crecimiento se llaman autótrofas. Las que pueden sintetizar todos sus metabolitos se llaman protótrofas”.<sup>18</sup>

#### **4.1.4.4 Genética bacteriana.**

Por la rapidez en su multiplicación, se eligen las bacterias como material para los estudios genéticos.

“En un pequeño volumen forman enormes poblaciones cuyo estudio evidencia la aparición de individuos que tienen propiedades nuevas. Se explica este fenómeno gracias a dos procesos comunes a todos los seres vivos: las variaciones del genotipo de un carácter transmisible a la descendencia, y las variaciones fenotípicas, debidas al medio, no transmisibles y de las que no es apropiado hablar en genética. Las variaciones del genotipo pueden provenir de mutaciones, de transferencias genéticas y de modificaciones extracromosómicas”.<sup>19</sup>

#### **4.1.4.5 Las mutaciones.**

Todos los caracteres de las bacterias pueden ser objeto de mutaciones y ser modificados de varias maneras.

“Las mutaciones son raras: la tasa de mutación oscila entre 10 y 100. Las mutaciones aparecen en una sola vez, de golpe. Las mutaciones son estables: un carácter adquirido no puede ser perdido salvo en caso de mutación reversible cuya frecuencia no es siempre idéntica a las de las mutaciones primitivas. Las mutaciones son espontáneas: no son inducidas, sino simplemente reveladas por el agente selectivo que evidencia los mutantes. Los mutantes, por último, son específicos: la mutación de un carácter no afecta a la de otro. El estudio de las mutaciones tiene un interés fundamental. En efecto, tiene un interés especial de cara a la aplicación de dichos estudios a los problemas de resistencia bacteriana a los antibióticos. Análogamente tiene una gran importancia en los estudios de fisiología bacteriana”.<sup>20</sup>

---

<sup>18</sup> BAEZ, Hernan y DAVIS, Charles E. Microbiología Clínica. Bogotá, Colombia: Editorial McGRAW-HILL Latinoamericana SA, 2000, p. 41.

<sup>19</sup> Ibid., p. 45

<sup>20</sup> Ibid., p. 48

#### 4.1.4.6 Tamaño de las bacterias

El tamaño de las bacterias es muy variable. “Los tamaños representativos son de 0,5 a 1 micra de diámetro para las bacterias esféricas, entre 0,5 y 1 micra de anchura por 1,5 a 3 micras de magnitud para las cilíndricas (bastoncillos), y entre 0,5 y 5 micras de anchura a 6 a 15 micras de longitud en el caso de bacterias helicoidales (espirales)”.<sup>21</sup>

#### 4.1.4.7 Efectos físicos sobre las bacterias

“Los efectos de las radiaciones ionizantes son letales, tanto directos como indirectos, así como mutagénicos. Los efectos letales directos se logran a altas dosis de radiación, mientras que los letales indirectos y mutagénicos se consiguen a menores dosis “.<sup>22</sup>

- **Efecto letal directo:**

Se da por impacto de cuantos de radiación ionizante sobre alguna molécula esencial para la vida. Esta molécula debe ser el ADN (ya que obviamente es absolutamente esencial y suministra una sola copia de la mayoría de los genes bacterianos), y no las proteínas, de las que existen muchas copias en la célula, y que podrían regenerarse. Los daños al ADN son, principalmente: roturas en ambas cadenas, y entrecruzamiento entre dichas cadenas, que no puedan repararse.

- **Efecto mutagénico:**

Deriva de la producción de daños menores al ADN que pueden repararse por mecanismos propensos a error.

- **Efecto letal indirecto:**

Este tipo de efecto es el más importante, y deriva de la radiólisis del agua que provoca la aparición de radicales hidroxilo (OH<sup>-</sup>) e hidrógeno naciente (H<sup>+</sup>). El hidrógeno naciente o radical H libre es un potente reductor, y el radical hidroxilo es un potente oxidante. El radical hidroxilo reacciona fácilmente con macromoléculas, sobre todo con ADN, provocando roturas en ambas cadenas, lo cual se traduce en efectos de letalidad.

---

<sup>21</sup> Información epidemiológica sobre los taxones, Op.Cit., p. 50

<sup>22</sup> IAÑEZ PAREJA, Enrique, Op.Cit.

#### **4.1.4.8 Relaciones entre la bacteria y su huésped**

Ciertas bacterias viven independientes de otros seres vivos. Otras son parásitas. Pueden vivir en simbiosis con su huésped ayudándose mutuamente o como comensales (sin beneficio). Pueden ser patógenas, es decir, vivir de su huésped. Estas absorben el carbono y energía de compuestos orgánicos obteniendo nitrógeno de un complejo de muchos aminoácidos.

“En el ambiente intrahospitalario, una bacteria que hace parte de la flora normal en determinada parte de un organismo, puede convertirse en un agente patógeno para su huésped al salir de su habitat natural y en complicidad con otros factores intrínsecos y extrínsecos”.<sup>23</sup>

Las probabilidades para que una bacteria llegue a un paciente puede darse a través del personal interno, equipos médicos y accesorios, instrumentación, camas sábanas, el espacio físico es decir cualquier elemento, ente o espacio es propicio para convertirse en medio de transporte.

#### **4.1.5 Infecciones bacterianas**

Aunque la mayoría son inofensivas, unas 200 son patógenas, es decir, que pueden provocar enfermedades graves como la tuberculosis y la neumonía principalmente, produciendo toxinas o destruyendo los tejidos. Las infecciones bacterianas pueden contraerse mediante la ingestión de material contaminado o a través del contacto de éste con un corte o una herida, lo que permite que la bacteria se introduzca directamente en la corriente sanguínea.

“La posibilidad de contraer la enfermedad, así como la gravedad de la misma, dependen de la condición del sistema inmunológico del huésped y de su estado general de salud. Las personas pueden ser más propensas a contraer infecciones bacterianas tras una intervención quirúrgica y otros tipos de trauma”.<sup>24</sup>

Las infecciones del tracto respiratorio superior, como los resfriados y las inflamaciones de garganta son provocadas por las bacterias del género Streptococcus. “La tabla de bacterias más comunes, muestra algunas bacterias y las enfermedades que estas causan”.<sup>25</sup>

---

<sup>23</sup> IAÑEZ PAREJA, Enrique, Op.Cit., p. 167

<sup>24</sup> \_\_. Fisiología y Morfología de las bacterias. Op.Cit.

<sup>25</sup> Ver Tabla 6. Bacterias más comunes. Documento, p. 43

## **4.1.6 Infecciones Intrahospitalarias**

### **4.1.6.1 Medio de transmisión de IN**

“A continuación se describen los diferentes mecanismos que permiten la transmisión de las infecciones Intrahospitalarias”.<sup>26</sup>

#### **▪ Transmisión por contacto**

Es la forma más importante y frecuente de transmisión nosocomial. La transmisión por contacto se divide en dos subgrupos:

Transmisión por contacto directo: transferencia física de microorganismos entre un hospedero susceptible de una persona colonizada o infectada por un microorganismo. Puede ocurrir de paciente a paciente o de un trabajador de la salud a un paciente.

Transmisión por contacto indirecto: Compromete el contacto de un hospedero susceptible con un objeto intermediario, usualmente inanimado contaminado con microorganismos, como normalmente ocurre con los guantes que no son cambiados después del contacto entre pacientes.

#### **▪ Transmisión por gotas**

Las gotas son generadas por la persona fuente, principalmente durante la tos, el estornudo, al hablar, durante procedimientos como aspiración y durante las broncoscopias. Las gotas pueden depositarse en las mucosas conjuntival, nasal u oral del hospedero.

#### **▪ Transmisión por vía aérea**

Ocurre por inhalación de gotas suspendidas en el aire (pequeñas partículas de 5 micras o menos) que resultan de gotas evaporadas que contienen microorganismos que permanecen suspendidos en el aire por largos periodos de tiempo, o partículas de polvo que contienen el agente infeccioso.

---

<sup>26</sup> GÓMEZ, Carlos Ignacio, Hospital Pablo Tobón Uribe, Limpieza y Desinfección, Bogotá, Colombia: Editora Médica Colombiana SA, 2002. p. 63.

- **Transmisión por vehículos comunes**

Se aplica a microorganismos transmitidos a través de elementos contaminados, tales como: comida, agua, medicamentos, artefactos y equipos.

- **Transmisión por vectores**

Es una forma muy rara de transmisión de infecciones nosocomiales. Puede ocurrir por medio de mosquitos, moscas, ratas y otros organismos. En nuestro medio es importante tener cuidado con paciente que estén con diagnóstico presuntivo o confirmado de dengue o malaria.

#### **4.1.6.2 Panorama general sobre infecciones nosocomiales.**

A continuación se presenta una síntesis de los estudios más representativos realizados en algunos países, sobre la problemática de las enfermedades nosocomiales, las cuales reflejan similitudes en las causas y efectos generados sobre las entidades hospitalarias.

- **Causas de las IN**

- “Ventilación mecánica

- Susceptibilidad aumentada en los pacientes

- Enfermos que ingresan con infecciones respiratorias de vías bajas

- Uso de accesos vasculares terapéuticos - Nebulizadores - Medidores de flujo en pico

- Los resucitadores cardiorrespiratorios manuales

- Agua condensada en los tubos de un ventilador

- Servicios de cuidados intensivos (de prevalencia más elevada)

- Complejidad de servicios vs escasa dotación de personal

- Humedad y temperatura promedio ideal para la incubación de bacterias

- Desinfección y esterilización inadecuada en sets de oxigenoterapia”.<sup>27</sup>

- **Efectos de las IN**

- “Infecciones respiratorias en las vías aéreas bajas

- La neumonía nosocomial (la 2ª causa de infección intrahospitalaria)

- Comprometer la entidad hospitalaria a nivel ético y legal

- Estancia prolongada del paciente (sobrecostos) - Muerte

- Pérdidas económicas tanto para la clínica como para el paciente

- Tendencia a brotes epidemiológicos”.<sup>28</sup>

---

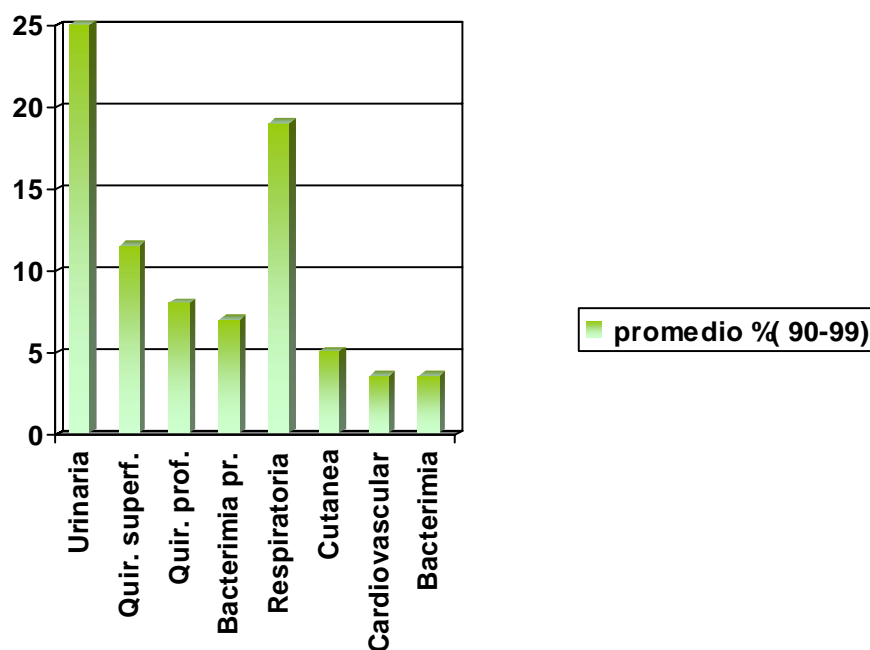
<sup>27</sup> EPINE, Op.Cit.

<sup>28</sup> Ibid.

▪ **Epine (España)**

Los estudios realizados en España (1990-1999) de Prevalencia de infecciones nosocomiales muestran que las infecciones respiratorias, las bacteriemias y las infecciones urinarias son las más prevalentes en el orden expuesto, oscilando entre el 18% y el 22% de la totalidad de las muestras.

**Grafico 2. Principales localizaciones de infecciones nosocomiales (1990-1999)**

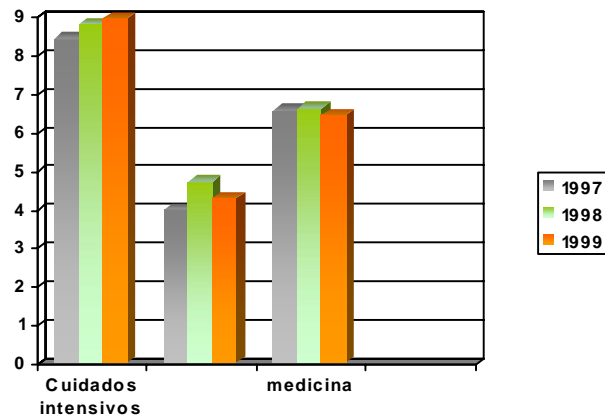


Fuente: EPINE <sup>29</sup>

El aumento de infecciones respiratorias en el grupo de infecciones nosocomiales de estudio están asociadas a la ventilación mecánica, la cual está directamente relacionada con la neumonía nosocomial la 2ª causa de infección intrahospitalaria, sin embargo diferentes estudios han identificado factores de riesgo independientes, destacando el grado de severidad de la enfermedad de base especificado por escalas de gravedad. Las explicaciones pueden ser varias. Los servicios de cuidados intensivos son los que poseen la tasa de prevalencia más elevada, puesto que los enfermos aquí ingresados tienen patologías graves que incrementan su susceptibilidad a la infección.

<sup>29</sup> EPINE, Op.Cit.

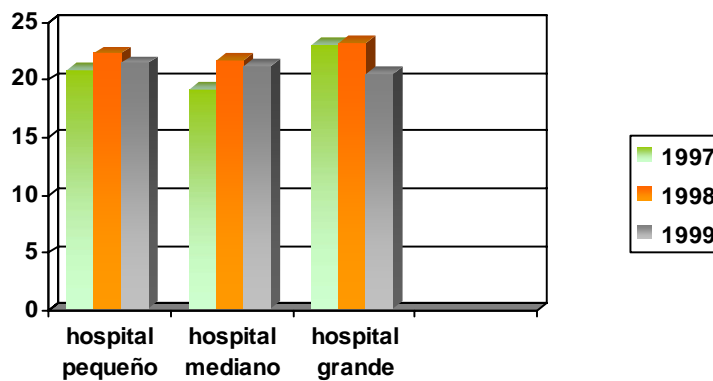
**Grafico 3. Infecciones respiratorias nosocomiales según áreas de asistencia**



Fuente: EPINE<sup>30</sup>

El nivel del hospital en cuanto a la complejidad de los servicios que presta así como las unidades con escasa dotación de personal respecto al número de pacientes en estancia, conlleva al mismo tiempo mayor riesgo de infección nosocomial. La frecuencia de las infecciones respiratorias, se observa de forma constante para todos los tamaños del hospital y en los diversos años de la encuesta oscilando entre el 20.68 y 22.45 %. Intervalo de confianza del estudio del 95%.

**Grafico 4. Infecciones respiratorias nosocomiales según tamaño del hospital**



Fuente: EPINE<sup>31</sup>

<sup>30</sup> EPINE, Op.Cit.

<sup>31</sup> Ibid.

▪ **Center for Disease (Estados Unidos)**

El estudio de la Eficacia del Control de la Infección Nosocomial del Centro de Enfermedades Infecciosas de Estados Unidos sugiere que al menos un tercio de las infecciones nosocomiales pueden prevenirse a través de Programas de Control, anteriormente se realizó el análisis de las historias clínicas de 358 pacientes, con un promedio de edad de 53 años y una estadía promedio de 5 días.

“La incidencia de neumonía nosocomial en pacientes en asistencia respiratoria mecánica fue de 17,9 %, además de ser una de las más frecuentes infecciones nosocomiales es la razón principal de muerte por esta causa”. La población de estudio fue ingresada al Hospital de Paysandú en un período de 15 meses en colaboración con el Center for Disease Control de Atlanta, EE.UU. Se estima que las IIH afectan a más de 2 millones de personas anualmente y que en 1992 costaron más de 4.5 billones (miles de millones) de dólares”.<sup>32</sup>

En los últimos años, la incidencia de Bacteremia Nosocomial (BN) ha aumentado, principalmente debido al incremento de pacientes hospitalarios críticamente enfermos y al uso amplio de los catéteres vasculares centrales (CVC).

“En USA, por ejemplo, se cuenta con un sistema de vigilancia de infección nosocomial bastante aceptable, la incidencia de BN se ha incrementado de 6.7 a 18.4 por 1.000 admisiones hospitalarias en el período 1980-1992. Desde el punto de vista etiológico, este aumento de la incidencia se ha explicado por una mayor frecuencia de infecciones por cocos gram positivos y levaduras (Staphylococcus coagulasa negativo, St. aureus, Enterococo, Candida spp). Durante el mismo período, las tasas de muerte debidas a bacterimia y sepsis en los hospitales para los diferentes grupos de edad superaron a las observadas en bacterimias adquiridas en la comunidad, con una tasa cruda de mortalidad de 40% (rango: 12%-80%)”.<sup>33</sup>

▪ **Hospital de Caldas (Colombia)**

Localizado en Manizales, Colombia, es un hospital de enseñanza, de tercer nivel de atención, con convenio docente-asistencial con la Facultad de Medicina de la Universidad de Caldas y con otras facultades de salud de universidades locales; cuenta con 400 camas y es centro de referencia de todos los municipios de Caldas y, en algunos casos, de todo el eje

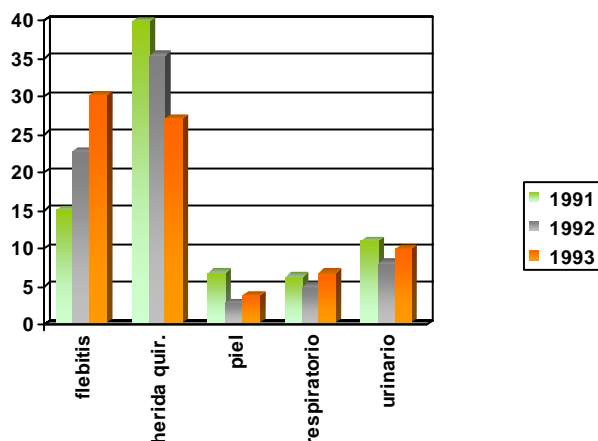
---

<sup>32</sup> \_\_\_\_, \_\_\_\_. CDC (Center for Disease Control). CDC, [en línea], [consultada junio 2002 -agosto 2003]. Disponible en: <http://www.cdc.gov/nchs/data/hp2000/hp2k97.pdf>

<sup>33</sup> \_\_\_\_, \_\_\_\_. Incidencia de las infecciones nosocomiales USA. Centro de Investigaciones infecciones nosocomiales [en línea], consultada junio 2002. Disponible en: [Asocepi@b-manga.cetcol.net.co](mailto:Asocepi@b-manga.cetcol.net.co)

cafetero. La media del porcentaje de infecciones respiratorias ocupa el cuarto lugar de prevalencia con un valor del 5.7 % durante los últimos tres años de estudio.

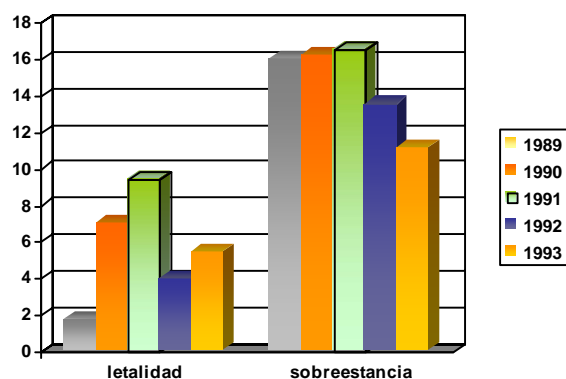
**Grafico 5. Principales localizaciones de infecciones nosocomiales (1991-1993)**



Fuente: Hospital de Caldas <sup>34</sup>

El estudio muestra que la letalidad y la sobreestancia se presenta en forma creciente durante los tres primeros años alcanzando su máximo índice en 1991, con valores de 9,6 y 16 % respectivamente en los pacientes afectados por infecciones nosocomiales

**Grafico 6. Letalidad y sobreestancia**



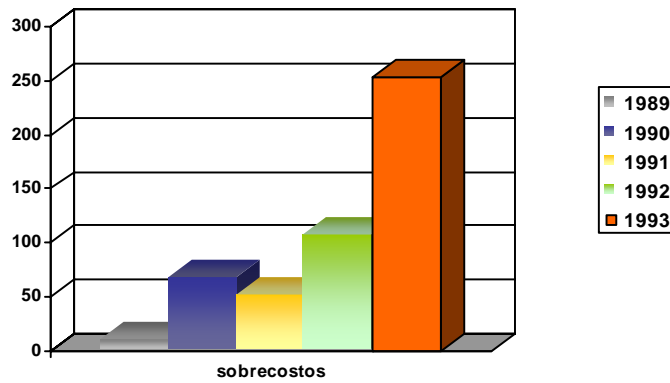
Fuente: Hospital de Caldas <sup>35</sup>

<sup>34</sup> LEON JARAMILLO, Eduardo. Vigilancia Epidemiológica de infecciones Intrahospitalarias. Hospital de Caldas, [en línea], actualización agosto 1996 [consultada septiembre 2002] Disponible en: <http://colombiamedica.univalle.edu.co/Vol27No1/indice.html>

<sup>35</sup> Ibid.

Se calculó que el HC tuvo un sobrecosto superior a los 600 millones de pesos por IIH durante estos 5 años.

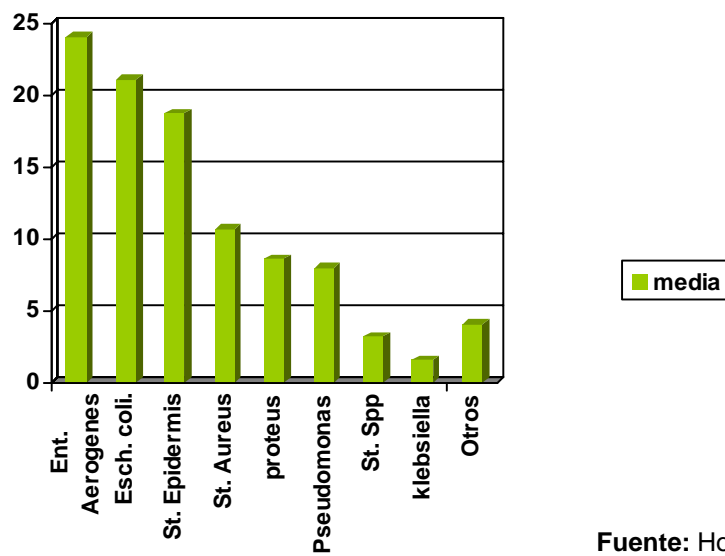
**Grafico 7. Sobrecostos por infecciones nosocomiales promedio anual 1989-1993**



Fuente: Hospital de Caldas <sup>36</sup>

El grafico muestra la incidencia de las bacterias con mayor aparición durante este periodo.

**4.1.6.3 Grafico 8 Prevalencia De Gérmenes Hospital De Caldas 1989-1993**



Fuente: Hospital de Caldas <sup>37</sup>

<sup>36</sup> LEON JARAMILLO, Eduardo. Op.Cit.

<sup>37</sup> Ibid.

## 4.1.7 Métodos de secado

### 4.1.7.1 Calor

A continuación se hará una breve descripción sobre los métodos básicos para la transferencia de calor, los cuales permiten generar alternativas combinadas de acción físico-mecánica sobre un medio determinado en el caso particular para el secado.

#### ▪ **Transferencia de calor por conducción**

El flujo de energía térmica siempre se realiza de un cuerpo a otro de una fuente donde la intensidad de estos dos difiere en temperatura, o cantidad de calor que posea un cuerpo. “El flujo continúa hasta que la velocidad de las moléculas de menor temperatura aumenta con la absorción de calor y alcanzan la misma temperatura”.<sup>38</sup> Como ejemplo de buenos conductores tenemos los materiales metálicos que en su mayoría presentan alta capacidad de conducción térmica.

#### ▪ **Transferencia de calor por convección**

“Se refiere a la transferencia de calor mediante la circulación de un flujo, por ejemplo el aire es considerado como un fluido, el cual sirve como medio conductor de esta temperatura hacia todo el medio”.<sup>39</sup>

#### ▪ **Secado por convección forzado**

“La transferencia por convección, puede ser forzada a través de un ventilador o bomba para circular un medio que transporte calor, lo que acelera notablemente el proceso”.<sup>40</sup> El calentamiento por aire forzado consiste en una cabina aislada, provista interiormente de un ventilador para circular aire a través de un calentador; el aire caliente sale por una rejilla de láminas dirigidas hacia la cavidad. Estos equipos suelen disponer de reguladores para controlar la velocidad de aire nuevo y la cantidad de aire en recirculación. Los calentadores de aire pueden ser quemadores directos de gas, serpentines calentados por vapor o en los modelos más pequeños, calentadores de resistencia eléctrica.

---

<sup>38</sup> OZISIK, Necati. Transferencia de Calor. Bogotá, Colombia: Editorial McGRAW-HILL Latinoamericana SA, 1983. p. 2

<sup>39</sup> Ibid., p. 5

<sup>40</sup> MAKINA ETA MOTORE TERMIKOETAKO SAILA. Universidad del país Vasco, [en línea], actualización enero 2003 [consultada septiembre 2003]. Disponible en: <http://scsx01.sc.ehu.es/nmwmigaj/intercambiadores.htm>

“En los sistemas de cabina se utilizan velocidades de aire en el caso de flujo transversal 2 a 5 m/seg, y en los de flujo ascendente 0,5 a 1,25 m<sup>3</sup>/seg/m<sup>2</sup>. Los secadores de cabina normalmente requieren de bajo presupuesto para su construcción y mantenimiento”.<sup>41</sup>

#### **4.1.7.2 Radiación**

A diferencia de la conducción y la convección los cuales requieren sólidos o fluidos para la transmisión de energía, las ondas de energía se mueven libremente a través del espacio sin calentamiento de las moléculas que se encuentran entre ellos.

##### **▪ Radiación solar**

Las radiaciones de la luz solar (visible + UV) son atrapados por un colector solar que funciona como un espejo parabólico para elevar la temperatura y aprovechar su energía térmica. “La mayor temperatura que se puede alcanzar es de 80 °C en condiciones climáticas óptimas. Su principal inconveniente es que su rendimiento depende del clima, así que se recomienda solo para lugares de exposición solar elevada”.<sup>42</sup>

##### **▪ Radiación por microondas**

En principio las moléculas de cualquier material susceptible a ser calentado por microondas, siempre se encuentran polarizadas; de esta manera al exponer las moléculas de agua a un campo electrodinámico, estas se alinearan de tal forma que si la dirección del campo se invierte, dicha orientación también se invertirá. Este fenómeno de cambio de polaridad realizado rápidamente por las microondas provocará una fricción entre ellas que se traducirá en calor que posteriormente ocasionará el cambio de fase o evaporación. “Un horno microondas por lo general maneja frecuencias de 2,450 MHz, en el que el campo electrostático generado se invierte y retorna a su posición inicial 2,450 millones de veces por segundo”.<sup>43</sup>

---

<sup>41</sup> \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. Secado por aire caliente forzado. Proveedores Hospitalarios, [en línea], [consultada marzo 2002]. Disponible en: [www.proovedoreshospitales.com/busproductos.asp](http://www.proovedoreshospitales.com/busproductos.asp)

<sup>42</sup> Chung, C.J and Koh. H.K. 1980. Experimental study on the in-bin drying natural and solar heated air and storage of rough rice. Journal of Solar Energy Society of Korea, 3(2)

<sup>43</sup> PARRA, Reynaldo Leopoldo, Hornos de Microondas, En: Revista Electrónica Fácil Bogotá, 3ª Edición N° 28 (mayo 1991)

#### **4.1.8 Métodos de Desinfección**

##### **4.1.8.1 Resistencia innata de los gérmenes a los compuestos utilizados para la desinfección**

Entre mayor sea el número de microorganismos mayor es el tiempo que se necesita para destruirlos.

La complejidad y ensamble de los equipos son factores que influyen en la efectividad de la desinfección. “El grado de resistencia de cada microorganismo es diferente; por ello, en todos los procesos de desinfección es necesario tener presente que la subpoblación de microorganismos con mayor resistencia es la que determina el tiempo de desinfección o esterilización”.<sup>44</sup>

##### **4.1.8.2 Calor**

La inactivación parcial o la esterilización se pueden lograr por calor húmedo o por calor seco. El calor húmedo y el calor seco esterilizan pero el calor seco destruye a una velocidad más lenta y requiere temperaturas más elevadas y tiempos de exposición más prolongados.

Al subir la temperatura por encima de la temperatura máxima de crecimiento, se dejan sentir los efectos sobre la viabilidad: la pérdida de viabilidad significa que las bacterias dejan de ser capaces de crecer y dividirse, aun cuando las transfiramos a un medio idóneo.

“La inactivación por calor se debe a la desnaturalización de proteínas y a la fusión de lípidos de membrana, debido a que se rompen muchos enlaces débiles, sobre todo los puentes de hidrógeno entre grupos C = O y H<sub>2</sub>-N. Estos enlaces se rompen más fácilmente por calor húmedo ya que el calor seco requiere de más energía para alcanzar los mismos resultados”.<sup>45</sup>

##### **4.1.8.3 Autoclave**

Introducido por Chamberland (1884), es un equipo que permite calentar muestras por calor húmedo a temperaturas superiores a las de ebullición del agua (sin que ésta hierva), debido

---

<sup>44</sup> GÓMEZ, Carlos Ignacio, Op.Cit. 112

<sup>45</sup> IAÑEZ PAREJA, Enrique, Op.Cit.

a que el tratamiento se efectúa en un compartimiento estanco saturado con vapor de agua y a presiones superiores a la atmosférica. El calor húmedo posee la ventaja de penetrar en muchos materiales.

Los parámetros de esterilización suelen ser: temperatura 121°C y 10-15 min. Como se puede deducir, estos parámetros vienen fijados por la resistencia de las esporas de especies saprofitas, que son las formas de vida que más aguantan el calor sin perder viabilidad.

“Las bacterias vegetativas en general no sobreviven a la exposición al calor húmedo 80 C durante mas de 10 minutos las esporas de prueba de B sterothermophilus se incuban a 55 C y la mayoría de los virus son inactivados a 60 C en 20 minutos. La acción rápida del calor húmedo depende en buena parte del alto valor de calor latente del agua (540 cal·g<sup>-1</sup>); ello hace que los objetos más fríos (como las muestras a esterilizar) se calienten rápidamente por condensación de agua en su superficie”.<sup>46</sup>

Un autoclave puede alcanzar hasta los 121 °C estas temperaturas superan el límite plástico de los polímeros, haciendo que este método sea inviable para la desinfección de los elementos constituidos por este material.

#### 4.1.8.4 Esterilización Por Gas

##### ▪ El oxido de etileno

Es un gas incoloro, inflamable, explosivo y carcinogénico. Ha sido utilizado en la esterilización de equipos médicos, para elementos que no pueden ser esterilizados por calor o radiación.

“La principal ventaja del empleo del ETO es su capacidad para esterilizar elementos sensibles al calor puesto que puede llevarse a cabo con temperaturas y presiones mas bajas. Penetra a través de los materiales y se disuelve en la goma y los plásticos. Una de las desventajas de la esterilización incluye el largo tiempo de aireación necesaria y sus efectos tóxicos”.<sup>47</sup>

Sin embargo la exposición al ETO presenta un riesgo cancerígeno, mutágeno neurológico y de sensibilización para los operarios.

---

<sup>46</sup> IÑEZ PAREJA, Enrique, Op.Cit.

<sup>47</sup> GÓMEZ, Carlos Ignacio, Op.Cit. p. 55

- **Formaldehído con vapor a baja temperatura**

Este sistema ha sido en Europa por más de treinta años, para esterilizar equipos lábiles al calor. “La esterilización se consigue con la mezcla de formaldehído gaseoso y vapor saturado a 55 °C, 65 °C y 80 °C. Los materiales se introducen envueltos para ser almacenados posteriormente en un proceso que dure entre dos y cuatro horas”.<sup>48</sup>

- **Plasma a baja temperatura generado por peroxido de hidrogeno**

La esterilización se logra aplicando un campo eléctrico al vapor de peroxido de hidrógeno en una cámara cerrada donde se encuentra la carga. “El peroxido de hidrogeno en estado de plasma se convierte en radicales libres que interactúan con algunos componentes esénciales de la célula, rompiendo la membrana, enzimas y ácidos nucleicos, produciendo la muerte celular”.<sup>49</sup> Tiene una duración entre 55 y 75 minutos, convirtiéndose en una alternativa ecológica para esterilización de materiales e instrumentos lábiles al calor.

- **Ozono**

“El átomo de oxígeno adicional del ozono lo convierte en un oxidante fuerte, capaz de destruir los microorganismos, desafortunadamente es muy inestable y su naturaleza reactiva causa daño a fibras naturales y algunos plásticos como el látex y el polipropileno”.<sup>50</sup>

#### **4.1.8.5 Desinfección por microondas**

Basados en el principio de resonancia de moléculas polarizadas, provocado por las microondas y de la evidente presencia de agua tanto en el cuerpo de la manguera húmeda, (ambiente exterior de las bacterias), así como en la composición elemental de la célula bacteriana (interior celular), “podemos generar las condiciones necesarias para que la onda ocasione el calentamiento del agua y su posterior evaporación, destruyendo de esta manera las bacterias”.<sup>51</sup>

#### **4.1.8.6 Desinfección por radiación solar**

La luz solar (visible + UV) es de baja energía, y además, sus cuantos no tienen efectos selectivos sobre el ADN, por lo que no sería de esperar, que este tipo de radiación tuviera efectos negativos sobre las bacterias; en otros términos su concentración de rayos (UV) no

---

<sup>48</sup> GÓMEZ, Carlos Ignacio, Op.Cit. p. 56

<sup>49</sup> Ibid., p. 56

<sup>50</sup> Ibid., p. 57

<sup>51</sup> IÁÑEZ PAREJA, Enrique, Op.Cit.

son suficientes para generar la destrucción de las bacterias. Sin embargo, la luz visible puede ejercer un efecto negativo indirecto. “Si se logra una fuerte intensidad (p. ej., exposición a pleno sol) es capaz de matar las bacterias, debido a que ciertas moléculas de éstas (riboflavinas, porfirinas, citocromos) absorben la energía de los cuantos y se excitan generando oxidaciones sobre las bacterias”.<sup>52</sup>

#### **4.1.8.7 Desinfección por agentes químicos en estado líquido**

- **Ácido peracético**

Los elementos son expuestos a una solución de ácido peracético y agua al 0,2 %, por 30 minutos posteriormente son lavados con agua filtrada. “Su principal inconveniente es que solo es capaz de esterilizar las superficies que entran en contacto con el esterilizante así mismo el producto saliente no puede ser almacenado para su reutilización”.<sup>53</sup>

- **Glutaraldehido**

Glutaraldehido al 2% como desinfectante de nivel intermedio, se utilizada en inmersión de 20 minutos puede ser reutilizado por máximo 14 días de 20°C a 25°C. “Destruye todas las bacterias vegetativas, pseudomonas Aeruginosas, hongos patógenos y virus específicos, excepto grandes números de Mycobacterium Tuberculosis”<sup>54</sup>. Como desinfectante de alto nivel el tiempo de inmersión es de 45 minutos, reutilizado bajo las mismas condiciones. Elimina microorganismos patógenos excepto endosporas”.

- **Presept**

“Presentado en tabletas de dicloroisocianurato de Sodio (NaDCC), concentración por tableta de 500 ppm es utilizado para la preparación de una solución desinfectante de utensilios superficies equipos laboratorios y pisos hospitalarios”.<sup>55</sup>

- **Esterilización con germicidas líquidos**

La inmersión prolongada (6 a 10 horas) de materiales e instrumentos médicos en líquidos germicidas es otra técnica de esterilización.<sup>56</sup>

---

<sup>52</sup> IAÑEZ PAREJA, Enrique, Op.Cit.

<sup>53</sup> GÓMEZ, Carlos Ignacio, Op.Cit. p. 66

<sup>54</sup> Protocolo de líquidos para desinfección y esterilización, Comité de infecciones. Clínica materno Infantil San Luis

<sup>55</sup> GÓMEZ, Carlos Ignacio, Op.Cit. p. 68

<sup>56</sup> SIFUENTES, Esterilización, desinfección, antisepsia, disposición de desechos y reutilización de material biomédico en el hospital. México DF, México: Libros McGRAW-HILL, 1996.

**Tabla 3. Desinfectantes líquidos**

| COMPUESTO             | CONCENTRACIÓN         | USOS HOSPITALARIOS  |
|-----------------------|-----------------------|---|
| ALCOHOLES             | 60 - 90 % por volumen | Antisepsia (fricción acéptica de las manos)   |
| COMPUESTOS CLORADOS   | 100 - 5000 ppm        | Desinfección de alto nivel<br>Desinfección de superficies - lavandería<br>Tratamiento de agua y de desechos |
| FORMALDEHIDO          | 10 y 37 %             | Desinfección de alto nivel<br>Esterilización - preservar tejidos  |
| GLUTARALDEHIDO        | 2 %                   | Desinfección de alto nivel<br>Esterilización  |
| ORTOPTALDEHIDO        | 0.55 %                | Desinfección de alto nivel<br>Esterilización  |
| PEROXIDO DE HIDROGENO | 3 - 25 %              | Desinfección de equipos y superficies<br>Esterilización   |
| ACIDO PARACETICO      | 35 %                  | Esterilización  |
| YODOFOROS             | 3 - 50 ppm            | Desinfección de equipos y superficies<br>Antisepsia de piel y mucosas                                       |
| FENOLES               | 0.4 - 5 %             | Limpieza de equipos y superficies no críticas   |
| COMPUESTOS DE AMONIO  | 0.4 - 1.6 %           | Limpieza de superficies no críticas   |
| CLOREXIDINA           | 0.5 - 4 %             | Antisepsia de piel y mucosas  |

**Fuente:** Limpieza y desinfección <sup>57</sup>

<sup>57</sup> GÓMEZ, Carlos Ignacio, Op.Cit. p. 69

## 4.2 MARCO CONCEPTUAL

Los términos definidos a continuación, permiten identificar de manera clara, los diferentes conceptos que se enmarcan dentro de la investigación y que fueron necesarios para su desarrollo, así mismo fueron extraídos de diversas fuentes especializadas que no obedecen de manera directa al desarrollo de la propuesta, por tal razón omitimos su aparición (diccionarios temáticos y bases de datos principalmente).

**Asepsia** Estar libre de los organismos que puede causar enfermedad; las técnicas asépticas se utilizan para mantener el ambiente libre de microorganismos con el fin de proteger el paciente y a quien lo atiende.

**Bacteria** (del griego, bakteria, 'bastón'), nombre que reciben los organismos unicelulares y microscópicos, que carecen de núcleo diferenciado y se reproducen por división celular sencilla.<sup>58</sup>

**Colonización** Persistencia de microorganismos en una localización determinada del cuerpo humano sin evidencia de una respuesta por parte del huésped o de efectos adversos producidos sobre el mismo.

**Contaminación** Presencia de microorganismos en una superficie.

**Desinfección** Describe el proceso que elimina la mayoría o todos los microorganismos patógenos en objetos inanimados, con excepción de esporas bacterianas.

**Desinfectante** Es un germicida que inactiva virtualmente todos los microorganismos patógenos reconocidos, pero no necesariamente todas las formas microbianas (endosporas bacterianas) en objetos inanimados. Los agentes químicos usados con el propósito de destruir todas las formas de vida microbiana, incluidos hongos y esporas de bacterias, son llamados esterilizantes químicos.

**Espora bacteriana** Ciertas bacterias grampositivas pueden sintetizar un órgano de resistencia que les permite sobrevivir en condiciones más desfavorables, y se transforma de nuevo en una forma vegetativa cuando las condiciones del medio vuelven a ser favorables.

---

La facultad de esporular está sometida a control genético y ciertos gérmenes pueden perderla. La germinación de las esporas es siempre espontánea. Da lugar al nacimiento de una bacteria idéntica al germen que había esporulado.

**Esterilización** Es la completa eliminación o destrucción de todas las formas de vida microbiana. Se realiza por diversos medios físicos/químicos: vapor a presión, óxido de etileno y químicas líquidas. En general, todos los equipos de terapia respiratoria requieren una desinfección de alto nivel o una esterilización.

**El poder patógeno** Es la capacidad de un germen de implantarse en un huésped y de crear en él trastornos. Está ligada a la producción de lesiones en los tejidos mediante constituyentes de la bacteria y La producción de toxinas.

**Infección** Existe presencia de microorganismos y además una respuesta del huésped y/o efectos adversos producidos sobre éste.

**Infección nosocomial** Es una infección no presente o en estado de incubación en el momento del ingreso de un paciente en el hospital y que se desarrolla después de 48 horas del ingreso hospitalario, o bien si la infección ocurre tres días después del alta hospitalaria o dentro de los 30 días de la intervención quirúrgica

Infección Primaria Endógena Infección adquirida en la comunidad y con clínica en el momento de admisión del paciente en la Unidad.

Infección Secundaria Endógena o Tardía Infección adquirida en el Hospital - en otro hospital o en salas de hospitalización.

Infección exógena Infección adquirida en UCI, sin estar manifiesta clínicamente en el momento del ingreso del paciente en la UCI hospitalaria o dentro de los 30 días de la intervención quirúrgica.

**Limpieza** La eliminación de todo polvo suciedad y material extraño (tierra, materia orgánica) así como de una cantidad suficiente de microorganismos en función de reducir los riesgos de un determinado objeto. Se realiza normalmente con "agua a chorro", acción mecánica y detergentes. La limpieza debe preceder a los procedimientos de desinfección y esterilización

Niveles de desinfección

Desinfección de alto nivel DAN provisto de químicos como el glutaraldehido que eliminan organismos patogénicos excepto endoesporas bacteriales.

Desinfección de nivel intermedio DNI.: provisto por químicos incluyendo alcohol, fenol iodophoros que matan los bacilos de la tuberculosis, las bacterias vegetativas y la mayoría de virus y hongos, pero no necesariamente las esporas bacterianas.

Desinfección de bajo nivel DBN: Provisto por químicos que matan bacterias vegetativas, algunos hongos y algunos virus en un periodo de tiempo corto (menor a 10 minutos). Los desinfectantes de bajo nivel no acaban con los bacilos de la tuberculosis.

Oxigenoterapia

**Radiación** se define como la propagación de energía por el espacio. Los principales tipos de radiaciones que pueden tener efectos sobre los seres vivos son:

**Tabla 4. Tipos de radiación que influyen en las bacterias**

| RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA | LONGITUDES DE ONDA EN NM |
|----------------------------|--------------------------|
| Radiación infrarroja (IR)  | 800-10 <sup>6</sup>      |
| Radiación visible          | 380-800                  |
| Ultravioleta (UV)          | 13,6-380                 |
| Rayos X                    | 0.14-13.6                |
| Rayos g                    | 0.001-0.14               |
| Rayos cósmicos             | < 0.001                  |

**Fuente:** Reacción de las bacterias a las radiaciones <sup>59</sup>

**Residuo infeccioso** se considera residuo infeccioso aquel que contiene microorganismos tales como: bacterias, protozoarios, virus, rickettsias, hongos y recombinantes híbridos y mutantes, y sus toxinas, con la suficiente virulencia y concentraciones tales que pueda producir una enfermedad infecciosa o toxoinfecciosa.

**Magnetron** Es el componente fundamental del microondas, produce la señal oscilante a alta frecuencia.

**Inductancia** es la capacidad de la bobina de almacenar energía.

---

<sup>59</sup> IAÑEZ PAREJA, Enrique, Op.Cit.

**Fotón** Partícula luminosa.

**Electrón** Elemento constitutivo del átomo con carga negativa.

**Calor húmedo** incremento de temperatura en atmósfera saturada de vapor de agua, las moléculas de agua pueden desplazar a los puentes de hidrógeno.

**Calor seco** Se experimenta el incremento de temperatura en ausencia de agua, las aplicaciones para esterilización se encuentran el horno de pasteur, flameado e incineración.

### **4.3 MARCO ESPACIAL**

La clínica materno Infantil San Luis es un centro hospitalario de segundo nivel, donde la prestación de servicios esta dirigida especialmente a la población neonatal, la mas sensible y susceptible a adquirir infecciones nosocomiales puesto que su sistema inmunológico esta expuesto a los microorganismos. Este argumento compromete a realizar un proceso de limpieza y desinfección de los equipos y elementos con mayor exigencia.

Partiendo de la necesidad expuesta, se llevo a cabo un análisis sobre los procedimientos actuales destinados a esta labor, así como a las diversas razones del porque reutilizar un material de carácter desechable; asumiendo que en su mayoría entes de salud privados y estatales de similares características presentan los mismos problemas, a nivel de la región, del país e incluso de América latina y demás países del tercer mundo.

### **4.4 MARCO LEGAL**

#### **4.4.1 A nivel de manejo de aguas**

El artículo 2240 de 1996 emanado del ministerio de salud, contiene las normas referentes a las condiciones sanitarias que que deben cumplir las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (IPS), consagra en su artículo 5:

“las IPS con servicios de hospitalización u observación y en todas aquellas cuyos residuos contengan material radioactivo, infecciosos o patógeno, independiente del sistema de

disposición de residuo de líquidos, deberán instalar un sistema de tratamiento de aguas antes de su evacuación y disposición”.<sup>60</sup>

#### **4.4.2 A nivel de residuos sólidos**

El artículo 20 de la resolución 4445 de 1996, establece los parámetros para el manejo de residuos sólidos, el cual enmarca los conceptos de aprovechamiento y recuperación de la siguiente manera: “reutilización de residuos sólidos por medio de actividades tales como separación en la fuente, recuperación, transformación y reuso de los residuos, que al tiempo que genera un beneficio económico y social reducen los impactos ambientales y los riesgos de salud”.<sup>61</sup>

#### **4.4.3 A nivel de responsabilidad ambiental**

Así mismo la ley 430 de Enero de 1998, dicta las normas prohibitivas en materia ambiental, referentes al manejo de desechos peligrosos estableciendo dos aspectos fundamentales,

“la responsabilidad del generador, por los residuos que este produzca, extendiéndose a sus afluentes, emisiones, productos y subproductos, al igual que por todos los efectos ocasionados a la salud y al ambiente y la subsistencia de la responsabilidad, referente al compromiso que el generador del residuo peligroso posee hasta el posterior aprovechamiento como insumo o a la disposición definitiva del mismo”.<sup>62</sup>

#### **4.4.4 A nivel de regulación**

El Ministerio de Salud y el Ministerio del Medio Ambiente coordinan y controlan el cumplimiento de las exigencias y procedimientos técnicos contemplados para el correcto manejo y destino final de estos desechos especiales y “cobija a las entidades empresas y personas que prestan servicios de salud tanto a humanos como animales e igualmente a los que generen, identifiquen, separen, desactiven, empaquen, recolecten, transporten, almacenen, manejen, etc., residuos hospitalarios”.<sup>63</sup>

---

<sup>60</sup> GÓMEZ, Carlos Ignacio. Op. Cit., p.33

<sup>61</sup> Ibid., p.34

<sup>62</sup> Ibid., p.35

<sup>63</sup> Ibid., p.36

#### **4.4.5 A nivel de transformación de procesos**

Toda la normatividad consignada por el Ministerio de Salud y el Ministerio del Medio Ambiente obligará a que antes de tres años (resolución expedida en el año 2000),

“Todas las entidades que se encarguen de la prestación de servicios de salud y otras actividades relacionadas con el manejo de residuos hospitalarios deberán adoptar programas para el análisis y la implementación de tecnologías mas limpias, que minimicen la generación de sus residuos, sin comprometer en forma alguna la salud humana y el medio ambiente”.<sup>64</sup>

Por otra parte dicha reglamentación definirá los procesos, actividades y estándares microbiológicos que deben adoptarse y realizarse durante la cadena de generación, manejo y disposición final de desechos.

---

<sup>64</sup> \_\_\_\_, \_\_\_\_. Regulan manejo de desechos hospitalarios. En: Periódico El Colombiano. Cali, Colombia ( Enero 13-2001).

## 5. ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL CMISL

### 5.1 MONITOREOS DE CULTIVOS BACTERIOLÓGICOS CMISL

#### Objetivos

Evaluación y control de la eficacia de los procesos de limpieza y desinfección realizados.  
Conocimiento de bacterias de mayor incidencia en elementos para oxigenoterapia.  
Evitar posibles brotes epidemiológicos o de enfermedades nosocomiales que puedan afectar a los pacientes atendidos en la clínica.

#### Metodología

El comité de infecciones de la clínica San Luis de Bucaramanga destina un día determinado para la toma de muestras. Estas se obtienen de inmuebles, y objetos utilizados en los diferentes pisos de la clínica; dichos elementos pueden estar en uso, conectados al paciente, esterilizados, desinfectados, o listos para someterse al procedimiento de limpieza.

Al obtener la muestra se incubaba en un caldo durante 24 horas con el objeto de propiciar las condiciones necesarias para el desarrollo de la bacteria en caso tal que la muestra la contenga. Las muestras son revisadas en el laboratorio, para comprobar los resultados negativos, se incubaba el caldo hasta las 48 horas, y dar un resultado definitivo.

#### Resultados

“Estos estudios revelan un promedio de contaminación cercano al 30.8 % de la totalidad del muestreo de accesorios de oxigenoterapia en el periodo comprendido entre 1998-2002”.<sup>65</sup>

La frecuencia (alta media baja) en que las bacterias fueron encontradas, “muestra que el staphylococcus epidermis aparece con mayor registro dentro de los cultivos”<sup>66</sup>; éste hace parte de la flora bacteriana normal de la piel, sin embargo en otras condiciones podría convertirse en un agente patógeno. Por el contrario la Pseudomona siguiente en la escala es una bacteria oportunista que puede ocasionar infecciones pulmonares al paciente.

---

<sup>65</sup> Ver Tabla 5. Prevalencia de Gérmenes CMISL. Documento. p.41

<sup>66</sup> Ver Gráfico 9. Prevalencia De Gérmenes CMISL 1998-2002. Documento. p. 42

**Tabla 5. Prevalencia de Gérmenes CMISL (1998-2002)**

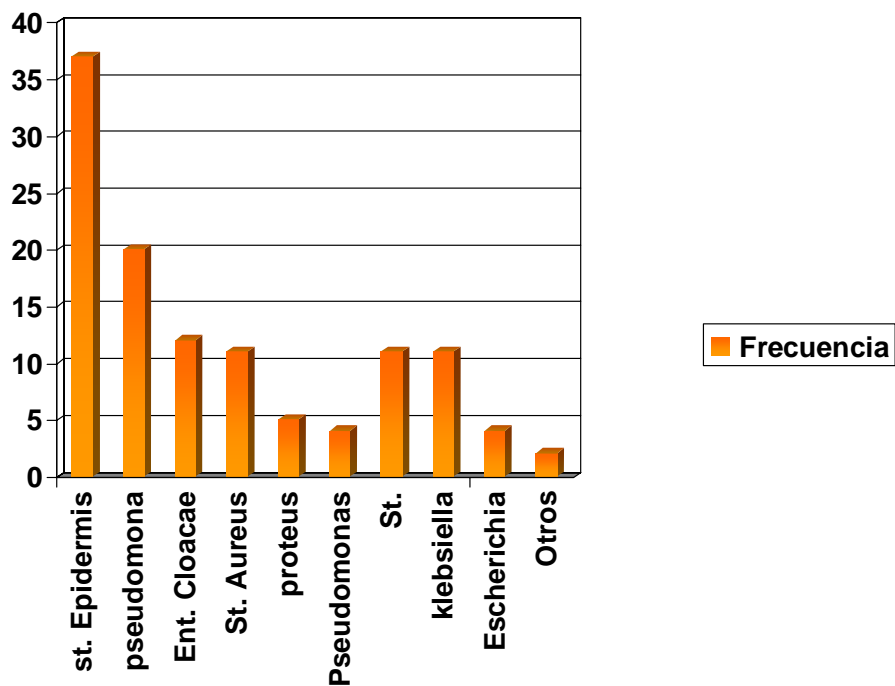
| FRECUENCIA                     | BACTERIA                           | APARICION |
|--------------------------------|------------------------------------|-----------|
| <b>MEDIA</b><br>(6 - 12)       | BACILLUS SPP                       | 6         |
|                                | CORINE BACTERIUM SPP               | 9         |
|                                | STHAPHYLOCOCCUS COAGULASA NEGATIVO | 6         |
|                                | STHAPHILOCOCCUS SAPROPHITICOS      | 11        |
|                                | STHAPHYLOCOCUS AUREUS              | 11        |
|                                | KLEBSIELLA PNEUMONIAE              | 11        |
|                                | ENTEROBACTER CLOACAE               | 12        |
| <b>MEDIA-ALTA</b><br>(13 - 20) | PSEUDOMONA AERUGINOSA              | 20        |
| <b>ALTA</b><br>(20 - 37)       | STHAPHYLOCUCCUS EPIDERMIS          | 37        |

**Fuente:** CMISL<sup>67</sup>

Así mismo el diagrama de barras de la grafica muestra la incidencia de las bacterias más comunes. En el estudio realizado por el HC se encuentra similitud en cuanto al tipo de bacterias encontradas en la CMISL

<sup>67</sup> Basado en: Clínica Materno Infantil San Luís. Monitoreos Bacteriológicos (1998-2002).

Grafico 9. Prevalencia De Gérmenes CMISL 1998-2002



Fuente: CMISL<sup>68</sup>

“Con base en esta información se establece el perfil de cada bacteria y su poder patógeno generando un marco de referencia para la prueba del equipo”.<sup>69</sup> En la tabla siguiente se consignan los datos técnicos, más relevantes sobre las bacterias Intrahospitalarias con mayor índice de persistencia, en los resultados de los cultivos realizados en los elementos de oxigenoterapia de los últimos 5 años.

<sup>68</sup> Clínica Materno Infantil San Luís. Op.Cit.

<sup>69</sup> Ver Anexo B-C. Descripción de bacterias encontradas en monitoreos. Documento. p. 172-173

Tabla 6. Bacterias más comunes CMISL 1998-2002

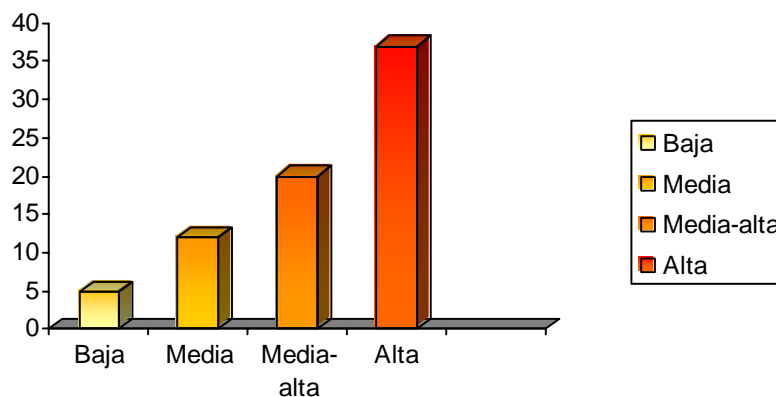
| BACTERIA   | CARACTERÍSTICAS   | ENFERMEDAD QUE TRASMITE   |
|--|---|---|
| <br>KLEBSIELLA<br>PNEUMONIAE      | Bacteria causante de enfermedad nosocomial e infecciones Comunitarias   | Asociada con neumonias infecciones urinarias y biliares, canal digestivo y bacterimias, virtualmente limitado hacia personas          |
| <br>PROTEUS<br>MIRABILIS          | Tercero después del escherichia y klebsiella como el patógeno clínico mas frecuentemente aislado. Presente en la flora fecal normal   | Encontrado en sangre y heridas tambien común en UTI's   |
| <br>ESCHERICHIA<br>COLI           | Se encuentra en el tracto intestinalde mamíferos oportunistas solo si abandonan el cólon  | Causante de UTI's bacterimia, relacionado con la diarrea del viajero Principalcausante de meningitis. neonatal y otras                |
| <br>PSEUDOMONA<br>AERUGINOSA     | Encontrado en el suelo y agua, intestino de mamíferos y plantas asociado con inf. Comunitarias adquiridas pero usualmente restringida a pacientes internos con predisposición a estos factores. | Agente de la meningitis, septicemia, endocarditis , epidemia de la diarrea severa en infantes.Infección pulmonar otitis entre otros . |
| <br>STREPTOCOCCUS               | Algunos son patógenos para el hombre.   | Causante de faringitis, la escarlatina, erisipelas fiebre puerperal y neumonias.  |
| <br>STAPHYLOCOCCUS<br>AEURUS    | Patógeno común en el humano se localiza en las mucosas y la piel.   | Puede originar abscesos y forúnculos puede provocar osteomielitis, endocarditis y otras infecciones                                   |
| <br>STAPHYLOCOCCUS<br>EPIDERMIS | Bacteria parasita se encuentra en el aire,el agua. La piel (pelo o bello)y la parte alta de la faringe humana, cuando abandonan su localización habitual presentan comportamiento patógeno      | Puede producir forúnculos, infc. de heridas, absesos, neumonía ,meningitis, septicemia  |
| <br>STROBACTER<br>FREUNDII      | Es de origen ambiental, aislado de la orina humana, garganta,esputo, sangre y heridas..   | Meningitis y Otitis Media   |

Fuente: Los autores <sup>70</sup>

<sup>70</sup> \_\_\_\_, \_\_\_\_. Fisiología y Morfología de las bacterias. Op. Cit. y Prevalencia de Gérmenes CMISL 1998-2002

El diagrama de barras muestra la diferencia entre la incidencia de las bacterias de acuerdo a su clasificación (baja, media alta etc.). Inversamente se observa que la mayoría de las bacterias que se han encontrado en los cultivos, en realidad han presentado menos apariciones dentro de estos monitoreos.

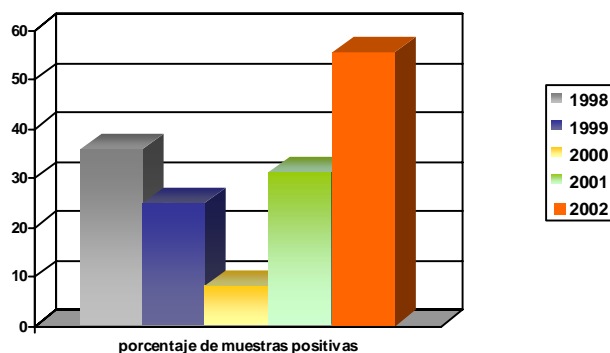
**Gráfico 10. Frecuencia De Cultivos Positivos**



Fuente: CMISL <sup>71</sup>

Adicionalmente se obtuvo un promedio anual, representado en gráfico de barras, sobre el porcentaje de resultados positivos y negativos comparados con la toma total de muestras. El número de muestras no es estándar para cada año puesto que Los resultados tabulados inician desde 1998 hasta el año 2002. El porcentaje promedio de muestras positivas encontrados en los monitoreos de elementos de oxigenoterapia fue del 30.8 %.

**Gráfico 11. Porcentaje de muestras positivas monitoreos bacteriológicos CMISL**



Fuente: CMISL <sup>72</sup>

<sup>71</sup> Clínica Materno Infantil San Luis. Op.Cit.

<sup>72</sup> Ibid.

## 5.2 ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS CMISL

### Objetivos

Reconocimiento, análisis y evaluación del proceso de limpieza y desinfección de mangueras de oxigenoterapia que esta llevando la CMISL en la actualidad con el fin de valorar la eficacia del mismo.

### Metodología

Se llevo a cabo el reconocimiento, análisis y evaluación del proceso de limpieza y desinfección de mangueras de oxigenoterapia con el fin de valorar la eficacia del mismo. Por medio del método de observación, recopilación y evaluación de información primaria, a través de pruebas, laboratorios y entrevistas, referente al protocolo de limpieza y desinfección, se corroboró la ejecución de los pasos, para la realización del aseo y limpieza de las mangueras. Se realizó la toma de tiempos de operación y de gasto de recursos del procedimiento en general, teniendo en cuenta cada una de las fases para cumplir con los procedimientos

### Resultados

“Según el grado de contacto de los equipos y accesorios con el paciente, el proceso protocolario de reutilización concluirá con la desinfección de los sets”.<sup>73</sup>

“Para cumplir los cuatro pasos protocolarios se incurre en procedimientos repetitivos y extendidos como en el caso del secado el cual representa una duración de 4 horas equivalentes a mas del 77% del tiempo total”.<sup>74</sup>

### 5.2.1 Análisis de proceso de limpieza y desinfección

La ejecución del procedimiento en general presenta periodos de tiempo prolongados y repetitivos que comprometen el rendimiento y la calidad de los resultados.

La organización de los diferentes servicios que presta la entidad hospitalaria ha llevado a la ubicación de los departamentos de limpieza en cada uno de los pisos o alas de las mismas,

---

<sup>73</sup> Ver Grafico 12. Diagrama de proceso de limpieza y desinfección y Grafico 13. - Diagrama Gant de Operación. Documento. p. 46 – 48.

<sup>74</sup> Ver Tabla 2. Nivel de limpieza según interacción del paciente con el elemento. Documento. p. 14

donde se lleva a cabo la limpieza y desinfección de las mangueras por personal que no ha sido exclusivamente asignado a dicha labor.

**Gráfico 12. Diagrama de proceso de limpieza y desinfección**

| OPERACION  | TIEMPO            |
|--|-------------------|
| <b>DESCONTAMINACION</b>                                |                   |
| ➔ LLEGADA DEL MATERIAL UTILIZADO                       |                   |
| ▼ ALMACENAMIENTO EN CONTENEDOR CON AGUA Y JABÓN        | VARIABLE          |
| ● LAVADO 1 ( remoción de impurezas )                   | 25.5 MIN          |
| ▼ INMERSIÓN EN HIPOCLORITO                             | 30 MIN            |
| <b>LIMPIEZA</b>  |                   |
| ➔ LLEGADA DE MANG. DESCONTAMINADAS AL AREA DE LIMPIEZA |                   |
| ● LAVADO 2 ( remoción de hipoclorito )                 | 25.5 MIN          |
| ● SECADO INICIAL                                       | 240 MIN           |
| <b>DESINFECCION</b>                                    |                   |
| ▼ INMERSIÓN EN GLUTARALDEHIDO 2%                       | 45 MIN            |
| ● LAVADO 3 ( remoción de glutaraldehido)               | 25.5MIN           |
| ● SECADO FINAL   | 240 MIN           |
| <b>EMPACADO</b>  |                   |
| ● EMPACADO Y ETIQUETADO                                | 8.5MIN            |
| ➔ ALMACENAMIENTO                                       |                   |
| <b>TIEMPO TOTAL</b>                                    | <b>10 :39 HRS</b> |

**Fuente:** Los autores<sup>75</sup>

<sup>75</sup> Basado en: Análisis Protocolo de limpieza y desinfección. CMISL. Documento. p. 11

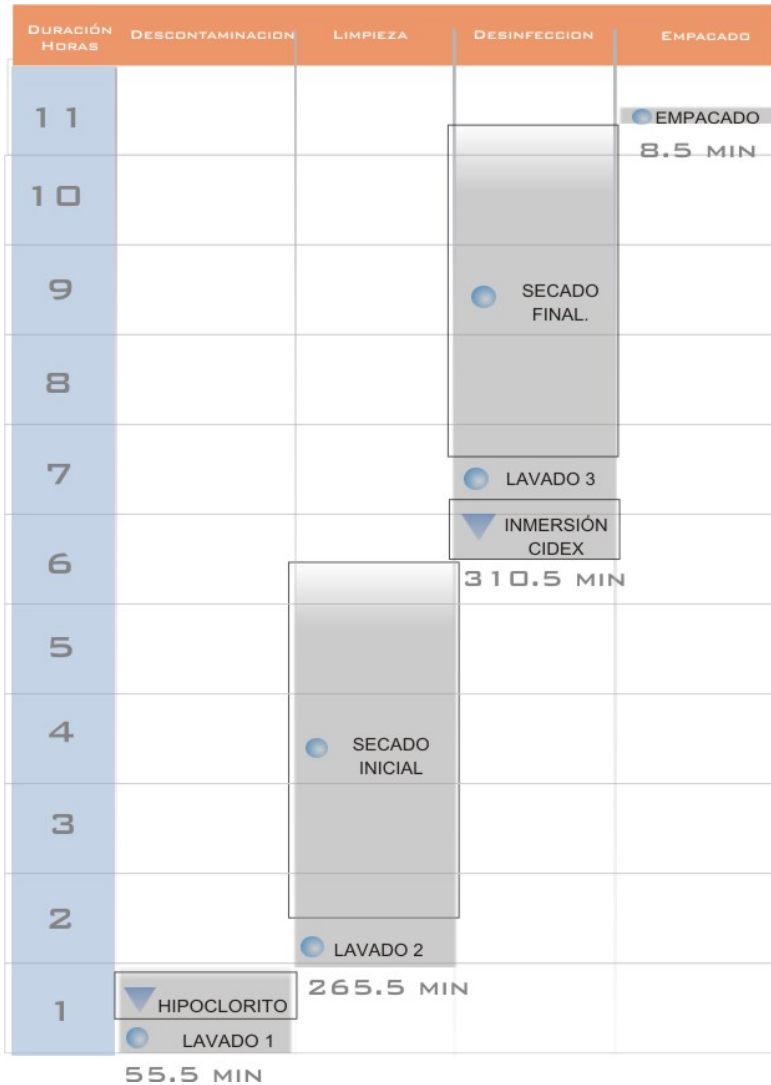
Se realizó un análisis de operación representado en el diagrama de proceso de limpieza y desinfección anterior, partiendo desde la descontaminación del material reutilizado hasta su desinfección con cidex y empacado. El tiempo calculado en promedio tiene una duración de 6 horas 40 minutos. El procedimiento está programado para ser ejecutado por un operario y su tiempo activo de trabajo es de 26 minutos aproximadamente.

El diagrama muestra como un procedimiento con cuatro pasos protocolarios incurre en operaciones repetitivas y extendidas como en el caso del secado el cual representa una duración de 240 minutos, lo que acarrea 75% del tiempo total.

El desarrollo de actividades está plateado de forma lineal cada evento depende de la culminación de su antecesor para proceder, del tal forma que estas cuatro actividades (descontaminación-limpieza-desinfección-empacado) se respetan como tal.

Sin embargo se puede apreciar en el diagrama gant la ejecución de los procedimientos, como se había descrito anteriormente en el diagrama de operación; las actividades de limpieza y desinfección presentan periodos de tiempo prolongados que comprometen el rendimiento y la calidad de los resultados del mismo.

**Grafico 13. Diagrama Gant de Operación**



**Fuente:** Los autores <sup>76</sup>

En el desarrollo de actividades la secuencia lineal desaparece en la ejecución de limpieza y desinfección de mangueras, tal como lo muestra diagrama de flujo, puesto que la remoción de cidex y secado de la fase de desinfección pasan al mismo sitio donde se realizó el lavado y secado de la etapa de limpieza.

<sup>76</sup> Basado en: Grafico 12. Diagrama de proceso de limpieza y desinfección. Documento. p. 46

Grafico 14. Diagrama de Flujo del Proceso



Fuente: Los autores <sup>77</sup>

<sup>77</sup> Basado en: Análisis del recorrido del proceso. Sala de limpieza y desinfección UCIN-CMISL.

### 5.2.2 Volumen y rotación de mangueras

“Para obtener información sobre circulación de mangueras reutilizadas, se realizó un sondeo de rotación de mangueras y accesorios de oxigenoterapia durante tres meses, estos resultados se ponderaron para obtener un promedio que se tomará como factor unidad”.<sup>78</sup>

**Tabla 7. Volumen de rotación de mangueras**

| MES                                 | MANGUERA REF         | CANTIDAD MES | PROMEDIO POR DIA | PROMEDIO POR MES |
|-------------------------------------|----------------------|--------------|------------------|------------------|
| MAYO                                | MANGUERA CORRUGADA   | 57           | 1.83             |                  |
|                                     | SET VENTILADOR       | 29           | 0.93             |                  |
|                                     | MANGUERA NEBULIZADOR | 24           | 0.77             | 6.35             |
|                                     | MANGUERA ASPIRACION  | 87           | 2.8              |                  |
| JUNIO                               | MANGUERA CORRUGADA   | 122          | 4.06             |                  |
|                                     | SET VENTILADOR       | 41           | 1.36             |                  |
|                                     | MANGUERA NEBULIZADOR | 37           | 1.23             | 10.45            |
|                                     | MANGUERA ASPIRACION  | 114          | 3.8              |                  |
| JULIO                               | MANGUERA CORRUGADA   | 21           | 2.3              |                  |
|                                     | SET VENTILADOR       | 5            | 0.5              |                  |
|                                     | MANGUERA NEBULIZADOR | 13           | 1.49             | 8.8              |
|                                     | MANGUERA ASPIRACION  | 42           | 4.6              |                  |
| PROMEDIO TOTAL DE MANGUERAS POR DIA |                      |              |                  | 8.52             |

**Fuente:** Los autores<sup>79</sup>

<sup>78</sup> Basado en: Formato para la recolección de datos sobre el volumen de rotación de mangueras UCIN-CMISL.

<sup>79</sup> Basado en: Análisis del volumen de rotación de mangueras UCIN-CMISL.

En la tabla sobre rotación de circuitos, se observa la tabulación trimestral durante los meses de mayo, junio y julio del 2002 clasificando los elementos de oxigenoterapia en tres grupos, ésta arroja un promedio /día, valores que se ponderaron para obtener un promedio general por mes hasta llegar a un promedio trimestral para tomarse como factor unidad (8.5 mangueras día)

### **5.3 ANÁLISIS DE COSTOS CMISL**

#### Objetivos

Obtener una aproximación sobre el costo del proceso de reutilización de las mangueras para evaluar su eficacia, así como obtener un referente que sirva como modelo comparativo de la propuesta en desarrollo.

#### Metodología

Análisis y evaluación de información a través de pruebas, laboratorios y métodos de observación del valor económico de todos los elementos involucrados en el proceso, desde el origen del circuito de oxigenoterapia hasta el fin de su vida útil.

#### Resultados

Se contempla una deficiente administración de los recursos en cuanto a consumo de agua, gasto energético, en cantidad y relación en litros por manguera.

El costo directo del proceso de limpieza y desinfección por manguera es de \$ 5783.07. Con base en la información obtenida en la toma de tiempos, la contabilización en pesos sobre el gasto puntual de recursos energéticos, horas hombre, así como el seguimiento sobre el gasto de insumos, calculado de acuerdo a la cantidad base de mangueras, se pudo obtener una valoración sobre el costo actual de limpieza y desinfección por manguera.

#### **5.3.1 Análisis de gasto de recursos energéticos.**

##### **5.3.1.1 Agua**

“La cifra equivalente al consumo de agua, no representa un alto valor económico, contrario a ello el valor ambiental es muy grande teniendo en cuenta que se están gastando 59,41 Lt

aproximadamente por manguera cada vez que se realiza este proceso, de acuerdo a esta información el costo es de \$43,44".<sup>80</sup>

### 5.3.1.2 Energía eléctrica

Se presenta tanto en la iluminación como en el uso de ventiladores para el proceso de secado. "El gasto energético es de 2720 Kw y su valor económico \$ 1101. La energía que se consume se incrementa en la limpieza y desinfección, para cada ciclo de secado existe una duración de 3 a 4 horas".<sup>81</sup>

**Tabla 8. Gasto de recursos energéticos**

| RECURSOS  | DURACIÓN | FACTOR     |
|---|----------|------------|
| <b>AGUA</b> LITROS /SEG.                                      |          |            |
| ALMACENAMIENTO EN CONTENEDOR CON AGUA Y JABÓN                 |          | 8          |
| INMERSIÓN EN HIPOCLORITO                                      |          | 8          |
| INMERSIÓN EN CIDEX  |          | 6          |
| LAVADO 1 ( remoción de impurezas)                             | 1530 SEG | 161.01     |
| LAVADO 2 ( remoción de hipoclorito)                           | 1530 SEG | 161.01     |
| LAVADO 3 ( remoción de cidex)                                 | 1530 SEG | 161.01     |
| TOTAL GASTO DE LITROS POR PROMEDIO DE MANGUERAS DIARIO ( 8.5) |          | 505.03 Lt  |
| <b>ELECTRICIDAD</b> Kw / Hr                                   |          |            |
| SECADO INICIAL ( VENTILADOR 600 w)                            | 4 Hr     | 0,6 Kw/h   |
| SECADO FINAL ( VENTILADOR 600 w)                              | 4 Hr     | 0,6 Kw/h   |
| ILUMINACIÓN ( FLUORESCENTES 4 x 40 w)                         | 4 Hr     | 0,16Kw/h   |
| TOTAL GASTO ENERGETICO PROMEDIO Kw/h                          |          | 1,360 Kw/h |
| TOTAL GASTO ENERGETICO Kw                                     |          | 5,440 Kw   |

Fuente: Los autores<sup>82</sup>

<sup>80</sup> Ver Tabla 8. Gasto de recursos energéticos. Documento. p. 52

<sup>81</sup> Ver Anexo E Diagrama de gasto de recursos energéticos. Documento. p. 175

<sup>82</sup> Basado en: Laboratorio de medición del consumo de agua y energía. Proceso de limpieza y desinfección UCIN-CMISL.

**Tabla 9. Costos directos por reutilización de mangueras.**

| RECURSOS                                     | DURACION | COSTO \$<br>GENERAL | COSTO \$<br>POR DIA | COSTO \$<br>MANG. |
|--|----------|---------------------|---------------------|-------------------|
| <b>SUMINISTROS</b>                           |          |                     |                     |                   |
| HIPOCLORITO ( 5000 ppm)                      | 6 Hr     | 2356                | 1178                | 138.26            |
| BALA DE AIRE COMPRIMIDO 6.5 M <sup>3</sup>   | 3DIAS    | 90000               | 30000               | 3529.41           |
| CIDEX ( GLUTARALDEHIDO AL 2%)                | 14 DIAS  | 20000               | 1428.5              | 167.66            |
| JABÓN EN POLVO                               | 3 DIAS   | 3000                | 1000                | 117.37            |
| <b>HORAS / HOMBRE</b>                        |          |                     |                     |                   |
| TIEMPO ACTIVO DEL PROCESO<br>POR MANGUERA \$ | 2.6 h    | 408.000             | 4420                | 520               |
| <b>AGUA/ ENERGIA</b>                         |          |                     |                     |                   |
| CONSUMO DE AGUA                              | 505.03LT | 966249              | 362.92 \$           | 43.23 \$          |
| CONSUMO ENERGETICO                           | 5,44 Kw  | 4'209.049           | 17241.86 \$         | 2028.45           |
| TOTAL ESTIMADO POR 8.5 MANGUERAS             |          |                     |                     | 6545.77           |

**Fuente:** Los autores<sup>83</sup>

<sup>83</sup> Basado en: Análisis de costos. Proceso de limpieza y desinfección UCIN-CMISL.

### **5.3.2 Costos directos**

En el diagrama anterior se muestra el costo general y costo por día de insumos, horas hombre y recursos energéticos de acuerdo a su duración y participación en el proceso, reuniendo los elementos que de forma directa hacen parte del proceso de reutilización.

## **5.4 SONDEO DEL COMPORTAMIENTO DE REUTILIZACIÓN**

Se pretende analizar el comportamiento frente a la reutilización de las mangueras de oxigenoterapia de los entes prestadores de salud del área metropolitana de Bucaramanga.

### **5.4.1 Planteamiento Del Problema**

Evaluar el grado de necesidad existente alrededor de un sistema de secado y desinfección de mangueras de oxigenoterapia partiendo de identificar la existencia y el tamaño de un nicho de mercado en el área metropolitana de Bucaramanga.

### **5.4.2 Objetivo De La Investigación**

Determinar la existencia de un mercado objetivo que comparta la problemática identificada en el modelo de investigación del proyecto.

### **5.4.3 Objetivos Específicos**

Identificar si existen políticas de reutilización de elementos de oxigenoterapia así como conocer el enfoque y contenido de las mismas.

Conocer los argumentos que influyeron en la decisión de reutilizar dichos elementos.

Evaluar el grado de idoneidad de las metodologías y procedimientos de descontaminación, limpieza y desinfección que están llevando a cabo.

Determinar quien asume los costos de adquisición de estos elementos en el momento de la prestación del servicio.

Identificar el destino de estos elementos después de completar su ciclo de vida útil.

#### **5.4.4 Diseño del muestreo**

##### **5.4.4.1 Población y objeto de estudio**

Se tendrá como referencia las entidades hospitalarias de Bucaramanga y el área metropolitana.

Clínica Bucaramanga

Clínica Carlos Ardila Lulle

Clínica Chicamocha

Clínica La Merced

Clínica Materno Infantil Cañaveral

Clínica Materno Infantil San Luís

Clínica Metropolitana

Hospital San Juan Bautista

Hospital San Juan de Díos

Hospital Universitario Ramón González Valencia

##### **5.4.4.2 Parámetros de interés**

Establecer el nivel de clasificación del centro Hospitalario para determinar la capacidad de atención y la disponibilidad de los equipos de terapia respiratoria.

Existencia de políticas de reutilización.

Modo de adquisición de elementos.

Especialidad del hospital.

##### **5.4.4.3 Tipo De Muestreo**

Para esta investigación de tipo exploratorio se ha determinado que el mercado objetivo está limitado a las entidades existentes en Bucaramanga y el área metropolitana.

No hay intención de hacer una investigación de mercados propiamente dicha sino por el contrario un sondeo sobre el tema de interés. Por tal motivo se tomará como modelo el muestreo por criterio; es decir basados en la experiencia y el conocimiento de una persona sobre los temas involucrados en el estudio, se le delegará la responsabilidad de seleccionar el personal idóneo ha ser encuestado.

#### 5.4.4.4 Definición De La Muestra De Población

De acuerdo al número de centros hospitalarios se seleccionará dos personas por cada uno de ellos, para dar a conocer y comparar la veracidad de la información.

|                  |          |                                    |
|------------------|----------|------------------------------------|
| $N = 10$         | $n = 1$  | $N = \#$ de centros hospitalarios  |
|                  |          | $n = \#$ de encuestados por centro |
| $M = N \times n$ | $M = 10$ | $M =$ Tamaño de la muestra         |

#### 5.4.4.5 Preguntas de investigación

Cual es el nivel de clasificación del hospital según su capacidad?

Cual es la especialidad del Centro Hospitalario?

Prestan servicios de terapia respiratoria?

Cuales servicios relacionados con terapia respiratoria presta el centro hospitalario?

Como se adquieren los elementos para equipos de terapia respiratoria?

Reutilizan elementos desechables en las labores de terapia respiratoria?

Que elementos reutilizan?

Cuales son los motivos principales para la reutilización?

Que método o métodos se utilizan para la descontaminación limpieza y desinfección y/o reutilización de estos elementos?

Con que recursos y equipos cuentan para este procedimiento?

La clínica confía en los resultados obtenidos?

Han tenido casos de elementos reutilizados previamente desinfectados y/o esterilizados que estén contaminados?

Cual es la política de la clínica frente a esta problemática?

#### 5.4.4.6 Encuesta

El formato de la “encuesta”<sup>84</sup> se desarrollo utilizando esquemas basados en escalas de:

Orden de clasificación: “Esta técnica solo permite ordenar por el grado de afinidad con un criterio establecido diferentes elementos a estudio teniendo como ventaja que se comparan todos a la vez”.<sup>85</sup>

---

<sup>84</sup> Ver Anexo D. Formato de Sondeo de mercado sobre el comportamiento de reutilización. Documento. p. 174

<sup>85</sup> STANTON, William, ETZEL, Michael y WALKER, Bruce. Fundamentos de Marketing. México DF, México: Libros McGRAW-HILL, 1998. p. 289

Escala de clasificación continúa: "califica los elementos a lo largo de una línea que va de un extremo de la variable de criterio al otro totalmente opuesto".<sup>86</sup>

#### **5.4.4.7 Resultados**

Numero de encuestas realizadas:

1. Clínica Santa Teresita
2. Clínica Materno Infantil San Luis
3. Clínica Carlos Ardila Lulle
4. Clínica Chicamocha
5. Clínica Metropolitana

#### **5.4.4.8 Tabulación**

Respuestas no tabulables de las pregunta 6,11 y 12

6. Escriba los argumentos que tienen para la reutilización de estos accesorios.

Se aplica el protocolo de limpieza y se esteriliza a gas.

Costo de los elementos.

Depende del estado del usuario.

Se utiliza pulmoaide, pocas veces con o2 o por orden medica.

11. Que acciones se han puesto en marcha dentro de este programa

Desinfección y esterilización de los elementos (fin encuesta).

Protocolo de prevención de infección nosocomial respiratoria.

Ninguno (fin de la encuesta).

No responde (fin de la encuesta).

12. De ser así que resultados significativos han obtenido.

Disminución en las infecciones respiratorias nosocomiales.

---

<sup>86</sup> STANTON, William, ETZEL, Michael y WALKER, Bruce. Op. Cit., p. 291

**Tabla 10. Tabulación sondeo de comportamiento - conceptos generales (ítem 1-4)**

| NRO | CONCEPTO           | RESULTADOS   |                     |                   |            |
|-----|--------------------|--------------|---------------------|-------------------|------------|
|     |                    | PRIMER NIVEL | SEGUNDO NIVEL       | TERCER NIVEL      |            |
| 1   | NIVEL DEL HOSPITAL | 0%           | 20%                 | 80%               |            |
| 2   | SERVICIOS          | NEBULIZACIÓN | VENTILADOR MECÁNICO | INCUBADORAS       |            |
|     |                    | 40%          | 40%                 | 20%               |            |
| 3   | PROVEEDORES        | LA CLINICA   | EPS                 | EMPRESA PREPAGADA | EL USUARIO |
|     |                    | 50%          | 16,667%             | 16,667%           | 16,667%    |
| 4   | REUTILIZACIÓN      | SI           | NO                  |                   |            |
|     |                    | 80%          | 20%                 |                   |            |

Fuente: Los autores <sup>87</sup>

**Tabla 11. Tabulación sondeo de comportamiento–porcentaje de reutilización (ítem 5)**

| NRO | ELEMENTOS REUTILIZADOS | PORCENTAJE DE REUTILIZACIÓN |  |  |      |
|-----|------------------------|-----------------------------|--|--|------|
|     |                        |                             |  |  |      |
| 1   | MANGUERA CORRUGADA     |                             |  |  | 100% |
| 2   | MANGUERA LISA          |                             |  |  | 80%  |
| 3   | NEBULIZADOR            |                             |  |  | 80%  |
| 4   | SET VENTILADOR         |                             |  |  | 80%  |
| 5   | TUBO EN T              | 20%                         |  |  |      |
| 6   | CANULA NASAL           | 20%                         |  |  |      |
| 7   | MASCARA RESERVORIO     | 20%                         |  |  |      |
| 8   | MASCARA TRAQUEOSTOMIA  | 0%                          |  |  |      |

Fuente: Los autores <sup>88</sup>

<sup>87</sup> Basado en: Sondeo del comportamiento frente a la reutilización de las mangueras de oxigenoterapia de los entes prestadores de salud del área metropolitana de Bucaramanga.

<sup>88</sup> Ibid.

**Tabla 12. Tabulación sondeo de mercado–procedimiento de reutilización (ítem 9)**

|   | ELEMENTOS REUTILIZADOS  | PROCEDIMIENTO |     |     |  |      |
|---|-------------------------|---------------|-----|-----|--|------|
| 1 | <b>DESCONTAMINACIÓN</b> |               |     |     |  |      |
| 2 | HIPOCLORITO             |               |     |     |  | 100% |
| 3 | GLUTARALDEHIDO          |               |     |     |  |      |
| 4 | <b>LAVADO</b>           |               |     |     |  |      |
| 5 | MANUAL                  |               |     |     |  | 100% |
| 6 | EQUIPO DE LAVADO        |               |     |     |  |      |
| 7 | <b>SECADO</b>           |               |     |     |  |      |
| 8 | MANUAL                  |               |     | 60% |  |      |
| 1 | AIRE COMPRIMIDO         |               | 40% |     |  |      |
| 2 | MAQUINA SECADORA        | 0%            |     |     |  |      |
| 3 | <b>DESINFECCIÓN</b>     |               |     |     |  |      |
| 4 | GLUTARALDEHIDO          |               | 40% |     |  |      |
| 5 | NO RESPONDE             |               | 40% |     |  |      |
| 6 | ETO                     | 20%           |     |     |  |      |
| 7 | <b>ESTERILIZACIÓN</b>   |               |     |     |  |      |
| 8 | AUTOCLAVE               |               |     |     |  |      |
|   | ETO                     |               |     |     |  | 75%  |
|   | GLUTARALDEHIDO          | 20%           |     |     |  |      |

**Fuente:** Los autores <sup>89</sup>

<sup>89</sup> Basado en: Sondeo del comportamiento frente a la reutilización de las mangueras de oxigenoterapia de los entes prestadores de salud del área metropolitana de Bucaramanga.

**Tabla 13. Tabulación sondeo de mercado–conceptos generales (ítem 8-10)**

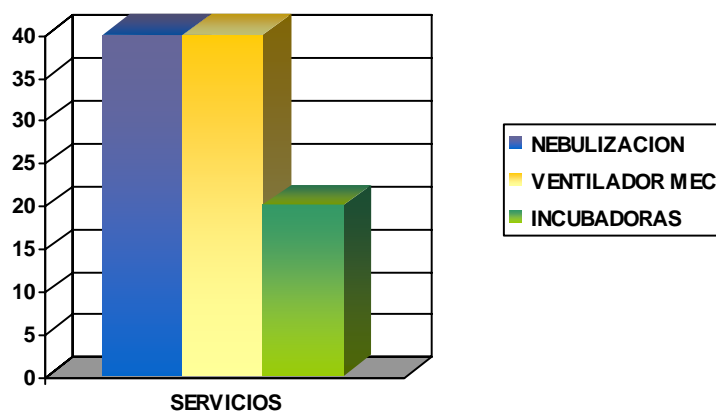
| NRO | CONCEPTO               | RESULTADOS            |                      |         |
|-----|------------------------|-----------------------|----------------------|---------|
|     |                        | SUBCONTRATAR SERVICIO | NO UTILIZAN EQU' POS | CLÍNICA |
| 8   | PROCEDENCIA DE EQUIPOS | 0%                    | 0%                   | 100%    |
| 9   | SECADO DE MANGUERAS    | AIRE COMPRIMIDO       | MEDIO AMBIENTE       |         |
|     |                        | 40%                   | 60%                  |         |
| 10  | PROGRAMA PREVENCIÓN    | NO                    | SI                   |         |
|     |                        | 80%                   | 20%                  |         |

Fuente: Los autores <sup>90</sup>

#### 5.4.4.9 Conclusiones

De acuerdo a la encuesta, el nivel de centros hospitalarios en su mayoría son de tercer nivel con el 80% mientras que los centros de segundo nivel abarcaron el 20%, es necesario tener en cuenta que el número de encuestas no se realizó a la totalidad de estas entidades por lo que el porcentaje tiende a cambiar. Sin embargo se encontró que los servicios de oxigenoterapia están principalmente orientados a nebulizaciones y ventilación mecánica.

**Grafico 15. Servicios de oxigenoterapia**



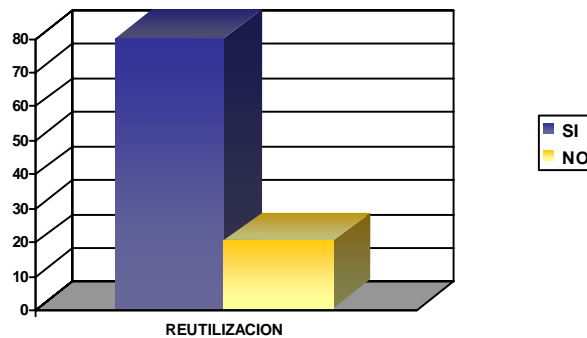
Fuente: Los autores <sup>91</sup>

<sup>90</sup> Basado en: Sondeo del comportamiento frente a la reutilización de las mangueras de oxigenoterapia de los entes prestadores de salud del área metropolitana de Bucaramanga.

<sup>91</sup> Basado en: Tabla 10. Tabulación sondeo de comportamiento - conceptos generales (ítem 1-4). Documento. p. 58

Entrando en el tema de mayor importancia para la investigación se encontró que los centros hospitalarios encuestados recurren a la reutilización de los circuitos en un 80 %.

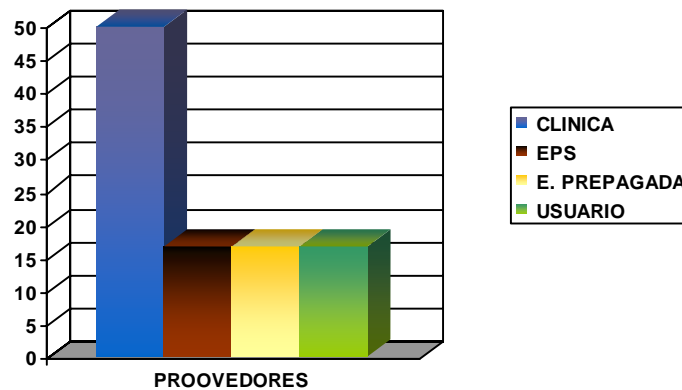
**Grafico 16. Porcentaje de Centros hospitalarios que reutilizan**



**Fuente:** Los autores <sup>92</sup>

En cuanto a la adquisición de los insumos, estos son adquiridos en su mayoría por el centro hospitalario con un porcentaje de 50% sobre las demás formas de adquisición.

**Grafico 17. Proveedores de accesorios para oxigenoterapia**



**Fuente:** Los autores <sup>93</sup>

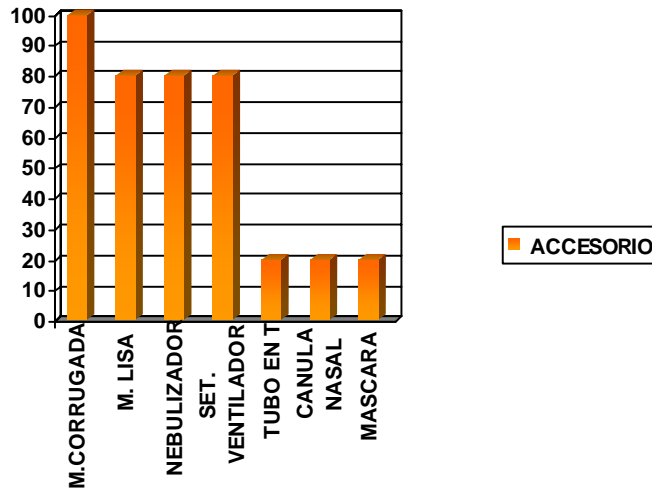
Dentro de los accesorios reutilizados se conoció que las mangueras de oxigenoterapia son reutilizadas en su totalidad, los nebulizadores, mangueras lisas y set de ventilador también obtuvieron un alto porcentaje de reutilización con un 80%. Estos valores corresponden a los

<sup>92</sup> Basado en: Tabla 10. Op. Cit. p. 58

<sup>93</sup> Ibid., p. 58

elementos de mayor interés para el desarrollo del sistema de reutilización lo que da un firme argumento para llevar a cabo su desarrollo.

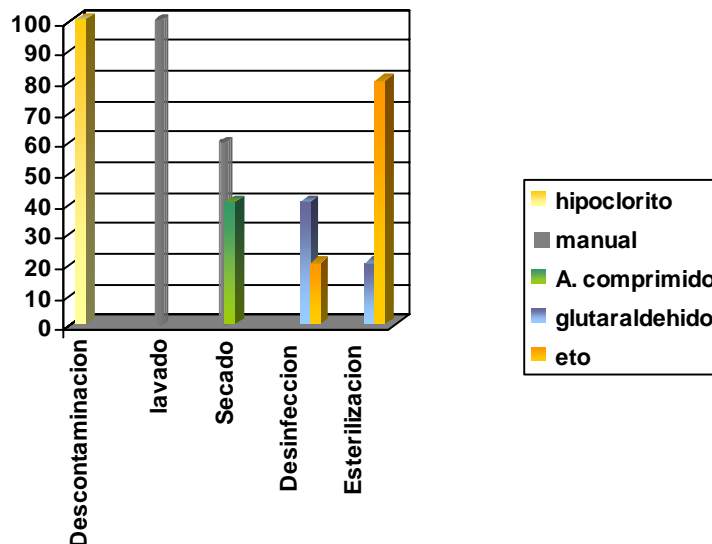
**Grafico 18. Porcentaje de reutilización en accesorios de oxigenoterapia**



Fuente: Los autores <sup>94</sup>

Dentro de los mecanismos tendientes a la reutilización, se pudo constatar que los centros hospitalarios en su mayoría, realizan un procedimiento muy homogéneo, en cuanto a técnicas para el cumplimiento del protocolo de limpieza y desinfección.

**Grafico 19. Procedimiento de limpieza y desinfección**



Fuente: Los autores <sup>95</sup>

<sup>94</sup> Basado en: Tabla 11. Tabulación sondeo de comportamiento–porcentaje de reutilización. Documento. p. 58

<sup>95</sup> Basado en: Tabla 12. Tabulación sondeo de mercado–procedimiento de reutilización. Documento. p. 59

Apoyándose en los recursos naturales y en los productos químicos, se desarrollan las labores tendientes a la reutilización, evidenciando la ausencia de equipos especializados u otras alternativas para llevar a cabo este proceso.

Respecto a la a la inquietud sobre la manera como se efectúa el proceso de secado, se encontró que en un 60% este se sirve de la luz solar, contra un 40 % restante que se realiza con aire comprimido.

## **6. DESARROLLO PROYECTUAL**

### **6.1 FACTORES INHERENTES AL PROCESO DE REUTILIZACIÓN**

#### **Objetivo**

Identificar y definir las variables que inciden directamente en el funcionamiento de la propuesta que se comportará como factores condicionantes y limitantes del equipo.

#### **Metodología**

Realización de laboratorios de comprobación, e información adquirida por métodos de observación y fuentes de información secundaria.

#### **Resultados**

Los materiales que constituyen los set de mangueras obedecen a tres tipos de polímeros genéricos diferentes, como consecuencia sus propiedades también lo son, asumiendo comportamientos y reacciones heterogéneos ante los cambios físicos.

La geometría de las mangueras representa otro factor condicionante para el secado debido a la dificultad.

El complejo mundo de las bacterias hace que su importancia no sea menos que en los demás factores, para lograr la desinfección es necesario tener conocimiento sobre las bacterias más Intrahospitalarias sus fortalezas y sus debilidades.

#### **6.1.1 Circuitos de oxigenoterapia**

##### **6.1.1.1 Material**

Las propiedades físico químicas, temperatura de fusión, el Limite elástico, absorción de calor diferente a una misma temperatura son factores que varían de acuerdo a la composición del material polimérico. De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio de reconocimiento de polímeros se encontró que los genéricos constituyentes de las tres probetas analizadas son diferentes, afirmando que las propiedades y las reacciones de cada

uno de estos polímeros serán heterogéneas entre si. Teniendo en cuenta el desconocimiento del origen del material polimérico del cual están compuestas las mangueras en estudio, se realizó un laboratorio de reconocimiento de los mismos.

En la tabla aparecen los resultados de la identificación de material de cada manguera tipo y su clasificación, de aquí se obtuvo que las probetas analizadas, están fabricadas en diferente material polimérico (polietileno, polipropileno, cloruro de polivinilo).

**Tabla 14. Reconocimiento de polímeros en las mangueras.**

|    |                      | <b>POLIETILENO</b>   |                          |  |
|--|----------------------|--|--------------------------|--|
|  |                      | PRESENTA ESTABILIDAD DE FORMA AL CALOR, ESTERILIZABLE HASTA 120 C. PRÁCTICAMENTE SIN ABSORCIÓN DE AGUA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y AL CHOQUE, RIGIDEZ BUENA DUREZA SUPERFICIAL, SE HACE QUEBRADIZO A TEMPERATURAS INFERIORES A 0 C.  |                          |  |
| <b>POLIPROPILENO</b>   |                      |  |                          |  |
| TERMOPLÁSTICO. EN POLIETILENO DE ALTA PRESIÓN POSEE ALTA FLEXIBILIDAD, BUENA RESISTENCIA TÉRMICA, Y BAJA DUREZA SUPERFICIAL. |                      |    |                          |  |
|  |                      | <b>PVC</b>   |                          |  |
|   |                      | ES UN POLÍMERO TERMOPLÁSTICO, INERTE, IMPERMEABLE ALLÍ COMO AISLANTE TÉRMICO, RESISTENTE A INTEMPERIE. DENTRO DE LA CUARTA PARTE DE LOS PRODUCTOS HECHOS EN ESTE MATERIAL SE ENCUENTRAN PARA USOS MÉDICOS ENTRE ELLAS LAS MANGUERAS, QUIENES POSEEN UNA VIDA ÚTIL DE 2 A 15 AÑOS |                          |  |
| POLÍMERO   | PESO ESPECÍFICO G/CM | T DE USO PERMANENTE C  | CONDUC. TÉRMICA KCAL/MHC | ABSORCIÓN DE H <sub>2</sub> O EN 24 H. % |
| POLIETILENO  | 0.95                 | 120  | 0.26                     | 0.003                                    |
| POLIPROPILENO  | 0.90                 | 85-95  | 0.22                     | 0.001                                    |
| PVC  | 1.35                 | 40-70  | 0.23                     | 0.001                                    |

Fuente: Los autores <sup>96</sup>

<sup>96</sup> Basado en: Anexo A Laboratorio de reconocimiento de polímeros. Documento. p. 171

#### **6.1.1.2 Geometría**

La forma corrugada de las mangueras permite que sus anillos sean acumuladores de agua y su esbeltez (elevada longitud respecto a su diámetro) dificultan la remoción de humedad, es entonces como estos factores condicionan el procedimiento, dificultando la desinfección y el secado.

#### **6.1.2 Acción bacteriana**

La patogenicidad las bacterias Intrahospitalarias y su grado de aparición, así como la resistencia a los métodos actuales de desinfección, son factores determinantes puesto que los circuitos deben encontrarse en condiciones de asepsia para ser utilizados en otros pacientes, de lo contrario como se ha explicado en puntos anteriores estas podrían ser el foco para infecciones Intrahospitalarias, acarreando emergencias sanitarias y serias implicaciones sociales y legales a la clínica.

### **6.2 PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA A APLICAR**

#### **Objetivo**

Establecer los factores limitantes que condicionarán la escogencia del principio tecnológico que se someterá a prueba para garantizar la acción de secado y desinfección.

#### **6.2.1 Termo resistencia de los polímeros de las mangueras**

Basados en la experiencia de los centros hospitalarios y de la identificación del material polimérico de las mangueras, se llegó a la conclusión que los circuitos no debían ser sometidos a métodos de desinfección, esterilización o secado que empleen temperaturas elevadas (mayor a 70° C) puesto que el material presenta deformación plástica.

#### **6.2.2 Resistencia de las bacterias**

Para reutilizar los circuitos se debe garantizar la asepsia de los mismos. Las bacterias Intrahospitalarias más comunes y resistentes encontradas en los estudios realizados, se tomarán como referencia para la comprobación de la capacidad de desinfección de los métodos que serán propuestos.

### **6.2.3 Conocimiento de las tecnologías aplicadas**

Fundamentados en el perfil profesional del diseñador industrial de la UIS, se dio prioridad a las alternativas planteadas con una perspectiva orientada a utilizar principios físico-mecánicos, por estar mas acordes con nuestro hacer académico.

### **6.2.4 Viabilidad económico-tecnológica**

Si la dificultad radica en la labilidad del material de las mangueras, existen otros métodos que operan con temperaturas bajas, como el peroxido de hidrogeno y ETO, sin embargo estos gases requieren de un soporte tecnológico de alta inversión para implementarse, que solo pocos centros hospitalarios pueden asumir, limitando así la aplicabilidad de dichos procedimientos; sumado a esto, “el ETO es un gas cancerígeno y mutágeno para el operario”.<sup>97</sup>

Por otra parte la presencia de un equipo industrial que garantiza el flujo de aire continuo en las instalaciones de la clínica (sistema de compresión), abre la posibilidad de pensar en utilizar tecnologías que permitan el aprovechamiento de los recursos con los que cuenta la entidad.

### **6.2.5 Protección del medio ambiente**

Actualmente algunos centros de limpieza y desinfección de los hospitales con menor capacidad de inversión recurren al uso de desinfectantes químicos de medio y alto nivel como el glutaraldehido al 2 %, presept y quiruger. Los cuales al finalizar su ciclo útil son vertidos a los flujos de agua urbanos. Por otra parte se promueve la utilización de tecnologías que no generen subcompuestos u otros elementos resultados de los procesos de reutilización.

### **6.2.6 Simplificación del proceso**

“El uso de desinfectantes químicos conlleva un costo extra, puesto que hacen que el procedimiento de limpieza y desinfección sea repetitivo incrementando la dificultad para ejercer control sobre el proceso”.<sup>98</sup>

---

<sup>97</sup> Ver El oxido de etileno. Documento. p. 30

<sup>98</sup> Ver Análisis de proceso de limpieza y desinfección. p. 45

De esta manera mientras se logre una mayor simplificación y linealidad en los pasos del proceso de reutilización de circuitos se reducirá el porcentaje de error, ya sea por parte del operario o por parte del proceso en si mismo.

### **6.3 ALTERNATIVAS DE SECADO**

#### **Objetivo**

Identificar las fortalezas y la viabilidad de las tecnologías de secado preseleccionados

#### **Metodología**

Construcción de modelos de comprobación teniendo en cuenta los parámetros de selección tecnológica, que evidenciaron los métodos posibles de desinfección y secado.

#### **6.3.1 Centrifugado**

El principio aplicado se fundamenta en una fuerza que genere la evacuación del agua contenida en los canales de los circuitos; basados en la operación manual efectuada por las operarias quienes realizan un movimiento circular sometido a la acción de fuerza centrífuga para remover el agua antes de ubicar los sets en el ventilador. La velocidad de giro permitirá disminuir la concentración de agua acumulada en los canales de la manguera para facilitar el proceso de secado.

#### **Metodología:**

El primer acercamiento se hizo en un motor de 80 vatios dispuesto verticalmente ubicando en él un dispositivo que sujetó una manguera en el centro de su longitud, de tal forma que ésta quedó suspendida en el espacio.

La siguiente se realizó con un motor con disposición horizontal con la misma potencia, y su respectivo dispositivo de acople, esta prueba no se concluyó favorablemente ya que la manguera tendía a quedar enrollada en su eje.

#### **Resultados y conclusiones**

El centrifugado se perfila como un método de remoción de agua exclusivamente, pues se debe apoyar en otro método para lograr el secado total.

La fuerza centrífuga aplicada a las mangueras determina el tamaño del equipo debido a que el radio de giro será equivalente a la longitud de las mismas; para reducir dicho volumen los elementos pueden apoyarse en ambos extremos, es decir en sentido vertical; sin embargo esta disposición hace que el contenido de agua tiende a girar en torno a sus canales y como consecuencia esta no sea evacuada.

### 6.3.2 Radiación solar

“La metodología consiste en ubicar las mangueras en un colector, de tal forma que al ser expuestas en determinados periodos de tiempo a los rayos solares éstas disminuyan su contenido de agua hasta secarse”.<sup>99</sup> Según la información recopilada las ondas lumínicas atrapadas en la cavidad incrementarán la temperatura del agua contenida en los circuitos hasta evaporarla.

Metodología:

Se construyeron dos cajas negras para concentrar el calor y de acabado metalizado en sus paredes internas para aumentar la reflexión de las ondas, las dimensiones se trabajaron con igual longitud, diferente ancho y profundidad para comparar el efecto de la radiación sobre el secado de las mangueras. La puerta fue construida completamente en acrílico transparente. Las dimensiones fueron las siguientes:

|                                 |     |                     |
|---------------------------------|-----|---------------------|
| Colector solar cavidad ancha    | DIM | 50 * 12 * 110 (cms) |
| Colector solar cavidad profunda | DIM | 30 * 30 * 110 (cms) |

Las pruebas se realizaron en un día soleado, con una temperatura de 30 °C, los colectores se ubicaron en una zona despejada de 10:00 a.m. a 12:00 m

Resultados y conclusiones

El tiempo de secado fue de 120 min, no se encontraron rastras de agua en las mangueras. Las mangueras ubicadas en la cavidad ancha se secaron en menor tiempo.

Por otra parte, esta tecnología no requiere una fuerte inversión puesto que la cavidad acarrea bajos costos de construcción, operación y mantenimiento. Así mismo la energía consumida es gratuita, limpia e ilimitada. Sin embargo presenta condicionantes que

---

<sup>99</sup> \_\_\_\_, \_\_\_\_. Secado por colector solar. Equipos de secado, [en línea], [consultada marzo 2002]. Disponible en: [www.secadoresagricol.com/busproductos.asp](http://www.secadoresagricol.com/busproductos.asp)

compromete estos tiempos obtenidos, ya que la duración de secado depende de la intensidad lumínica y del clima. Por ejemplo Bucaramanga presenta un clima muy variable, repercutiendo directamente en la pérdida de energía radiante ya que cambia rápidamente con la variación de las condiciones atmosféricas.

Requiere ubicarse en una zona despejada donde se garantice que no hay presencia de elementos de la naturaleza o urbanos que generan sombra.

### **6.3.3 Calor por convección forzado**

El funcionamiento de este método consiste en enviar aire caliente a presión (temperatura aproximada 70° C), hacia el cuerpo interior de las mangueras.

El aire inyectado, es aire presurizado obtenido de un compresor, éste es previamente calentado en una cámara que funciona con resistencias eléctricas. Finalmente el aire caliente pasa a un dosificador que contiene una serie de boquillas inyectoras quienes son las encargadas de dirigirlo hacia las mangueras.

El aire forzado se empleará como un método de apoyo para la remoción de humedad, el agua que no haya circulado experimentará un incremento en su temperatura hasta evaporarse.

Metodología:

Se construyó un cilindro que actuó como cámara de calentamiento conectado previamente al flujo de un compresor de aire (presión 35 psi) y al de un secador industrial (potencia de 1200 w) que presto sus resistencias eléctricas para efectuar la prueba, posteriormente se dispusieron los eyectores.

Resultados y conclusiones

Los resultados de la prueba muestran que se obtuvo un secado en tiempo promedio de 15 minutos por unidad de manguera. Sin embargo la fuente proximal de la manguera se afecto en sus propiedades físicas por acción de calor de la pistola.

El calor por convección funciona como un método de secado puesto que logra evaporar las gotas de agua, además es de gran apoyo para éste el uso de aire a presión lo que le permite agilizar el proceso.

La construcción de este sistema se encuentra al alcance de la capacidad tecnológica de la región. La fuente de energía, es eléctrica tanto para el calentamiento de resistencias como el funcionamiento del compresor.

#### **6.3.4 Aire Forzado**

Este método opera de forma similar al calor por convección forzado, la diferencia consiste en que el aire circulante no experimenta incremento en su temperatura.

Metodología:

Como variante del modelo descrito en calor por convección forzado, el aire comprimido pasará directamente a la cámara que dosificara de manera homogénea el aire en las boquillas inyectoras, de esta manera el aire forzado tendrá la suficiente presión para hacer circular el agua contenida en los anillos.

Resultados y conclusiones

Se realizó la prueba con una manguera de 2 mts de longitud los seis primeros y los tres últimos segmentos secaron por completo, se encontraron gotas de agua distribuidas en los dos tramos intermedios.

#### **6.3.5 Microondas**

En la comprobación de este método propuesto, la hipótesis se basó en el efecto de las microondas sobre las moléculas polarizadas electrodinámicamente. La resonancia que producen las ondas genera fricción entre las moléculas de agua elevando la temperatura hasta lograr la evaporación y así obtener el secado de la manguera.

Para ello fue necesario conocer la compatibilidad de las microondas sobre el material polimérico y la capacidad de secado de dicha tecnología. Para este fin se realizaron pruebas ubicando las probetas de las mangueras en la cavidad. "Se buscó la potencia y el rango de tiempo de exposición adecuado, en función de obtener el efecto de secado donde el material no debía sufrir deformaciones y/o cambios físicos".<sup>100</sup>

---

<sup>100</sup> Ver Anexos F y G Análisis de deformación de las mangueras sometidas a microondas. Documento. p. 176-177

La valoración descriptiva de los resultados y la muestra de las probetas determinará, primero si es posible secar por microondas y segundo en que tiempo y potencia establecida.

Para la realización del laboratorio se cuenta con probetas de las diferentes referencias de mangueras en estudio, y un microondas de uso doméstico con algunas modificaciones.

#### Procedimiento

Se tomaron muestras de las diferentes mangueras en estudio, tomando como referencia su diámetro, color y geometría (corrugadas- Lisas). Estas probetas se sometieron a pruebas aleatoriamente para obtener máximos y mínimos, sobre combinaciones de tiempos y potencias, teniendo como factores de medición, capacidad de secado, y estado físico de la probeta.

La potencia del microondas se pondero con valores que van desde 2 hasta 9 y el rango de duración en minutos abarcó desde 2 min. Hasta 20 min. En ese orden las potencias de alto nivel activadas con tiempos de mayor duración representaron daños en la geometría y polímero de las probetas, para que estos resultados no se dieran se realizo la combinación con tiempos oscilantes entre 2 y 5 minutos.

#### Resultados y conclusiones

Para potencias de bajo nivel los tiempos de corta duración no representaron calentamiento en la probeta ni mucho menos evaporación de agua. Por ello se trabajó con tiempos entre 15 y 20 minutos. Sin embargo las muestras de evaporación fueron menores que en las pruebas con potencia alta.

Para potencia media (p5) en algunas pruebas con duración de 10 minutos se encontró la probeta seca. En términos generales la mayoría de las probetas sometidas a prueba, no secaron en su totalidad. En gran parte de los casos había vapor de agua, lo que indicaba que se logró la fase de evaporación pero no lo suficiente para secar la manguera.

Ahora secar con tiempos mayores repercutiría en daños a la geometría y el polímero del material. Así como mantener el equipo funcionando por encima de los rangos de tiempos trabajados generaría un alto costo de operación del equipo

Dentro de la cavidad de las microondas se generan zonas de mayor calentamiento que inciden en la deformación de secciones de área del material y los anillos de las mangueras;

esta situación se agudiza en el plato giratorio refractario, el cual concentra el calor conduciéndolo a las probetas acelerando su deformación en la base.

Por ende, no se encuentra satisfactorio este método para el secado puesto que la evaporación de agua no se da en su totalidad.

Posteriormente se realizaron las pruebas con las mangueras completas encontrándose un cambio en los resultados sobre el efecto de las microondas. En este caso la capacidad de disminución en la cantidad de agua se redujo, deduciendo que las condiciones de secado varían de acuerdo al volumen de agua contenido en la cavidad.

Debido a la longitud de las mangueras, éstas se dispusieron en forma de rollo, experimentando deformación en los puntos críticos de la curva donde los anillos se acercaban.

**Tabla 15. Modelos de comprobación funcional fase de secado**

| SECADO  |             | FICHA TÉCNICA GENERAL   |  |
|---|-------------|---|--|
|  | PROBETA     | MCA, LONGITUD 1,5 MT  |  |
|   | EQUIPO      | HORNO MICROONDAS DE 1000w   |  |
|   | T. SECADO   | T: 10 MIN - P 5<br>T: 5 MIN - P 7   |  |
|   | DESCRIPCIÓN | LAS PROBETAS SON UBICADAS DENTRO DEL EQUIPO.  |  |
| MICROONDAS  | VALORACION  | INESTABILIDAD EN LOS RESULTADOS .NO TODAS LAS PROBETAS SOMETIDAS A LA PRUEBA SECARON.     |  |
|  | PROBETA     | MCA, LONGITUD 1,5 MT  |  |
|   | EQUIPO      | MOTOR DE 80 WATS  |  |
|   | EQUIPO      | DISPOSITIVO PARA LA SUJECION DE MCA   |  |
|   | T. SECADO   | 30MIN   |  |
|   | DESCRIPCIÓN | EL MOTOR ES UBICADO VERTICALMENTE DE MODO QUE LA MCA TIENDE A REALIZAR GIROS HORIZONTALES |  |
|   | VALORACION  | NO HAY SECADO POR COMPLETO, PERO SI SE REDUJO EL CONTENIDO DE AGUA EN LOS ANILLOS         |  |
| CENTRIFUGADO  |             |   |  |

| SECADO  |                 | FICHA TÉCNICA GENERAL  |  |
|---|-----------------|--|--|
|    | PROBETA         | MCA, LONGITUD 1,5 MT   |  |
|   | EQUIPO          | COMPRESOR - 35 PSI   |  |
|   | EQUIPO          | PISTOLA DE CALOR-1200 W<br>T APROX. 260 °C                                 |  |
|   | T. SECADO       | 15 MIN.  |  |
|   | DESCRIPCIÓN     | SE INYECTA CALOR FORZADO POR AIRE A UNA MCA HÚMEDA                         |  |
| CALOR POR CONVECCION  | VALORACIÓN      | SECA, DEFORMACIÓN DEL EXTREMO PROXIMAL DE MCA POR CONTACTO A LA PISTOLA    |  |
|   | PROBETA         | MCA, LONGITUD 1,5 MT   |  |
|   | EQUIPO          | COLECTOR SOLAR<br>50 * 12 * 110 (cm)                                       |  |
|   | EQUIPO          | COLECTOR SOLAR DIM<br>30 * 30 * 110 (cm)                                   |  |
|   | T. SECADO       | 120 MIN  |  |
|   | DESCRIPCIÓN     | INMOVILIZACIÓN LONGITUDINAL. DE MCA INCLINACIÓN DE 30 GRADOS HACIA EL SOL. |  |
| RADIACION SOLAR   | VALORACION      | SECA, DEPENDE DE CONDICIONES CLIMATICAS FAVORABLES PARA UN SECADO TOTAL    |  |
|  | PROBETA         | MCA 2 MTS 12 SEGMENTOS   |  |
|   | EQUIPO          | COMPRESOR 100-120 PSI<br>POT. 2 HP, 20 A                                   |  |
|   | T. SECADO       | 12 MIN   |  |
|   | DESCRIPCION     | EL AIRE ES INYECTADO A TRAVES DE LA BOQUILLA DE LA MANGUERA                |  |
|   | AIRE COMPRIMIDO | VALORACION   | NO SECA, LOS SEGMENTOS 1-6 SECOS 7-9 PRESENCIA DE HUMEDAD 10-12 SECOS. |

Fuente: Los autores <sup>101</sup>

<sup>101</sup> Basado en: Construcción de modelos de comprobación fase de secado

## **6.4 ALTERNATIVAS DE DESINFECCIÓN**

### **Objetivo**

Conocer la capacidad de inhibición de los métodos de secado en estudio, sobre las bacterias inoculadas en los caldos de cultivo.

### **Parámetros**

Por referencia de la investigación y basados en los parámetros de selección de las tecnologías a aplicar, los métodos seleccionados para desinfectar son: radiación solar y radiación por microondas. Se empleó un modelo estándar de la probeta para las pruebas con el fin de realizar una evaluación sobre las mismas bases.

Los tiempos de exposición y potencia, en el caso del microondas, se seleccionaron de acuerdo a las temperaturas más acertadas de secado, previamente establecidas, en cada uno de los casos.

Las bacterias que fueron utilizadas para estas pruebas corresponden a las más Intrahospitalarias, incluyendo en este grupo las más resistentes.

### **6.4.1 Microondas**

La radiación por microondas fue escogida con el objeto de conocer si estas interactuaban con el agua destruyendo las bacterias. Dentro de la composición fisiológica de las bacterias el agua se presenta libremente o contenida en proteínas. Sumado a esto las bacterias que hayan superado el proceso de limpieza (lavado) están contenidas en una manguera húmeda, las microondas interactúan con las moléculas de agua generando fricción produciendo oxidación en la bacteria hasta destruirla

Probeta manguera corrugada azul (MCA) Dimensión 10 cm. \* 2,54 Ø

Bacterias para la prueba de inicio fueron Pseudomona y staphylococcus. En adelante se trabajó con staphylococcus aureus, klebsiella, proteus, citrobacter y escherichia coli.

### **Pruebas preliminares**

Las pruebas se iniciaron el 1ero de julio llevándose un seguimiento con las bacterias más Intrahospitalarias, hasta el 4 de septiembre. Se utilizaron probetas limpias y secas para

incubar el cultivo de bacterias; estas probetas fueron selladas con una bolsa para microondas.

#### Resultados

Después de 24 horas de exponer el caldo a radiación por microondas, los cultivos de staphylococcus arrojaron un resultado positivo mientras que la pseudomona en la totalidad de las pruebas sus resultados fueron negativos. Estas pruebas no resultaron confiables. La inconsistencia de las pruebas consiste en que la pseudomona es una bacteria oportunista resistente y compleja de combatir mientras que el staphylococcus es una bacteria lábil. Los resultados presentados pueden ser por varias razones:

El cultivo de pseudomona no tubo el tiempo ni el medio propicio para inocularse puesto que fue extraído del gel a la probeta con el caldo, y minutos después fue puesta en la probeta, entonces se asume que la bacteria no tuvo opción para colonizar el caldo. O la pseudomona no estaba en condiciones de colonización.

Las probetas de MCA estaban secas. La tesis se apoya en que las microondas interactúan con las bacterias eliminándolas a través del agua, se puede deducir que la cantidad de H<sub>2</sub>O en la bacteria no es suficiente para eliminarla.

De acuerdo a los resultados las probetas se humedecieron para buscar una respuesta al fenómeno de interacción.

Las siguientes bacterias sometidas a prueba fueron staphylococcus aureus y proteus. En esta ocasión no hubo colonización posterior a la prueba es decir los resultados fueron negativos.

Para confirmar la veracidad de los resultados con respecto al staphylococcus aureus se realizaron nuevamente las pruebas tomándose una probeta seca y una húmeda expuestas al mismo tiempo y potencia; se adicionó una prueba con MCA húmeda, sometida a potencia 2 y tiempo de exposición de 20 minutos, y un control que no fue expuesto a microondas, con el objeto de constatar que la bacteria estaba en condiciones de colonización. Las probetas húmedas restantes se sometieron a las llaves ya planteadas. Los resultados arrojados fueron negativos en su totalidad salvo el control que efectivamente arrojó un resultado positivo.

### Conclusiones Preliminares

Comparando los resultados del caldo de staphylococcus en probetas secas Vs probetas húmedas, la confiabilidad de desinfección tiende hacia un 100% de desinfección en probetas húmedas contra un 33 % en probetas secas. Hasta ahora se puede decir que las microondas actúan sobre staphylococcus y proteus desinfectando las probetas húmedas.

### Pruebas posteriores

Para obtener mayor confiabilidad en la acción de desinfección vía microondas fue necesario la realización de más pruebas con otras bacterias, para analizar su comportamiento con los tiempos y potencias evaluados.

“Las pruebas de laboratorio de desinfección fueron realizadas con las bacterias Intrahospitalarias más patógenas, frecuentes y resistentes a agentes químicos (Klebsiella, staphylococcus aureus, pseudomona, citrobacter, escherichia coli), tomando como referencia para el caso de microondas el umbral limite de deformación (tiempo y potencia), y para el colector los tiempos obtenidos en la prueba de secado. Así mismo, el número de pruebas permitió encontrar las relaciones potencia-tiempo de mayor porcentaje de confiabilidad”.<sup>102</sup>

**Tabla 16. Porcentaje de confiabilidad fase de desinfección**

| POTENCIA (ESCALA) | TIEMPO (MIN) | RTA POS | RTA NEG | CONFIABILIDAD (%) |
|-------------------|--------------|---------|---------|-------------------|
| 2                 | 15 - 20      | 0       | 8       | 100 %             |
| 7                 | 5            | 4       | 13      | 76.47 %           |
| 9                 | 2            | 0       | 8       | 100 %             |
| 5                 | 7 - 10       | 3       | 13      | 81.25 %           |

**Fuente:** Los autores<sup>103</sup>

### 6.4.2 Colector Solar

En las pruebas de secado se encontraron resultados positivos en cuanto a la capacidad de secado, independientemente de los factores en contra de este método. De acuerdo a algunas fuentes estudiadas se encontró que este método presenta un potencial de

<sup>102</sup> Ver Anexos H, I y J Laboratorios de desinfección por microondas. p. 178-180

<sup>103</sup> Basado en: Construcción de modelos de comprobación fase de desinfección

desinfección en el caso en que se someten las bacterias a una alta concentración de estos rayos se producen daños indirectos en la bacteria oxidándola.

Día completamente soleado temperatura promedio 28 °, la prueba se realizó en la terraza de un cuarto piso, presencia de corrientes de aire.

**Tabla 17. Modelos de comprobación funcional fase de desinfección**

| DESINFECCIÓN   |                    | FICHA TÉCNICA GENERAL   |  |
|--|--------------------|---|--|
|  <p><b>RADIACIÓN SOLAR</b></p> | <b>PROBETA</b>     | MCA, LONGITUD 1,5 MT  |  |
|  | <b>EQUIPO</b>      | COLECTOR SOLAR<br>50 * 12 * 110 (cm)  |  |
|  | <b>EQUIPO</b>      | COLECTOR SOLAR DIM<br>30 * 30 * 110 (cm)  |  |
|  | <b>T. SECADO</b>   | 120 MIN   |  |
|  | <b>DESCRIPCIÓN</b> | ISE INOCULÓ LA PROBETA CON PSEUDOMONA Y STAPHYLOCOCCUS AEREUS.  |  |
|  | <b>VALORACIÓN</b>  | LOS RESULTADOS DE ESTOS CULTIVOS FUERON POSITIVOS. ES DECIR EL MÉTODO NO ES APTO PARA DESINFECCIÓN  |  |
|  <p><b>MICROONDAS</b></p>     | <b>PROBETA</b>     | MCA, LONGITUD 1,5 MT  |  |
|  | <b>EQUIPO</b>      | COLECTOR SOLAR<br>50 * 12 * 110 (cms)   |  |
|  | <b>EQUIPO</b>      | COLECTOR SOLAR DIM<br>30 * 30 * 110 (cms)   |  |
|  | <b>T. SECADO</b>   | 120 MIN   |  |
|  | <b>DESCRIPCIÓN</b> | SE REALIZARON PRUEBAS CON LAS BACTERIAS MAS INTRAHOSPITALARIAS. SE HALLARON VARIOS TIEMPOS Y POTENCIAS DE DESINFECCION  |  |
|  | <b>VALORACION</b>  | LAS RELACIONES DE TIEMPO Y POTENCIAS SELECCIONADAS FUERON DEACUERDO AL GRADO DE CONFIABILIDAD DE DESINFECCION Y A LA CONSERVACION DE LA GEOMETRIA Y EL POLIMERO DEL MATERIAL. |  |

**Fuente:** Los autores <sup>104</sup>

<sup>104</sup> Basado en: Construcción de modelos de comprobación fase de desinfección

## **6.5 EVALUACIÓN DE MODELOS DE COMPROBACIÓN FUNCIONAL**

A continuación se muestra los resultados sistematizados de los laboratorios realizados en las comprobaciones funcionales de los métodos para la reutilización de los circuitos.

### **6.5.1 Laboratorio de secado**

Se muestra un comparativo del rendimiento general de los diferentes modelos de comprobación planteados en el proceso de secado, los cuales utilizaron los principios básicos de radiación por microondas, radiación solar, centrifugado, aire forzado y calor por convección forzado. En la tabla 18 Evaluación de las alternativas de secado aparecen las especificaciones de cada proceso y sus resultados.

### **6.5.2 Laboratorio de desinfección**

En este laboratorio se seleccionaron los métodos de secado que se perfilaban también como opción para desinfectar.

La Tabla 19. Evaluación de las alternativas de desinfección contiene los resultados de los dos modelos sometidos a prueba, fundamentados en los principios de desinfección por radiación solar y radiación por microondas.

**Tabla 18. Evaluación de las alternativas de secado**

| METODO                       | TIEMPO              | ESTRUCTURA                      | CONFIABILIDAD            | FORTALEZAS   | DEBILIDADES   |
|------------------------------|---------------------|---------------------------------|--------------------------|--|---|
| CALOR POR CONVECCIÓN FORZADO | 15 MIN              | CAMARA DE CALENTAMIENTO         | SECADO POR COMPLETO      | No depende de condiciones ambientales el secado por este método es mas rápido que el aire comprimido. No afecta las propiedades del polímero | Se debe controlar la conducción de calor a los circuitos.<br>Es difícil que sin ayuda de presión, el aire caliente abarque toda la longitud |
| RADIACION SOLAR              | 120 MIN             | COLECTOR                        | SECADO POR COMPLETO      | Baja inversión y sostenimiento<br>Energía gratuita   | Depende del estado del clima. Condicionando los tiempos de secado a periodos más extensos   |
| MICROONDAS                   | T 10 P 5<br>T 5 P 7 | EQUIPO DE MICROONDAS            | ES UN MÉTODO INESTABLE   | Disminución de tiempos de secado. Elimina las rasras de agua que se acumulan en los anillos  | Es bastante complejo hallar una relación tiempo -potencia para secar por completo   |
| AIRE COMPRIMIDO              | 18 MIN              | COMPRESO INYECTOR               | DEBE COMBINARSE CON OTRO | Evacuación del agua de los anillos   | Se debe controlar los filtros de humedad.<br>Tiempo de secado mayor que en calor por convección   |
| CENTRIFUGADO                 | 30 MIN              | EQUIPO CON DISPOSITIVO ROTATIVO | DEBE COMBINARSE CON OTRO | Evacuación del agua de los anillos   | El volumen del equipo tiende al radio de la manguera  |

Fuente: Los autores <sup>105</sup>

<sup>105</sup> Basado en: Tabla 15. Modelos de comprobación funcional fase de secado. Documento. p. 73-74

**Tabla 19. Evaluación de las alternativas de desinfección**

| MÉTODO          | TIEMPO  | ESTRUCTURA | CONFIABILIDAD  | FORTALEZAS                              | DEBILIDADES  |
|-----------------|---------|------------|--|---|--|
| MICROONDAS      | 15 MIN  | CABINA DE  | DESINFECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL MATERIAL EN | INHIBE LAS BACTERIAS INTRAHOSPITALARIAS | LA CAPACIDAD DE RADIACIÓN DISMINUYE CON EL VOLUMEN DE ELEMENTOS OCUPADOS EN LA CAVIDAD |
| RADIACIÓN SOLAR | 120 MIN | COLECTOR   | NO HAY DESINFECCIÓN  | NINGUNA                                 | NO ES UN MÉTODO APTO PARA DESINFECCIÓN CON LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL SECTOR       |

**Fuente:** Los autores <sup>106</sup>

<sup>106</sup> Basado en: Tabla 17. Modelos de comprobación funcional fase de **desinfección**. Documento. p. 78

### 6.5.3 Descripción del modelo de comprobación seleccionado

De acuerdo a los resultados obtenidos, no se encontró un método que unificara secado y desinfección. De tal forma que la propuesta se plantea como un equipo integrado, con ejecución independiente de los procesos (secado y desinfección).

**Tabla 20. Matriz de selección de la tecnología del sistema**

| MATRIZ SECADO        |          |            |               |       |
|----------------------|----------|------------|---------------|-------|
| MÉTODO               | DURACIÓN | VIABILIDAD | CONFIABILIDAD | TOTAL |
| CALOR POR CONVECCION | 2        | 1          | 2             | 5     |
| RADIACIÓN SOLAR      | 4        | 1          | 1             | 6     |
| MICROONDAS           | 1        | 2          | 4             | 7     |
| AIRE COMPRIMIDO      | 3        | 1          | 3             | 7     |
| CENTRIFUGADO         | 5        | 5          | 5             | 15    |
| MATRIZ DESINFECCION  |          |            |               |       |
| MÉTODO               | DURACION | VIABILIDAD | CONFIABILIDAD |       |
| MICROONDAS           | 1        | 1          | 1             | 3     |
| RADIACIÓN SOLAR      | 2        | 2          | 2             | 6     |

Fuente: Los autores <sup>107</sup>

<sup>107</sup> Basado en: Tablas 18 y 19, Evaluación de las alternativas de secado y desinfección. Documento. p. 80-81

La matriz de evaluación contempla una calificación en las pruebas secado y desinfección, siguiendo un orden de clasificación descendente (es decir la característica mas efectiva del método tendrá menor puntuación) tomando como parámetros de calificación, duración del secado, confiabilidad y viabilidad del método.

El puntaje de la matriz muestra que los métodos seleccionados para secado y desinfección fueron calor por convección forzado y radiación por microondas.

Las microondas no fueron viables para el secado pero si para desinfección, sin embargo, según comprobaciones, la interacción de las microondas con las bacterias esta condicionada con la presencia de humedad en las mangueras. Por ello el proceso se invierte de secado-desinfección a desinfección-secado. Así es que el orden lógico queda planteado para iniciar con desinfección por microondas y posteriormente el secado utilizando calor por convección forzado.

## 7. PROPUESTA

En el mundo objetual, la tecnología a permitido el desarrollo de equipos y accesorios de uso cotidiano, los cuales han sido concebidos para la prestación de un servicio, y en la mayoría de los casos mejorar el nivel y calidad de vida, adaptándose al entorno global que evoluciona y se desarrolla a alta velocidad, modificando la circunstancias de la vida contemporánea. Con el propósito de ser aceptados, estos artefactos han adquirido una personalidad bien diferenciada, de acuerdo a lo que consiente o inconscientemente el usuario busca de ellos en función de sus necesidades deseos y su espacio.

Esta tendencia esta marcada por el perfil de los equipos y electrodomésticos que a grandes rasgos podemos categorizar como equipos para el ocio, elementos de base tecnológica que van con el usuario, ya sea como accesorios o fuente de su desplazamiento así como sistemas y equipos para ejecución de trabajos. Su aspecto formal ha pasado de grandes volúmenes a formas fluidas, dinámicas y compactas, la ergonomía, el aspecto ecológico y el carácter práctico están marcando fuertemente las decisiones de diseño. Estos equipos se han integrado al tratamiento formal dado a los productos de consumo, su aspecto expresa evoca sensaciones, despierta sentimientos promueve el factor de identidad, completando los rasgos mas preponderantes del elemento.

Las telecomunicaciones, además de cumplir el papel esencial de transmitir información constantemente, funcionan también como elementos de ocio por ser quienes hacen parte de los espacios de descanso ya sea dentro del trabajo o fuera de él, promueven la distracción y el entretenimiento a través de medios visuales o auditivos, caracterizándose por el manejo de un gran despliegue tecnológico representado en su multifuncionalidad, practicidad y la versatilidad de sus prestaciones.

Los accesorios como celulares, beepers así como los vehículos para su transporte, son elementos que hacen parte del usuario convirtiéndose en una extensión o la prolongación del mismo, este hecho se repercute directamente en la aspecto formal, debido a que intrínsecamente se genera la búsqueda de elementos que permitan al usuario sentirse identificado, y respaldado por estos objetos.

Los equipos y electrodomésticos, basados en principios mecánicos, electro manuales o electrónicos, utilizados en la ejecución de actividades labores, ocupan indudablemente un

lugar importante dentro del espacio de trabajo.” Un principio ergonómico consiste en adaptar la actividad a las capacidades y limitaciones del usuario”<sup>108</sup>, puesto que al menos la tercera parte del día es dedicado al trabajo. Sumado a esto se debe tener en cuenta que la carga laboral cada vez es más fuerte, la tendencia está marcada por el mayor rendimiento en la calidad del trabajo y la disminución de tiempos de operación los cuales se repercuten en la capacidad de ejecutar más operaciones dentro de una jornada. Por ello estas herramientas de apoyo del día a día se encuentran en la búsqueda continua de la reducción de carga del usuario, según sea el requerimiento sistematizando o automatizando los equipos, convirtiendo al operario en un supervisor, permitiendo así el desarrollo de actividades paralelas, o simplemente facilitando su trabajo.

El diseño de una propuesta tan compleja debe ser visto como un sistema, conformado por subsistemas, los cuales hacen parte “la U de la tecnología”<sup>109</sup>; esta se refiere a que el desarrollo de una nueva propuesta, en un principio, no cuenta con elementos de referencia de tal forma que los primeros acercamientos al diseño de la interfase no alcanzan aún una interpretación de funcionamiento clara para el usuario, es así como se va depurando la interfase hasta llegar a una nueva etapa en la que se alcanza el mayor nivel de comprensión, el lenguaje de operación de las prestaciones del equipo son bien identificadas e interpretadas por el operario, de esta manera el complejo tecnológico controlado permanece constante, hasta que deciden incluir o adicionar funciones y prestaciones que son directamente proporcionales a la pluralidad que se presentaría para mantener el lenguaje de interpretación claro con el que se venía trabajando .

Partiendo de esta reflexión, tomando como referencia la tipología de los equipos, su caracterización y la complejidad tecnológica expuesta, podríamos definir la propuesta como un equipo para la realización de un trabajo especializado, basado en dos tecnologías de contraste, radiación por microondas que se encuentra aun en exploración y calor por convección de aplicación tradicional; este sistema debe manejar el lenguaje de un equipo integrado, el cual reúne los elementos para su accionamiento concebido como unidad, a la vez que permite el desenvolvimiento independiente de ambos métodos. Siguiendo este concepto el lenguaje del equipo conlleva al tratamiento formal continuo en su estructura,

---

<sup>108</sup> MONDELO, Pedro, TORADA, Enrique y BARRAU, Pedro. Ergonomía 1 Barcelona, España: UPC grupo editor, 2000. p. 75

<sup>109</sup> La Psicología de los objetos cotidianos

panel de control y elementos de sujeción, que en definitiva conducen nuevamente a la aceptación e interpretación adecuada de la secuencia de uso.

## **7.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO**

### **7.1.1 Estructural**

La estructura general debe fusionar los sistemas de desinfección y secado con el objeto de manejar el lenguaje de un equipo integrado.

La cavidad del microondas obedece dimensionalmente a un volumen estrictamente calculado para cumplir con las condiciones de resonancia. De lo contrario no se podría lograr la desinfección.

Basados en los modelos de comprobación, la disposición de las mangueras dentro de la cabina de secado debe ser longitudinal, en función de aprovechar la gravedad así como generar una mayor circulación del agua al exterior.

El número de componentes obedecen al cumplimiento específico de una función. Cada parte debe estar justificada en esos términos.

La estructura del equipo debe permitir el fácil acceso a las partes para efectos de limpieza, revisión y mantenimiento.

Los materiales propuestos para construcción deben ser resistentes a la manipulación y al mantenimiento del equipo.

Los componentes del sistema deben conservar la mayor simplicidad posible para su accionamiento.

### **7.1.2 Interfase**

Debe hacerse evidente las partes fundamentales del equipo, orientando al usuario el orden del desarrollo de los procesos de acuerdo al protocolo planteado (desinfección-secado).

Los elementos de sujeción ubicados en las cabinas, deben proporcionar un lenguaje claro respecto a la ubicación espacial de las mangueras.

El diseño debe comunicar al usuario cual es la primera operación que debe realizar.

El panel de control debe generar una interpretación clara entre el operario y las tecnologías aplicadas al sistema.

Basados en el concepto de equipo integrado y en la simplicidad de sus operaciones, se debe plantear un panel que contenga las ordenes de ambos procesos.

Los elementos de interfase como asas y elementos de sujeción y/o apilamiento de las mangueras deben hacer evidente su función.

Los componentes del sistema deben generar un lenguaje que proyecte confiabilidad, estabilidad y seguridad para el usuario.

Las superficies texturas y colores empleados deben dar la sensación de estabilidad, limpieza y durabilidad.

### **7.1.3 Seguridad**

El sistema de microondas debe contener dispositivos de seguridad para evitar que el usuario sea expuesto a radiaciones durante el proceso (puerta cerrada), así como el momento de ingresar o retirar el material (puerta abierta)

Para la transmisión de calor por convección el sistema debe aislarse, de tal forma que el usuario no tenga contacto directo con temperaturas altas.

Se debe contemplar un procedimiento de accionamiento secundario que permita el funcionamiento del sistema.

### **7.1.4 Mantenimiento**

El equipo debe permitir esencialmente, la limpieza de las cabinas, ya que es el espacio donde se ubican las mangueras y el más propenso a quedar contaminado.

Al retirar la carcasa del sistema, deben dejar expuestos los componentes técnicos para permitir su revisión y mantenimiento.

#### **7.1.5 Formal**

El sistema en general debe adoptar la mayor continuidad, minimizando la cantidad de uniones, pliegues y ensambles para que estas divisiones no sean espacios propicios para el albergue de bacterias.

#### **7.1.6 Ergonomía**

El diseño del sistema debe tener en cuenta los parámetros dimensionales de las cavidades, de tal forma que el equipo esté al alcance del percentil promedio del usuario.

El sistema de microondas debe contener dispositivos de seguridad tales como interruptores de interlock, interruptores térmicos, y las barreras ubicadas en la puerta.

#### **7.1.7 Técnico – Productivo**

Exceptuando los elementos principales que conforman la tecnología por microondas, el principio de funcionamiento y partes componentes deben plantearse para trabajar con tecnologías apropiadas, es decir que sea factible su construcción en el sector donde se desarrolla el equipo.

La cámara de calentamiento debe poseer un material aislante que evite las pérdidas de calor por contacto con el medio externo, al igual que proteja los demás componentes del equipo y posteriormente al usuario.

### **7.2 PARÁMETROS DE DISEÑO**

La cavidad del microondas debe poseer estrictamente las dimensiones de 35 \*35\*22 cm. partiendo de este volumen se debe generar un elemento que permita apilar las mangueras.

La cavidad del equipo de secado requiere una longitud mínima de trabajo de 135 cm.

Los materiales seleccionados para la construcción deben ser resistentes a factores como la corrosión, acción de agentes químicos utilizados en la limpieza (quiruger), baja porosidad, y dureza superficial.

El sistema de control debe contener dispositivos de retroalimentación, visuales, táctiles y auditivos que permitan la interpretación correcta sobre las órdenes dadas.

Se debe integrar un teclado protegido, cuya función esté especificada como plan de contingencia en caso que el panel de control principal falle o sea averiado.

El percentil promedio del usuario obedece a las siguientes dimensiones alcance del brazo 64 cms, altura horizonte 148 cms, altura operario 160 cms.

La temperatura máxima permisible es de 70 C

La presión del aire comprimido requerida es de 120 psi

### **7.3 PROPUESTA METODOLOGICA**

#### **7.3.1 Replanteamiento del proceso.**

La propuesta presenta diversos cambios a nivel metodológico y a nivel de operación.

El equipo es un resultado de un estudio del procedimiento general y como tal es una respuesta que repercute en el cambio del mismo.

Anteriormente, las mangueras previamente lavadas y secadas se sumergían en glutaraldehído, el cual era el agente desinfectante, finalizada esta etapa se repetía el ciclo de lavado para eliminar los residuos del desinfectante y secado para ser empacadas.

La simplificación a nivel metodológico fue posible con la reducción de los pasos protocolarios, ya que las mangueras lavadas son dirigidas a la cavidad de desinfección por microondas, posteriormente van a la cavidad de secado donde termina el ciclo de limpieza y desinfección. Así es como el lavado y el secado se reduce a una sola operación.

El nuevo diagrama de proceso muestra la diferenciación de la propuesta actual partiendo en primera instancia del proceso de desinfección por microondas y finalizando con secado por calor por convección forzado.

**Gráfico 20. Diagrama de proceso propuesto**

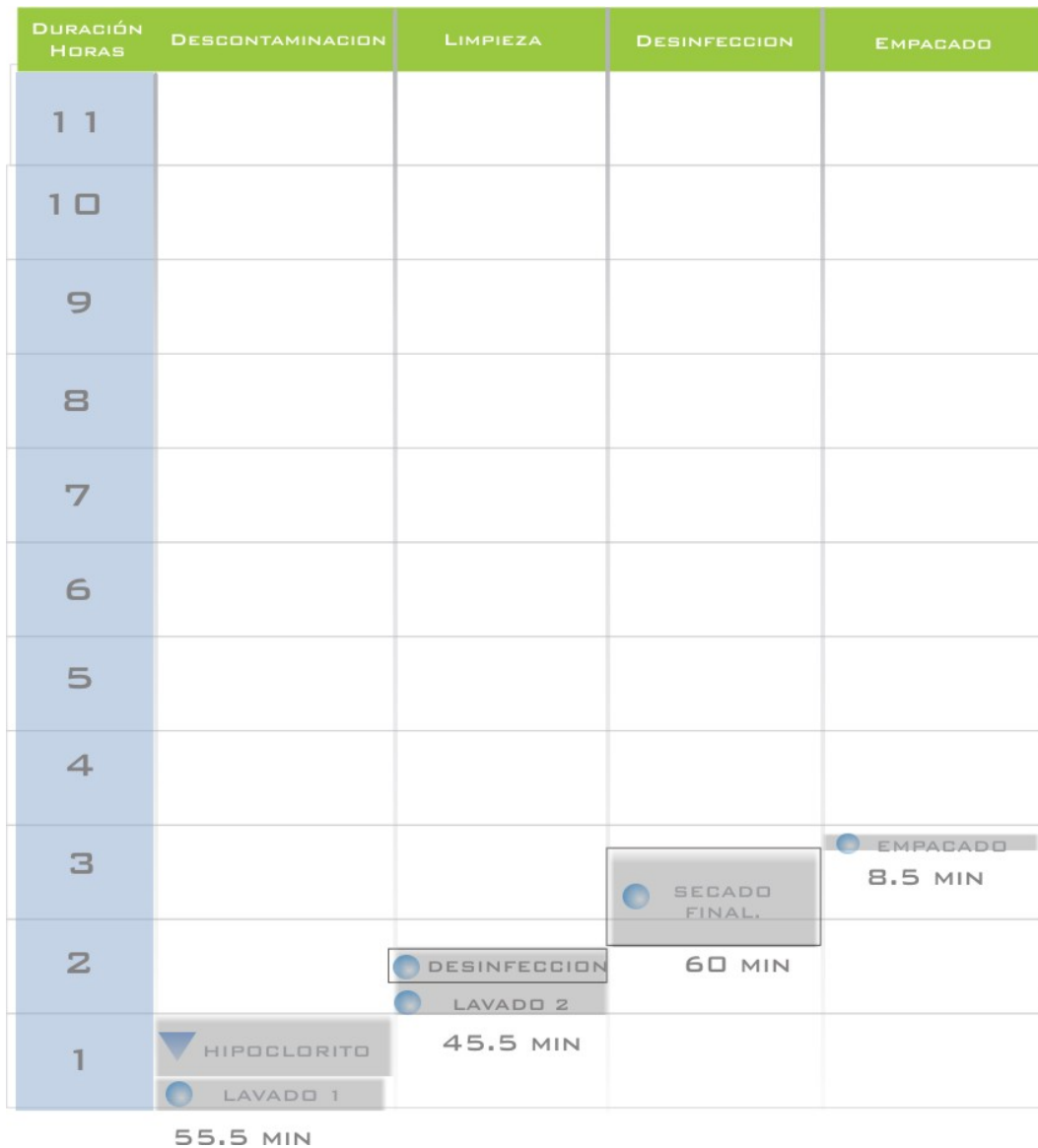
| OPERACION  | TIEMPO           |
|--|------------------|
| <b>DESCONTAMINACION</b>                                |                  |
| ➡ LLEGADA DEL MATERIAL UTILIZADO                       |                  |
| ▼ ALMACENAMIENTO EN CONTENEDOR CON AGUA Y JABÓN        | VARIABLE         |
| ● LAVADO 1 (remoción de impurezas )                    | 25.5 MIN         |
| ▼ INMERSIÓN EN HIPOCLORITO                             | 30 MIN           |
| <b>LIMPIEZA</b>  |                  |
| ➡ LLEGADA DE MANG. DESCONTAMINADAS AL AREA DE LIMPIEZA |                  |
| ● LAVADO 2 ( remoción de hipoclorito )                 | 25.5 MIN         |
| <b>DESINFECCION</b>                                    |                  |
| ● MICROONDAS   | 60 MIN           |
| ● SECADO   | 25.5MIN          |
| <b>EMPACADO</b>  |                  |
| ● EMPACADO Y ETIQUETADO                                | 8.5MIN           |
| ➡ ALMACENAMIENTO                                       |                  |
| <b>TIEMPO TOTAL</b>                                    | <b>2 :49 HRS</b> |

**Fuente:** Los autores <sup>110</sup>

<sup>110</sup> Basado en: Grafico 20. Diagrama de proceso propuesto. Documento. p. 90

Como fue citado anteriormente, los cambios principales fueron posibles, gracias al planteamiento de un sistema de base tecnológica, que cumple con la función de la metodología a realizar.

**Grafico 21. Diagrama Gant Planteado**



Fuente: Los autores <sup>111</sup>

<sup>111</sup> Basado en: Gráfico 20. Diagrama de proceso propuesto. Documento. p. 90

Anteriormente el secado se realizaba por suspensión de los circuitos al medio ambiente o por el uso de ventiladores. Estas soluciones comprometían extensos periodos de tiempo muerto. El equipo permite realizar esta operación en menor tiempo, agilizando el proceso.

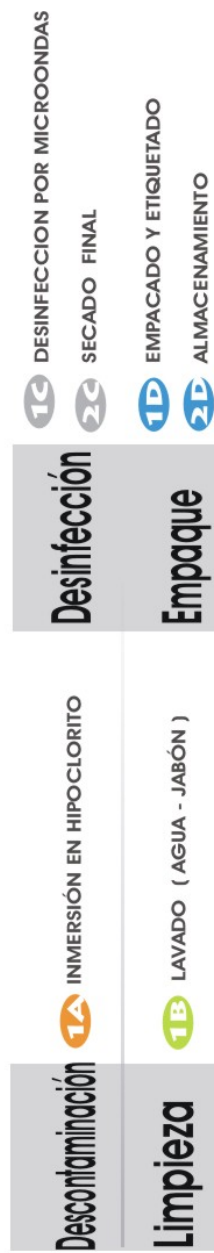
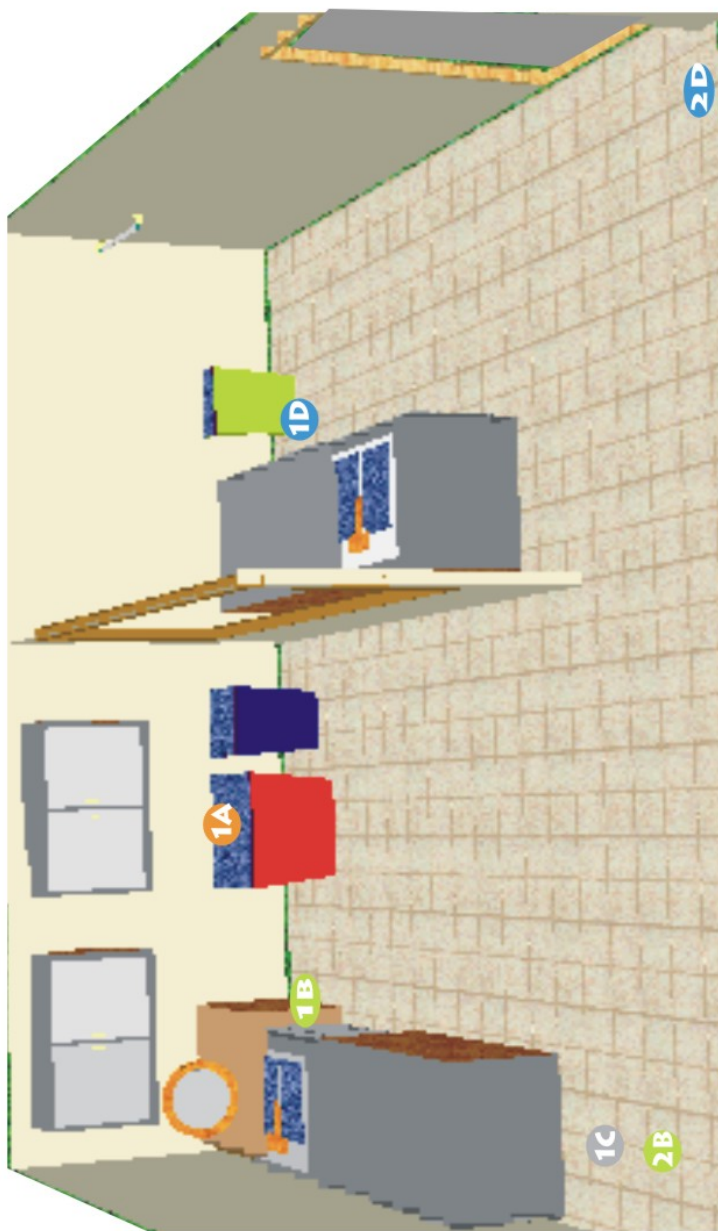
Los cambios a nivel protocolario y a nivel de operación, repercuten en los tiempos del proceso, pasando de 7 horas a 2 horas con 50 minutos.

EL diagrama muestra la evidente simplificación del proceso, partiendo del lavado de mangueras y la reducción de los tiempos de secado y desinfección.

### **7.3.2 Redistribución del flujo**

Con la implementación del equipo de desinfección - secado el proceso se centraliza en un espacio de trabajo, reduciendo los pasos en la secuencia de uso, permitiendo la linealidad en la ejecución del protocolo y facilitando el control del mismo.

Grafico 22. Diagrama de Flujo



## 7.4 PROPUESTA FUNCIONAL

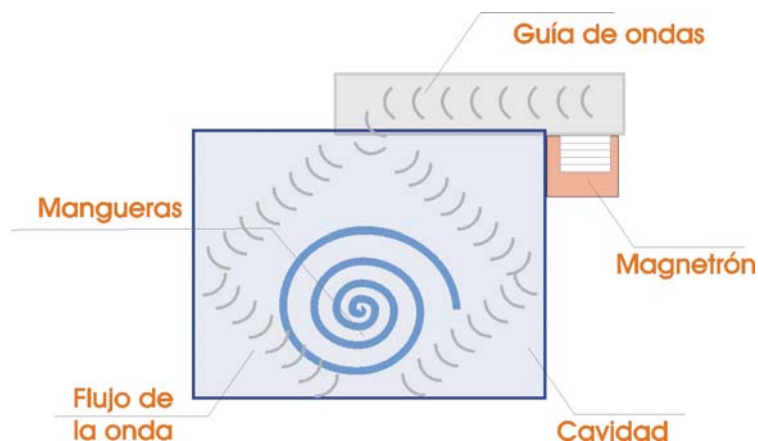
### 7.4.1 Fase de desinfección

#### 7.4.1.1 Funcionamiento del sistema

Para generar un campo eléctrico que cambie la polaridad a una frecuencia elevada se requiere de un circuito resonante el cual genera corriente alterna, este se constituye por una bobina de alambre y un capacitor conectados en paralelo.

“Una bobina alimentada por corriente eléctrica, genera un campo magnético a su alrededor. Este campo tiene dos polos opuestos, norte y sur; si la dirección de la corriente es invertida, igual ocurrirá con la orientación del campo magnético. Si la fuente de voltaje cesa, el campo magnético en torno a la bobina se colapsa, es decir se genera un voltaje por un breve lapso, con lo que se mantiene fluyendo en la misma dirección. Así la energía almacenada retorna al circuito. De este modo la capacidad de la bobina para almacenar energía se llama inductancia”.<sup>112</sup>

**Grafico 23. Principio básico del microondas**



**Fuente:** Revista Electrónica Fácil<sup>113</sup>

<sup>112</sup> CORREA, Carlos Rodrigo. Secado de polímeros por microondas. Escuela de ingeniería Química UIS.

<sup>113</sup> PARRA, Reynaldo Leopoldo. Op. Cit., p. 28

Un capacitor generalmente esta conformado por dos placas metálicas colocadas de manera muy cercana separadas por un dieléctrico. Si ambas placas se conectan en las terminales de una fuente energética se cargaran de forma opuesta.

Al conectar en paralelo una bobina con un capacitor, la energía almacenada inicialmente en el capacitor permite el paso de la corriente a la bobina solo hasta cuando esta ultima haya cargado en su totalidad entonces la energía se almacena en el campo magnético que la rodea hasta que el otro elemento se descarga, instante en el que se produce un colapso en la bobina fluyendo la corriente por un momento más para devolverse a cargar el condensador, aunque con una polaridad negativa. Completamente cargado, el condensador vuelve a descargarse a través de la bobina, repitiendo el proceso en sentido inverso hasta volver a las condiciones iniciales.

“Este efecto se podría repetir indefinidamente, la energía circularía del inductor al capacitor alternando su polaridad, sin embargo debido a las resistencia propia del material de la bobina y del capacitor (resistencia parásita), se hace necesario suplir esta perdida de corriente; para ello el cátodo ubicado en el centro del magnetrón actúa como fuente de alimentación de las cavidades permitiendo que los electrones excitados que rodean el polo negativo salten al vacío atraídos influenciados por la fuerza de alto voltaje y el intenso campo magnético, de esta manera se consigue una oscilación continua y uniforme”.<sup>114</sup>

La inductancia de la bobina y la capacitancia del condensador deben combinarse en un solo elemento que produzca tanto el efecto inductivo de la bobina como el capacitivo del condensador; justamente el dispositivo encargado de la generación de frecuencias requeridas en un microondas es el magnetrón. Las microondas son emitidas por la antena de éste elemento y transferidas hacia la cavidad del horno a través de una guía de ondas.

“Cuando las emisiones llegan a la cavidad pueden ser absorbidas o pueden rebotar en sus paredes superior, inferior y laterales (la puerta es también una pared) lo que a su vez permite la conservación de la energía hasta que finalmente chocan con el agua, absorbiéndose definitivamente. Este efecto puede traer la formación de puntos fríos y puntos calientes, dependiendo del grado de la exposición a las microondas. Existen varias soluciones, una de ellas consiste en incorporar un stirrer blade o ventilador de aspas, o una base giratoria para exponer mejor los elementos a la radiación”.<sup>115</sup>

---

<sup>114</sup> PARRA, Reynaldo Leopoldo. Op. Cit., p. 30

<sup>115</sup> Ibid., p. 34

#### 7.4.1.2 Descripción de componentes fundamentales

- **Magnetron**

La estructura de cada magnetron varía de acuerdo al aparato que pertenece aunque en su configuración básica se incluye un ánodo, un filamento con su respectivo cátodo y una antena.

“El ánodo es una pieza ahuecada de hierro con ranuras abiertas, formando aspas apuntando hacia el cátodo. La antena a su vez va conectada a una de las aspas del ánodo. El material conductor que existe entre el par de aspas trabaja como si fuera una inductancia, mientras el espacio vacío como una capacitancia. Esta combinación es la encargada de producir la señal oscilante, principio primordial del funcionamiento del microondas”.<sup>116</sup>

- **Guía de onda**

Es un canal diseñado justamente para transferir la energía sin pérdidas del magnetron a la cavidad.

- **Cavidad**

Es un volumen multifuncional resonante, es decir, un compartimiento diseñado para “resonar” como las microondas emitidas por el magnetron, de esta forma su geometría obedece a parámetros determinados por la potencia del magnetron utilizado. “Los materiales que con mayor frecuencia se utilizan en la construcción de la cavidad son el acero inoxidable, aluminio y pintura metálica sobre plástico inyectado, aunque cada vez se utiliza más el acero porcelanizado”.<sup>117</sup>

- **Dispositivos de seguridad**

- **Interruptores de seguridad**

Si el equipo llegara a funcionar con la puerta abierta, la radiación saldría de la cavidad con efectos potencialmente peligrosos para el usuario, por este motivo los distintos organismos de seguridad en el mundo han solicitado la presencia de estos dispositivos con el ánimo de garantizar que bajo ningún motivo el usuario sea expuesto a la acción de este tipo de radiación, de esta manera se clasifican como interruptores primarios, secundarios y monitor.

---

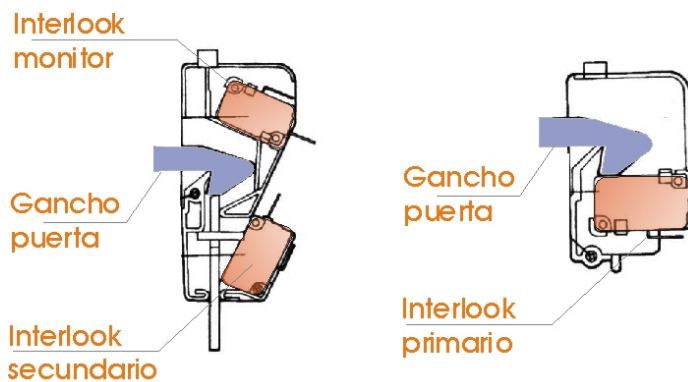
<sup>116</sup> PARRA, Reynaldo Leopoldo. Op. Cit., p. 31

<sup>117</sup> Ibid., p. 36

Estos dispositivos son activados por la puerta de acceso a la cavidad y su operación se describe a continuación:

“Cuando la puerta se esta cerrando el interruptor monitor (normalmente cerrado) se abre y los interruptores primarios y secundarios se cierran completando el circuito; esta secuencia es de vital importancia puesto que garantiza que en ningún momento se establezca un corto circuito directo entre los terminales de AC. Al abrir la puerta la secuencia de operación es exactamente inversa. Primero se abre el interruptor primario, luego el secundario y finalmente se cierra el monitor”.<sup>118</sup>

#### Grafico 24. Disposición de los interruptores de seguridad



Fuente: Revista Electrónica Fácil<sup>119</sup>

- **Interruptores térmicos**

La función de estos dispositivos es censar constantemente la temperatura de distintas partes del horno como el magnetrón la guía de ondas y la caja resonante, si alguno de ellos sufre un sobrecalentamiento, el horno será desactivado.

- **Puerta**

Puesto que las microondas no pueden dispersarse a través de las paredes de la cavidad, el único camino por el que podrían fugarse es la ranura que se forma entre la compuerta y la propia cavidad. Por tal motivo se incluyen tres dispositivos de seguridad adicionales que evitan fugas de radiación hacia la periferia de la compuerta.

<sup>118</sup> PARRA, Reynaldo Leopoldo. Op. Cit., p. 42

<sup>119</sup> Ibid., p. 35

Sello capacitivo: con el ánimo de minimizar al máximo la tolerancia en la unión entre la puerta y la cavidad, un material dieléctrico cubre la superficie de contacto para reducir al capacidad de arco entre ellas.

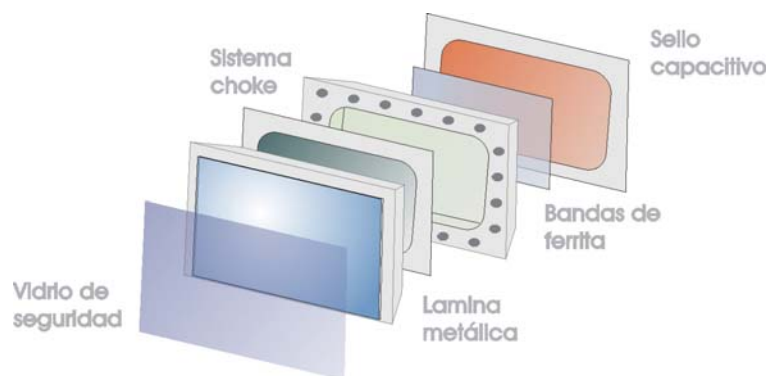
Sistema de choke: es una cavidad que a su vez se dispone dentro de la misma puerta, para actuar como trampa de posibles fugas de radiación al exterior. Para las especificaciones del magnetrón utilizado (1000 W), la longitud de onda es de alrededor de 12 cms, mientras que el ancho de la cavidad no sobrepasa los 3 cms.

Banda de goma de ferrita: la cual se adhiere alrededor de la puerta teniendo la capacidad de absorber la energía de las microondas (frecuencias de 2450 Hz) que hayan logrado escapar entre esta y la cavidad.

Lamina metálica: compuesta por múltiples perforaciones que permite el paso de la luz visible (ondas de alta frecuencia y baja potencia), pero que por el contrario impiden la salida de las microondas (ondas amplias y de baja frecuencia). De esta manera se puede visualizar al interior de la cavidad.

Vidrio de seguridad: finalmente se adiciona un vidrio templado que ofrezca una mayor resistencia ante eventuales accidentes y que garantice la integridad de los anteriores dispositivos.

**Grafico 25. Componentes de la puerta**



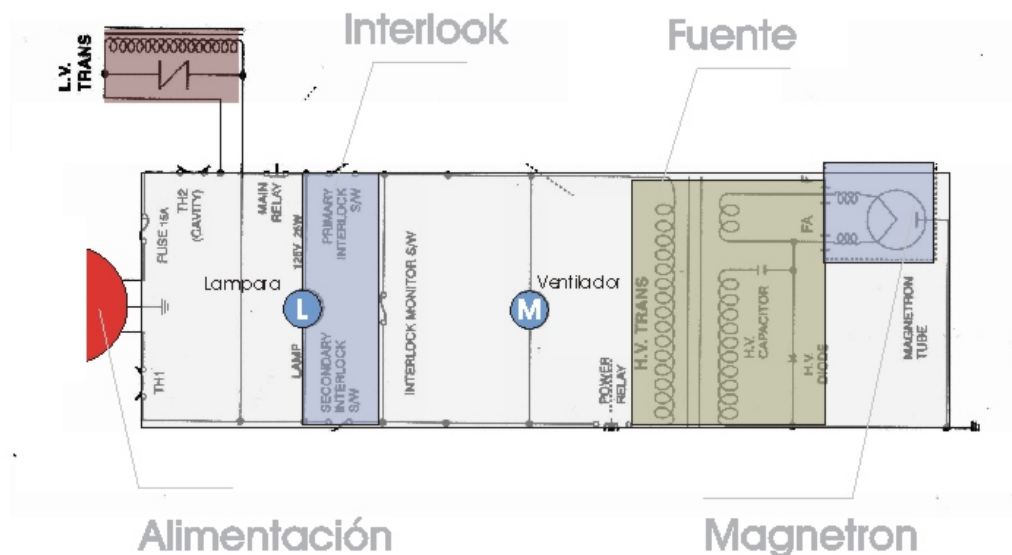
**Fuente:** Revista Electrónica Fácil<sup>120</sup>

<sup>120</sup> PARRA, Reynaldo Leopoldo. Op. Cit., p. 36

- **Relevadores de potencia**

Para controlar el encendido y la potencia del sistema, se emplea uno o dos relevadores, cuya función es dejar pasar o interrumpir la energía eléctrica hasta el transformador de alto voltaje y por consecuencia al magnetrón. El horno microondas trabaja a potencia plena, entonces el grado de calentamiento del horno se controla mediante la aplicación de un ciclo de encendido-apagado al magnetrón.

#### 7.4.1.3 Esquema general fase de desinfección



#### 7.4.1.4 Esquema de mantenimiento

Se propone una operación de limpieza posterior a la finalización de los ciclos de uso diario, la cual pretende remover las gotas de agua y de vapor que hayan podido quedar presentes en la cavidad del microondas, para ello se realizara una limpieza con una toalla seca.

“Por otra parte es necesario revisar la ficha técnica del magnetrón, la cual indica según sus características, modelo y marca, cual es la vida útil de este dispositivo traducida en cantidad de horas de funcionamiento, de tal manera que sean controladas por la base de datos de los equipos de la clínica”.<sup>121</sup>

<sup>121</sup> JENCK. Tecnología en microondas. Empresa de equipo de soporte medico con base en microondas, [en línea], actualización enero 2003 [consultada septiembre 2003]. Disponible en: [www.jenck.com/cem.htm](http://www.jenck.com/cem.htm)

#### **7.4.1.5 Esquema de revisión técnica**

Se plantea un procedimiento de revisión que contempla una secuencia sistemática de los pasos fundamentales por los cuales se detectan y/o corrigen las fallas identificadas como posibles en el funcionamiento del equipo.

El siguiente esquema se debe emplear en el caso en que el nivel de desinfección del sistema no opere normalmente, advirtiendo que de antemano el equipo debe estar desconectado y sin su cubierta de protección. Es necesario tener un multímetro para realizar las mediciones establecidas.

- **Revisión del flujo**

Comprobación de fusibles (15 A), la cual se efectúa observando si estos elementos se encuentran abiertos con ayuda del medidor de continuidad. Es importante tener en cuenta que si el fusible está dañado antes de reemplazarlo es conveniente probar las operaciones de los interruptores de seguridad.

- **Prueba de interruptores de seguridad**

Situado en la cavidad donde se alojan los tres interruptores de seguridad y con el multímetro en medición de continuidad verifique con la puerta cerrada del equipo que dos de estos se encuentren con circuito abierto mientras el tercero deba indicar circuito cerrado, posteriormente abra la puerta y verifique nuevamente la continuidad de los interruptores, observando que sus condiciones deben ser contrarias a las iniciales.

Si se encuentra que al cerrar la puerta del dispositivo no se logra la inversión exacta de la situación de puerta abierta, se trata de un caso en el que algún interruptor de interlok está dañado y deberá ser reemplazado.

- **Prueba de interruptores térmicos**

Cuando el sistema esté a temperatura ambiente, debe marcar continuidad en sus extremos, de lo contrario el interruptor estará térmicamente abierto y deberá ser reemplazado.

- **Prueba del relevador de potencia y encendido**

Para este fin aplique a la placa de control una alimentación de AC externa e inicie la secuencia del aparato; en este momento la resistencia entre las terminales del relevador deberá caer a un valor cercano a cero. De no darse esta condición limpie los terminales del relevador y pruébelo nuevamente; si aún el problema persiste reemplace el dispositivo.

▪ **Prueba de la fuente de alimentación**

Para este fin hay que descargar previamente el condensador de alto voltaje (puente condensador-estructura metálica)

Verificación del transformador: se realiza midiendo la resistencia en los devanados: primario (resistencia baja), secundario (extremadamente baja) y filamento (resistencia mas alta de los tres); si en caso contrario se encuentra en una medición circuito abierto el transformador deberá ser sustituido.

Verificación del diodo rectificador: se efectúa midiendo su resistencia en ambos sentidos (multímetro en la escala mas alta de ohms), de tal manera, que en el primer sentido el valor sea bajo y en el otro el valor tienda a infinito, de no presentarse esta condición el diodo se sustituirá.

Verificación del condensador de alto voltaje: con ayuda del multímetro y en la escala mas alta de ohms, de tal manera que su resistencia inicial sea baja y creciente hasta infinito a medida que se realiza la comprobación.

▪ **Prueba del magnetrón**

En un recipiente de vidrio agregue un litro de agua a temperatura ambiente y agítelo con un termómetro anotando el valor inicial, posteriormente introduzca el recipiente y accione el microondas a máxima potencia por 63 segundos; retire el recipiente, agítelo y compruebe la temperatura final; seguido a esto aplique la siguiente fórmula:

$$\text{“Potencia del magnetrón} = (\text{temp. final} - \text{temp. inicial}) * 70 \text{ °C”}^{122}$$

Finalmente consulte la potencia registrada del equipo y compare que el valor encontrado este dentro de un margen de error del 10 %, si no se cumple esta condición el magnetrón deberá ser cambiado.

---

<sup>122</sup> PARRA, Reynaldo Leopoldo. Op. Cit., p. 47

## **7.4.2 Fase de secado**

### **7.4.2.1 Funcionamiento del sistema**

El aire es introducido a la cámara de calentamiento aprovechando el circuito de aire comprimido presente en las instalaciones de la clínica. Un banco de resistencias eléctricas situado corriente arriba del compartimiento de secado recibe el flujo permitiendo elevar la temperatura del aire, posteriormente este último es conducido al dosificador el cual reparte de manera homogénea el flujo en cinco boquillas apuntadas al interior de las mangueras. La velocidad del aire a través del secadero es controlada por el diámetro de las boquillas de inyección manteniendo una presión constante. La cámara de secado, ha sido diseñada para recircular el flujo de aire de tal manera que contribuya a eliminar cualquier rastra de agua presente en el exterior de las mangueras.

El aire forzado se empleará como un método de apoyo para la remoción de humedad, el agua que no haya circulado experimentará un incremento en su temperatura hasta evaporarse.

### **7.4.2.2 Descripción de componentes**

#### **▪ Sistema de acople y filtros**

“Partiendo de la utilización de un compresor industrial (presente en la mayoría de entes prestadores de salud), que posee todas las características técnicas necesarias para alimentar el equipo de secado (filtros de humedad, funcionamiento libre de aceite, alta presión)”<sup>123</sup> se propone un “filtro deshidratador de aire como elemento adicional de seguridad, con el fin de contrarrestar los posibles cambios de fase del aire (condensación) durante su circulación por las tuberías de la clínica antes de ingresar al equipo”.<sup>124</sup> De esta manera se garantiza que el aire inyectado a las mangueras para su secado esté en un alto porcentaje libre de humedad (partiendo del principio que siempre existirá humedad relativa).

---

<sup>123</sup> Ver anexo K Especificaciones técnicas del compresor de uso clínico. Documento. p. 181

<sup>124</sup> HAVRELLA, Raymond A. Fundamentos de Calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire. México DF, México: Libros McGRAW-HILL, 1983. p.16

Por otra parte el dispositivo de acoplamiento es el encargado de realizar la unión entre la el flujo de aire de la Clínica y el sistema de secado, y se compone por una llave de paso (adosada a la tubería principal) y un acople de ajuste rápido (contenido en el equipo).

- **Cámara de calentamiento**

Es un recinto metálico cerrado de manera que por uno de sus extremos es introducido el aire proveniente del compresor el cual circula entrando en contacto con un banco de resistencias eléctricas dispuestas de tal forma que sus espirales ocupen la mayor cantidad de espacio posible, con el fin de agilizar en mayor medida la elevación de temperatura del aire (mayor área de contacto mayor velocidad en la transferencia de calor). Posteriormente el otro extremo del volumen permite la salida del aire caliente hacia el dosificador y los inyectores.

- **Dosificador**

Esta compuesto por un tubo que reparte de manera homogénea el volumen de aire entre los eyectores, los cuales poseen un orificio reducido y orientado hacia las mangueras con el fin de conservar y concentrar la presión de aire proveniente de los pasos anteriores.

- **Sujetadores**

Sirven de sostén de las mangueras durante el secado, permitiendo que el aire caliente fluya en su interior a la vez que mantienen la verticalidad en las mangueras permitiendo la evacuación rápida del agua.

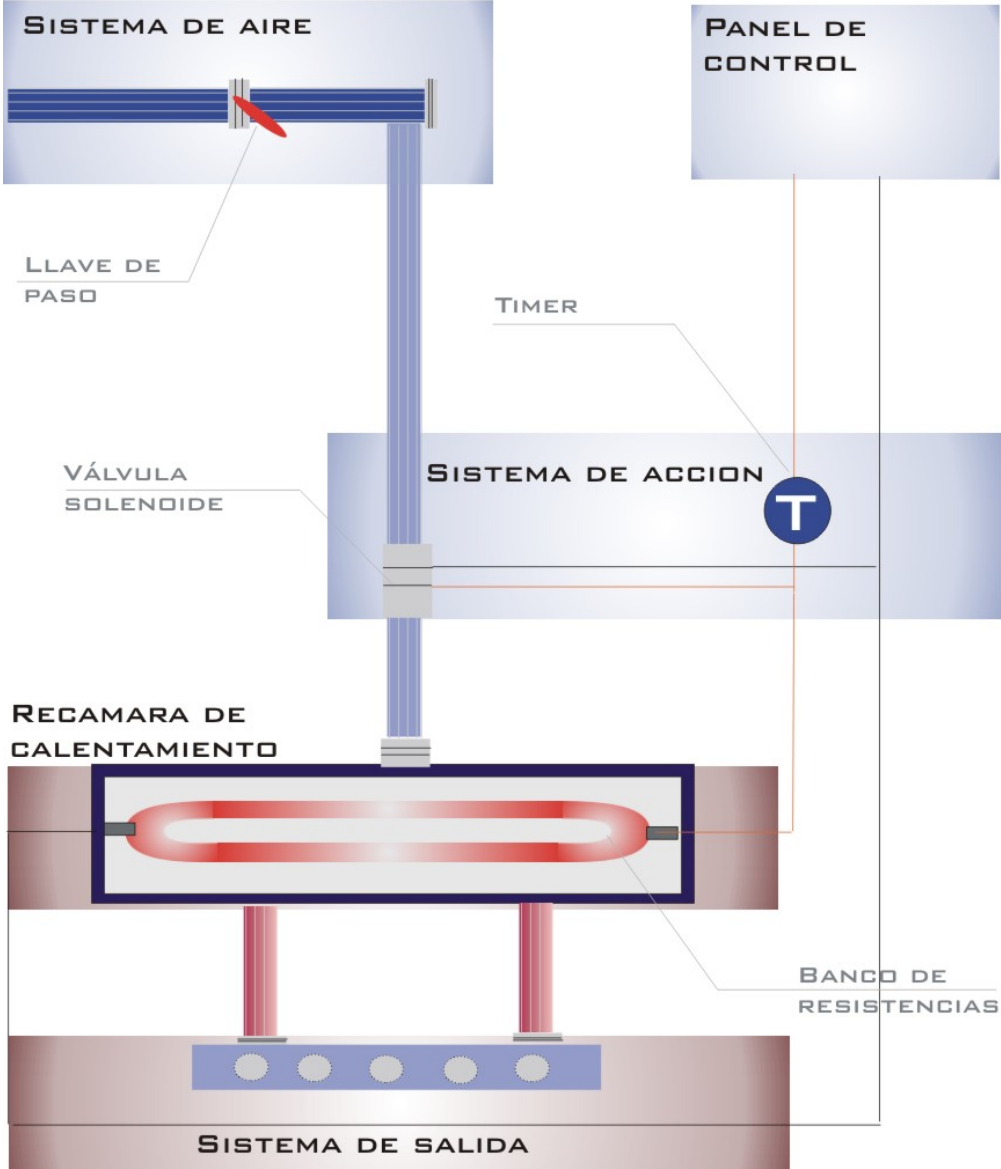
- **Cámara**

Esta conformada por un volumen que permite el máximo aprovechamiento del calor inyectado, generando un microclima que contribuye a un secado mas rapido, a la vez que sirve de barrera sanitaria del material descontaminado.

- **Recolector**

Actúa como un sistema de almacenamiento del agua perdida por las mangueras durante el secado.

7.4.2.3 Esquema general fase de secado



#### **7.4.2.4 Esquema de mantenimiento**

Se propone un procedimiento de supervisión que contempla una fase de limpieza de la recámara de manera periódica así como de los dispositivos que se encargan de suministrar el aire y de sujetar las mangueras.

- **Limpieza de la recámara**

Esta operación esta planteada para ser realizada periódicamente (dos veces por semana), con el ánimo de generar en la recámara un medio aséptico que garantice el nivel de desinfección de las mangueras, logrado en la etapa anterior. Este procedimiento ha sido acondicionado para ser realizado de manera similar a la limpieza y desinfección de las cámaras cefálicas (basado en el protocolo de limpieza y desinfección de estos equipos), en función de las similitudes tanto a nivel de material como a nivel formal. De esta manera se presenta el procedimiento básico a realizar.

##### Separación de la recámara de secado

Partiendo del carácter de equipo integrado, la recámara funciona como un elemento independiente que ofrece la posibilidad de ser retirado del cuerpo principal, con el fin de realizar un proceso de lavado y desinfección de bajo nivel en el área de limpieza y desinfección destinada por la Clínica (es necesario aclarar que el equipo se encuentra en esta sala).

##### Lavado y desinfección

Estando ubicados en el área destinada a esta labor, se procede a lavar manualmente y por separado los dos cuerpos de la recámara, tanto al interior como al exterior, utilizando una toalla suave y un desinfectante de bajo nivel (quiruger); luego de 20 minutos es necesario remover el componente con suficiente agua para finalmente secar de forma manual con una toalla suave. Finalmente la recámara retornará a la estructura principal del equipo, siguiendo el procedimiento contrario.

##### Limpieza de inyectores y sujetadores

Situados en el la área que contiene estos dispositivos, se procede a humedecer con un aspersor (cargado con quiruger) de manera uniforme tanto a los inyectores como a los sujetadores de tal manera que al cabo de 20 minutos se retire este compuesto con ayuda de una toalla humedecida. Este proceso deberá ser repetido cada 15 días.

- **Sustitución del filtro**

Remueva la tapa superior de acceso a los dispositivos del secador allí encontrará el filtro deshidratador de aire, el cual deberá ser sustituido cada 6 meses aproximadamente, dependiendo del uso y de las especificaciones del fabricante.

#### **7.4.2.4 Esquema de revisión técnica**

Esta fase se refiere al procedimiento ordenado de revisión de los componentes físicos del secador de aire caliente forzado. Iniciando la secuencia de desinfección en el equipo y con la compuerta de la recámara abierta verifique manualmente que todos los dosificadores estén suministrando aire constante y caliente; de no ser así, realice los siguientes procedimientos:

- **Revisión del flujo de aire**

Para este caso desconecte el equipo del flujo principal de aire de la clínica, habiendo cerrado previamente la llave de paso que se encuentra en dicha tubería. Posteriormente habrá la llave de paso y verifique visualmente la salida de aire, si no hay presencia o existe insuficiencia en la presión el daño estará ubicado en el sistema de alimentación de aire de la clínica (revisión del compresor y/o de la tubería de circulación).

- **Revisión del banco de resistencias**

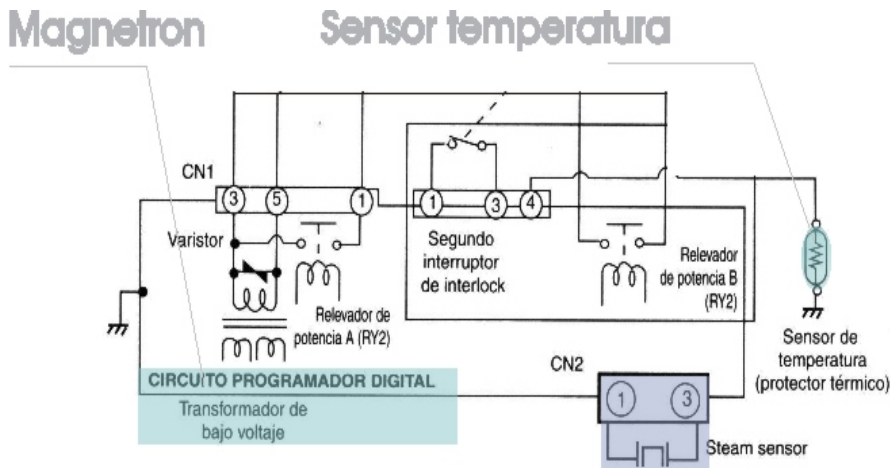
Este procedimiento se efectúa en caso de que el aire este a temperatura ambiente en la salida de las boquillas inyectoras. Empiece por remover la tapa superior de acceso a los dispositivos del secador; allí encontrará los terminales del banco de resistencias, verifique con el multímetro la continuidad, si el valor arroja circuito abierto las resistencias deberán ser reemplazadas.

#### **7.4.3 Fase de control**

Esta compuesta por una serie de dispositivos encargados de ejecutar los programas respectivos para las etapas de desinfección y secado, así como las operaciones preestablecidas en cada uno de estos (control de tiempo de exposición, potencia). Por otra parte genera la retroalimentación al operario por medio de la emisión de señales a los diferentes dispositivos determinados para este fin (display, bombillos).

El sistema de control esta constituido por un circuito integrado digital, al cual van conectados directamente el teclado (panel de control), los sensores (interruptores de temperatura y de seguridad) y el display fluorescente de leds, entre otros.

**Grafico 26. Diagrama electrónico panel de control**



**Fuente:** Revista Electrónica Fácil<sup>125</sup>

#### 7.4.4 Accionamiento de emergencia

Este mecanismo permite manipular el equipo en caso de emergencia ocasionada por daños en el panel de control principal; apoyándose en varios excitadores auxiliares el sistema de control digital, ubicado al interior del equipo, puede controlar relevadores que se encargan de activar o desactivar diversas secciones del horno, lo cual permite, por ejemplo, programar manualmente en el teclado (panel protegido), la potencia o el tiempo de exposición en la etapa de desinfección; de esta manera se garantiza un medio alternativo de accionamiento.

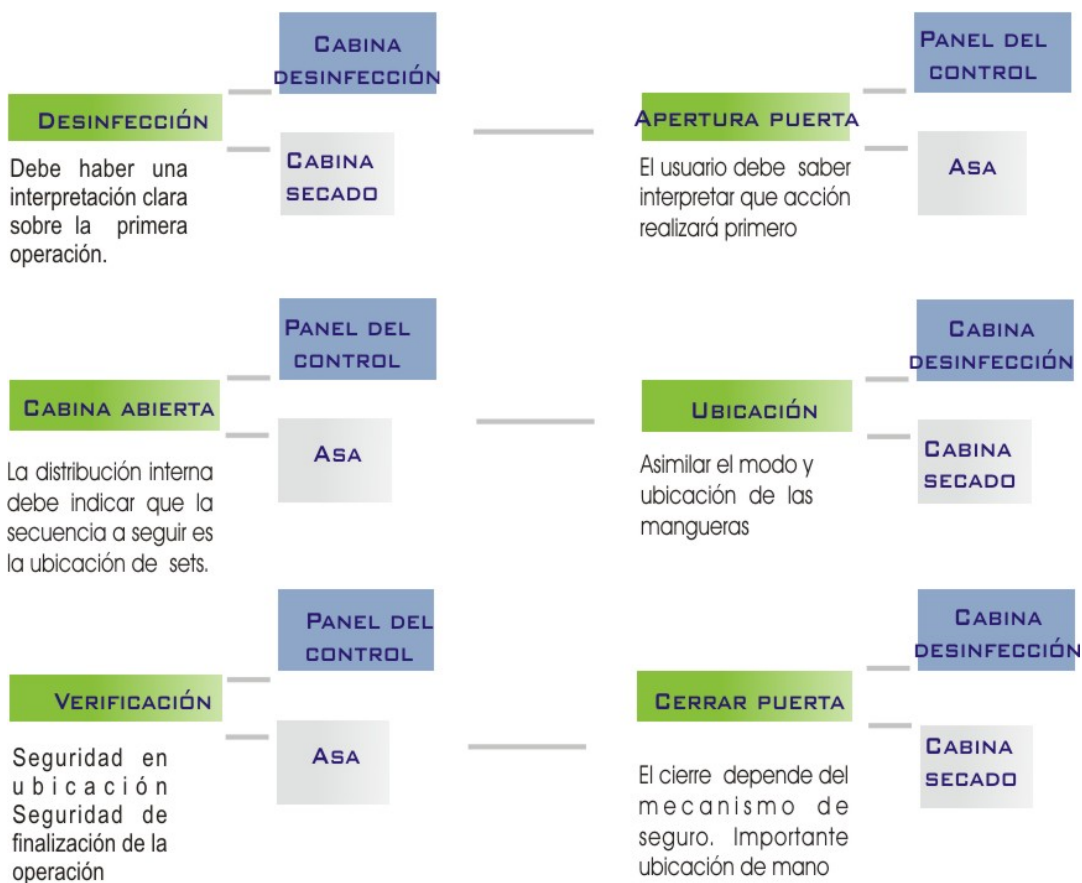
<sup>125</sup> PARRA, Reynaldo Leopoldo. Op. Cit., p. 37

## 7.5 PROPUESTA FORMAL-ESTETICA

### 7.5.1 Análisis de la secuencia de uso a nivel de desinfección

Se realizó la simulación sobre las operaciones posibles en la secuencia de uso teniendo en cuenta los procedimientos. Con este esquema fue posible identificar las posibles ambigüedades en la interpretación de los pasos a seguir.

**Grafico 27. Diagrama de la secuencia de uso a nivel de desinfección**



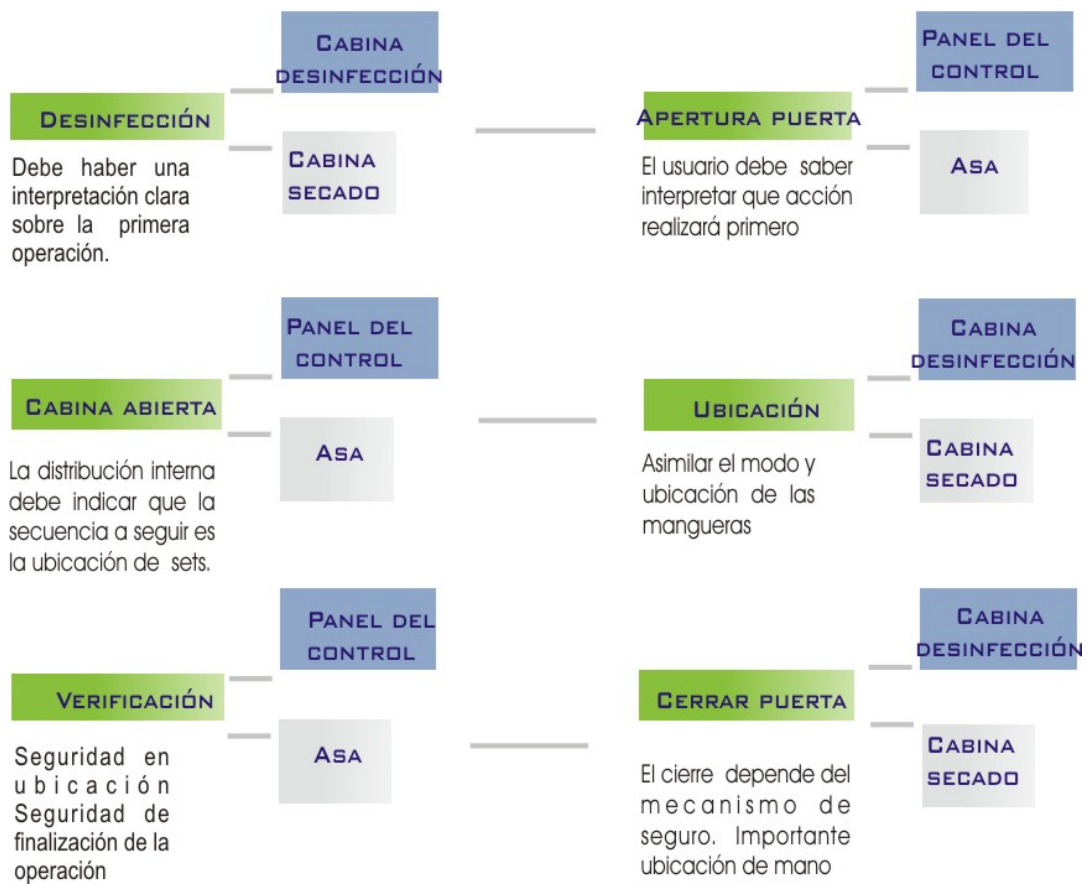
Fuente: Los autores<sup>126</sup>

<sup>126</sup> Basado en: Basado en: Laboratorio de desinfección. Documento. p. 79

### 7.5.2 Análisis de la secuencia de uso a nivel de secado

El diagrama aplicado para esta secuencia, obedece al modelo anterior, donde los cuadros azules muestran la operación correcta y los cuadros grises las operaciones erradas para el caso. Esto nos permitió tomar decisiones de diseño con el objeto de obtener una correcta interfase entre el equipo y el operario.

**Grafico 28. Diagrama de la secuencia de uso a nivel de secado**



Fuente: Los autores<sup>127</sup>

<sup>127</sup> Basado en: Laboratorio de secado. Documento. p. 79

### 7.5.3 Análisis de la secuencia de uso del panel

Este es uno de los puntos más importantes de la interfase, ya que integra los dispositivos para activar ambos procesos. Se tuvo en cuenta la orientación espacial dentro del panel, dirección, forma, símbolos y color. Para obtener una retroalimentación sobre las órdenes dadas, se dispuso un display en el panel.

**Grafico 29. Diagrama de la secuencia de uso del panel**



Fuente: Los autores <sup>128</sup>

<sup>128</sup> Basado en: Fase de control. Documento. p. 106

#### 7.5.4 Secuencia de uso del sistema integrado

Este esquema muestra las operaciones a seguir, los elementos involucrados en la interfase y la retroalimentación que se genera en cada uno de los pasos.

**Grafico 30. Diagrama de la secuencia de uso del sistema integrado**

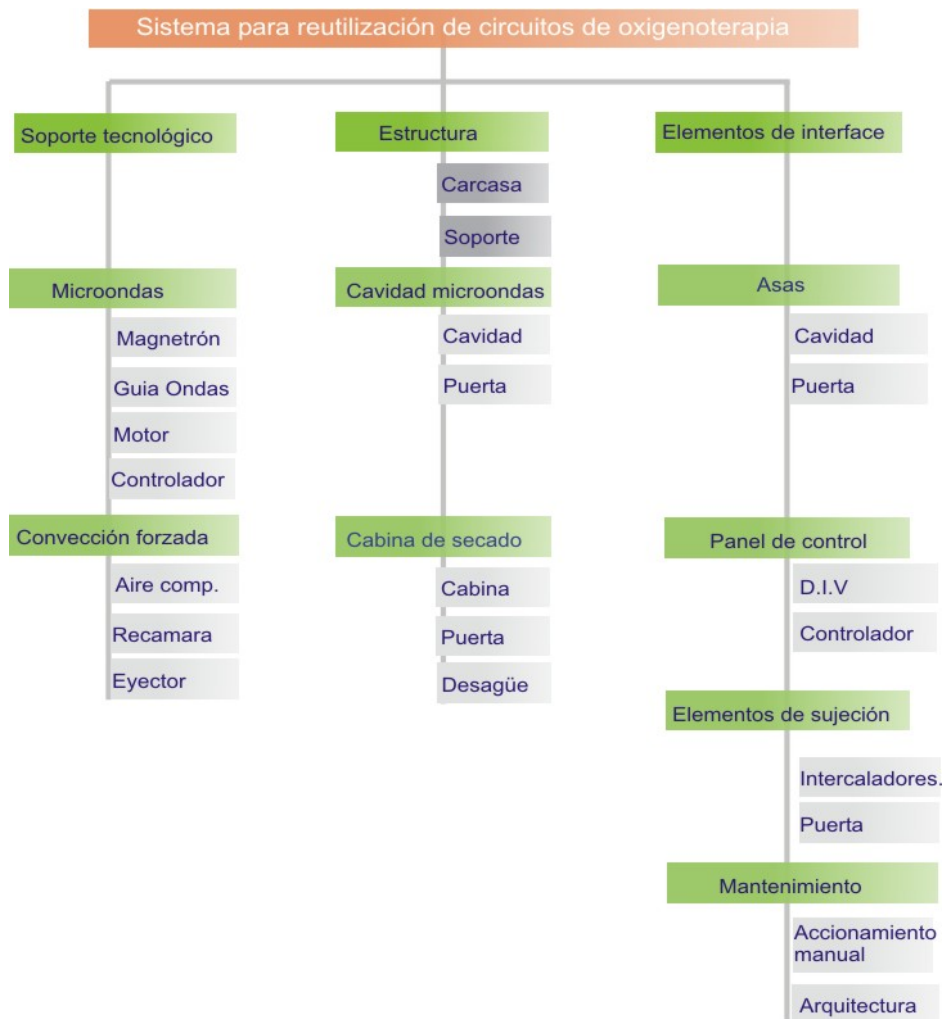
| ACCION             | COMPONENTE        | RETROALIMENTACION   |
|--------------------|-------------------|---|
| Ubicacion de Ctos. |                   |   |
| Apilamiento ctos   | Contenedor        | Limitación espacial   |
| Desinfección       |                   |   |
| Apertura puerta    | Asa - botón       | Táctil-presion del botón<br>Visual- iluminación de la recamara desinf.                |
| Ubicación cont.    | Recamara desinf.. | Táctil, visual - relieve de la superficie   |
| Cierre puerta      | Asa - botón       | Auditiva - Clic del botón<br>Visual- iluminación de la recamara desinf.               |
| Selección mando    | Botón desinf.     | Auditiva - sonido del botón<br>Visual- lectura del display                            |
| Inicio             | Botón inicio.     | Auditiva - sonido del botón<br>Auditiva - sonido extractor                            |
| Fin                | Display .         | Visual - lectura del display (contador)<br>Visual- iluminación de la recamara desinf. |
| Apertura puerta    | Asa - botón       | Táctil-presion del botón<br>Visual- iluminación de la recamara desinf.                |
| Secado             |                   |   |
| Apertura puerta    | Asa               | Visual- iluminación de la recamara desinf.  |
| Apilamiento ctos   | Sujetadores       | Táctil-presion del sujetador  |
| Cierre puerta      | Asa               | Auditiva - movimiento del botón<br>Visual- iluminación de la recamara desinf.         |
| Inicio             | Botón inicio.     | Auditiva - sonido del botón<br>Auditiva - sonido inyector                             |
| Fin                | Display .         | Visual - lectura del display (contador)<br>Visual- iluminación de la recamara desinf. |
| Apertura puerta    | Asa               | Visual- iluminación de la recamara desinf.  |
| Empacado           |                   |   |

Fuente: Los autores <sup>129</sup>

<sup>129</sup> Basado en: Análisis de las secuencias de uso de las fases de secado, desinfección y control. **Documento. p.108-110**

### 7.5.5 Esquema General

El árbol de estratificación del sistema en general desglosa cada una de las partes y sus componentes principales con el objeto de identificar los elementos constituyentes mínimos que debe tener el sistema para su correcto funcionamiento



### 7.5.6 Desarrollo de Alternativas

Basados en los requerimientos y parámetros de diseño, así como todos los elementos de estudiados en la propuesta funcional descrita, se seleccionaron cuatro alternativas con sus respectivas variantes, partiendo de diferentes distribuciones espaciales, relación dimencional respecto al usuario, espacio de trabajo, sujeción del sistema, ubicación de componentes principales, mantenimiento, elementos de interfase, secuencia de uso, imagen grafica, propuesta de materiales y modo de producción.

### 7.5.6.1 Estructura General

- **Alternativa 1**

La propuesta en general esta planteada como un equipo integrado , desinfección por microondas y secado por calor por convección. los parámetros principales de diseño giran en torno de la interfase entre el equipo y el operario. Por ello se tiene en cuenta aspectos como jerarquización, distribución, visibilidad, semántica, semiótica, seguridad, entre otros.

La primera alternativa muestra la distribución vertical de los volúmenes principales, donde la cavidad de desinfección se ubica sobre la cabina de secado

A continuación se describe las partes principales de la alternativa

#### Inyectores

Son los dosificadores de aire comprimido y van conectados directamente a la recamara de almacenamiento

#### Camara

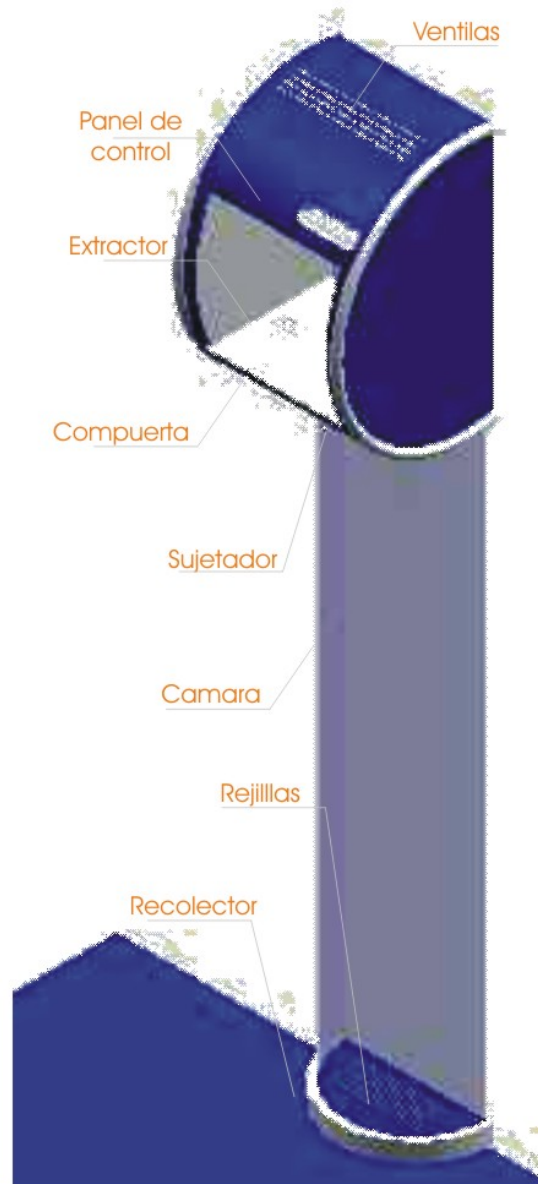
Esta conformada por un volumen de de metacrilato que permite el máximo aprovechamiento del calor inyectado, a la vez que sirve de barrera sanitaria del material descontaminado.

#### Rejillas

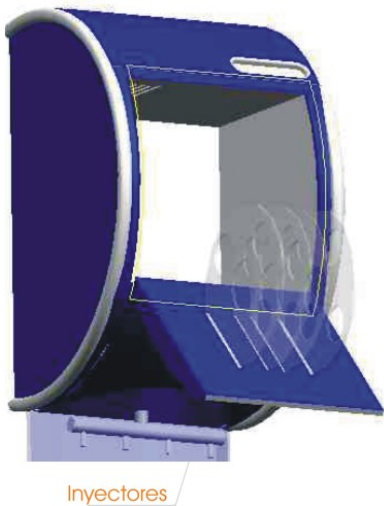
Permiten el paso del agua que se desprende de las mangueras.

#### Recolector

Actua como un sistema de almacenamiento del agua sustraida de las mangueras



## Detalles Alternativa 1



**Panel de control**  
De ubicación variable dentro de la estructura del sistema completo

**Compuerta**  
Doble vidrio de seguridad (reticulado para evitar emisión de radiación y templado curvo en el exterior). Desplazamiento vertical.

**Sujetadores**  
Se encargan de sostener las mangueras durante el secado. Están adosados a la puerta para facilidad de ubicación.

**Almacenaje**  
Permite la distribución inteligente dentro de la cavidad de tal manera que no se generen zonas de calentamiento que puedan averiar el cuerpo de las mangueras.

**Almacenaje**  
Permiten la rápida ubicación de las mangueras de manera ordenada y sistemática de acuerdo al análisis de zonas de calentamiento del equipo.

**Iluminación**  
Tanto la cavidad del microondas como la recámara de secado poseen iluminación de control del proceso que mejora la visibilidad a la vez que indica la puesta en uso del sistema

**Guardas**  
Permiten un fácil ensamble y posterior mantenimiento del equipo



### Variantes alternativa 1

Continuado con la distribución original se presenta una variante formal de la alternativa

La estructura propuesta en acero inoxidable o coll roll, que actúa como carcasa del equipo, dispuesta en un para permitir el acceso para mantenimiento

Su forma esta estructural y visualmente dividida, diferenciando las dos partes principales del equipo, ordenando el sistema verticalmente.

El orden de trabajo se plantea de igual forma a la alternativa anterior

En la transición del equipo se encuentra una estructura metálica que empalma el sistema y a su vez contiene la cámara de calentamiento.

Se puede apreciar que la cabina del equipo de secado esta planteada con material translucido, con el objeto de permitir el control visual sobre el proceso.

En la base del equipo se encuentra el área de desagüe la cual puede ser retirada para evacuar completamente el agua



Detalles variante alternativa 1



La interface del equipo se realiza por completo en la vista frontal.

El panel de control se ubica en la el area de desinfección.

Posee una compuerta con vidrio de seguridad el cual ejerce control sobre el proceso y protege el la cavidad del exterior.

Se puede apreciar la distribución de los inyectores contenidos en un tubo metálico el cual almacena temporalmente el aire caliente presurizado que proviene de la recamara

Posee una compuerta con vidrio de seguridad que ofrece la sensación de un mayor control sobre el proceso.

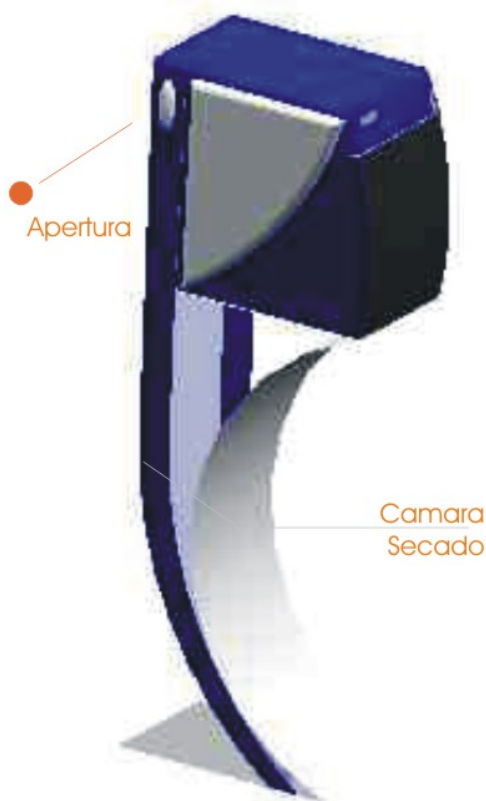
La distribución de los dispositivos esta diseñada para separar sistemáticamente las diversas secciones que hacen parte de el funcionamiento, de tal manera que el panel de control y el sistema de generación de microondas se encuentran independientes.



- **Alternativa 2**

Continuando con el concepto de equipo integrado se hizo una redistribución de los volúmenes, ubicando el equipo del microondas en el extremo superior, dejando su área de trabajo en la frontal, mientras el equipo de secado se ubico detrás de este, y su espacio de trabajo en la vista lateral.

El microondas cuenta con una orientación vertical, su apertura se realiza a través de un asa giratoria que desactiva el sistema de seguridad. En esta cara se encuentra ubicado el panel de control que dirige ambos sistemas.



Respondiendo a los requerimientos de diseño, la esbeltez de esta cámara obedece a la longitud y comprobación de secado de los circuitos

La cámara de secado presenta una curvatura con el objeto de disminuir la altura total del equipo, de modo que se encuentre al alcance del operario.

La estructura está planteada en un material polimérico translúcido que permite ejercer control visual sobre el proceso.

- **Alternativa 3**

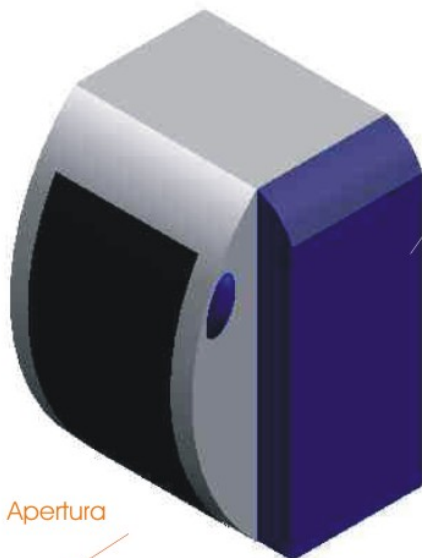
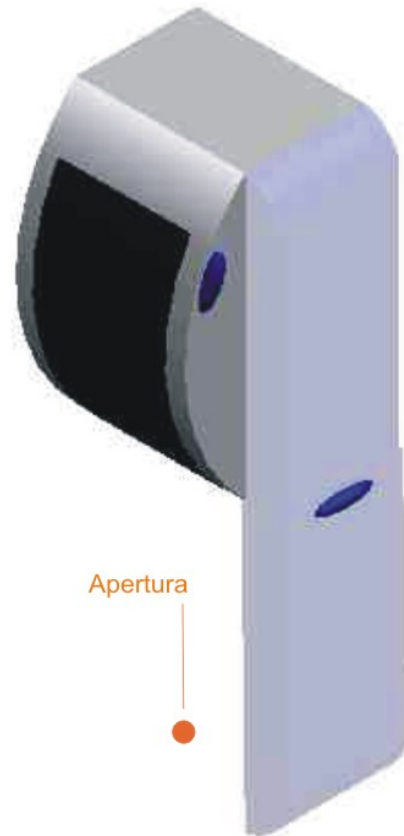
En esta alternativa se replanteó la esbeltez del equipo, la cámara de secado esta planteada por dos cabinas, una fija al equipo en general y otra móvil, que se desliza una cavidad sobre otra . por medio un mecanismo con seguidor .

Comparada con la primera alternativa, se reduce la altura total del sistema, permitiendo que el panel de trabajo del microondas sea más asequible al usuario.

El sistema se suspende en una base empotrado a la pared, su altura respeta la extensión máxima de la cámara de secado.

Los inyectores e inmovilizadores se encuentran ubicados en la parte superior de la cámara.

Se conserva el concepto de visibilidad, empleando un material traslucido como el metacrilato



Recamara Secado

Se puede apreciar las dos posiciones de trabajo, con la cámara recogida se puede observar un volumen más compacto.

En el panel frontal se realiza la operación de desinfección, su distribución y apertura presentan una orientación vertical. El panel de control se encuentra dispuesto en la región lateral del equipo

- **Alternativa 4**



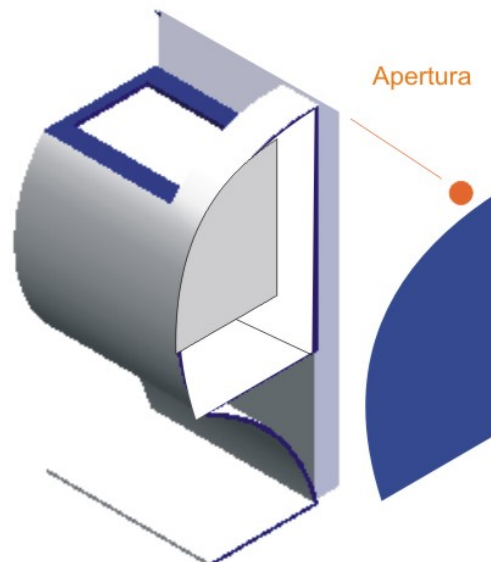
Las guardas permiten un fácil ensamble y posterior mantenimiento del equipo, lo que conlleva a la independencia en los dispositivos técnicos de los dos procesos.

Se componen por un modulo de igual curvatura y dimensiones para facilitar su fabricación.

El sistema de acople entre las guardas y el cuerpo del equipo se propone a presión o atornillado

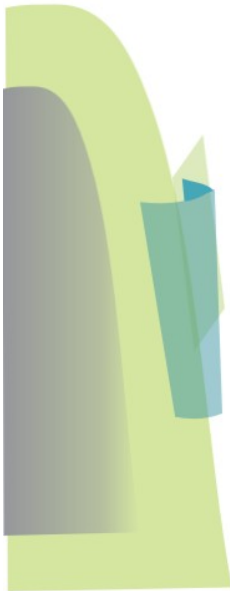
La propuesta de la derecha permite una disposición de mantenimiento mas accesible, pues descubre a totalidad el área de trabajo.

El sistema de acople se propone avisagrado en el costado lateral, o totalmente removible co ajuste de presión o atornillado.



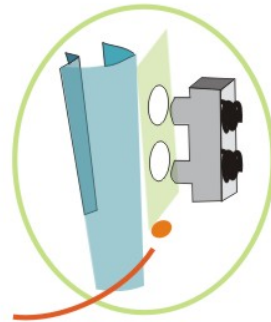
### 7.5.6.2 Elementos de Interfase

- **Asas**



Esta alternativa funciona como elemento de apoyo para activar o desactivar el cierre

El sistema consta de un placa perforada independiente del asa y sujeta a la puerta donde entra el dispositivo de cierre de pines



El asa funciona como un pivote que permite la apertura de la puerta cuando ésta es girada.

Su forma está planteada para generar el espacio de sujeción, y la dirección de giro puesto que el elemento se encuentra orientado hacia el plano de giro.



Asa

El punto de giro actúa como un balancín por medio de una viela que termina en forma de cuña. Esta se encuentra atrapada en una caja pero el movimiento circular permite la apertura.



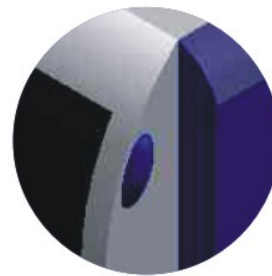
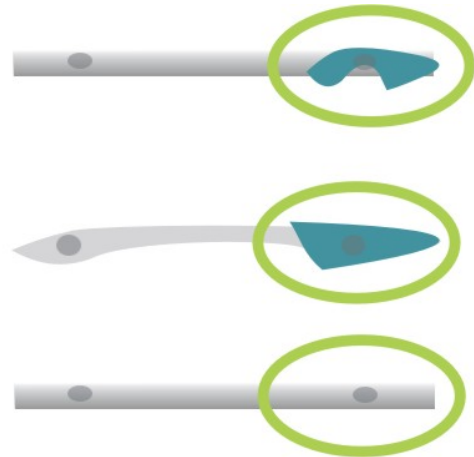
Mecanismo de cierre

## Detalles Asas

Esta propuesta contiene dos barras estructurales al interior y al exterior de la cabina, las cuales le transmiten rigidez, estabilidad y cuerpo a la puerta de metacrilato.

Por otra parte se fusionan en un solo elemento el asa y el sistema de sujeción de las mangueras permitiendo a este último estar más próximo al usuario.

A la derecha se muestra las posibles alternativas formales, partiendo de un lenguaje integrado con el aspecto del sistema.



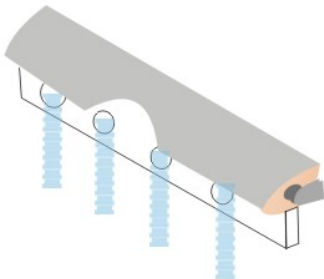
Detalle compuerta  
cavidad desinfección

El detalle superior muestra otra de las posibles alternativas para la concepción de las asas, la cual se fundamenta en volúmenes inmóviles a manera de bulbos o protuberancias que permiten la interacción con el usuario reduciendo la complejidad que conllevan los mecanismos dinámicos.

Este sistema se propone tanto para la recámara de desinfección como para la recámara de secado

- **Elementos de sujeción de circuitos**

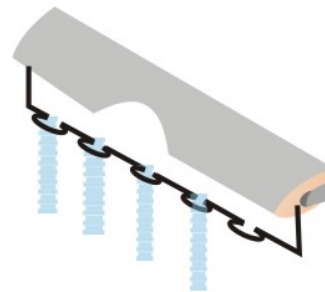
**GIRO**



El sistema de sujeción está dispuesto sobre una estructura ortogonal que la oculta en posición normal. Esta estructura permite girarse gracias al mecanismo de pivote adaptada en los extremos, para así el usuario pueda sujetar las mangueras

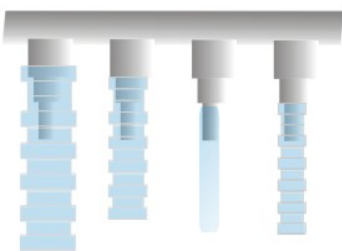
El agarre de las mangueras está dado por su diámetro exterior ya que la placa está perforada con estrías que generan fricción sobre el elemento de esta manera las mangueras quedan suspendidas sobre el dispositivo.

Este sistema es una variante de la alternativa anteriormente descrita. Las mangueras ya no se sostienen sobre una placa perforada sino por una línea continua curva que presenta un embotellamiento en su forma lo que permite mantener presionada la manguera. Así la manguera queda inmovilizada para recibir la presión del eyector



El conjunto de alternativas presentadas buscan inmovilizar los circuitos teniendo como referencia central el eyector, la ventaja de esta disposición es que no discrimina el diámetro de la mangueras, convirtiéndose en una ventaja para este tipo de propuestas

**TELESCOPICO**



Sostener los diferentes circuitos de oxigenoterapia durante el proceso de secado permitiendo el flujo de aire sin importar el tipo de manguera que de este se suspenda

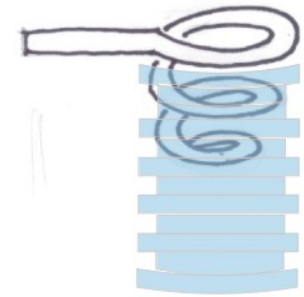
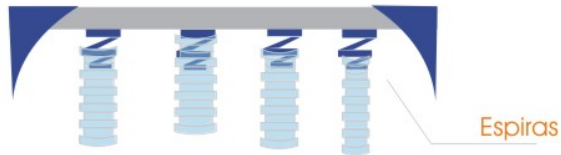
Por otra parte debe permitir una fácil y rápida interacción con el operario, así como no afectar la estructura física de la manguera.

flujo de aire



## Detalles sujetadores

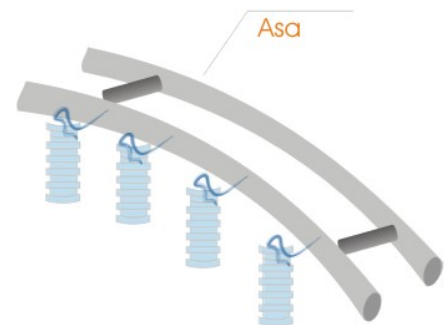
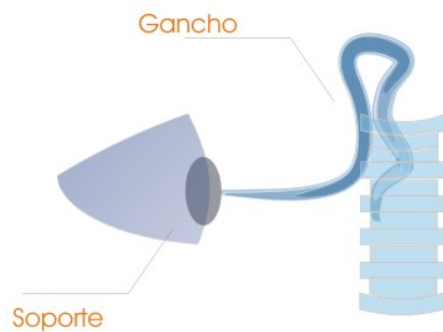
### ESPIRAL



Elemento propuesto en un varilla de acero inoxidable para evitar la corrosión, de forma entorchada similar a un resorte cónico que genere tres espiras de diámetros equivalentes a las dimensiones de las mangueras, con el fin de sujetarlas en colaboración con las estrías que estas poseen

Su forma telescópica permite el flujo de aire en su interior así como la colocación de cualquiera de los tres

### PINZA



Elemento propuesto en un varilla de acero inoxidable flexible, en forma de pinza que sujeta la manguera por uno de sus extremos. Su forma permite el fácil agarre de cualquiera de los diámetros de las mangueras analizadas.

- **Panel de control**



El panel de control está agrupado en una forma menos rígida y la orientación de los pulsadores se encuentra invertida con el objeto de analizar cual de las dos propuestas transmite al usuario la función correcta.

El panel está sobre fondo blanco para resaltar los dispositivos.

El color del display se refiere a un color predeterminado pero los pulsadores se plantean de color verde por el concepto que se quiere manejar sobre reutilización.

Esta alternativa juega con la misma arquitectura sobre las opciones de acción y retroalimentación.

A diferencia de las propuestas anteriores las funciones referenciadas por símbolos basados en líneas principales de un elemento que representan las dos funciones, desinfección y secado

La distribución espacial y la diferenciación de color son factores de apoyo para identificar a priori el efecto de su función



**Opción desinfección**



El símbolo inscrito en la circunferencia está representado por tres curvas en crecimiento que pretenden representar el movimiento ondulatorio de las microondas



**Opción secado**

Este elemento puede tener dos significados

El primero está asociado al aire comprimido. La línea horizontal representa la boquilla y las líneas diagonales el aire expulsado.

También puede identificarse con la ubicación de las mangueras en la cámara de secado

## Detalles panel de control

Las ordenes están distribuidas a lo largo de una sección rectangular donde se centraliza todos los mandos del sistema. El panel presenta una lectura lineal en su función

En los extremos superior e inferior se ubica el panel de control principal y el mando que desactiva el cierre de la puerta. El panel del centro esta protegido por una tapa dentro de ella se encuentra el panel de apoyo, cuyo accionamiento se realiza en el momento en que el panel principal falla.

### Panel principal

El panel principal contiene los pulsadores de accionamiento de la cavidad del microondas y la camara de secado. Cada mando está apoyado en formas bidimensionales que generan orientación y dirección, así como el uso de pictogramas alusivos a la distribución de las mangueras, los cuales están ubicados en el centro de cada pulsador.

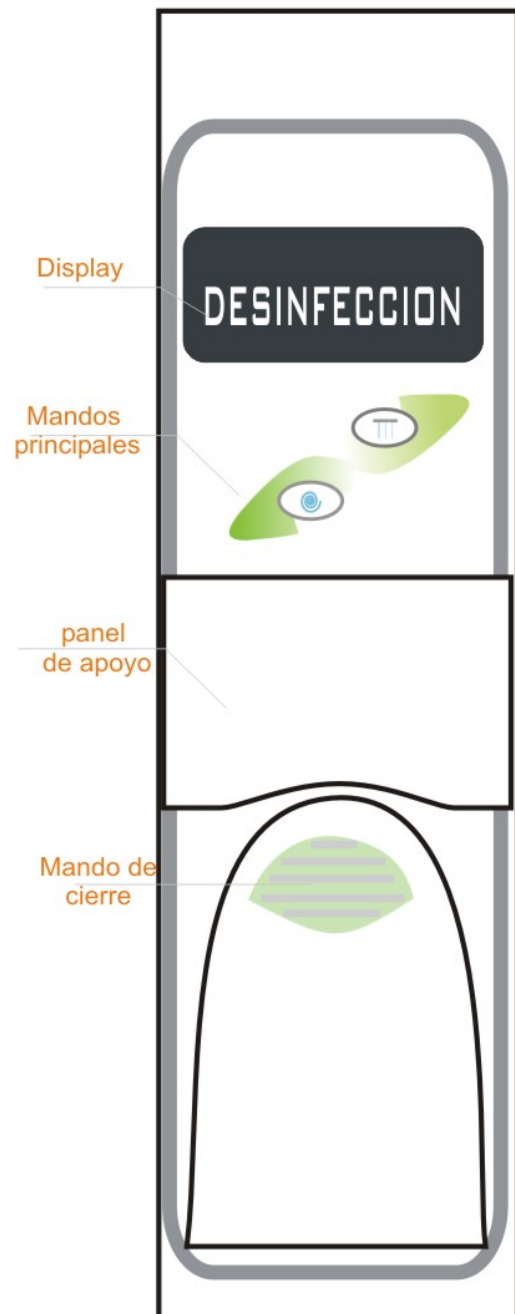


Espiral, forma asociada con la distribución de las mangueras en la cavidad del microondas



Lineas paralelas sujetas a una línea horizontal. Este pictograma simula la distribución de las mangueras en la camara de secado. Las líneas simulan la forma corrugada de las mangueras

El display, es el dispositivo encargado de la retroalimentación del equipo. Toda acción realizada presenta un respuesta que se observa a través de este dispositivo informativo visual



- **Acceso a mantenimiento**



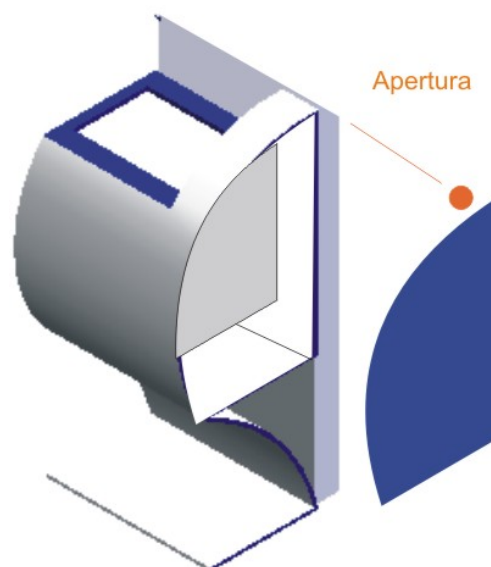
Las guardas permiten un fácil ensamble y posterior mantenimiento del equipo, lo que conlleva a la independencia en los dispositivos técnicos de los dos procesos.

Se componen por un modulo de igual curvatura y dimensiones para facilitar su fabricación.

El sistema de acople entre las guardas y el cuerpo del equipo se propone a presión o atornillado

La propuesta de la derecha permite una disposición de mantenimiento mas accesible, pues descubre a totalidad el área de trabajo.

El sistema de acople se propone avisagrado en el costado lateral, o totalmente removible co ajuste de presión o atornillado.



## 7.5.7 Evaluación de alternativas

### 7.5.7.1 Modelos de comprobación de uso

Los modelos fueron elaborados en cartón tubular a escala 1:1. El objetivo del ejercicio consistió en evaluar la proporción dimensional del equipo con respecto a los alcances del usuario y analizar en forma básica la lectura de uso interpretada por las operarias con respecto a la teóricamente planteada.

La comprobación del modelo fue realizada en el cuarto de limpieza de la UCIN con las operarias de la sala. Para las pruebas antropométricas se tomo como referencia los dos percentiles extremos, dentro del cuerpo laboral la altura máxima es de 1.70 mts y la mínima 1.50 mts. Este rango nos permitió obtener una mas acertada con respecto a las relaciones dimensionales entre el usuario y su área de actividad.

Es importante recalcar que este tipo de usuarios presentan cierta familiaridad con el uso de equipos automatizados, esta situación establece un orden mental que les permite tener en cuenta los principios de una secuencia lógica.

#### ▪ Modelo Alternativa 1-2



La distribución espacial del equipo hace que su altura total (1.90 mt) esté fuera de los límites dimensionales del usuario promedio.

El equipo presenta un frente de trabajo pero esta disposición hace evidente en primera instancia, la jerarquización del equipo

El sistema presenta una lectura de dos elementos independientes por encima del concepto de unidad que se busca con el equipo integrado

La apertura de la puerta aleja al usuario del frente de trabajo



▪ **Modelo Alternativa 3**



El replanteamiento de la distribución disminuye la altura total del equipo haciéndolo más accesible, la importancia dada al volumen y la ubicación del microondas con respecto a la cabina de secado la fortalece jerárquicamente.

Esta disposición genera dos frentes de trabajo, frontal y lateral. Generando complicaciones en la interfase por el traslado de los circuitos de un espacio a otro.

▪ **Modelo Alternativa 4**

La propuesta en la cual se dispone de una cámara expansible disminuye aparentemente el volumen del sistema; esto genera un mayor acercamiento al concepto de unidad formal.

Como consecuencia de esta distribución se sigue presentando dos frentes de trabajo, obligando el desplazamiento del usuario con los circuitos desinfectados. Esta manipulación disminuye el grado de confiabilidad de los resultados de asepsia de las mangueras



Se continua dando prioridad a la cavidad del microondas , sin ocultar y disminuir la importancia de la cámara de secado.

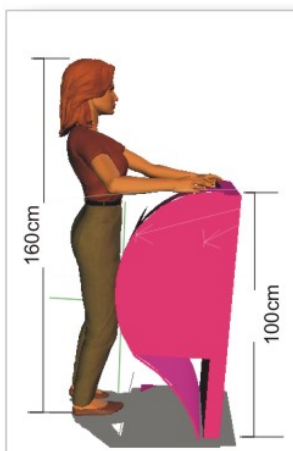
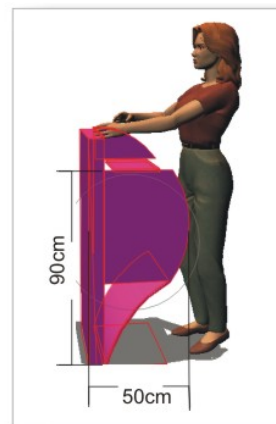
La operación de deslizamiento de la cámara esta principalmente argumentada por la disminución del volumen, sin embargo debe respetarse la altura total de expansión, por lo que el usuario podría optar por mantener la posición extendida de la cámara

▪ **Modelo Alternativa 5**

En la primera operación la altura máxima del equipo esta referenciada por la cavidad de secado plegada y por el panel de control que se encuentra a 100 cm del piso

La altura de la puerta del microondas es de 90 cm y su profundidad determinada por la curva convexa es de 50 cm.

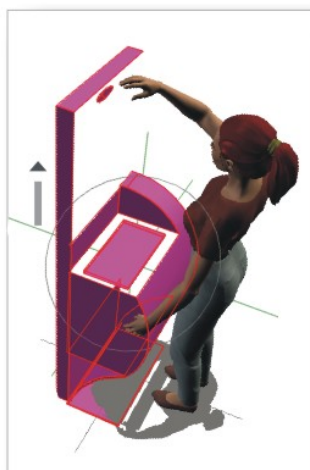
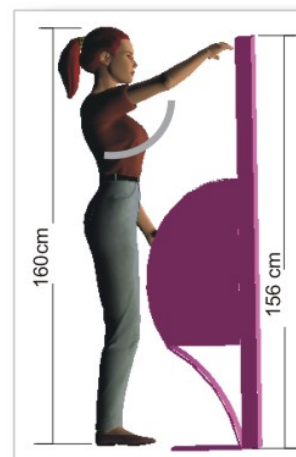
A diferencia de las alternativas anteriores se pudo integrar un puesto de trabajo en un solo plano.



La operación de apertura de las puertas y accionamiento del panel de control se realiza con una mano, la ubicación de los sets debe realizarse con ambas manos

Se hace mas evidente el concepto de equipo integrado, sin perder la individualidad de los dos procesos

En el segundo ciclo se efectúa la extensión de la cabina de secado deslizando una pieza sobre la otra de manera ascendente.



Este tipo de movimiento realizado con el brazo extendido, posee la tendencia natural de acercar el elemento en desplazamiento al cuerpo del usuario, generando rozamiento y limitación física de los módulos, desgastando el sistema.

Otra forma de realizar la operación conservando un movimiento natural consiste en tomar el modulo por los lados con ambas manos, en este caso las dimensiones del equipo se convierten en un obstáculo para realizar el movimiento en forma cómoda.

### 7.5.7.2 Evaluación de modelos de comprobación

Tabla 20. Comparativo modelos de comprobación

| Evaluación de los requerimientos De percepción                          | Cumplimiento del requerimiento |    |    |    |
|---|--------------------------------|----|----|----|
| Jerarquización evidente   | A1                             | A2 | A3 | A4 |
| <b>Peso visual</b><br>(Área- Volumen)                                   | si                             | si | no | si |
| <b>Distribución</b><br>Orden lógico<br>Dirección                        | si                             | si | si | si |
| <b>Ángulo de visibilidad</b><br>Linea horizonte                         | no                             | si | si | si |
| Lectura semiotica   |                                |    |    |    |
| <b>Distribución espacial</b><br>Estabilidad física<br>Reducción volumen | no                             | no | si | si |
| <b>Relación antropométrica</b><br>Alcance                               | no                             | si | si | si |
| Acceso de operación   |                                |    |    |    |
| <b>Frentes de trabajo</b><br>Frente único                               | si                             | no | no | si |
| Lectura de equipo integrado   |                                |    |    |    |
| <b>Unidad</b><br>Transición entre procesos<br>Coherencia formal         | no                             | no | no | si |
| <b>Concepto unidad independiente</b>                                    | si                             | si | si | si |
| Total   | 4                              | 5  | 5  | 8  |

Fuente: Los autores<sup>130</sup>

<sup>130</sup> Basado en: Modelos de comprobación de uso. Documento. p.126

## **7.6 EVOLUCIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA**

Partiendo del volumen físico seleccionada en el comparativo de los modelos de comprobación y del análisis del comportamiento frente al usuario descrito anteriormente, se concluye que existen diversos elementos del sistema que son susceptibles a ser mejorados.

### **7.6.1 Modificación de la estructura formal**

Basándose en argumentos como: generar una mas clara percepción del equipo como unidad integral, así como mejorar la percepción y la distribución de componentes técnicos y de funcionamiento; se propone un nuevo volumen que conserva la disposición espacial seleccionada.

### **7.6.2 Modificación del sistema de acceso a mantenimiento**

La propuesta de partida generaba un espacio de disposición de elementos constitutivos unificado para los dos procesos, lo que en términos de seguridad y ejecución no es lo mas indicado, partiendo de la premisa de la existencia de una notable diferencia de las tecnologías técnico-eléctrico y técnico-electrónico, se propone una compuerta de acceso abatible en un único frente, que permita la interacción libre del personal de mantenimiento a la vez que mantiene los componentes de los dos procesos separados físicamente. Por otra parte, para el panel de control se concibe un acceso independiente por tratarse de un elemento que no requiere mayores mantenimientos preventivos y por poseer condiciones de riesgo y de desgaste, menores que los componentes técnicos de los dos procesos.

### **7.6.3 Modificación del sistema de acceso a operaciones**

La simulación de uso de la propuesta seleccionada arrojó como resultado una “notable dificultad a la hora de desplegar la compuerta de acceso a la recámara de secado”.<sup>131</sup>

Por tal motivo se propone modificar el sistema de acceso a la recámara, por medio de una compuerta que recubre la superficie superior del equipo (aumentando su percepción como unidad integral), a la vez que permite la sujeción de las mangueras para el proceso de secado.

---

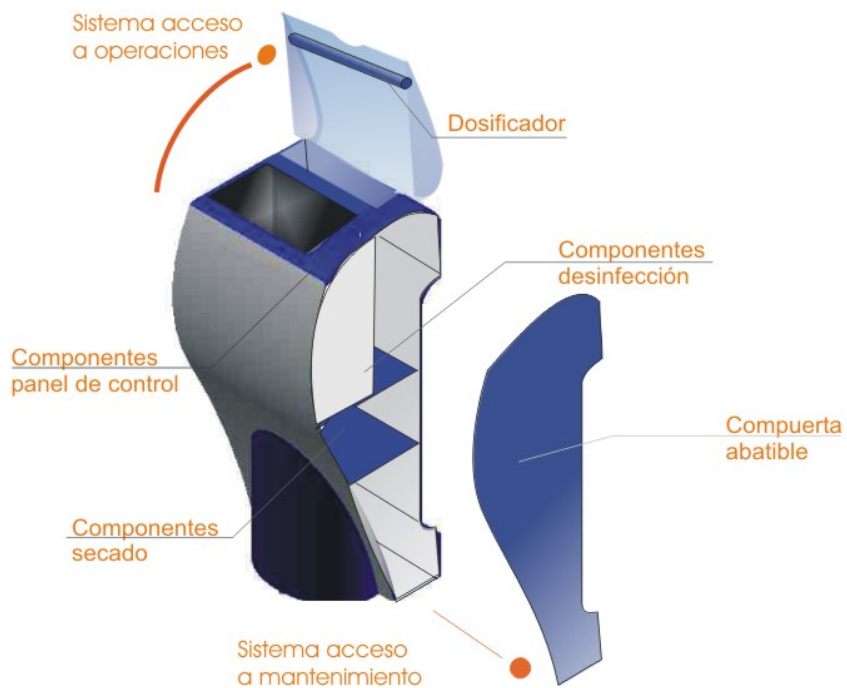
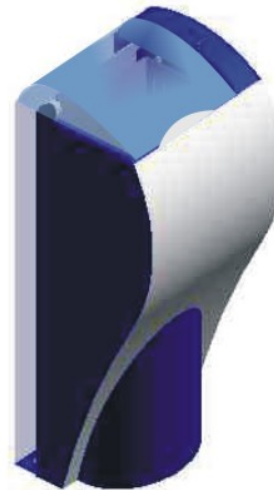
<sup>131</sup> Ver Modelos de comprobación de uso. Modelo alternativa 5. Documento. p. 128

### Grafico 31. Modificaciones de la estructura y sistemas de acceso

La forma continua y suave en el plano principal de interacción con el usuario, intersectada en su parte inferior por un cilindro de sección elíptica componen la estructura general del sistema.

El cilindro se comporta como un elemento estructural, soportándose en el cambio de orientación del plegado (ortogonal a la Horizontal) y en su comportamiento estático que distribuye la carga de manera homogénea y perpendicular alrededor de su perímetro.

Finalmente la estructura distribuye al interior los diferentes dispositivos de funcionamiento del sistema, de manera lógica y ordenada; de tal forma que divide la sección principal de único acceso, en una sección independiente para el microondas y otra para el secador; así mismo el panel de control se sitúa en el plano superior.



Fuente: Los autores<sup>132</sup>

<sup>132</sup> Basado en: Modificación de la estructura formal, sistema de acceso a mantenimiento y sistema de acceso a operaciones. Documento. p. 130

#### 7.6.4 Análisis del modelo de comprobación de la alternativa seleccionada



La simulación en términos generales fue positiva; , la experiencia realizada por las auxiliares de la UCIN (futuras operarias directas del sistema), permitió encontrar algunos aspectos que deben estudiarse para su mejoramiento.

La disposición de la tapa principal , permite realizar un movimiento natural de apertura, así mismo el elemento destino a indicar esta labor fue de inmediato asimilado en todos los casos.



El botón de presión que libera la puerta del microondas, es tan evidente que su función tiende a utilizarse para la apertura de la tapa principal.

Se genera conflicto en la interfase de apertura con respecto a la puerta del microondas y el botón de liberación de ésta, debido a que estas dos operaciones se realizan con manos diferentes; en el caso de llevar el contenedor de las mangueras se hace necesario cambiar este elemento de mano para realizar la operación o ejecutar el proceso con una sola mano.

La posición de apertura de la puerta del microondas se percibe como un elemento inestable, así mismo se comporta como un límite visual y espacial del área de trabajo.

Se hace necesario involucrar un elemento que permita el transporte de las mangueras de la fase de desinfección a la fase de secado sin involucrar su manipulación.

Al eliminar la puerta del microondas, la puerta principal debe asumir la función de barrera y elemento de seguridad de la cámara.

#### 7.6.5



### **Modificación del sistema de transporte de circuitos entre procesos**

Partiendo de la necesidad de reducir la manipulación de las mangueras por parte del operario (a mayor manipulación mayor posibilidad de contaminación), se propone un sistema que garantiza el paso de los circuitos del proceso de desinfección al proceso de secado, evitando el contacto directo con cualquier parte del cuerpo.

Es necesario aclarar, que de antemano existe un protocolo propuesto de utilización del sistema que obliga a que el operario realice el cambio de ubicación de las mangueras entre los dos procesos en condiciones seguras; entendiendo este calificativo como, la existencia de atuendo e indumentaria especializada para la labor; bata, gorro, tapabocas y guantes, estos últimos deben ser cambiados en el momento de realizar el transporte de las mangueras entre las fases de desinfección – secado. De esta manera se propone un elemento que garantice un alto nivel de seguridad en caso de que el factor humano falle durante el proceso.

La propuesta entonces, contiene un dispositivo de transporte de los circuitos desde la fase de lavado y remoción de materia, previa al proceso, hasta la cavidad de desinfección. En este punto las mangueras son acopladas a los inyectores los cuales están contenidos en la única compuerta presente en el sistema. De esta manera se inicia el proceso de desinfección con el cierre previo de este último elemento que ahora contiene no solo los dispositivos de dosificación de aire, sino que a la vez se convierte en la compuerta de seguridad del microondas. Es así como en la búsqueda de reducir la manipulación de los circuitos entre los dos procesos del sistema al mínimo, se percibe fusionar las compuertas en una, contribuyendo al concepto de unidad independiente, que no es más que la necesidad de la dualidad de percibir el sistema como una unidad integral al mismo tiempo que distinguir sus dos procesos por separados

#### **7.6.6 Modificación del sistema de apertura**

Tomando como referencia la existencia de una sola compuerta de apertura del sistema y del comportamiento observado en las “pruebas de secuencia de uso de la alternativa seleccionada”, <sup>133</sup> se concluye que la presencia del botón de presión de apertura de la cavidad del microondas es innecesaria, reduciendo aún más la complejidad del equipo. De esta manera la apertura se centraliza en un único elemento que permite el ajuste y desajuste

---

<sup>133</sup> Ver Modelos de comprobación de uso. Modelo alternativa 5. Documento. p. 128

de la compuerta por aplicación de fuerza, esta decisión contrasta con la favorable interpretación de la forma del elemento como dispositivo de agarre y de apertura del equipo en las pruebas de secuencias de uso realizadas anteriormente.

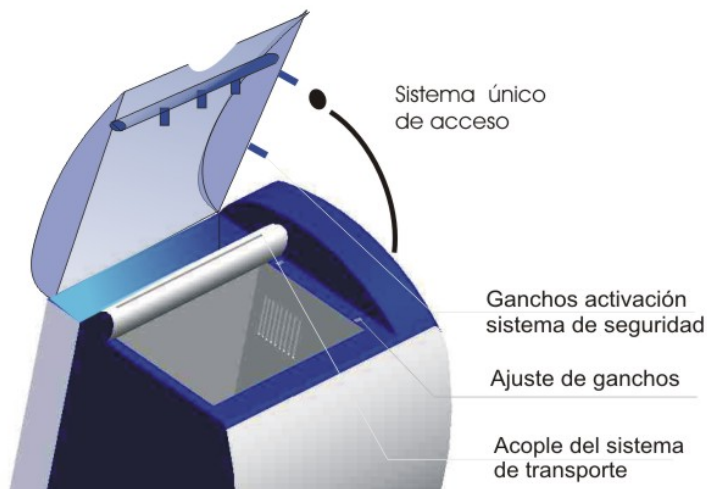
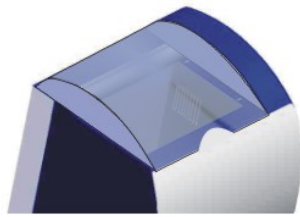
### Grafico 32. Modificaciones de la estructura y sistemas de acceso

La barrera de seguridad ofrece diversas funciones:

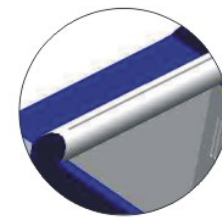
Actúa como una barrera antirradiación que impide que en el momento de cierre de la cubierta, inicio de la fase de desinfección, las microondas puedan escapar por la parte posterior de la tapa la cual esta abierta para permitir el libres estiramiento de las mangueras en la posterior fase de secado.

Contiene un dispositivo de ajuste simple (ranura), que permite recibir el elemento de transporte de las mangueras.

Finalmente posee un elemento que permite liberar la cabina de secado para su posterior mantenimiento preventivo, similar al dispositivo de ajuste descrito anteriormente.



Detalle de la barrera de seguridad



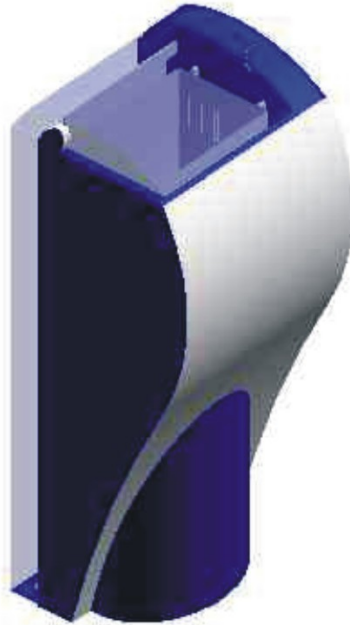
Fuente: Los autores<sup>134</sup>

<sup>134</sup> Basado en: Modificación del sistema de transporte de circuitos entre procesos, sistema de apertura y sistemas de seguridad de la compuerta. Documento. p. 133-135

### **7.6.7 Modificación del sistema de seguridad de la compuerta**

Basados en la eliminación de la compuerta independiente para el microondas, el nuevo sistema único de cierre debe contener todas las condiciones de seguridad que poseía su antecesora; de esta forma se mantienen los ganchos de ajuste de la compuerta inicial, en la misma disposición, con el ánimo de controlar los interruptores de interlock, así mismo se hace necesario mantener las barreras de antirradiación en los contornos de la tapa.

## **7.7 MODELO DE COMPROBACIÓN**



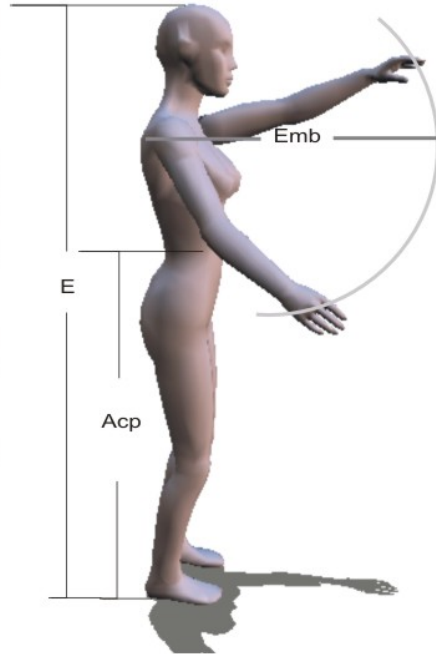
## 7.8 ANÁLISIS DE MOVIMIENTO

Para la materialización del sistema, el principio de diseño está dirigido para el promedio,, tendiendo en cuenta los alcances y limitaciones de los operarios con menor y mayor dimensión.

El desempeño en el espacio de trabajo está planteado para ser realizado de pie. Ya que los tiempos de operación se traducen en operaciones de apertura ubicación de circuitos y emisión de ordenes.

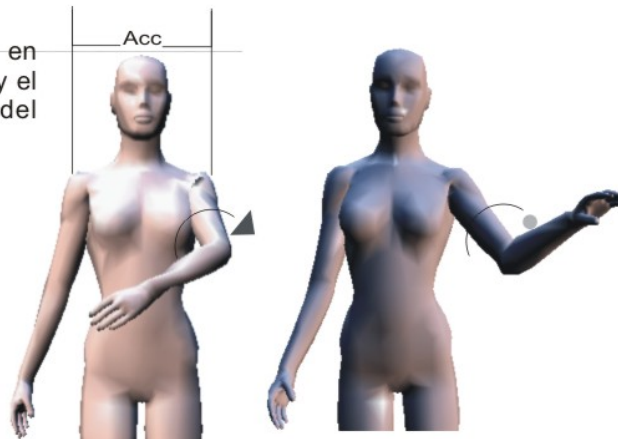
Los tiempos de operación como desinfección o secado no requieren de la estancia del operario, salvo por breves espacios supervisión

Vista de perfil las dimensiones que condicionan



En la vista frontal se tiene en cuenta el ancho del hombro y el movimiento de rotación del antebrazo

Acc - ancho codo a codo



## **7.9 OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES DEL MODELO DE COMPROBACIÓN**

La alternativa fue llevada a modelo de comprobación a tamaño natural haciendo evidente la distribución espacial y la diferenciación de las partes principales. Con ella se realizaron pruebas sobre secuencia de uso, donde se evaluó la propuesta espacial del volumen, así como la apariencia formal de la misma.

Partiendo del concepto de equipo integrado en la distribución espacial, se sumó este aspecto como filosofía de funcionamiento, llevando el sistema a la automatización total, por medio de un accesorio que permita el paso de los circuitos de la cabina de desinfección a la cámara de secado de forma independiente, la interfase del usuario en la transición de los circuitos se hace nula.

Respecto a las demás alternativas, la propuesta general muestra un conjunto más compacto y la diferenciación de volúmenes de acuerdo a su requerimiento de contención, acercándose al concepto de elemento integrado. Sin embargo a nivel formal se perciben volúmenes que se interceptan rompiendo la continuidad y la fluidez que se busca en el entorno general, la orientación de trabajo solo está apoyada en la jerarquización por orientación y no por dirección de la forma misma, se transmite una sensación de inestabilidad visual del modelo; pese a que se busca el equilibrio interceptando un cilindro proyectado verticalmente con la prominencia del volumen principal, donde el peso visual de este último es mayor.

Como consecuencia de estas observaciones se hizo la reorientación de volúmenes tecnológicos que llevó al giro del sistema de apertura y de la cámara en general. La apariencia del equipo tiende ser más profunda lo cual permite el replanteamiento de la propuesta formal estética.

El panel de control se reduce a un mando de accionamiento que envía la orden a un microcontrolador el cual se encarga de realizar la secuencia de operaciones automatizando el proceso.

## 7.10 ALTERNATIVA FINAL

Basados en las conclusiones y observaciones se replanteo la propuesta desde el aspecto formal, ergonómico y de interfase del equipo.

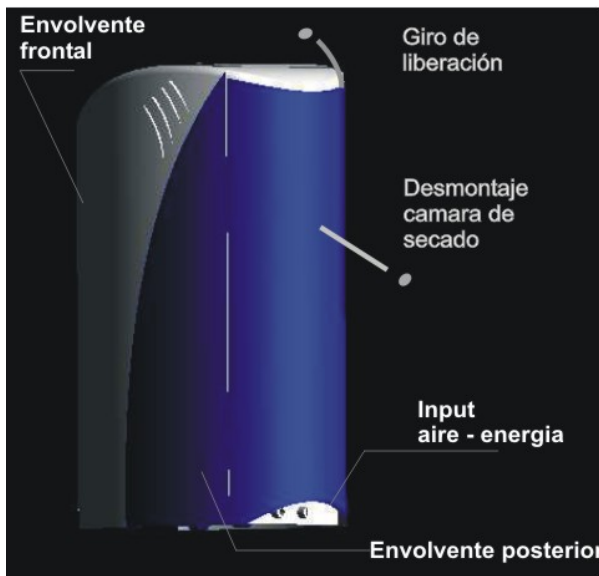
El diseño parte de una sección ovalada que se prolonga a lo largo del equipo, esta forma continua, vista de planta se encuentra dividida en el área de desinfección y secado, proyectando su radio mayor hacia el fondo para conservar la jerarquía por ubicación.



gracias a esta orientación es posible extender los circuitos desde la cavidad de desinfección hacia la parte posterior, con ello la altura total es marcada por las longitudes de la cámara de calentamiento y el microondas. Además se reduce el área del frente de ataque haciéndolo visualmente menos robusto e inestable.

La alzada nos muestra una forma continua compuesta por una envolvente frontal que se diferencia visualmente de las piezas restantes por su limpieza formal material y color. En su base se encuentra una curva cóncava con el ánimo de permitir un mayor acercamiento por parte del operario. En esta misma pieza se encuentran marcadas las ventilas laterales que permiten la salida de aire caliente generado por el circuito eléctrico del equipo.





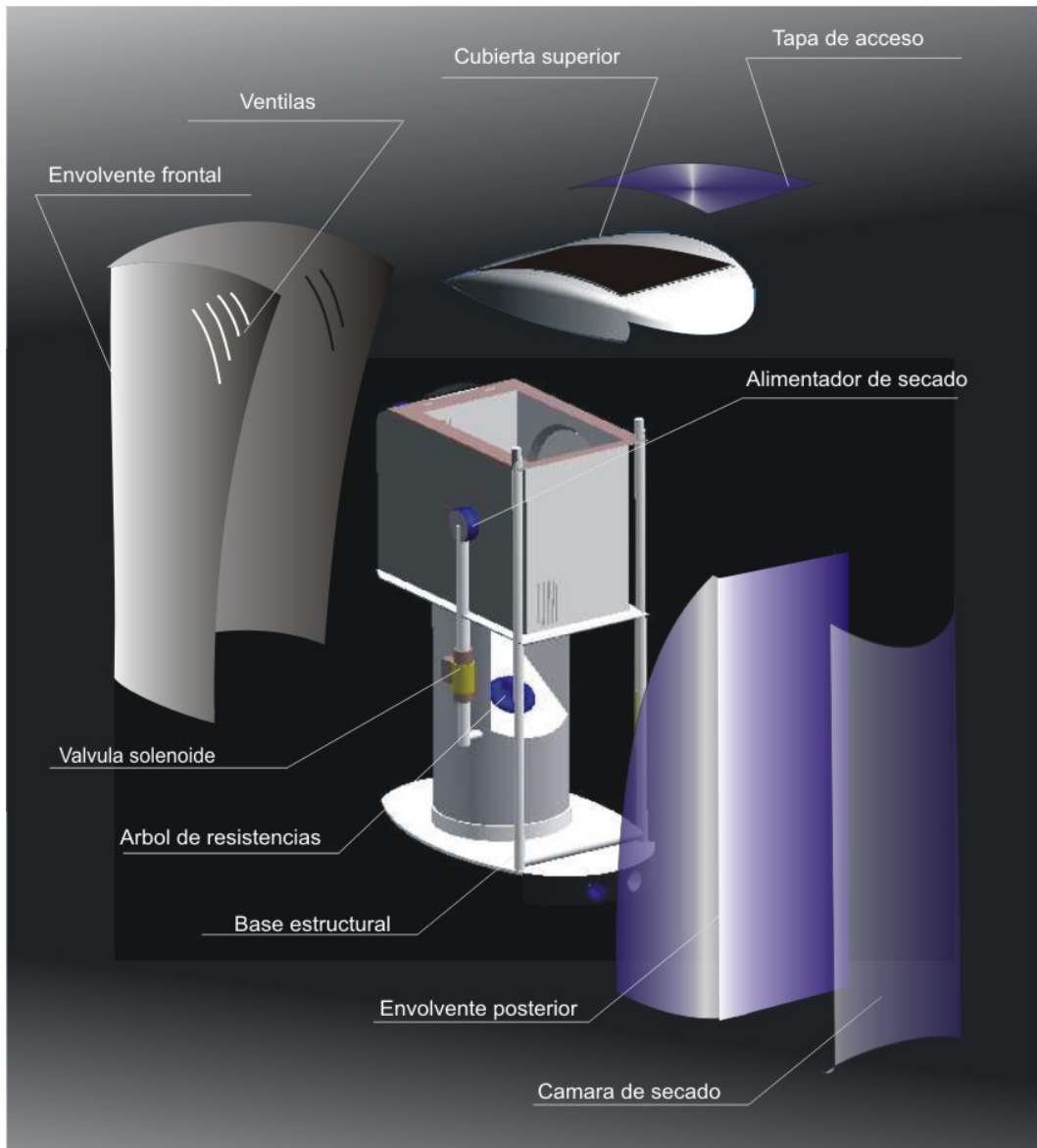
La envoltorio posterior recibe la envoltorio frontal y a la cámara de secado. Según la distribución eléctrica de la cavidad del microondas, en esta zona se realizara el desensamble para revisión y mantenimiento, posee menor área y se propone en un material con menor peso para que el usuario a través de estas señales perciba un orden de desmontaje.

Como se había mencionado el contenedor de la cámara de secado está diseñado para ajustar a presión tanto en el plano superior como en el plano frontal con el objeto de facilitar el desmontaje periódico de la pieza en caso de la realización de procedimientos del protocolo de limpieza.

La cubierta superior es realmente el frente del equipo, el área de interacción con el operario, donde se exigen elevadas condiciones formales que permitan garantizar la asepsia de la cavidad. El diseño esta dispuesto para ajustar e integrar la estructura externa con la cavidad del microondas por una transición de doble curvatura. El panel de control cuenta con un botón de accionamiento único cuyas funciones se reducen a encendido, apagado y parada de emergencia, de acuerdo a conclusiones anteriores el circuito realizará todo el procedimiento de desinfección secado por medio de un microcontrolador temporizado, liberando al usuario de la realización de otro tipo de operación durante el proceso.

## 7.11 PROPUESTA DE PRODUCCIÓN

### 7.11.1 Identificación de partes principales



### **7.11.2 Parámetros de selección de materiales**

Los materiales utilizados en la construcción del equipo fueron seleccionados teniendo en cuenta principalmente los siguientes conceptos.

#### **7.11.2.1 Estructura**

- **A nivel de soporte**

Para la protección de las unidades tecnológicas del sistema, así como la definición formal del volumen.

- **A nivel de contacto**

Puesto que el equipo está dispuesto para la realización periódica de un trabajo. Dentro de la distribución formal existen zonas o áreas con mayor probabilidad de contacto con el usuario y el entorno de trabajo, los cuales presentan mayor exigencia en la selección del material.

#### **7.11.2.2 Asepsia**

- **A nivel de percepción**

Dada la función y el sector al cual esta enfocado la implementación del equipo, la percepción visual del material debe transmitir limpieza, apoyado en la utilización de materiales libres de texturas, que permitan ser moldeados para eliminar las aristas y superficies accidentadas en sus cambios de curvatura.

- **A nivel funcional**

Como se especifico anteriormente el grupo objetivo es el sector salud, específicamente en el departamento de limpieza que aun cuando no esta directamente relacionada con el área medica, tiene como necesidad primaria, garantizar la asepsia en la prestación de servicios de los circuitos.

#### **7.11.2.3 Complejidad de las piezas**

Para mantener la continuidad, fluidez y limpieza formal, el diseño está concebido para realizar el ensamble y desensamble de las piezas a través de la forma misma, apelando a conceptos como topografía, semántica, limites físicos, secuencia lógica, orden y ajuste.

De acuerdo a los requerimientos formales contenidos en curvas estructuradas doble curvatura y volúmenes superficiales, se realizó la selección del material que permitiera obtener estos resultados después de ser sometidos a sus respectivos procesos de transformación.

### **7.11.3 Parámetros de selección de los procesos de producción**

Con base en el perfil del material y las presentaciones del mismo se definieron los procedimientos más indicados para la elaboración de las diferentes partes del sistema de esta forma se ponderaron los procesos de acuerdo a los siguientes aspectos.

#### **7.11.3.1 Volumen de mercado**

De acuerdo al sondeo de mercado realizado por medio de encuestas y entrevistas a diferentes entes hospitalarios del área metropolitana y a las observaciones estadísticas obtenidas en diferentes contextos en el mundo entero, se define un grupo objetivo de mercado especializado y minoritario muy bien definido, otorgando al sistema las condiciones de un equipo de base tecnológica. Así mismo, la elevada segmentación del mercado, acompañada de la variabilidad en la prestación del servicio de los entes hospitalarios conllevan a que la propuesta deba adaptarse en cierta medida a las necesidades específicas de cada ente, dando como resultado un modelo de operación tendiente a la personalización. De esta manera la elección de los procesos de fabricación obedecen a un número limitado de dispositivos y no a un proceso de producción masiva o de volumen elevado, al igual que se debe permitir una relativa flexibilidad de las técnicas productivas que permita la personalización antes mencionada.

#### **7.11.3.2 Viabilidad productiva**

Se debe contar con el soporte tecnológico para la construcción de cantidades limitadas, teniendo en cuenta el factor dependiente del volumen a producir, y la tecnología disponible para los procesos productivos.

### **7.11.3.3 Costos**

En términos de viabilidad económico-productiva, para que el sistema propuesto esté al alcance adquisitivo de las entidades interesadas las cuales están enmarcadas en el grupo de segundo y tercer nivel.

### **7.11.4 Análisis de Producción**

Los componentes principales dentro de la construcción del equipo están descritos de forma detallada desde la selección de material y su proceso productivo.

#### **7.11.4.1 Base estructural**

Está compuesta por dos partes, un ovalo en sección y una estructura vertical reforzada con travesaños construida en tubo de  $\frac{3}{4}$ ". En conjunto soportan e inmovilizan los volúmenes tecnológicos, y reciben las piezas envolventes.<sup>135</sup>

#### **7.11.4.2 Cámara de secado**

Consiste en un cilindro construido en lámina calibre 18, soldada para evitar escapes del aire. Las condiciones de limpieza deben ser óptimas puesto que en ella se da el calentamiento del aire a presión que circulará por las mangueras. En él se contiene la entrada y salida de aire comprimido, la válvula de control y el árbol de resistencias. La cámara va fija a la base gracias a una brida dispuesta en la estructura que lo soporta. La precisión en la construcción de esta pieza es de suma importancia puesto que no deben existir escapes de aire que generen la pérdida de presión y calor.<sup>136</sup>

#### **7.11.4.3 Envoltente frontal**

Como su nombre lo indica se trata de una volumen laminar con dos cortes en curvas diagonales ascendentes, un corte recto en la base y una curva simétrica superior que demarca la continuidad de la forma general.

---

<sup>135</sup> Ver Anexo L. Plano Base estructural – Cámara de secado. Documento. p. 183

<sup>136</sup> *Ibíd.*, p.

Funciona como soporte, estructura exterior y elemento protector de los volúmenes tecnológicos. Teniendo en cuenta las características y el orden de prioridades se propuso construir la pieza en lámina metálica calibre 18.<sup>137</sup>

#### **7.11.4.4 Envoltente posterior**

Es la continuidad de la envoltente frontal la cual recubre el volumen restante de acuerdo a los conceptos de diseño, los laterales son continuos convirtiéndose en una sola pieza.

Por otro lado a esta pieza se ensambla la cámara de secado en cuyo espacio recaen los circuitos. Los requerimientos estructurales son de menor exigencia que la envoltente principal puesto que básicamente consiste en un contenedor que requiere con mayor prioridad garantizar y transmitir un ambiente aséptico, permitir su limpieza periódicamente, de manera que el material dispuesto posea propiedades físico-mecánicas a prueba de la manipulación.<sup>138</sup>

#### **7.11.4.5 Cubierta superior**

Esta pieza requiere de una alta exigencia en el moldeado final. Por ello se requieren el empleo de materiales que permitan la deformación para obtener doble curvatura.<sup>139</sup>

#### **7.11.4.6 Contenedor de circuitos**

Este contenedor requiere de altas exigencias formales determinadas principalmente por su polifuncionalidad (contenedor, elemento giratorio y dosificador de aire) al igual que las condiciones asépticas puesto que tiene contacto directo con los circuitos y el operario.<sup>140</sup>

---

<sup>137</sup> Ver Anexo M. Plano Envoltente frontal – Envoltente Posterior. p. 184

<sup>138</sup> *Ibíd.*, p. 184

<sup>139</sup> Ver Anexo N. Plano Cubierta Superior –Contenedor de Circuitos. p. 185

<sup>140</sup> *Ibíd.*, p. 185

**Tabla 21. Selección de material metálico**

| MATERIAL            | ASEPSIA<br>RESISTENCIA A<br>LA CORROSION   | ESTRUCTURA<br>PROPIEDADES<br>FISICOMECANICA                       | PRODUCCION<br>VIABILIDAD                              | COSTOS   | TOTAL |
|---------------------|--|---|---|--|-------|
| Acero<br>inoxidable | Mas resistente a<br>la corrosion por<br>el Cr<br>acabado natural                   | Res rigido tenaz<br>resistente al<br>impacto                      | Requiere maquina<br>con mayor exigencia<br>corte      | Dentro de los<br>materiales<br>analizados es e<br>el mas costoso |       |
|                     | 4  | 4   | 3   | 1  | 12    |
| Aluminio            | Es resistente<br>su color tiende a<br>cambiar con el<br>tiempo.<br>Acabado natural | Menos resistente<br>a esfuerzos, peso<br>e impacto<br>ductil .    | Requiere de<br>soldadura<br>especial                  | Es el segundo mas<br>costoso dentro del<br>grupo.                |       |
|                     | 3  | 1   | 3   | 2  | 9     |
| Galvanizado         | Posee una<br>pelicula que lo<br>protege.<br>acabado pintura<br>electrostatica      | Posee buenas<br>propiedades<br>fisicomecnicas<br>maleable y duro. | Puede trabajarse<br>con tecnologias<br>convencionales | Economico  |       |
|                     | 2  | 3   | 3   | 3  | 11    |
| Cold roll           | Material<br>altamente<br>corrosivo<br>acabado pintura<br>electrostatica            | Posee buenas<br>propiedades<br>fisicomecnicas<br>maleable y duro. | Puede trabajarse<br>con tecnologias<br>convencionales | Es el mas economico<br>en el mercado                             |       |
|                     | 0  | 2   | 3   | 4  | 9     |

**Fuente:** Los autores <sup>141</sup>

<sup>141</sup> Basado en: Compañía General de Aceros, [en línea], [consultada enero 2004]. Disponible en: [www.cga.com](http://www.cga.com)

**Tabla 22. Selección de material polimérico**

| MATERIAL      | ASEPSIA<br>ACABADO<br>SUPERFICIAL            | ESTRUCTURA<br>PROPIEDADES<br>FISICOMECANICA                                      | PRODUCCIÓN<br>VIABILIDAD  | COSTOS  | TOTAL |
|---------------|--|--|---|---|-------|
| Acrílico      | Presenta una superficie lisa                 | Es un material rígido duro y frágil  | Termoconformado termoajustado y moldeado  | Dentro de los materiales analizados es el mas costoso |       |
|               | 3  | 2  | 3   | 1   | 12    |
| Resina        | Requiere de moldes con acabado de espejo     | Rígido y frágil para mejorar sus propiedades debe reforzarse con fibra de vidrio | Fraguado a traves de moldes   | Es una alternativa económica como materia prima       |       |
|               | 2  | 1  | 2   | 4   | 9     |
| Polycarbonato | Presenta una superficie lisa                 | Es un material tenaz resistente a la tensión y compresión absorbe el impacto     | Termoconformado termoajustado y moldeado  | La compra por volumen la hace mas económico           |       |
|               | 4  | 4  | 4   | 2   | 14    |
| Polipropileno | Algunos se presentan con textura superficial | Es un material tenaz resistente al impacto tensión y compresión                  | Termoconformado termoajustado y moldeado requiere altas T <sup>o</sup> de calentamiento | La compra por volumen la hace mas económico           |       |
|               | 4  | 3  | 3   | 3   | 13    |

**Fuente:** Los autores <sup>142</sup>

### 7.11.5 Materiales y procesos de producción

#### 7.11.5.1 Acero inoxidable

El acero es una aleación de hierro carbono al 2.11% y Cr <12%, este último aumenta la dureza y resistencia al desgaste, reduce su ductibilidad y aumenta la resistencia al calor y formación de cascarilla, además el Cr forma un compuesto oxidado en superficie de la aleación que detiene o disminuye la corrosión. Posee una capa pasiva generada por la misma aleación cuando esta se rompe y el material es expuesto a la corrosión esta capa se activa por acción del oxígeno y el ambiente manteniendo su resistencia y propiedades.

<sup>142</sup> Basado en: Cristacryl, [en línea], [consultada enero 2004]. Disponible en: [www.cristacryl.com](http://www.cristacryl.com)

Es empleado en la industria farmacéutica, alimenticia, en refrigeración, eléctrica y electrónica también en arquitectura y el área medica. Con el se fabrican bases para procesos productivos accesorios estructuras entre otros el material puede ser mecanizado cortado doblado troquelado y embutido según sea la presentación del material.

#### ▪ Corte



Debido al calibre y la dureza del acero se requiere hacer el corte con procedimientos térmicos. Este método se requiere para definir la base estructural ovalada la envolvente frontal y sus respectivas ventilas

#### **Base estructural y envolvente frontal**

Corte por arco con electrodo de wolframio en atmósfera gaseosa. Por medio de este método se puede cortar inoxidable hasta calibre 18 con equipo normal de soldadura permite el corte de formas irregulares, pero en este caso es un proceso que requiere de la habilidad del operario. Posteriormente se debe realizar la operación de pulido o decapado.

#### **Ventilas**

Corte por plasma. Este corte se realiza para obtener las ventilas dentro de la envolvente frontal, el arco permite obtener una gradación de radios de curvatura paralelos. El espesor de su corte es de 4 a 5mm aprox.



- **Conformación y embutido**

Envolvente frontal

Embutido. Consiste en la deformación laminar hacia una forma curva por acción de dos matrices hembra y macho hasta obtener las dimensiones requeridas. En este caso la potencia de la máquina de conformación debe ser el doble.



Cilindradora. Permite la deformación gradual de la lamina hacia la curva, a través de un equipo conformado por una serie de rodillos que realizan la operación, se requiere de la habilidad manual del operario puesto que debe estar atento al radio de curvatura que se desea lograr, teniendo en cuenta que la pieza corresponde a una sección ovalada, lo que hace más irregular el proceso.

- **Soldadura**

- Base estructural**

Soldadura con arco. Para realizar el montaje de la estructura se requiere soldar la brida que soportará el cilindro, a la base. La estructura vertical se juta a travez de un par de cilindros soldados cuyo diámetro es el diámetro interior de los tubos de esta forma entra a presión logrando la estabilidad requerida y abriendo la posibilidad de montajes posteriores.

- **Tratamiento postcorte**

Empleado para limpiar y rectificar las superficies posiblemente afectadas hasta llegar a la apariencia deseada.



Decapado. Al tener las piezas cortadas, cilindradas y soldadas según sea el requerimiento, se prosigue a la remoción de cascarilla que aun quede en los filos de las piezas por medio de arena silíceo o granallas. Finalmente las piezas son limpiadas por métodos manuales muy convencionales, empleando agua, jabón y un cepillo de cerdas blandas según sea el caso.

#### **7.11.5.2 Policarbonato**

Es un polímero termoplástico, puede ser inyectado, extruído, moldeado o termoconformado de acuerdo a la presentación pellets o lámina.

“Posee mejores propiedades físico mecánicas y ópticas con respecto a otros polímeros puesto que su composición química le confiere características como resistencia al impacto al grado de ser irrompibles y con 10 años de garantía. Así mismo es un material menos fotosensible lo que le permite conservar su color y acabado original por más tiempo”.

Comercialmente en Colombia, es empleado en elementos de seguridad industrial, escudos para la policía y láminas para producir blindajes unidos a vidrio o acrílico, domos y tejas exteriores. Su presentación en lamina va desde 0.8 mm. hasta 10 mm. de espesor, su dimensión estándar corresponde a 1.80 \* 1.10 mts se aprecia en transparencias y tonos traslucidos acabado mate y brillante.

##### ▪ **Corte**

Cubierta superior - Envolvente posterior - Contenedor de circuitos

En esta etapa se realiza el tasajeo previo de las diferentes partes que conforman el volumen del equipo. Los cortes se realizan con ayuda de caladora en función del espesor reducido de la lámina 2 mm. Los cortes rectos pueden realizarse con un accesorio especial para corte de polímeros en lámina, donde es posible hacer un corte limpio con una pérdida menor a 1 mm.

##### ▪ **Termoconformado por compresión**

Cubierta superior

Este proceso permite moldear los materiales termoplásticos en lámina, por medio de dos moldes macho y hembra que actúan sobre una superficie apoyándose en la deformación

plástica del material calentado por convección. El calor transmitido hace que el material alcance su límite elástico, momento en el cual es posible la realización del moldeo de la pieza.

## 7.12 PROPUESTA DE IMAGEN GRAFICA DEL EQUIPO

Con el ánimo de contribuir al factor de diferenciación del equipo, como un elemento fundamental en la búsqueda de una identidad propia, que caracterice la propuesta de diseño, se pretende generar un nombre y un logo símbolo que reúnan los conceptos primordiales expuestos en el desarrollo del sistema. Para este fin, se busca una alternativa que fusione el nombre y el logo símbolo de tal manera que se conviertan en un elemento de fácil lectura y alta recordación, partiendo de principios y técnicas básicas de diseño como simplicidad, abstracción, geometrización, gravedad, peso, dirección ... entre muchas otras.

### 7.12.1 Desarrollo del nombre

Analizando la función específica del sistema se sintetizan palabras claves que enmarcan dicho concepto.

|                |                               |
|----------------|-------------------------------|
| SISTEMA        | equipo y metodología          |
| REUTILIZACION  | para la desinfección y secado |
| CIRCUITOS      | de mangueras                  |
| OXIGENOTERAPIA | de oxigenoterapia             |

Por otra parte resaltando que el principio tecnológico aplicado para desarrollo de la función primordial del equipo, es innovador en este campo, se pretende aprovechar dicho concepto para nombrarlo y lograr una mayor diferenciación.

Desinfección a base de microondas

Partiendo de este análisis previo se generaron las siguientes propuestas contemplando la posibilidad de utilizar las iniciales de las palabras claves para generar una sigla lógica que enmarque la idea del sistema, por esta razón y por el carácter universal de la lengua se incorporan alternativas en inglés.

|   |            |
|---|------------|
| Sistema de Secado y Desinfección de Elementos de Oxigenoterapia |            |
| Sistema para Reutilización de Circuitos de Oxigenoterapia       |            |
| System for Reuse of Oxygen Circuits                             | SROC       |
| Microondas para Reutilización de Circuitos de Oxigenoterapia    |            |
| Microwave for Reuse of Oxygen Circuits                          | MICROC     |
| Microwave System for Reuse of Oxygen Circuits                   | System ROC |

## 7.12.2 Desarrollo del logo símbolo

### 7.12.2.1 Síntesis de la onda

Imagen fresca y dinámica basada en la forma de la onda o de su movimiento integrada al texto en reemplazo de una de sus iniciales.



### 7.12.2.2 Analogía del funcionamiento del magnetrón

Imagen que recurre a una analogía del funcionamiento del magnetrón y al desplazamiento de la onda, involucrados nuevamente a una letra del conjunto de la palabra.

Aparece el uso del color verde como elemento de relación con los equipos, productos y procesos que protegen el medio ambiente o contribuyen a la cultura de reutilización.



### 7.12.2.3 Lenguaje universal de reutilización

Se maneja el logotipo como una abstracción de la simbología representativa de la cultura de reutilización compuesto por dos o tres flechas que giran en el mismo sentido haciendo referencia al carácter cíclico de dichos procesos o elementos



### 7.12.2.4 Protección al medio ambiente

La propuesta considera elementos alucientes al medio ambiente y su cuidado, presentes en un lenguaje que se consolida en diferentes productos y/o servicios en todo el mundo, así podemos encontrar símbolos como hojas y frutas que se interrelacionan con los elementos anteriormente expuestos referentes a la cultura de reutilización.



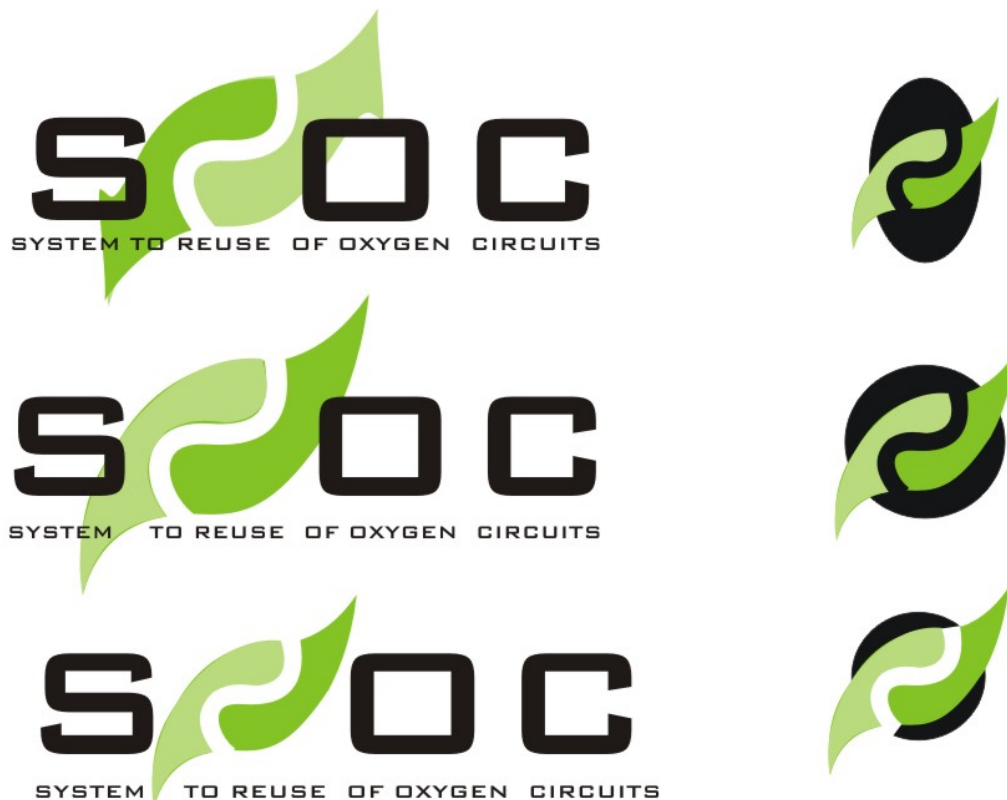
### 7.12.3 Imagen final del sistema

Sintetizando todos los elementos descritos anteriormente se concibió una propuesta que enmarca: la generación de un proceso que reduce los niveles de contaminación ambiental, la implementación de una cultura de reutilización reconocida en el mundo y una caracterización dual a nivel de funcionamiento enmarcada en dos procesos fundamentales desinfección y secado. Estos conceptos están reflejados en la incorporación de un lenguaje universal compuesto por simbolismos y/o grafismos tales como:

La presencia de la abstracción formal de la hoja ratificada por el color verde, asimila los símbolos de la cultura del medio ambiente y de la reutilización.

La fusión del grafismo de reciclaje y reutilización, involucrados como las flechas cíclicas que forman las dos mitades en la partición de la hoja, son elementos fundamentales en la reafirmación de la identidad de la propuesta.

El carácter dual y diferenciador del logo símbolo enmarcado en la simetría de la hoja referencia los dos procesos contrastantes del sistema desinfección-secado.



### 7.13 PROPUESTA DE EMBALAJE



Finalizada la producción el sistema, el equipo debe ser protegido durante su almacenamiento y transporte al nuevo destino.

Los equipos de base tecnológica a gran escala presentan otros requerimientos de empaque, este es desplazado por un sistema de protección de carácter más funcional e informativo que estético o de estrategia publicitaria.

Actualmente los materiales más empleados para el embalaje consisten en contenedores fabricados en cartón prensado, estibas plásticas que paulatinamente han ido reemplazando las estibas en madera por concepto ecológico resistencia y durabilidad, también el poliestireno en gránulos o preformado para copiar el negativo del espacio libre entre los equipos el container. Sin embargo este material ha sido cuestionado puesto que no es un polímero que permita ser reciclado, pese a ello no se ha encontrado un reemplazo convincente que logre los mismos resultados con tan bajo peso.

De esta forma el sistema de embalaje sugerido consiste en una cubierta exterior propuesta en cartón prensado el cual contiene la información necesaria sobre la presentación de equipo así como elemento para protegerlo del medio exterior, en la base se apoya en estibas plásticas para dar cuerpo, soporte y facilitar su transporte, al igual que separa la base del suelo evitando un posible contacto con la humedad u otros fluidos, interiormente se debe inmovilizar el sistema por medio de poliestireno para protegerlo del impacto, choque o aplastamiento.

## 8. PRESUPUESTO

El cálculo del presupuesto se fundamenta en la búsqueda del punto de equilibrio que permita sufragar los elevados costos de investigación y desarrollo de un equipo de base tecnológica, de esta manera se propone un módulo (mínimo 4 equipos en producción) que obedece a un análisis previo de desperdicio, mayor aprovechamiento de materiales y facilidad en la implementación de la cadena productiva.

A continuación se detallan los costos concernientes a la ejecución de la propuesta en relación a los materiales y procesos seleccionados, estos están subdivididos en materiales directos MD, costos indirectos de fabricación CIF y costos de mano de obra directa MOD.<sup>143</sup>

**Tabla 23. Costo de mercancía vendida**

| COSTO DE MERCANCIA VENDIDA |   |              |       |            |            |                   |
|----------------------------|---|--------------|-------|------------|------------|-------------------|
| MATERIALES DIRECTOS        |   | ESPECIF      | CANT  | VAL UNI    | VAL TOT    |                   |
|                            | <b>Estructura</b>                         |              |       |            |            |                   |
|                            | lamina de acero inoxidable AISI 3         | 1200*2400 mm | 1     | \$ 130.000 | \$ 130.000 |                   |
|                            | lamina de policarbonato                   | 1200*1800 mm | 1 1/2 | \$ 100.000 | \$ 150.000 |                   |
|                            | rodachines                                |              | 4     | \$ 1.800   | \$ 6.400   |                   |
|                            | tubo en acero inoxidable                  | 3/4"         | 2mts  | \$ 7.500   | \$ 15.000  |                   |
|                            | <b>Camara de secado</b>                   |              |       |            |            |                   |
|                            | lamina de acero inoxidable AISI           | 800*500 mm   | 1     | \$ 130.000 | \$ 20.000  |                   |
|                            | brida en acero inoxidable                 | platina 3/4" | 1 mt  | \$ 5.000   | \$ 5.000   |                   |
|                            | Arbol de resistencias                     |              | 2     | \$ 20.000  | \$ 40.000  |                   |
|                            | valvula selenoide                         |              | 1     | \$ 300.000 | \$ 300.000 |                   |
|                            | <b>Microondas</b>                         |              |       |            |            |                   |
|                            | Magnetron                                 |              | 1     | \$ 100.000 | \$ 100.000 |                   |
|                            | guia de ondas                             |              | 1     | \$ 25.000  | \$ 25.000  |                   |
|                            | microcontrolador                          |              | 1     | \$ 80.000  | \$ 80.000  |                   |
|                            | circuito electrico                        |              |       | \$ 50.000  | \$ 50.000  |                   |
|                            | <b>COSTO UNITARIO MATERIALES DIRECTOS</b> |              |       |            |            | <b>\$ 905.000</b> |

Fuente: Los autores<sup>144</sup>

<sup>143</sup> Ver Tabla 23. Costos de mercancía vendida. Documento. p. 157 - 158

<sup>144</sup> Basado en. Análisis y Ejecución de la propuesta.

| COSTO DE MERCANCIA VENDIDA                        |   |      |         |                     |                     |
|---|---|------|---------|---------------------|---------------------|
|   | ESPECIF                                       | CANT | VAL UNI | VAL TOT             |                     |
| COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACION                  | <b>Materiales Indirectos</b>                  |      |         |                     |                     |
|   | piezas adicionales de la estructura           |      |         |                     |                     |
|   | tornillos                                     | 3/4" | 11      | \$ 500              | \$ 5.500            |
|   | elementos de ajuste                           |      |         |                     | \$ 5.000            |
|   | <b>Total materiales indirectos</b>            |      |         |                     | <b>\$ 10.500</b>    |
|   | <b>Mano de Obra Indirecta</b>                 |      |         |                     |                     |
|   | <b>metalmecanica</b>                          |      |         |                     |                     |
|   | corte   |      | 80 min  | \$ 3.333            | \$ 4.833            |
|   | soldadura                                     |      | 40 min  | \$ 3.333            | \$ 2.222            |
|   | cilindrado                                    |      | 60 min  | \$ 3.333            | \$ 3.333            |
|   | decapado                                      |      | 20 min  | \$ 3.333            | \$ 1.111            |
|   | ensamble                                      |      | 80 min  | \$ 3.333            | \$ 4.833            |
|   | <b>conformado del polimero</b>                |      |         |                     |                     |
|   | corte   |      | 15 min  | \$ 5.000            | \$ 1.250            |
|   | termoconformado                               |      | 10 min  | \$ 5.000            | \$ 1.000            |
|   | doblado                                       |      | 30 min  | \$ 5.000            | \$ 2.500            |
|   | perforado                                     |      | 10 min  | \$ 5.000            | \$ 1.000            |
|   | ensamble                                      |      | 60 min  | \$ 5.000            | \$ 5.000            |
|   | acabados                                      |      | 15 min  | \$ 5.000            | \$ 1.250            |
|   | <b>Total costos mano de obra indirecta</b>    |      |         |                     | <b>\$ 28.332</b>    |
| <b>Gastos Generales de Fabricacion</b>            |   |      |         |                     |                     |
| <b>Electrodos</b>                                 |   |      |         |                     |                     |
| molde cubierta superior                           |   |      | \$      | 100.000             |                     |
| molde envolvente posterior                        |   |      | \$      | 50.000              |                     |
| molde envolvente frontal                          |   |      | \$      | 200.000             |                     |
| Insumos de limpieza                               |   |      | \$      | 8.000               |                     |
| <b>Servicios de proceso de moldeado</b>           |   |      | \$      | 40.000              |                     |
| <b>Servicios de proceso de maquinado</b>          |   |      | \$      | 40.000              |                     |
| <b>Total costos indirectos de fabricacion</b>     |   |      |         | <b>\$ 438.000</b>   |                     |
| <b>COSTOS UNITARIOS INDIRECTOS DE FABRICACION</b> |   |      |         | <b>\$ 476.832</b>   |                     |
| COSTO MOD   | <b>COSTO UNITARIO MANO DE OBRA DIRECTA</b>    |      |         |                     | <b>\$ -</b>         |
|   | <b>COSTO UNITARIO DE LA MERCANCIA VENDIDA</b> |      |         |                     | <b>\$ 1.381.832</b> |
| <b>TOTAL C.M.V. (4 UNIDADES)</b>                  |   |      |         | <b>\$ 5.527.328</b> |                     |

Posteriormente se calcula el valor correspondiente al AIU, partiendo del proceso de desarrollo anterior a la materialización de la propuesta; es aquí donde se concentra el verdadero valor del sistema.

| COSTO DE MERCANCÍA VENDIDA |                         |                   |                   |
|----------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
|                            |                         | VALOR UNIT        | VALOR TOTAL       |
| AIU                        | DISEÑO                  | \$ 7.500.000      | \$ 30.000.000     |
|                            | GASTOS DE INVESTIGACIÓN | \$ 375.000        | \$ 1.500.000      |
|                            | GASTOS DE DIRECCIÓN     | \$ 1.250.000      | \$ 5.000.000,00   |
|                            | GASTOS DE VENTAS        | \$ 1.250.000      | \$ 5.000.000,00   |
|                            | <b>TOTAL GASTOS</b>     | <b>10.375.000</b> | <b>41.500.000</b> |
|                            | UTILIDAD BRUTA          |                   | \$ 42.467.733     |
|                            | UTILIDAD NETA           |                   | \$ 967.733        |

| VALOR DE LA PROPUESTA EN EL PUNTO DE EQUILIBRIO |                      |
|---|----------------------|
| COSTO UNITARIO DE LA MERCANCIA VENDIDA          | \$ 1.381.832         |
| AIU   | \$ 10.616.933        |
| PRECIO DE VENTA UNITARIO                        | \$ 11.998.765        |
| <b>TOTAL VENTAS C.M.V. (4 UNIDADES)</b>         | <b>\$ 47.995.061</b> |

Es de este modo como el sistema posee un precio de venta unitario de \$11.998.765, determinado por un número mínimo de 4 equipos, con un costo total de ventas de \$47.995.061, generando una utilidad cercana a cero (\$ 967.733), es decir donde no existen ni pérdidas ni ganancias, aclarando obviamente que los costos administrativos, diseño, investigación, mercadeo e imprevistos están contemplados en estos valores.

## 9. ALCANCES

### 9.1 EVALUACIÓN DE OBJETIVOS PROPUESTOS

Controlar el desarrollo de bacterias patógenas durante el proceso de secado y desinfección de las mangueras de terapia respiratoria.

“Se generó una nueva aplicación fundamentada en la apropiación de la tecnología de microondas para la desinfección de mangueras, basados en las comprobaciones de los laboratorios de inhibición de bacterias los cuales arrojaron como resultados niveles de confiabilidad cercanos al 100 %”.<sup>145</sup>

“Eliminación de los pasos protocolarios de lavado y secado final, originando una reducción en el riesgo de contaminación por disminución de operaciones, manipulación de elementos previamente descontaminados y/o desinfectados, exposición directa a una atmósfera de riesgo”.<sup>146</sup>

“La exclusión de la manipulación de los circuitos entre las etapas de desinfección - secado - embalaje determinada por la automatización total del sistema y los elementos de interfase, garantizan la fiabilidad del proceso de desinfección hasta una nueva implementación del circuito”.<sup>147</sup>

“Se maneja condiciones formal estéticas enmarcadas en elementos de superficies continuas, uniformes, lisos, carentes de texturas marcadas, resistentes a agentes desinfectantes de primer nivel, de mantenimiento mínimo y de fácil limpieza; con el ánimo de mantener elevados niveles de asepsia”.<sup>148</sup>

Reducir el tiempo de secado por unidad de manguera con el propósito de eliminar el gasto innecesario de recursos y agilizar el proceso posterior al lavado.

Simplificación del proceso protocolario hasta en un 78 % del tiempo por eliminación de operaciones repetitivas y unificación de procesos.<sup>149</sup>

---

<sup>145</sup> Ver Anexos H, I y J. Laboratorio de desinfección por microondas. Documento. p. 178 - 180

<sup>146</sup> Ver Diagrama Gant Planteado. Documento. p. 91

<sup>147</sup> Ver Modificación del sistema de transporte de de circuitos entre procesos. Documento. P. 134

<sup>148</sup> Ver Parámetros de selección de materiales. Documento. P. 142

<sup>149</sup> Ver Diagrama Gant Planteado. Documento. p. 91

Reducción de los costos de reutilización basados en la disminución del consumo de recursos energéticos, hídricos, eliminación de insumos (desinfectante) y demás recursos.<sup>150</sup>

Reducción de los costos concernientes a horas hombre en un 75 % en función de involucrar un proceso automatizado en su totalidad, liberando de la operación y supervisión continua del operario.<sup>151</sup>

#### Homogenizar las condiciones de secado para preservar las propiedades mecánicas y en consecuencia la vida útil del material.

Un análisis de los factores determinantes identificados en el proceso de secado (presión del aire, temperatura de calentamiento y cantidad de mangueras por ciclo) y su posterior transformación a valores constantes independientes, permiten condiciones controladas en el procedimiento de remoción de humedad; de esta manera se genera un proceso inteligente que garantiza que la cantidad de circuitos contenidos en cada ciclo sean retirados del equipo totalmente libres de humedad sin importar condiciones variables como la humedad presente en la superficie de los circuitos, la humedad relativa y la temperatura ambiente presentes durante el ciclo de secado.

La temperatura de secado controlada, se encuentra por debajo del límite elástico del material lo que conlleva a garantizar la inexistencia de cambios en las condiciones físicas de los circuitos y por ende contribuir a prolongar su vida útil.

El proceso de desinfección por microondas no genera cambios en las condiciones físico-químicas del material, prolongando su vida útil.

#### Centralizar el proceso de limpieza y desinfección con el objeto de generar mayor control sobre dicho procedimiento.

La concepción de equipo integral Desinfección – Secado contribuye a la centralización del proceso, debido a que es una unidad de carácter único y exclusivo la encargada de realizar las etapas determinantes del proceso de reutilización de circuitos.

La automatización del proceso desinfección – secado permite ejercer vigilancia real sobre el estado de la labor, debido a que el sistema de control inteligente del equipo es el encargado de determinar las condiciones del proceso eliminando concepciones de carácter subjetivo que

---

<sup>150</sup> Ver Anexo P. Costos de proceso de limpieza y desinfección propuesto. Documento. p. 187

<sup>151</sup> Ibíd.

se generan cuando el operario es el encargado de determinar las condiciones óptimas del proceso.

## **9.2 IMPACTO ALCANZADO**

La propuesta ofrece una alternativa que reorganiza la ejecución de los pasos protocolarios como respuesta a una necesidad específica, la reutilización de mangueras de oxigenoterapia en condiciones asépticas, sin embargo durante su desarrollo y materialización se involucran diferentes aspectos que de forma directa o indirecta serán afectados por la puesta en uso del equipo e implementación de una nueva metodología.

### **9.2.1 Social**

Disminución de morbilidad, estancia y mortalidad por infección nosocomial del aparato respiratorio, partiendo de que esta localización ocupa los primeros lugares de prevalencia en diferentes partes del mundo.<sup>152</sup>

Ofrecer una posibilidad a que usuarios con bajo poder adquisitivo puedan acceder a estos servicios, en función del ahorro generado por la reutilización de implementos, tomando en cuenta que poseemos índices de pobreza (población por debajo de la línea de pobreza) y de acceso a servicios de salud de 54% y 56.6 % respectivamente.<sup>153</sup>

Garantizar una mayor seguridad en la prestación del servicio de oxigenoterapia, basados en un proceso de reutilización controlado, que no comprometa la salud de los pacientes.

### **9.2.2 Económico**

A nivel del proceso de limpieza y desinfección se genera una reducción de tiempos de operación y gasto de recursos que conducen a la simplificación, de esta manera se crea un ahorro continuo por concepto de reutilización de mangueras, produciendo finalmente la disminución en el presupuesto de sostenimiento del proceso como tal (mayor al 82.39%).<sup>154</sup>

---

<sup>152</sup> Ver Grafico 2 y Grafico 5. Principales localizaciones de infecciones nosocomiales Documento. p. 22

<sup>153</sup> Ver Anexo Q. Índices de pobreza y cobertura de salud en Colombia 2003. Documento. p. 188.

<sup>154</sup> Ver Anexo P. Costos de proceso de limpieza y desinfección propuesto. Documento. p. 187.

A nivel de control de las IN se reducen todos los sobrecostos en función de la disminución de la prevalencia y de los brotes epidemiológicos.<sup>155</sup>

A nivel de tratamiento de desechos se genera una disminución en la emanación de material contaminado biológicamente y por consiguiente un ahorro en la incineración, abriendo la posibilidad de reciclar los circuitos.

A nivel de la prestación del servicio se reducen los costos de los tratamientos hasta en un 56% ampliando la cobertura.<sup>156</sup>

### **9.2.3 Ambiental**

Reducción de desechos hospitalarios, influyendo de manera directa en la disminución de la incineración y por ende en la emanación de gases tóxicos y/o contaminantes.

Tendencia a la baja constante en el gasto de recursos naturales y energéticos.<sup>157</sup>

Disminución en la contaminación por desechos químicos en los flujos de agua, resultado del proceso de desinfección convencional (agentes desinfectantes), así como la reducción del riesgo de elementos biológicamente contaminados.

Reducción de desechos con alto riesgo de contaminación biológica (circuitos contaminados) dando fortaleza al concepto de cultura de reutilización.

A largo plazo se proyecta una disminución en la explotación de recursos naturales no renovables para la fabricación de los polímeros de las mangueras.

### **9.2.4 Tecnológico**

Implementación de tecnologías no tradicionales en el área médica, en el que es posible secar y desinfectar por radiación y convección un material polimérico cuya geometría ha generado el mayor obstáculo para el cumplimiento de estos requerimientos de limpieza.

---

<sup>155</sup> Ver Center for Disease (Estados Unidos Documento. p. 24

<sup>156</sup> Basado en: Precios de servicios referentes a oxigenoterapia CMISL

<sup>157</sup> Ver Anexo P. Costos de proceso de limpieza y desinfección propuesto. Documento. p. 187.

Abre las puertas para la exploración de tecnologías a base de microondas para desinfectar y secar diferentes elementos dentro del área de salud y demás instancias que lo requieran.

Pese a las limitantes y restricciones que presentan la implementación de los métodos tecnológicos seleccionados, la propuesta permitió encontrar el equilibrio entre las restricciones tecnológicas y dimensionales, y la adaptación de un volumen al alcance del usuario.

Durante el proceso de selección de la alternativa final se proponen otros métodos de secado como el colector solar generando un elemento de partida para el desarrollo de nuevas aplicaciones, en entornos climáticos más favorables.<sup>158</sup>

Se plantea un sistema automatizado en su ejecución con alimentación manual, lo que genera altos niveles de confiabilidad.

#### **9.2.5 Metodológico**

La propuesta apela a un método que incrementa el porcentaje de seguridad en la asepsia de las mangueras reutilizadas, disminuye los tiempos de operación hasta más de un 75 % y simplifica la ejecución de pasos protocolarios.

Se genera una secuencia de uso lineal y organizada desde la descontaminación hasta el proceso de desinfección y secado en el equipo que garantiza que el proceso se realice de la forma correcta.

Se eliminan métodos correctivos del proceso tradicional de desinfección –secado, basados en la generación de un procedimiento comprobado y altamente seguro.

#### **9.2.6 Científico**

Las experiencias investigativas referentes a la capacidad de adaptación de las bacterias nos demuestra su tendencia a convertirse en entes inmunes a los procedimientos químicos de eliminación, con el tiempo los métodos tradicionales de control no serán efectivos. De esta manera involucrar un método de desinfección que no solo influye en la bacteria sino que se

---

<sup>158</sup> Ver: Tabla 15. Modelos de comprobación funcional fase de secado. Documento. p. 73-74

apoya en los efectos ocasionados en su entorno (calentamiento del agua interior y exterior) nos ofrece una acción mas efectiva reduciendo la posibilidad de adaptación e inmunidad a los procedimientos de inactivación bacteriana.

## 10. CONCLUSIONES

Dentro de la selección del método de secado se pudo apreciar la radiación solar como una alternativa potencial para la reutilización basada en desinfección por agentes químicos, propuesta a través de colectores solares en regiones de menor pluviosidad, cielo constantemente despejado y clima con un contenido de humedad inferior al nuestro.

La geometría del material dificulta y limita las opciones para secado y desinfección, así mismo la composición de éste restringe los métodos de exploración a solo aquellos que operan con temperaturas bajas. Por tal motivo se deja abierta la propuesta de rediseño de los circuitos, partiendo de la necesidad de la presencia de las estrías en su interior los circuitos de oxigenoterapia, basados en la biónica de la traquea (Permiten la humidificación del oxígeno, reducen la velocidad del flujo y generan un calentamiento previo al acceso al paciente) atendiendo a la función principal de humidificar de forma controlada el oxígeno que llega al paciente

## 11. RECOMENDACIONES

El diseño debe ser visto como una disciplina fundamentada en la investigación y análisis del entorno general de una situación y no como la exclusiva solución del problema primario-inmediato, habitualmente soportado por la generación de un producto, elemento o equipo, hace posible obtener resultados como la reestructuración, reorganización y por que no el replanteamiento de un problema que no necesariamente dependerá exclusivamente del conocimiento del diseñador o de una propuesta que provenga de él, permitiendo dar soluciones que transformen la percepción del mundo y rompan los esquemas mentales y sociales, lo que normalmente se conoce como paradigmas. Es aquí donde se fusionan el investigador y el diseñador dando origen a una nueva clase de profesionales que involucran la base objetiva de la ciencia con la percepción creativa del diseño.

Dado el entorno socio-económico, existe la tendencia a la reutilización de accesorios y elementos que inicialmente se consideraban desechables. Partiendo de este concepto, puede apoyarse y promoverse a través del desarrollo de equipos de base tecnológica y accesorios de baja complejidad el cumplimiento de esta filosofía. En nuestra área de desempeño; el ecodiseño permite obtener soluciones compatibles que ofrezcan un impacto ambiental favorable y fortalezcan la cultura de reutilización.

Incrementar las bases de experimentación, el número de pruebas de laboratorio y el conocimiento del feed-back, hacen parte de la evolución posterior a la implementación del sistema de esta forma se generaran los mecanismos necesarios para el mejoramiento y reconocimiento ante los entes de salud institucionales.

En el caso de proyectos de investigación es de vital importancia desarrollar el trabajo de manera interdisciplinaria, contando con el concepto de los especialistas y profesionales relacionados con el tema.

El modelo de investigación y desarrollo entregado en este proyecto se ofrece como un esquema básico que permita dar continuidad al mejoramiento del sistema, así como a la implementación de nuevas propuestas de diseño industrial relacionadas con el campo investigativo en diferentes áreas.

Las infecciones nosocomiales en las vías respiratorias son solo un pequeño ejemplo de las innumerables necesidades e insuficiencias que el cuerpo medico debe atender. En este sector el diseño industrial tiene un amplio campo de acción para desempeñarse en un área donde se considera que existen muchas opciones para proponer soluciones a sus necesidades primarias.

## BIBLIOGRAFIA

BAEZ, Hernan y DAVIS, Charles E. Microbiología Clínica. Bogotá, Colombia: editorial McGRAW-HILL Latinoamericana SA, 2000.

BONSIEPE, Guy. Teoría y Practica del Diseño Industrial. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gilli SA, 1989.

CORREA, Carlos Rodrigo. Secado de polímeros por microondas. Escuela de ingeniería Química UIS

HAVRELLA, Raymond A. Fundamentos de Calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire. México DF, México: Libros McGRAW-HILL, 1983.

HERNANDEZ L. MONTOYA J. Infecciones Hospitalarias. Bogotá, Colombia: Editorial PANAMERICANA, 1995.

GÓMEZ, Carlos Ignacio, Hospital Pablo Tobón Uribe. Limpieza y Desinfección. Bogotá, Colombia: Editora Medica Colombiana SA, 2002.

MENDEZ, Carlos E. Metodología, diseño y desarrollo del proceso de investigación. Bogotá, Colombia: editorial McGRAW-HILL Latinoamericana SA, Tercera edicion, 2001.

MONDELO, Pedro, TORADA, Enrique y BARRAU, Pedro. Ergonomía 1 Barcelona, España: UPC grupo editor, 2000.

OZISIK, Necati. Transferencia de Calor. Bogotá, Colombia: Editorial McGRAW-HILL Latinoamericana SA, 1983.

RAMIREZ, G. E. Legislación nacional aplicable a los residuos sólidos peligrosos. Área metropolitana valle de Aburrá, Colombia, 2002.

SIFUENTES, J. Esterilización, desinfección, antisepsia, disposición de desechos y reutilización de material biomédico en el hospital. México DF, México: Libros McGRAW-HILL, 1996.

Sistema de Identificación BBC Cristal, Información epidemiológica sobre los taxones D70-85.

STANTON, William, ETZEL, Michael y WALKER, Bruce. Fundamentos de Marketing. México DF, México: Libros McGRAW-HILL, 1998.

WELLER, I.V. Cleining and desinfection of equipment for gastrointestinal. Tratado practico de endoscopia digestiva. México DF, México: Libros McGRAW-HILL, 2000.

#### **Información on-line**

EPINE. Evolución de la prevalencia de la infecciones nosocomiales en los hospitales españoles. EPINE, [en línea], [consultada junio 2002 - julio 2003]. Disponible en: [www.mpsp.org/mpsp/epine/menu.htm/](http://www.mpsp.org/mpsp/epine/menu.htm/)

BAXTER. Suministros médicos. BAXTER Colombia, [en línea], actualización febrero 2003 [consultada marzo 2003]. Disponible en: [www.baxter.com.co](http://www.baxter.com.co)

COMPAÑÍA GENERAL DE ACEROS, [en línea], [consultada enero 2004]. Disponible en: [www.cga.com](http://www.cga.com)

GERENCIA SALUD, [en línea], [consultada diciembre 2003]. Disponible en: [ops-col@col.ops-oms.org](mailto:ops-col@col.ops-oms.org)

IAÑEZ PAREJA, Enrique. Acción de los agentes físicos sobre las bacterias. Curso de Microbiología General, [en línea], actualización agosto 1998 [consultada septiembre 2003]. Disponible en: [http://fai.unne.edu.ar/microgeneral/17\\_Micro.htm](http://fai.unne.edu.ar/microgeneral/17_Micro.htm)

JENCK. Tecnología en microondas. Empresa de equipo de soporte medico con base en microondas, [en línea], actualización enero 2003 [consultada septiembre 2003]. Disponible en: [www.jenck.com/cem.htm](http://www.jenck.com/cem.htm)

LEON JARAMILLO, Eduardo. Vigilancia. Epidemiológica de infecciones Intrahospitalarias. Hospital de Caldas, [en línea], actualización agosto 1996 [consultada septiembre 2002] Disponible en: <http://colombiamedica.univalle.edu.co/Vol27No1/indice.html>

MAKINA ETA MOTORE TERMIKOETAKO SAILA. Universidad del país Vasco, [en línea], actualización enero 2003 [consultada septiembre 2003]. Disponible en: <http://scsx01.sc.ehu.es/nmwmigaj/intercambiadores.htm>

SEPAR. Control microbiológico en los equipos de función y terapia respiratoria. SEPAR, [en línea], [consultada enero 2003]. Disponible en: [www.separ.es/servicios/publicaciones/recoren/rec15.pdf](http://www.separ.es/servicios/publicaciones/recoren/rec15.pdf).

\_\_\_\_,\_\_\_\_. Secado por colector solar. Equipos de secado, [en línea], [consultada marzo 2002]. Disponible en: [www.secadoresagricol.com/busproductos.asp](http://www.secadoresagricol.com/busproductos.asp)

\_\_\_\_,\_\_\_\_. CDC (Center for disease Control). CDC, [en línea], [consultada junio 2002 -agosto 2003]. Disponible en: <http://www.cdc.gov/nchs/data/hp2000/hp2k97.pdf>

\_\_\_\_,\_\_\_\_. Fisiología y Morfología de las bacterias. Universidad de Granada, [en línea], actualización enero 2002 [consultada septiembre 2003]. Disponible en: <http://bilbo.edu.uy/~microbio/morfologia.html#fr>

\_\_\_\_,\_\_\_\_. Incidencia de las infecciones nosocomiales USA. Centro de Investigaciones infecciones nosocomiales [en línea], consultada junio 2002. Disponible en: [Asocepi@b-manga.cetcol.net.co](mailto:Asocepi@b-manga.cetcol.net.co)

\_\_\_\_,\_\_\_\_. Secado por aire caliente forzado. Proveedores Hospitalarios, [en línea], [consultada marzo 2002]. Disponible en: [www.proovedoreshospitales.com/busproductos.asp](http://www.proovedoreshospitales.com/busproductos.asp)

Compañía General de Aceros, [en línea], [consultada enero 2004]. Disponible en: [www.cga.com](http://www.cga.com)

### **Revistas especializadas**

BENNETT, JV. Infecciones hospitalarias. En: Científico-Técnica La Habana, Cuba (Octubre 1992).

GALVEZ, R. Infección hospitalaria. En: informativo Universidad de Granada Granada, España (Septiembre 1993).

NODARSE, Rafael. Monitoreo de la resistencia invitro a los antimicrobianos durante 5 años. En: Revista Cubana Hospital Militar Central. La Habana (Octubre 1995).

OMS. La garantía de la calidad. El control de infecciones hospitalarias. Edición 120 (mayo 1991).

NODARSE, Rafael. Visión actualizada de las infecciones Intrahospitalarias. En: Revista Cubana Hospital Militar Central. La Habana (marzo 2003).

PARRA, Reynaldo Leopoldo. Hornos de Microondas. En: Revista Electrónica Fácil. Bogotá, Tercera Edición N° 28 (mayo 1991).

BELTRAN, Viviana. Limpieza y Desinfección. En: Monitor Científico 2 Ed. 3M División Salud. Bogotá, Colombia (abril 1999).

\_\_\_\_,\_\_\_\_. Regular manejo de desechos hospitalarios. En: periódico El Colombiano. Cali, Colombia ( enero 13 2001).

### **Otros Documentos**

ENCARTA 2002. Enciclopedia Microsoft®. Bacterias que causan enfermedades humanas. Microsoft Corporation. 1996-2002.

JOHNSON y Jonson Medical. Presept. Tabletas desinfectantes. Catálogo.

MORENO, Juan Carlos. Documento no oficial. Escuela de diseño industrial UIS 2002

Normas Incontec.

\_\_\_\_,\_\_\_\_. Protocolo de líquidos para desinfección y esterilización, Comité de infecciones. Clínica materno Infantil San Luís. (1985)

\_\_\_\_,\_\_\_\_. Protocolo de limpieza y desinfección, Comité de infecciones. Clínica materno Infantil San Luís.

\_\_\_\_,\_\_\_\_. Monitoreos Bacteriológicos. Clínica Materno Infantil San Luís. (1998-2002).

\_\_\_\_,\_\_\_\_. Herramientas de manufactura Sándvich Coromant. Impreso en Suecia 1986. Catalogo.

**Anexo A**  
**Laboratorio de reconocimiento de polimeros**

| <b>PRUEBA DE CALOR</b>             |                        |
|------------------------------------|------------------------|
| <b>TERMOPLÁSTICOS</b>              | <b>TERMOFRAGUANTES</b> |
| (MCA.)<br>(MCB.)<br>(ML.)<br>(AS.) |                        |
| <b>PRUEBA DE FLOTACIÓN</b>         |                        |
| <b>FLOTANTE</b>                    | <b>NO FLOTANTE</b>     |
| (MCA.)<br>(MCB.)<br>(AS.)          | (ML.)                  |
| <b>EXPOSICION A LA LLAMA</b>       |                        |
| <b>GOTEA</b>                       | <b>NO GOTEA</b>        |
| (MCA.)<br>(MCB.)                   | (ML.)                  |
| PE                                 | PVC                    |
| (AS.)                              |                        |
| PP                                 |                        |

**POLIETILENO**

SE FUNDE RÁPIDA MENTE, ARDE SIN EXTINGUIR, PRODUCE LLAMA AMARILLA HUMO BLANCO

**POLIPROPILENO**

SE FUNDE LENTAMENTE ARDE SIN EXTINGUIR, PRODUCE LLAMA AMARILLA AZUL, HUMO BLANCO.

**POLIVINIL CLORURO**

SE AUTOEXTINGUE ,PRODUCE LLAMA VERDE CON BORDE AMARILLO , HUMO BLANCO CON HOLLÍN

## Anexo B

### Bacterias encontradas en cultivos bacteriológicos CMISL (1998-2002)

| BACTERIA                 | CARACTERISTICAS   | ENFERMEDAD QUE TRASMITE   |
|--------------------------|---|---|
| AEROCOCCUS SPP           | Son microaerofilos. Temperatura optima de crecimiento 30° C. Inhibición del crecimiento después de los 45° C  | Endocarditis y Bacterimia   |
| CORINE BACTERIUM SP      | Inmóvil y catalasa positivo Se encuentra en el medio ambiente   | Difteria, transmitida por el tracto respiratorio superior Causante de la difteria cutánea. Endocarditis,  |
| STREPTOCOCCUS AGALACTIAE | Anaerobio facultativo, fallan al crecer a 10°C y tienen crecimiento variable a 45°C. Flora normal del tracto genitourinario agente biológico de la mastitis bovina transmitido en la leche  | Causa de infección neonatal serosa por sepsis y meningitis Asociado con el riesgo de enfermedad neonatal.   |
| PSEUDOMONA CEPACIA       | Habita en el suelo, cebolla en putrefacción, ambientes hosp., y varios especímenes clínicos. Un organismo oportunista asociado con varios tipos de infc comunitaria y de origen nosocomial. | Incluye septicemia, meningitis, endocarditis, neumonía, postoperación de herida infectada, artritis séptica, quistes fibrosos, infección pulmonar entre otros                         |
| ENTEROBACTER CLOACAE     | Se encuentra en el agua, tierra, carne, alcantarillado, ambiente del hospital, animal y piel humana e intestinos. La mayoría frecuentemente aisló las especies del enterobacter             | Asociado con las infecciones en extremidades, artritis séptica y septicemia la transfusión sanguínea siguiente. Recientemente reconocido como un patógeno en los pacientes de cáncer. |
| KUYVERA CRIOCRESCENS     | Vive en el agua, y ambientes hospitalarios.   | Afecta el tracto respiratorio urinario y la sangre.   |
| MORAXELLA                | Pertenece a la flora normal humana de la faringe, ojos y tracto genital   | Puede causar osteomielitis endocarditis septicemia, meningitis, estomatitis y artritis séptica  |
| AERONOMA HIDROPHILA      | Establecido en el suelo y agua  | Presenta cuatro síndromes clínicos humanos: diarrea aguda, celulitis infecciosa, septicemia y variedad de infecciones frecuentes: neumonía, otitis, meningitis                        |

### Anexo C

#### Bacterias encontradas en cultivos bacteriológicos CMISL (1998-2002)

| BACTERIA                    | CARACTERISTICAS   | ENFERMEDAD QUE TRASMITE   |
|-----------------------------|---|---|
| XANTHOMONAS MALTOPHILIA     | Tiene una amplia distribución geográfica. Encontrada en el agua, suelo animales, el material de la planta y todo las variedades de especímenes clínicos humanos. De vez en cuando un oportunista. | Asociado con el tracto urinario humano e infección respiratoria postoperatorio y post-trauma de infección de heridas. Endocarditis, septicemia, meningitis mastoiditis, la incidencia alta de pacientes con tumores malignos y leucemia |
| YERSINIA ENTEROCOLITICA GRP | aislado de las fuentes medio ambientales y animales saludables o enfermos y humanos   | Puede ser causante de la diarrea mileitis, lymphadenitis artritis y septicemia  |
| SERRATIA PLYMUTHICA         | Encontrado en agua dulce rara vez relacionado con el esputo humano  | No se reportan infecciones  |
| SERRATIA MARCESCENS         | Es de origen ambiental, muy frecuentemente aislado serratia especies en especimines clinicos e infecciones humanas.   | Patógeno oportuno prominente en epidemias del hospital, septicemia, meningitis, periotinitis artritis, osteomielitis, absesos enfermedades infecciosas y respiratorias.   |
| ENTEROBACTER CLOACAE        | Se encuentra en el agua, tierra, carne, alcantarillado, ambiente del hospital, animal y piel humana e intestinos. La mayoría frecuentemente aisló las especies del enterobacter                   | Asociado con las infecciones en extremidades, artritis séptica y septicemia la transfusión sanguínea siguiente. Recientemente reconocido como un patógeno en los pacientes de cáncer.   |
| CITROBACTER FREUNDII        | Es de origen ambiental, aislado de la orina humana, garganta, esputo, sangre y heridas.,  | Meningitis y Otitis Media   |
| ENTEROBACTER AEROGENES      | Establecido en el suelo, agua y alcantarillado, heces humanas y animales  | Patógeno oportunista, orina humana, esputo, quemaduras, heridas, sangre y fluido espinal  |

## **Anexo D**

**Formato de Sondeo de mercado sobre el comportamiento de reutilización.**

**Anexo E**  
**Diagrama de gasto de recursos energeticos**

| RECURSOS   | FACTOR     |
|--|------------|
| <b>AGUA</b>  |            |
| GASTO PROMEDIO POR MANGUERA M <sup>3</sup>                   | 0,05941    |
| PROMEDIO DE CONSUMO MENSUAL M <sup>3</sup>                   | 1328       |
| PROMEDIO DE VALOR DE AGUA MENSUAL \$                         | 966249     |
| VALOR DEL M <sup>3</sup> EN PESOS                            | 727.59     |
| <hr/>  |            |
| TOTAL GASTO EN PESOS POR MANGUERA                            | 43.23      |
| TOTAL GASTO EN PESOS POR PROMEDIO DE MANGUERAS DIARIO ( 8.5) | 362.92 \$  |
| <br>   |            |
| <b>ELECTRICIDAD</b> Kw / Hr                                  |            |
| GASTO PROMEDIO POR DIA Kw/h                                  | 1,360 Kw/h |
| PROMEDIO DE CONSUMO MENSUAL Kw                               | 1328       |
| PROMEDIO DE VALOR DE ENERGIA MENSUAL \$                      | 4'209.049  |
| VALOR DE Kw/h  | 3169,46    |
| <hr/>  |            |
| TOTAL GASTO ENERGETICO PROMEDIO POR DIA \$                   | 17241.86   |
| TOTAL GASTO ENERGETICO PROMEDIO POR MANGUERA \$              | 2028.45    |

## Anexo F

### Análisis de deformación de las mangueras sometidas a microondas

| PROBETA | TIEMPO | POTENCIA | DESCRIPCION DE RESULTADOS   |
|---------|--------|----------|---|
| MCA     |        | 9        | No hay muestras de evaporación de la base , desaparición leve de canales  |
| MCB     | 2      | 9        |   |
| ML      |        | 9        | Calentamiento de la manguera, formación de protuberancias en los puntos de agua en su interior                    |
| MCA     |        | 5        | Humedad, no hay visibilidad de agua   |
| MCB     | 10     | 5        | Muestras de evaporación, cantidad mínima de agua  |
| ML      |        | 5        | La probeta presenta deformación total color ámbar, temp. plástica   |
| MCA     |        | 5        | Presenta mayor calentamiento comparado con la probeta MCB, presencia de agua. Conserva intacta su geometría.      |
| MCB     | 7      | 5        | Presencia de agua y burbujas de agua conserva su geometría  |
| ML      |        | 5        | Mayor concentración de calor en su estructura, presencia de vapor y agua.   |
| MCA     |        | 5        | No hay modificación significativa en la cantidad de agua, la superficie exterior se encuentra seca.               |
| MCB     | 5      | 5        | Muestra de burbujas evaporación de un porcentaje de agua, apariencia superficial normal, superficie exterior seca |
| ML      |        | 5        | Mayor concentración de calor en su estructura, presencia de vapor y agua.   |

## Anexo G

### Análisis de deformación de las mangueras sometidas a microondas

| PROBETA | TIEMPO | POTENCIA | DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS  |
|---------|--------|----------|--|
| MCA     |        | 6        | Presencia de vapor al interior de las paredes, superficie exterior seca      |
| MCB     | 5      | 6        | Concentración de calor en el interior de las paredes, vapor y gotas de agua  |
| ML      |        | 6        | Deformación de la probeta  |
| MCA     |        | 2        | Orientación vertical de la probeta   |
| MCB     | 20/20  | 2        | Muestras de evaporación, cantidad mínima de agua                             |
| ML      |        | 2        | La probeta se encuentra seca en su estructura externa e interna              |
| MCA     |        | 3        | Orientación vertical de la probeta. estado seco, vapor mínimo en los canales |
| MCB     | 15     | 3        | Presencia de agua en la base de los canales, vapor y burbujas de agua        |
| ML      |        | 3        | Vapor de agua y burbujas de agua   |

Anexo H

Resultados laboratorios de desinfección por microondas

| BACTERIA              | DESC.  | POTENCIA (ESCALA) | TIEMPO (MIN) | DEFORMACION | RTA         |     |
|-----------------------|--------|-------------------|--------------|-------------|-------------|-----|
| STAPHYLOCOCCUS AUREUS | JUL 8  | HUMEDA            | 5            | 10          |             | NEG |
|                       |        | HUMEDA            | 7            | 5           |             | NEG |
|                       | JUL 14 | CONTROL           | 0            | 0           |             | POS |
|                       |        | HUMEDA            | 2            | 20          |             | NEG |
|                       |        | HUMEDA            | 4            | 9           |             | NEG |
|                       |        | HUMEDA            | 10           | 5           |             | NEG |
|                       |        | SECA              | 5            | 7           |             | NEG |
|                       |        | HUMEDA            | 2            | 15          | INEXISTENTE | NEG |
|                       | SEP 04 | CONTROL           | 0            | 0           |             | POS |
|                       |        | HUMEDA            | 7            | 5           | TOTAL       | NEG |
|                       |        | HUMEDA            | 9            | 2           | PARCIAL     | NEG |
|                       |        | MANG.             | 5            | 7           | PARCIAL     | NEG |
|                       |        | CALDO             | 7            | ½           |             | POS |
|                       |        |                   |              |             |             |     |
| ESCHERICHIA COLI      | AGO 20 | HUMEDA            | 5            | 10          |             | NEG |
|                       |        | HUMEDA            | 7            | 5           |             | NEG |
|                       |        | HUMEDA            | 2            | 5           |             | POS |
|                       |        | CONTROL           | 0            | 0           |             | NEG |
|                       |        | SECA              | 5            | 10          |             | POS |
|                       |        | CALDO             | 5            | 3           |             | NEG |
|                       | AGO 27 | HUMEDA            | 9            | 2           |             | NEG |
|                       |        | HUMEDA            | 7            | 5           |             | NEG |
|                       |        | CONTROL           | 0            | 0           |             | POS |
|                       |        | HUMEDA            | 5            | 10          |             | POS |
|                       |        | HUMEDA            | 2            | 10          |             | POS |
|                       | SEP 01 | HUMEDA            | 2            | 15          | INEXISTENTE | NEG |
|                       |        | HUMEDA            | 7            | 5           | TOTAL       | NEG |
|                       |        | HUMEDA            | 9            | 2           | TOTAL       | NEG |
|                       |        | MANG.             | 2            | 15          | INEXISTENTE | NEG |
|                       |        | CONTROL           | 0            | 0           |             | POS |
|                       |        | CALDO             | 7            | ½           |             | NEG |

Anexo I

Resultados laboratorios de desinfección por microondas

| BACTERIA             | DESC.  | POTENCIA (ESCALA) | TIEMPO (MIN) | DEFORMACION | RTA           |     |
|----------------------|--------|-------------------|--------------|-------------|---------------|-----|
| CITROBACTER FREUNDII | AGO 20 | HUMEDA            | 5            | 10          |               | NEG |
|                      |        | HUMEDA            | 7            | 5           |               | POS |
|                      |        | HUMEDA            | 2            | 5           |               | POS |
|                      |        | CONTROL           | 0            | 0           |               | POS |
|                      |        | SECA              | 5            | 10          |               | NEG |
|                      |        | CALDO             | 5            | 0.30        |               | NEG |
|                      |        | MANG              | 7            | 5           |               | POS |
|                      | AGO 27 | HUMEDA            | 2            | 10          |               | POS |
|                      |        | HUMEDA            | 5            | 10          |               | NEG |
|                      |        | HUMEDA            | 7            | 5           |               | NEG |
|                      |        | HUMEDA            | 9            | 2           |               | NEG |
|                      |        | CONTROL           | 0            | 0           |               | POS |
|                      |        | MANG.             | 5            | 7           |               | NEG |
|                      | SEP 04 | HUMEDA            | 2            | 15          | INEXISTENTE   | NEG |
|                      |        | HUMEDA            | 7            | 5           | TOTAL         | NEG |
|                      |        | HUMEDA            | 9            | 2           | TOTAL         | NEG |
|                      |        | CONTROL           | 0            | 0           | _____         | POS |
|                      |        | MANG.             | 2            | 15          | ABLANDAMIENTO | NEG |
| CALDO                |        | 7                 | ½            | _____       | NEG           |     |
| PROTEUS              | JUL 8  | HUMEDA            | 5            | 10          |               | NEG |
|                      |        | HUMEDA            | 7            | 5           |               | NEG |
|                      |        | HUMEDA            | 9            | 4           |               | NEG |

Anexo J

Resultados laboratorios de desinfección por microondas

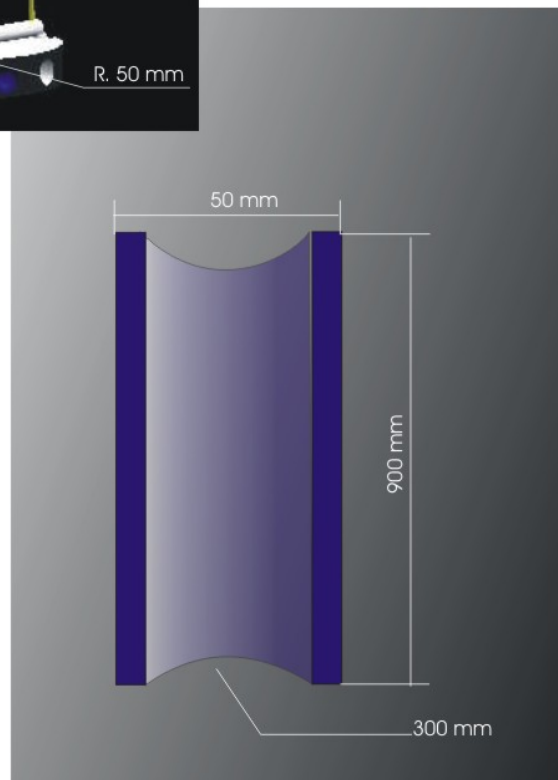
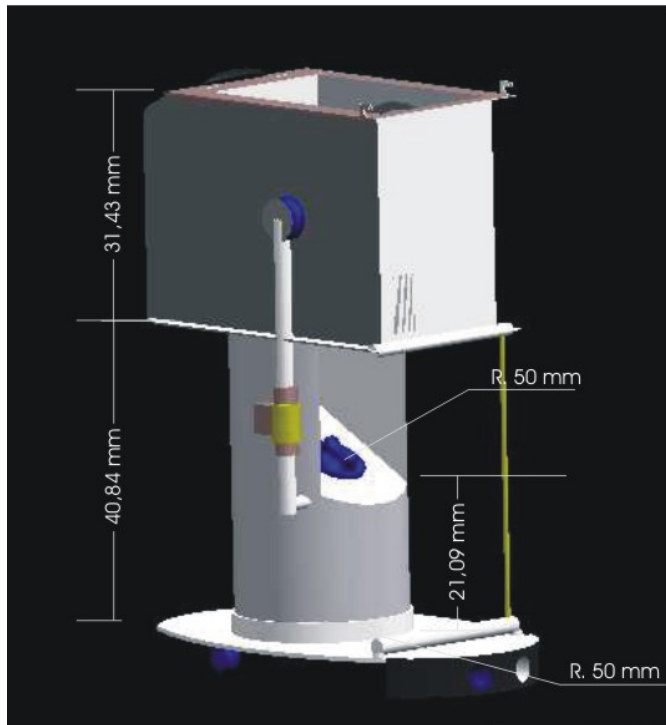
| BACTERIA   | DESC.  | POTENCIA (ESCALA) | TIEMPO (MIN) | DEFORMACION | RTA         |     |
|------------|--------|-------------------|--------------|-------------|-------------|-----|
| KLEBSIELLA | AGO 27 | HUMEDA            | 2            | 10          |             | POS |
|            |        | HUMEDA            | 5            | 10          |             | POS |
|            |        | HUMEDA            | 7            | 5           |             | NEG |
|            |        | CONTROL           | 0            | 0           |             | POS |
|            |        | SECA              | 7            | 5           |             | POS |
|            |        | CALDO             | 5            | 3.30        |             | NEG |
|            |        | HUMEDA            | 9            | 2           |             | NEG |
|            | SEP 01 | HUMEDA            | 2            | 15          | INEXISTENTE | NEG |
|            |        | HUMEDA            | 7            | 5           | TOTAL       | NEG |
|            |        | CONTROL           | 0            | 0           | _____       | POS |
|            |        | HUMEDA            | 9            | 2           | PARCIAL     | NEG |
|            |        | MANG.             | 5            | 7           | PARCIAL     | NEG |
|            |        | CALDO             | 7            | ½           | _____       | NEG |
| AGO 20     | CALDO  | 5                 | ½            |             | NEG         |     |

**Anexo K**

**Especificaciones Técnicas del compresor de uso Clínico**

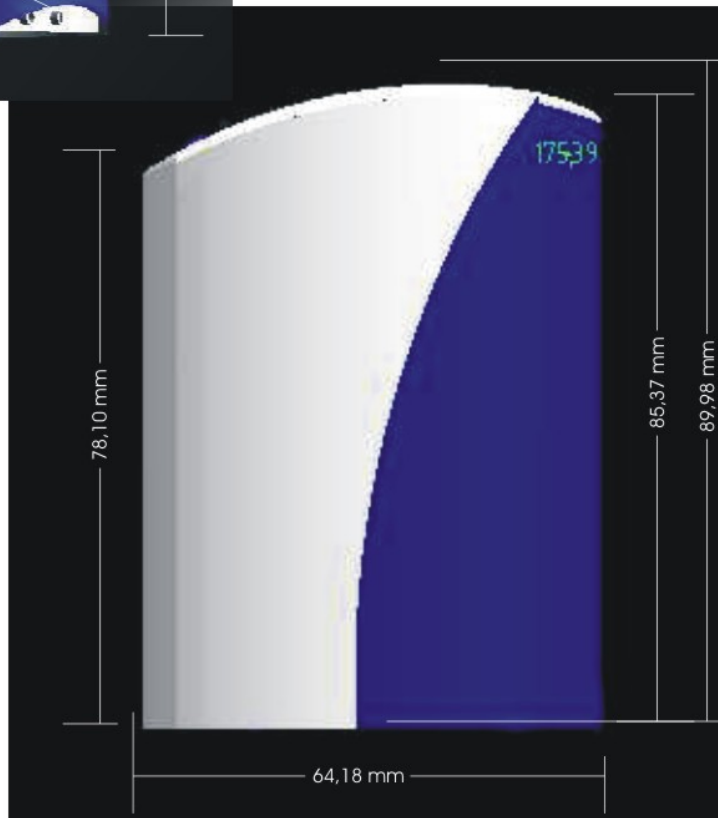
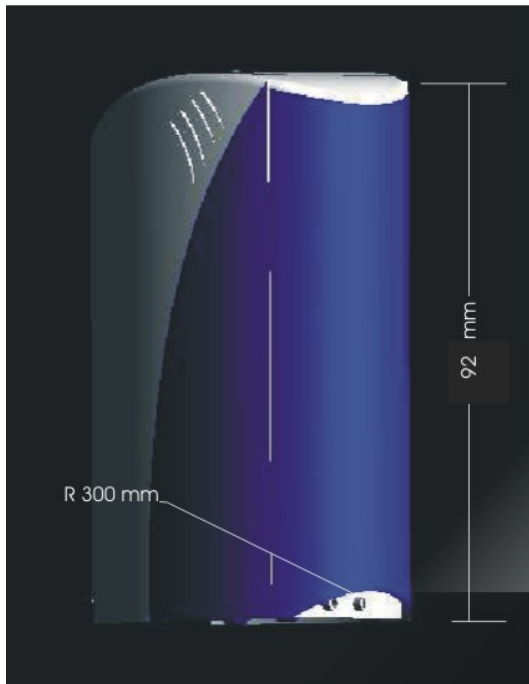
| <b>COPMPRESOR ELECTROMECHANICO</b> | <b>VALOR</b>   | <b>UNIDAD</b> |
|------------------------------------|--|---------------|
| POTENCIA                           | 2  | HP            |
| PRESION                            | 200  | PSI           |
| AMPERIOS                           | 20   | AI            |
| P. TRABAJO                         | 100=120  | PSI           |
| VOLTIOS                            | 220  | V TRIFASICO   |
| FILTROS                            | AGUA BACTERIOLOGICO  |               |
| CARACTERISTICAS                    | EQUIPO SIN ACEITE<br>DESAGUE AUTOMATICO<br>TEMPORIZADOR DE 7 AM 8 PM |               |

Anexo L  
Plano Base estructural – Cámara de secado



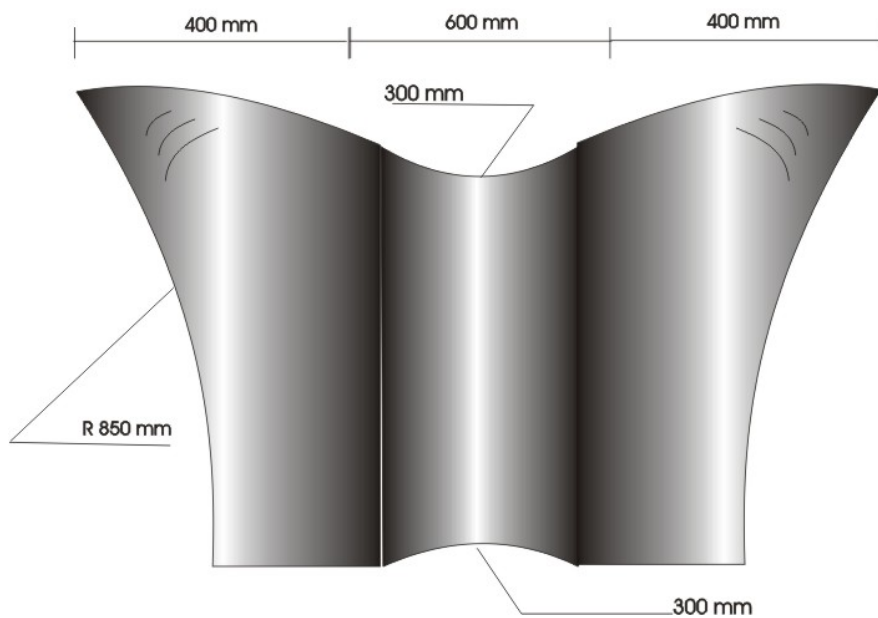
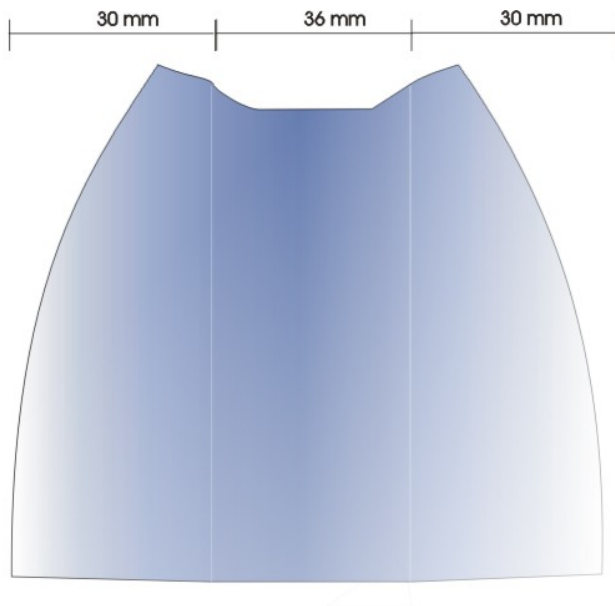
### Anexo M

#### Plano Envolvente frontal – Envolvente Posterior

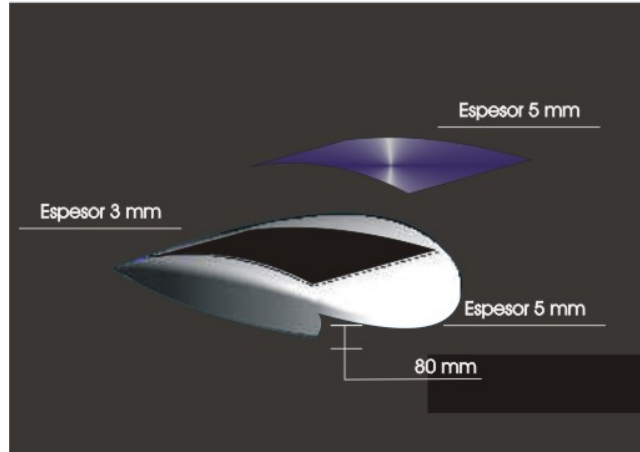
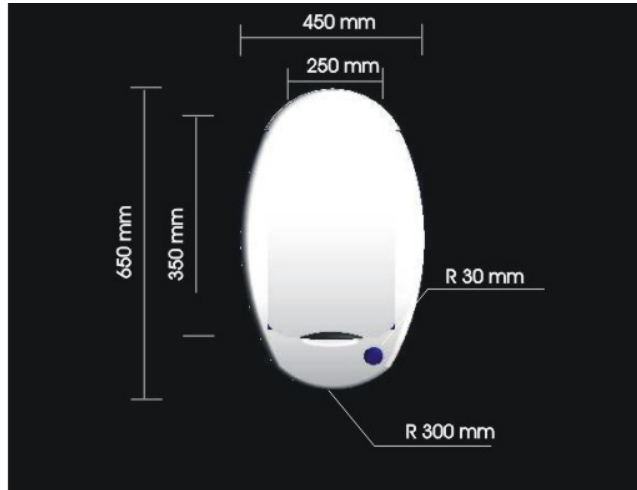


**Anexo N**

**Plano Desarrollo Envolvente frontal – Envolvente Posterior**



**Anexo O**  
**Plano Cubierta Superior –Contenedor de Circuitos**



## Anexo P

### Costos de proceso de limpieza y desinfección propuesto

| RECURSOS   |  | DURACIÓN     | FACTOR    |
|--|--|--------------|-----------|
| <b>AGUA</b>  |  | LITROS /SEG. |           |
| ALMACENAMIENTO EN CONTENEDOR CON AGUA Y JABÓN                |  |              | 8         |
| INMERSIÓN EN HIPOCLORITO                                     |  |              | 8         |
| LAVADO 1( remoción de impurezas )                            |  | 1530 SEG     | 161.01    |
| LAVADO 2 ( remoción de hipoclorito )                         |  | 1530 SEG     | 161.01    |
| TOTAL GASTO DE LITROS POR PROMEDIO DE MANGUERAS DIARIO (8.5) |  |              | 338.02 Lt |
| PROMEDIO DE AHORRO DE AGUA DIARIO (8.5)                      |  |              | 33.06%    |
| <b>ELECTRICIDAD</b>  |  | Kw / Hr      |           |
| DESINFECCION-SECADO ( MICROONDAS 1200 w COMPRESOR)           |  | 1/5Hr        | 3.6 Kw/h  |
| ILUMINACIÓN ( FLUORESCENTES 4 x 40 w )                       |  | ½ Hr         | 0,16Kw/h  |
| TOTAL GASTO ENERGETICO Kw                                    |  |              | 1.52 Kw   |
| PROMEDIO DE AHORRO DE ELECTRICIDAD (8.5)                     |  |              | 72.05%    |

| RECURSOS                          | DURACION  | COSTO \$ GENERAL | COSTO \$ POR DIA | COSTO \$ MANG. |
|-----------------------------------|-----------|------------------|------------------|----------------|
| <b>SUMINISTROS</b>                |           |                  |                  |                |
| HIPOCLORITO ( 5000 ppm )          | 6 Hr      | 2356             | 1178             | 138.26         |
| JABÓN EN POLVO                    | 3 DIAS    | 3000             | 1000             | 117.37         |
| PROMEDIO DE AHORRO DE SUMINISTROS |           |                  |                  | 93 %           |
| <b>HORAS / HOMBRE</b>             |           |                  |                  |                |
| TIEMPO ACTIVO DEL PROCESO         | 1.5 h     | 408.000          | 2550             | 300            |
| PROMEDIO DE AHORRO HORAS / HOMBRE |           |                  |                  | 42.3%          |
| <b>AGUA/ ENERGIA</b>              |           |                  |                  |                |
| CONSUMO DE AGUA                   | 338.02 Lt | 966249           | 242.92 \$        | 28.57 \$       |
| CONSUMO ENERGETICO                | 5,44 Kw   | 4'209.049        | 17241.86 \$      | 567.96         |
| TOTAL ESTIMADO POR 8.5 MANGUERAS  |           |                  |                  | 1152.16        |
| PORCENTAJE DE AHORRO TOTAL        |           |                  |                  | 82.39%         |

**Anexo Q**  
**Índices de pobreza y cobertura de salud en Colombia (2003)**

| Régimen de Afiliación | No. de personas | Cobertura Poblacional |
|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| Régimen subsidiado    | 9,510,566       | 22.5%                 |
| Régimen contributivo  | 14,409.131      | 34.1%                 |
| No afiliados al SGSSS | 18,379,604      | 43.5%                 |

| Nivel de Ingresos                                       |                          |        |
|---|--------------------------|--------|
| Producto Interno Bruto 2002                             | Total (millones \$)      | 82,904 |
|   | Ingreso Per Cápita en \$ | 1.984  |
|   | Crecimiento anual en \$  | -4.2   |
| Población bajo línea de pobreza (2002)                  | 54%                      |        |
| Razón de ingreso quintil/superior primer trimestre/2002 | 19.7                     |        |
| GINI Laboral primer trimestre 2002                      | 0.52                     |        |
| Tasa de desempleo en 2002                               | 20.5%                    |        |
| Tasa de inflación en 2002                               | 8.7%                     |        |
| Índice de desarrollo humano 2002                        | 0.76                     |        |

**Fuente:** Los autores <sup>159</sup>

<sup>159</sup> Basado en: Gerencia Salud, [en línea], [consultada diciembre 2003]. Disponible en: [ops-col@col.ops-oms.org](mailto:ops-col@col.ops-oms.org)





