

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE VAPORIZADOR SOLAR PARA ESTERILIZADO DE IMPLEMENTOS QUIRÚRGICOS EN SUBCENTROS DE SALUD DEL ÁREA RURAL**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO**

**GONZALO FROILAN BALSECA AVILA**

**DIRECTOR: ING. JOSÉ GUASUMBA**

**CODIRECTOR: ING. JOSÉ PEREZ**

**Sangolquí, 2006 – 04 – 26**



## **CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE VAPORIZADOR SOLAR PARA ESTERILIZADO DE IMPLEMENTOS QUIRÚRGICOS EN SUBCENTROS DE SALUD DEL ÁREA RURAL” fue realizado en su totalidad por Gonzalo Froilan Balseca Avila, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

---

**Ing. José Guasumba**  
**DIRECTOR**

---

**Ing. José Perez**  
**CODIRECTOR**

**Sangolquí, 2006-04-19**



# **LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO**

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE  
VAPORIZADOR SOLAR PARA ESTERILIZADO DE  
IMPLEMENTOS QUIRÚRGICOS EN SUBCENTROS DE  
SALUD DEL ÁREA RURAL”

ELABORADO POR:

---

Gonzalo Froilan Balseca Avila

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

---

**Mayo de E Ing. Edgar Pazmiño B.  
DECANO**

Sangolquí, 2006-04



## **DEDICATORIA**

La elaboración de este proyecto lo dedico a mi familia, ya que han sido mi apoyo en todos los aspectos durante todos mis años de estudio. Una mención muy especial se la merecen mi mami Rosa, tía Evelin y mi abuelita Adela quienes me motivaron, inspiraron, ayudaron y entregaron con amor el legado más importante para un familiar... la educación.

**Gonzalo Froilan Balseca Avila**



## **AGRADECIMIENTO**

Quisiera agradecer primero a Dios y a mi familia. A la Escuela Politécnica del Ejército y sus profesores por habernos brindado las herramientas necesarias para adquirir el conocimiento. Al Subcentro de salud de Alangasi por darme la información necesaria para ejecutar el proyecto y a todas las personas que me facilitaron el desarrollo del mismo principalmente al Director y Codirector del proyecto Ing. José Guasumba e Ing. José Perez y a la señora Auxiliar de Enfermería Teresa Salazar.

**Gonzalo Froilan Balseca Avila**



# ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	iii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	v
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO .....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvi
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	xviii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xix
RESUMEN .....	xxi
INTRODUCCIÓN .....	xxiii
CAPÍTULO 1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	1
1.1.- ANTECEDENTES.....	1
1.2.- DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.3.- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	5
1.4.- SEÑALAMIENTO DE OBJETIVOS.....	6
1.4.1.- GENERAL.....	6
1.4.2.- ESPECÍFICOS.....	6
1.5.- ALCANCE .....	6
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO.....	9
2.1.- ESTERILIZACIÓN DE IMPLEMENTOS QUIRÚRGICOS.....	9
2.1.1.- CONTAMINACIÓN BACTERIANA.....	12
2.1.1.1.- Clasificación de las bacterias.....	13
2.1.1.2.- Crecimiento y muerte de microorganismos.....	16
2.1.1.3.- Resistencia de los microorganismos.....	16
2.1.1.4.- Consideraciones con la definición del término esterilización .....	17
2.1.2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPLEMENTOS .....	19
2.1.2.1.- Acero inoxidable .....	21
2.1.2.2.- Plásticos.....	21
2.1.2.3.- Los textiles especiales .....	22
2.1.2.4.- Los vidrios.....	22
2.1.2.5.- Látex.....	22

2.1.2.6.- Implementos de sutura y curación.....	23
2.1.3.- ESTERILIZADO POR VAPOR .....	28
2.1.3.1.- Clasificación de los autoclaves.....	29
2.1.3.2.- Parámetros de esterilización .....	30
2.1.4 RADIACIÓN IONIZANTE .....	30
2.1.5.- ESTERILIZADO EN SECO .....	31
2.1.5.1.- Clasificación .....	32
2.1.5.2.- Parámetros de esterilización .....	33
2.1.6 ESTERILIZADO CON SUBSTANCIAS QUÍMICAS .....	34
2.1.6.1 Esterilización por oxido de etileno (ETO).....	34
2.1.6.1.1 Parámetros de esterilización.....	35
2.1.6.1.2 Toxicidad del ETO .....	35
2.1.6.2.- Esterilización por Peróxido de Hidrógeno en estado de plasma.....	36
2.1.6.2.1.- Ciclo de esterilización .....	37
2.1.6.3.- Esterilización por Ácido Peracético. ....	38
2.1.6.3.1.- Esterilización con Acido Peracético Líquido. ....	38
2.1.6.4.- Esterilización con formaldehído.....	39
2.1.7.- CONFIABILIDAD DE LOS PROCEDIMIENTOS .....	40
2.2.- APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR .....	43
2.2.1.- RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA .....	44
2.2.1.1.- El sol como fuente de energía .....	45
2.2.2.- RADIACIÓN DIRECTA.....	46
2.2.2.1.- Constante solar .....	46
2.2.2.2.- Irradiancia.....	47
2.2.2.3.- Irradiación.....	47
2.2.2.4.- Variación de la radiación solar extraterrestre .....	47
2.2.3.- APLICACIONES DE MEDIA TEMPERATURA.....	47
2.2.4.- ANÁLISIS DEL RECURSO SOLAR DISPONIBLE EN LA LOCALIDAD	49
2.2.4.1.- Radiación solar mediante expresiones matemáticas.....	49
2.2.4.2.- Radiación real.....	51
2.2.4.3.- Error porcentual entre Radiación teórica y real .....	52
2.3.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL SISTEMA DE VAPORIZACIÓN.....	53
2.3.1.- VAPORIZACIÓN Y CALOR LATENTE.....	53
2.3.2 CONCENTRADOR .....	53

2.3.2.1.- Calculo dimensional del paraboloide.....	55
2.3.3 VAPORIZADOR.....	55
2.3.4 FUNDAMENTOS TERMODINÁMICOS.....	56
2.3.4.1 Diagrama temperatura-entropía.....	57
CAPÍTULO 3 ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	61
3.1.- PLANEAMIENTO.....	61
3.1.1.- DATOS OBTENIDOS.....	62
3.1.1.1.- Tipos de implementos.....	62
3.1.1.2.- Frecuencia de uso de los implementos.....	63
3.1.1.3.- Para que se usa los implementos.....	63
3.1.1.4.- Método de esterilización de los implementos.....	63
3.1.1.5.- Parámetros de esterilizado.....	63
3.1.2.- CONSIDERACIONES GENERALES.....	64
3.2.- ANÁLISIS.....	64
3.2.1.- CONCENTRADORES SOLARES.....	65
3.2.2.- VAPORIZADORES.....	65
3.2.3.- CÁMARA DE DESINFECCIÓN.....	65
3.2.4.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE CUANTIFICACIÓN.....	66
3.2.4.1.- Características de fabricación.....	66
3.2.4.2.- Materiales.....	72
3.2.5.- RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS.....	73
3.3.- SELECCIÓN.....	73
CAPÍTULO 4 DISEÑO DEL SISTEMA DE VAPORIZACIÓN.....	77
4.1.- PARÁMETROS DE DISEÑO.....	77
4.1.1.- PARÁMETROS TERMO-FÍSICOS.....	77
4.2.- CONCENTRADOR.....	78
4.2.1.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	78
4.2.1.1.- Cálculo dimensional del paraboloide.....	78
4.2.1.1.1.- Relación entre foco y diámetro del paraboloide.....	79
4.2.1.2.- Análisis térmico.....	79
4.2.1.3.- Balance de energía final.....	91
4.2.2.- DIMENSIONES DEL CONCENTRADOR.....	92
4.2.3.- ESTRUCTURA SOPORTE DEL CONCENTRADOR.....	94
4.3.- VAPORIZADOR.....	95

4.3.1.- CONSIDERACIONES DE DISEÑO.....	95
4.3.1.1.- Paredes del cilindro.....	95
4.3.1.2.- Bases del cilindro.....	96
4.3.1.2.1.- Base inferior.....	98
4.3.1.2.2.- Base superior o tapa.....	99
4.3.1.2.2.1.- Dimensiones de la base superior.....	100
4.3.1.3.- Ubicación del conjunto absorbedor-cámara de desinfección.....	101
4.3.1.4 Accesorios adicionales.....	102
4.3.1.4.1 Suministro de agua.....	103
4.3.1.4.2 Purga de vapor y líquido.....	104
4.3.1.4.3 Sistema de cierre hermético.....	105
4.3.1.4.4.- Sensores de temperatura y presión.....	106
4.3.1.5.- Estructura soporte del vaporizador.....	107
4.4 CÁMARA DE DESINFECCIÓN.....	108
4.4.1 CAMISA INTERNA.....	108
4.4.2.- ANILLOS CIRCULARES PARA UNIR CAMISA INTERNA Y CILINDRO EXTERNO.....	109
4.5.- SELECCIÓN DE MATERIALES.....	109
4.5.1.- MATERIALES PARA EL CONCENTRADOR.....	110
4.5.2.- MATERIALES PARA EL CONJUNTO ABSORBEDOR-CÁMARA DE DESINFECCIÓN.....	111
CAPÍTULO 5 CONSTRUCCIÓN DEL VAPORIZADOR SOLAR.....	113
5.1.- CRONOGRAMA DE OPERACIONES TECNOLÓGICAS.....	113
5.2.- CONCENTRADOR.....	114
5.2.1.- CONSIDERACIONES PRELIMINARES.....	114
5.2.2.- FABRICACIÓN DEL MOLDE.....	118
5.2.3.- FABRICACIÓN DEL CONCENTRADOR PROPIAMENTE DICHO.....	121
5.2.4.- FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA SOPORTE.....	124
5.3.- VAPORIZADOR.....	125
5.3.1.- ENSAMBLAJE DE ACCESORIOS ADICIONALES.....	128
5.3.1.1.- Ensamblaje de accesorios en la base inferior.....	128
5.3.1.2.- Ensamble de accesorios en la base superior.....	128
5.3.3.- MATERIALES DEL VAPORIZADOR.....	130
5.4.- CÁMARA DE DESINFECCIÓN.....	131

5.5.- DIAGRAMAS DE ENSAMBLAJES .....	131
5.5.1.- DIAGRAMA DE ENSAMBLE DEL MOLDE PARABÓLICO.....	131
CAPÍTULO 6 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	155
6.1.- MEDICIONES .....	155
6.1.1.- MANUAL DE OPERACIONES.....	155
6.1.2.- PROBLEMAS Y SOLUCIONES DURANTE LAS PRUEBAS.....	156
6.1.3.- MEDICIONES REALIZADAS.....	159
6.2.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	162
6.2.1.- MANUAL DEL USUARIO.....	162
6.2.2.- ANÁLISIS.....	164
CAPÍTULO 7 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	167
7.1.- COSTOS DIRECTOS .....	167
7.2.- COSTOS INDIRECTOS.....	168
7.3.- COSTOS DE PRODUCCIÓN .....	169
7.4.- GASTOS ADMINISTRATIVOS .....	170
7.5.- LOGÍSTICA DE MATERIALES .....	171
7.6.- SERVICIOS ESPECIALIZADOS.....	172
7.7.- RELACIÓN BENEFICIO COSTO.....	173
CAPÍTULO 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	177
8.1.- CONCLUSIONES .....	177
8.2.- RECOMENDACIONES .....	179
BIBLIOGRAFÍA .....	180
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	180
TESIS:.....	180
PUBLICACIONES: .....	181
DIRECCIONES DE INTERNET: .....	181
ANEXOS: .....	183

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Efecto del tiempo de exposición y la temperatura en la destrucción de esporas.....	18
Figura 2.2: Diagrama temperatura-entropía para una sustancia pura .....	57
Figura 3.1: Seguimiento solar en concentradores .....	70
Figura 4.1: Parábola con eje focal al eje y.....	78
Figura 4.2: Balance de energía concentrador-absorbedor .....	80
Figura 4.3: Diagrama temperatura-entropía .....	82
Figura 4.4: Ubicación de coordenadas de parábola para construcción .....	93
Figura 4.5: Bosquejo de estructura soporte del vaporizador solar.....	95
Figura 4.6: Vista superior conjunto absorbedor-cámara de desinfección .....	96
Figura 4.7: Vista lateral conjunto absorbedor-cámara de desinfección .....	98
Figura 4.8: Accesorios para base inferior .....	99
Figura 4.9: Detalles constructivos base superior .....	101
Figura 4.10: Sistema de cierre hermético para base superior .....	106
Figura 5.1: Estructura soporte del concentrador.....	125
Figura 5.2: Traslape y conformado del cilindro.....	126
Figura 5.3: Diagrama de ensamble del molde parabólico.....	132
Figura 5.3: Diagrama de ensamble del molde parabólico (continuación) .....	133
Figura 5.3: Diagrama de ensamble del molde parabólico (continuación) .....	134
Figura 5.3: Diagrama de ensamble del molde parabólico (conclusión) .....	135
Figura 5.4: Diagrama de ensamble del concentrador parabólico .....	137
Figura 5.4: Diagrama de ensamble del concentrador parabólico (continuación) .....	138
Figura 5.5: Diagrama de ensamble del vaporizador .....	140
Figura 5.5: Diagrama de ensamble del vaporizador (continuación).....	141
Figura 5.5: Diagrama de ensamble del vaporizador (continuación).....	142
Figura 5.5: Diagrama de ensamble del vaporizador (continuación).....	143
Figura 5.5: Diagrama de ensamble del vaporizador (continuación).....	144
Figura 5.5: Diagrama de ensamble del vaporizador (continuación).....	145
Figura 5.5: Diagrama de ensamble del vaporizador (continuación).....	146
Figura 5.5: Diagrama de ensamble del vaporizador (conclusión) .....	147
Figura 5.6: Diagrama de ensamble de la estructura soporte .....	149

Figura 5.6: Diagrama de ensamble de la estructura soporte (continuación) ...	150
Figura 5.6: Diagrama de ensamble de la estructura soporte (conclusión) .....	151
Figura 5.7: Diagrama de ensamble del montaje del vaporizador solar .....	153
Figura 6.1: Gráfico temperatura vs tiempo para 3 días .....	166

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2.1: Pinza fuerte .....	24
Fotografía 2.2: Porta-bisturí .....	24
Fotografía 2.3: Tijera recta .....	25
Fotografía 2.4: Tijera punta fina.....	25
Fotografía 2.5: Pinza curva.....	26
Fotografía 2.6: Porta-agujas .....	26
Fotografía 2.7: Pinza quirúrgica.....	27
Fotografía 2.8: Caja metálica estéril .....	27
Fotografía 2.9: Cinta testigo .....	28
Fotografía 2.10: Concentrador parabólico .....	54
Fotografía 4.1: Sistema de cierre hermético en un generador de gas a partir de carbón de piedra.....	106
Fotografía 5.1: fase inicial de construcción de molde .....	119
Fotografía 5.2: Conformado de las tiras parabólicas del molde.....	120
Fotografía 5.3: Molde terminado en bruto.....	120
Fotografía 5.4: Concentrador sin película de aluminio.....	122
Fotografía 5.5: Galga de verificación y molde terminado.....	136
Fotografía 5.6: Concentrador parabólico terminado .....	138
Fotografía 5.7: Vaporizador terminado .....	147
Fotografía 5.8: Estructura soporte terminada .....	151
Fotografía 5.9: Vaporizador solar terminado .....	154
Fotografía 6.1: Tapa rediseñada (parte interna) .....	157
Fotografía 6.2: Tapa rediseñada (parte externa) .....	158
Fotografía 6.3: Encaje correcto tapa vaporizador .....	159

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.2: Implementos quirúrgicos para sutura y curación .....	7
Tabla 2.1: Curva de muerte microbiana .....	18
Tabla 2.2: Parámetros de esterilización para autoclaves .....	30
Tabla 2.3: Parámetros de esterilización para pupineles.....	34
Tabla 2.4: Parámetros de esterilización para oxido de etileno .....	35
Tabla 2.5: Requerimientos y características de los distintos métodos de esterilización .....	41
Tabla 2.6: Ventajas y limitaciones de los métodos de esterilización .....	42
Tabla 2.7: Radiación teórica obtenida mediante expresión matemática .....	51
Tabla 2.8: Radiación real. ....	52
Tabla 2.9: Radiación real, teórica y error porcentual.....	52
Tabla 3.1: Matriz elemental de selección de alternativas.....	74
Tabla 3.1: Matriz elemental de selección de alternativas (continuación) .....	75
Tabla 4.1: Ventajas y desventajas del uso de aluminio y acero galvanizado ....	87
Tabla 4.2: Valores de construcción el para concentrador .....	97
Tabla 4.3: Requerimientos de tubería de base inferior .....	104
Tabla 4.4: Accesorios de base inferior .....	105
Tabla 4.5: Materiales para el concentrador parabólico .....	110
Tabla 4.6: Materiales del conjunto absorbedor-cámara de desinfección .....	111
Tabla 5.1: Etapas de construcción del vaporizador solar .....	113
Tabla 5.2: Cronograma de construcción del vaporizador solar .....	116
Tabla 5.3: Ventajas y desventajas del uso de materiales para fabricar el molde del concentrador.....	117
Tabla 5.4: Materiales del molde para fabricar el concentrador parabólico .....	121
Tabla 5.5: Materiales del concentrador parabólico.....	123
Tabla 5.6: Materiales del conjunto absorbedor-cámara de desinfección. ....	130
Tabla 6.1: Mediciones con el vaporizador solar .....	160
Tabla 6.1: Mediciones con el vaporizador solar (continuación).....	161
Tabla 6.3: Cuadro de valores temperatura tiempo .....	165
Tabla 7.1: Costos directos del proyecto .....	168
Tabla 7.2: Costos indirectos del proyecto .....	169
Tabla 7.3: Costos de producción del proyecto .....	170

Tabla 7.4: Gastos administrativos del proyecto .....	171
Tabla 7.5: Logística de materiales .....	172
Tabla 7.6: Recuperación de la inversión.....	174

## **RESUMEN**

En el presente proyecto se realiza la descripción general, elaboración del marco teórico y selección de alternativas del modelo de Vaporizador solar para esterilizado de Implementos Quirúrgicos en Subcentros de Salud del Área Rural, a continuación se procede al diseño y construcción de los diferentes componentes y sistemas del modelo de vaporizador solar. Para comprobar los parámetros de funcionamiento del equipo, se realizan las pruebas de funcionamiento y análisis de resultados en un subcentro de salud donde se propone probar esta contribución.



# INTRODUCCIÓN

La crisis energética actual, obliga a buscar alternativas viables con el fin de aprovechar de mejor manera los recursos energéticos disponibles.

El obtener energía en base de la utilización de los recursos no renovables, implica un agotamiento de las reservas de combustibles fósiles, así como deriva en un aumento de las concentraciones de contaminantes producidos durante dicho proceso. Frente a esto, la energía proveniente del sol, se constituye en inmejorable alternativa energética, cuya gestión eficaz proporcionará a la población rural a mediano y largo plazo grandes ventajas comparativas, tanto a nivel económico como social.

El presente proyecto pretende lograr la utilización de la energía solar, para que través de esta, esterilizar implementos quirúrgicos en Subcentros de Salud del Área Rural y de esta manera obtener el ahorro de energía.

En el transcurso de los capítulos se dará a conocer el procedimiento para el desarrollo y se explicaran las mejores condiciones y parámetros para la esterilización de los implementos quirúrgicos utilizados en Subcentros de Salud del Área Rural, además, de las aplicaciones de la energía solar; se incluye el diseño del sistema planteado y los diagramas de ensamblaje.

Posteriormente se efectúan pruebas de funcionamiento y un análisis económico.

Se espera que el presente proyecto sirva como modelo de aplicación para que el área rural tenga una mejor atención médica y de esta manera incentivar a que los organismos gubernamentales pongan mayor atención a la población marginal.



# CAPÍTULO 1

## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

### 1.1.- ANTECEDENTES

En la mayoría de Subcentros de Salud del Área Rural en nuestro País, muy a pesar de los avances tecnológicos en Infraestructura, todavía no se disponen de los servicios básicos tales como; electrificación, agua potable, medios adecuados de transporte, además, el déficit del abastecimiento energético, es notorio, en vista de la distancia hacia los centros de consumo, es por esta razón, que se deben proponer soluciones tecnológicas accesibles, las mismas que permitan poner en funcionamiento equipos que son utilizados para diversos tipos de intervenciones médicas, contribuyendo de esta manera al mejoramiento de la calidad de vida de la población y a la modernización del servicio médico rural.

Según estadísticas proporcionadas por la Corporación para el Desarrollo Sostenible<sup>1</sup> (CODESO), con la colaboración de Revista Vistazo, diarios: El Universo, El Comercio, La Hora, e Instituciones como: el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Instituto Geográfico Militar (IGM), nuestro país cuenta en la actualidad con 210 cantones, 372 parroquias urbanas y 893 parroquias rurales. La mayoría de los datos son del año 2003 y CODESO realizó cambios en enero del 2004, como se puede observar en la Tabla 1.1. La cantidad de parroquias rurales en el país, reflejan el número de Subcentros de Salud existentes y nos da una idea de las necesidades en infraestructura de salud.

---

<sup>1</sup> <http://www.codeso.com/TurismoInfo01.html>

**Tabla 1.1: División política del Ecuador**

	PROVINCIA	CANTONES	PARROQUIAS	
			URBANAS	RURALES
REGIÓN COSTA	EL ORO	14	27	50
	ESMERALDAS	7	10	66
	GUAYAS	28	51	44
	LOS RÍOS	12	23	17
	MANABÍ	22	35	60
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>83</b>	<b>146</b>	<b>237</b>

	PROVINCIA	CANTONES	PARROQUIAS	
			URBANAS	RURALES
REGIÓN SIERRA	AZUAY	14	27	68
	BOLÍVAR	7	9	21
	CAÑAR	7	10	30
	CARCHI	6	10	28
	CHIMBORAZO	10	16	46
	COTOPAXI	6	11	38
	IMBABURA	6	12	36
	LOJA	16	24	82
	PICHINCHA	9	45	63
	TUNGURAHUA	9	20	45
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>90</b>	<b>184</b>	<b>457</b>

	PROVINCIA	CANTONES	PARROQUIAS	
			URBANAS	RURALES
REGIÓN ORIENTE	MORONA SANTIAGO	10	11	59
	NAPO	5	5	22
	ORELLAÁNA	4	4	29
	PASTAZA	4	4	19
	SUCUMBÍOS	7	7	28
	ZAMORA CHINCHIPE	4	8	26
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>34</b>	<b>39</b>	<b>183</b>

	PROVINCIA	CANTONES	PARROQUIAS	
			URBANAS	RURALES
REGIÓN INSULAR	Galápagos	3	3	16
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>16</b>

TOTAL	CANTONES	PARROQUIAS	
		URBANAS	RURALES
	<b>210</b>	<b>372</b>	<b>893</b>

Fuente: <http://www.codeso.com/TurismoInfo01.html>

Por otra parte ha crecido la mortalidad debido a enfermedades y eventos de naturaleza no contagiosa tales como tumores malignos, enfermedades cardiovasculares y cerebro vasculares, diabetes, accidentes de transporte y homicidios, siendo actualmente las principales causas de muerte en el país. Algunos problemas que se creían superados, han resurgido con índices importantes, tal es el caso de la malaria, la tuberculosis pulmonar, la leishmaniasis (afección de la piel por picadura de mosquitos) y la rabia. Finalmente otros que hicieron su aparición a finales del siglo pasado como el cólera, el dengue y la infección por VIH/ SIDA, se han constituido en inquietantes problemas de salud pública. Estos problemas que afectan a la mayoría de los ecuatorianos, son mas frecuentes y de consecuencias más graves entre los grupos marginados, especialmente los indígenas y negros y en general los pobres de las extensas zonas periféricas urbanas y la población rural dispersa.<sup>2</sup>

Cuando se piensa en la energía solar, dos manifestaciones de ésta, luz y calor, son fácilmente reconocidas. Ambas juegan un papel vital en la vida de nuestro planeta. La luz solar hace posible el proceso de fotosíntesis, sin el cual el reino vegetal y animal desaparecerían. El calor tempera el clima y evapora las aguas del mar, las que, libres del contenido salino, son devueltas al planeta en forma de lluvia. Seres humanos, animales y plantas deben su existencia a este simple mecanismo de purificación. Varias de las civilizaciones antiguas, concientes de esta dependencia, convirtieron al sol en una deidad digna de veneración. Por tanto, su uso para diversas aplicaciones mejorará el estándar de vida en poblaciones marginales.

## **1.2.- DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La población que corresponde al Área rural de nuestro país es mayoritariamente de bajos recursos económicos y por tanto la insuficiencia de

---

<sup>2</sup> ÁVILES J, Perfil de la Salud Ambiental de la Niñez en el Ecuador, Quito, 2001, p. 01, <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsana/E/fulltext/perfiles/ecuador.pdf>

servicios básicos (electricidad, agua potable, medios de transporte), es evidente, de igual manera la falta de atención médica a esta población origina un alto índice de lesiones graves y aún más grave de mortalidad, que en algunos casos una adecuada curación y/o suturación con implementos quirúrgicos debidamente esterilizados, podrían ayudar a mejorar estos problemas.

Los Subcentros de Salud del área rural, tienen su jornada laboral de cinco días a la semana, en la cual ocurren unas cuatro suturas y tres curaciones aproximadamente<sup>3</sup> y estas se incrementan de acuerdo a la proximidad de días festivos en las poblaciones y comunidades pertenecientes a estos subcentros de salud, por tanto, la necesidad de un esterilizador de implementos quirúrgicos en todos y cada uno de los mismos. Además el personal médico realiza visitas periódicas a comunidades alejadas de estos subcentros de salud, sitios en los cuales no tienen los servicios básicos necesarios.

Los organismos gubernamentales hasta la actualidad no han logrado solucionar la crisis energética existente en nuestro país, siempre vivimos momentos de tensión cuando los medios de comunicación anuncian cortes de energía que paralizan el desarrollo del país. Esta crisis conlleva a que los sectores industriales tengan enormes pérdidas económicas y sectores del área de la salud no puedan atender adecuadamente a la población necesitada, esto a nivel hospitalario, clínico, maternal en centros urbanos; en poblaciones rurales la situación se torna crítica.

Por último las condiciones antihigiénicas de los diversos subcentros de salud, ameritan establecer parámetros de control para la correcta manipulación de los equipos e implementos que se utilizan; para el proyecto en particular, condiciones adecuadas para el perfecto esterilizado de implementos quirúrgicos.

---

<sup>3</sup> SUBCENTRO DE SALUD ALANGASI, Auxiliar de Enfermería Teresa Salazar, Quito, diciembre 2005

### **1.3.- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

En la actualidad el uso extensivo de la energía proveniente de los combustibles fósiles, origina un decaimiento de las reservas naturales, así como también, causan un impacto ambiental de irremediables consecuencias para el Ecosistema y la Humanidad, así se puede citar; el efecto Invernadero, cambio climático, destrucción de habitats naturales sensibles, es debido a estas razones que alrededor del mundo se invierten importantes cantidades de recursos en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías alternativas, sustentadas en el uso inteligente de las Energías Renovables, las mismas que tienen importantes aplicaciones para el Área Rural. Con la presente contribución, se pretende desarrollar un modelo que a través de la utilización de la energía solar que se disipa sobre nuestra región, se pueda concebir y poner en marcha un modelo para el esterilizado de implementos quirúrgicos, que en la actualidad, debido a las precarias condiciones higiénicas y económicas de los subcentros, no se cumplen los requerimientos de confiabilidad y seguridad humana.

Es tiempo de dedicar mayor atención al área rural de nuestro país, es así que con el desarrollo e implementación de este proyecto, se logrará: mejorar las condiciones higiénicas en curaciones y suturas con implementos quirúrgicos plenamente esterilizados, atender mayor cantidad de pacientes en este tipo de operaciones y poder llegar a sectores marginales sin servicios básicos.

Si se consideran tan solo la cantidad de parroquias rurales (893 según CODESO. Ver Tabla 1.1), se puede avalar en términos energéticos el ahorro consecuente de energía. Los subcentros de salud, no estarán afectados por las malas decisiones de organismos gubernamentales (crisis energética), al menos para atención a pacientes en curaciones y suturas, además, plenamente convencidos del uso de implementos quirúrgicos correctamente esterilizados.

## **1.4.- SEÑALAMIENTO DE OBJETIVOS**

### **1.4.1.- GENERAL**

Diseñar y construir un modelo de vaporizador solar para el esterilizado de implementos quirúrgicos en subcentros de salud del área rural.

### **1.4.2.- ESPECÍFICOS**

- Identificar las necesidades tecnológicas para el esterilizado de implementos quirúrgicos.
- Determinar la disponibilidad del recurso solar en el área de aplicación.
- Analizar la alternativa más conveniente para el desarrollo del sistema de esterilizado utilizando energía solar.

## **1.5.- ALCANCE**

Con el presente proyecto se pretende realizar el diseño y la construcción de un modelo de vaporizador solar para esterilizado de implementos quirúrgicos, con una capacidad de esterilizado de un juego de accesorios para sutura y curación exclusivamente. Para detalle de los implementos ver tabla 1.2.<sup>4</sup>

Teóricamente el modelo propuesto servirá para todos los subcentros de salud del área rural a nivel nacional, pero esté en particular, estará aplicado para el sector Valle de los Chillos en la parroquia de Alangasi del cantón Quito; debido a que en el Subcentro de Salud de esta parroquia existe la disponibilidad y predisposición tanto física como del personal médico y administrativo para

---

<sup>4</sup> SUBCENTRO DE SALUD ALANGASI, Auxiliar de Enfermería Teresa Salazar, Quito, diciembre 2005

solventar cualquier tipo de inquietud que se presentare en este campo a lo largo del desarrollo del proyecto.

Por otra parte, se propone contribuir al desarrollo de la tecnología solar con aplicación a los sectores menos favorecidos de la sociedad como es el caso del sector rural. Así, con el dispositivo de vaporización, se podrá ejecutar otro tipo de aplicación para potencializar y socializar estos avances en beneficio de un mayor número de personas poniendo especial énfasis en el vínculo universidad – comunidad.

**Tabla 1.2: Implementos quirúrgicos para sutura y curación**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES		PESO g.
		Largo (mm.)	Ancho (mm.)	
1	PINZA FUERTE	159,0	85,0	40
1	PORTA BISTURÍ	133,0	12,0	22
1	TIJERA RECTA	157,0	55,0	48
1	TIJERA PUNTA FINA	133,0	47,0	26
1	PINZA CURVA	157,0	70,0	31
1	PORTA-AGUJAS	125,0	62,0	19
1	PINZA QUIRÚRGICA	141,0	8,0	22
1	CAJA METÁLICA (espesor 42 mm.)	177,0	77,0	164
1	TAPA METÁLICA (espesor 15 mm.)	178,0	78,0	114
1	CINTA TESTIGO			

**Fuente: SUBCENTRO DE SALUD ALANGASI, Auxiliar de Enfermería Teresa Salazar, Quito, diciembre 2005**



## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1.- ESTERILIZACIÓN DE IMPLEMENTOS QUIRÚRGICOS

El término esterilización se refiere a la destrucción de todo organismo vivo en cualquier objeto o material por medios físicos o por procedimientos químicos. En términos de medicina, esterilizar, es eliminar los gérmenes patógenos, es decir, microorganismos que pueden causar o propagar enfermedades. Siendo un microorganismo los seres organizados solo visibles al microscopio.

Las enfermedades que tuvieron especial interés para los hombres primitivos a pesar de que no podían tratarlas, dividían la génesis de la enfermedad en dos categorías, cada una de ellas con una variedad de terapias que se excluían mutuamente. Los primeros y más numerosos eran los procesos atribuidos a la influencia de demonios malévolos, a quienes se achacaba la proyección de un espíritu ajeno, una piedra o un gusano dentro del cuerpo del confiado paciente. Estas enfermedades debían atajarse mediante conjuros, danzas, sacrificios, hechizos, talismanes y otras medidas. Si al final el demonio entraba dentro del cuerpo de su víctima, por falta de precauciones o a pesar de ellas, todos los esfuerzos se centraban en convertir en inhabitable el cuerpo para el demonio con apaleamientos, torturas o haciendo morir de hambre al paciente. El espíritu ajeno se podía echar con pociones que provocaban un vómito violento o se expulsaba a través de un agujero realizado en el cráneo. Este último procedimiento, denominado trepanación, fue también un remedio para la locura, la epilepsia y el dolor de cabeza<sup>5</sup>.

La tecnología actual ha logrado eliminar la gran mayoría de paradigmas que antiguamente se tenía, de allí surge la importancia dentro de la medicina de los implementos quirúrgicos o herramientas que sirven para cirugías, los cuales

---

<sup>5</sup> Biblioteca de Consulta Microsoft © Encarta © 2005, Medicina, Medicina Primitiva

siempre estarán en contacto con el ser humano, por tanto, la importancia de su esterilización dará como resultado tratamientos médicos sin la presencia de bacterias (microorganismo unicelular cuyas diversas especies causan fermentaciones, enfermedades o putrefacción en los seres vivos o en materias orgánicas) y libres de microorganismos.

La esterilización es un proceso esencial para el funcionamiento de un hospital, clínica, centro médico, subcentro de salud, en el cual se deben utilizar todos los instrumentos quirúrgicos, implantes y muchos otros dispositivos absolutamente esterilizados. La desecación y la congelación eliminan muchas especies de bacterias, pero otras simplemente permanecen en estado vegetativo. El calor seco o húmedo elimina todas las bacterias combinando adecuadamente factores como la temperatura a la que se someten y el tiempo de exposición. Se puede esterilizar por calor seco en estufas a más de 160 °C durante media hora, o por vapor húmedo en autoclaves a 120 °C durante 20 minutos y a presión superior a la atmosférica. La ebullición a 100 °C no elimina todos los gérmenes patógenos, entre los que no sólo están incluidos las bacterias sino también virus y levaduras, teniendo como **virus**, organismos de estructura muy sencilla, compuesto de proteínas y ácidos nucleicos, y capaz de reproducirse solo en el seno de células vivas específicas, utilizando su metabolismo, y las **levaduras**, nombre genérico de ciertos hongos unicelulares, de forma ovoidea, que se reproducen por división. Suelen estar unidos entre sí en forma de cadena, y producen enzimas capaces de descomponer diversos cuerpos orgánicos, principalmente los azúcares, en otros más sencillos. Otro medio habitual de esterilización, utilizado para objetos no resistentes al calor, son los medios químicos: el ácido fénico, iniciador de la era de la antisepsia, el ácido cianhídrico, el óxido de etileno, la clorhexidina, los derivados mercuriales, los derivados del yodo (especialmente la povidona yodada) y muchas otras sustancias. El alcohol etílico no produce esterilización completa. Otro medio de esterilización actual son las radiaciones ionizantes (beta, gamma)<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Biblioteca de Consulta Microsoft ® Encarta ® 2005, Bacteriología, esterilización

## **Etapas del proceso de esterilización<sup>7</sup>:**

### **Limpieza/descontaminación:**

Es la remoción mecánica de toda materia extraña en las superficies de objetos inanimados. Se consigue en general con la utilización de agua y detergente. La materia orgánica e inorgánica presente en los artículos interfiere en los métodos de esterilización y desinfección ya sea impidiendo el contacto del agente esterilizante con todas las superficies o, en el caso de procesamiento por calor, prolongando los tiempos de exposición requeridos para lograr el mismo objetivo. La limpieza disminuye la carga microbiana por arrastre pero no destruye microorganismos. Puede realizarse a través de métodos manuales o automáticos. La tendencia actual en las centrales de esterilización es la automatización de los procesos de lavado con el fin de lograr mayor estandarización y disminuir los márgenes de error. Siempre debe realizarse una prolija limpieza antes de procesar los artículos. La descontaminación, tiene como objetivo disminuir la carga microbiana de los artículos dejándolos seguros para su manipulación. El término se aplica a artículos contaminados durante la atención de pacientes o por contacto con fluidos corporales o materia orgánica presente en artículos contaminados. La descontaminación se logra a través de la eliminación de la materia orgánica con métodos de limpieza estandarizados.

### **Inspección:**

Corresponde a la evaluación visual de los artículos lavados en búsqueda de desperfectos o suciedad que pudieran interferir en los métodos de esterilización. Esta debe ser realizada en forma minuciosa con apoyo de una lupa en cada uno de los artículos antes de proceder a su preparación y empaque.

### **Preparación/empaque:**

En esta etapa los artículos son preparados y empaquetados en condiciones que se facilite su uso y se eviten daños y deterioro del material. Cada artículo tiene requerimientos especiales en cuanto a preparación que deben ser considerados. El empaque requerido por cada artículo depende del método de esterilización, su naturaleza y el uso a que está destinado. Deben ser

---

<sup>7</sup> BRENNER P, OTAIZA F, Manual de Esterilización y Desinfección, Chile, 2003, p 11.

permeables al método de esterilización que se utilice y resistente al almacenamiento hasta el momento de uso a fin de otorgar seguridad al usuario.

**Esterilización:**

Es la eliminación completa de toda forma de vida microbiana de objetos inanimados incluyendo esporas. Puede conseguirse a través de métodos físicos, químicos o gaseosos.

**Desinfección:**

Es la destrucción de formas vegetativas de microorganismos en objetos inanimados y no necesariamente esporas. Se realiza por métodos químicos o físicos. La desinfección de alto nivel implica la eliminación total de toda forma de vida microbiana excluyendo sólo las esporas bacterianas. Existen agentes desinfectantes que no tienen capacidad para la destrucción completa de todos los microorganismos vegetativos, en este caso la desinfección que se obtiene se califica como de nivel intermedio o bajo. Estos últimos niveles de desinfección tienen muy poca aplicación práctica en la actualidad.

**Almacenamiento:**

Corresponde al proceso a través del cual, los artículos son conservados hasta su uso. Las condiciones de almacenamiento deben asegurar la esterilidad o desinfección del artículo al momento del uso.

**Entrega de materiales:**

Corresponde a la distribución de los materiales a los servicios usuarios en cantidad y calidad necesaria para sus requerimientos.

**Certificación de los métodos de esterilización:**

Constituyen indicadores que permiten verificar que los materiales fueron sometidos a procesos de esterilización

### **2.1.1.- CONTAMINACIÓN BACTERIANA**

En términos comunes contaminación bacteriana es la transmisión de gérmenes entre personas animales u objetos, es un cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del ambiente y que puede afectar la vida humana y de otras especies. La presencia en el ambiente, por acción del hombre, de cualquier sustancia química, objetos, partículas,

microorganismos, formas de energía o componentes del paisaje urbano o rural, en niveles o proporciones que alteren la calidad ambiental y, por ende, las posibilidades de vida.

Las Bacterias son microorganismos unicelulares y microscópicos, son muy pequeñas, entre 1 y 10 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) de longitud, y muy variables en cuanto al modo de obtener la energía y el alimento. Están en casi todos los ambientes: en el aire, el suelo y el agua, desde el hielo hasta las fuentes termales; incluso en las grietas hidrotermales de las profundidades de los fondos marinos. También se pueden encontrar en algunos alimentos o viviendo tanto en la superficie como en el interior de otros organismos vivos que están cumpliendo su ciclo vital o están muertos.<sup>8</sup>

#### **2.1.1.1.- Clasificación de las bacterias**

Las bacterias se clasifican de dos maneras; por su forma y por su modo de vida.<sup>9</sup>

Por su forma se clasifican en:

- Cocos, las cuales son de forma esférica y pueden estar solas, agrupadas o formando verdaderas hileras, las primeras que están solas o agrupadas se las llama “estafilococos”, y las que forman hileras se llaman “estreptococos”.
- Bacilos, son de cuerpo alargado, aplanado, cilíndrico a manera de bastones o cigarros; presentan movilidad.
- Vibrios, son muy cortos, algo curvados y también presentan movilidad.
- Espirilos, que son de cuerpo alargado pero enrollados a manera de hélice o espiral.

Por su modo de vida se clasifican en:

---

<sup>8</sup> Biblioteca de Consulta Microsoft © Encarta © 2005, Bacterias, Introducción

<sup>9</sup> FREIRE P, Poligrafiado de Biología General y Bases, p 54

- Libres, aquellas que tienen vida autotrófica, esto es, ciclo autónomo y se alimentan en base de sus propios fenómenos de quimiosíntesis (procesos químicos) y no recurren al medio externo.
- Saprofitas, para sobrevivir necesitan de sustancias orgánicas, provocando su descomposición y en la mayoría de los casos presentan gran valor industrial.
- Parásitas, son las más dañinas, causantes de enfermedades en el hombre, animales y plantas; su efecto dañino se debe a que cuando ingresan al organismo se multiplican con gran rapidez y se alimentan de los productos útiles de sus huéspedes elaborando toxinas, enzimas, que producen la enfermedad.

No todas las bacterias tienen capacidad de movimiento, pero las que lo hacen se desplazan gracias a la presencia de apéndices filamentosos denominados flagelos. Éstos pueden localizarse a lo largo de toda la superficie celular o en uno o ambos extremos, y pueden aparecer aislados o en grupo. Dependiendo de la dirección en que gire el flagelo, la bacteria puede moverse avanzando o agitándose en una dirección concreta. La duración de los movimientos de avance en relación con los de giro, está asociada a receptores presentes en la membrana bacteriana; estas variaciones permiten a la bacteria acercarse a determinadas sustancias, como partículas alimenticias, y alejarse de aquellas condiciones ambientales adversas. En algunas bacterias acuáticas, que contienen partículas ricas en hierro, el movimiento se orienta según el campo magnético.

Las bacterias se reproducen de forma asexual y dentro de ella por división simple. Algunas bacterias se dividen cada cierto tiempo (entre 20 y 40 minutos). En condiciones favorables, si se dividen una vez cada 30 minutos, al igual que ocurre en los organismos superiores, una especie de bacteria origina al reproducirse sólo células de la misma especie, transcurridas 15 horas, una sola célula habrá dado lugar a unos mil millones de descendientes, esto explica el avance rápido de las enfermedades y el poder de contaminación.

Las bacterias están implicadas en la descomposición o deterioro de la carne, el vino, las verduras, la leche y otros productos de consumo diario. La acción de las bacterias puede originar cambios en la composición de algunos alimentos y provocar un mal sabor. El crecimiento de bacterias en los alimentos puede también ocasionar intoxicaciones alimentarias. Por otra parte, las bacterias resultan de gran importancia en muchas industrias. La capacidad fermentadora de ciertas especies es aprovechada en la producción de queso, yogurt, adobos y salazones. También resultan importantes en el curtido de cueros, la producción de tabaco, la conservación del grano, los tejidos, los fármacos, y en la elaboración de varios tipos de enzimas, polisacáridos y detergentes.

Las bacterias también afectan a la naturaleza y composición del suelo. Como resultado de su actividad, los restos de sustancias orgánicas de las plantas y los animales se descomponen en partículas inorgánicas. Este mecanismo es una fuente importante de alimento para las plantas. El proceso fotosintético en que se basan las plantas fue, casi con certeza, desarrollado en primer lugar en las bacterias.

Bacterias que causan enfermedades humanas, sólo una pequeña parte de los miles de especies de bacterias causan enfermedades humanas conocidas. Las infecciones bacterianas se evitan destruyendo las bacterias con calor, como se hace en las técnicas de esterilización que ya se ha hablado anteriormente y pasteurización que consiste en elevar la temperatura de un alimento líquido a un nivel inferior al de su punto de ebullición durante un corto tiempo, enfriándolo después rápidamente, con el fin de destruir los microorganismos sin alterar la composición y cualidades del líquido. Cuando se producen, las enfermedades bacterianas se tratan con antibióticos. Pero el abuso de estos compuestos en los últimos años ha favorecido el desarrollo de cepas de bacterias resistentes a su acción.

Casi 200 especies de bacterias son patógenas para el ser humano, es decir, causantes de enfermedades. El efecto patógeno varía mucho en función de las especies y depende tanto de la virulencia de la especie en particular como de las condiciones del organismo huésped. Entre las bacterias más dañinas están

las causantes del cólera, del tétanos, de la gangrena gaseosa, de la lepra, de la peste, de la disentería bacilar, de la tuberculosis, de la sífilis, de la fiebre tifoidea, de la difteria, de la fiebre ondulante o brucelosis, y de muchas formas de neumonía. Hasta el descubrimiento de los virus, las bacterias fueron consideradas los agentes patógenos de todas las enfermedades infecciosas.

### **2.1.1.2.- Crecimiento y muerte de microorganismos**

Cuando una carga microbiana se expone a un método de esterilización, la velocidad de muerte, es directamente proporcional a la concentración del método en un tiempo determinado. En general, la muerte de los microorganismos expuestos a un método de esterilización determinado se produce en forma logarítmica, vale decir que el número de microorganismos que muere cada minuto es un porcentaje constante del número de microorganismos sobrevivientes al inicio de cada minuto (Perkins 1983). El concepto anterior es fundamental para la comprensión del proceso de esterilización y para determinar las curvas de muerte que permiten comparar la resistencia de distintos microorganismos a los métodos de esterilización y los factores que los influyen tales como la materia orgánica, el pH y la humedad entre otros. Con el fin de evaluar los métodos de esterilización se utilizan dos valores que son el Valor D y el valor Z.

**Valor D:** Tiempo de reducción decimal de una carga microbiana o en otras palabras el tiempo requerido para destruir el 90% de los microorganismos en una carga dada a una temperatura dada.

**Valor Z:** Temperatura requerida para reducir el 90% de los microorganismos en una carga dada a un tiempo determinado.

### **2.1.1.3.- Resistencia de los microorganismos**

Los microorganismos presentan diferentes grados de resistencia a los agentes físicos y químicos. Esta respuesta está relacionada con la estructura de los

microorganismos como la capacidad de formar esporas<sup>10</sup>, la presencia de ciertos componentes en la pared celular o el grosor de esta. Por lo tanto la resistencia es diferente en las distintas especies microbianas. A continuación se presenta los Grados de resistencia de los microorganismos:

<i>Mayor resistencia</i>	Priones	
	Esporas bacterianas	
	Mycobacterium	
	Esporas de hongos	
	Virus pequeños	
	Hongos formas vegetativas	
	Bacterias vegetativas	
<i>Menor resistencia</i>	Virus medianos	

Existen otros factores asociados a la resistencia microbiana de tipo ambiental como es la carga bacteriana, la presencia de materia orgánica o sales minerales, PH y temperatura. Esto determina que los artículos que no están limpios tienen mayor dificultad para asegurar que los procesos de esterilización o desinfección hayan sido efectivos. Las diferencias en la resistencia han permitido seleccionar cepas indicadoras para la esterilización y desinfección de alto nivel y preparar indicadores biológicos. Para estos efectos se selecciona la especie más resistente para el método y si la destruye se asume que también destruye los microorganismos menos resistentes.

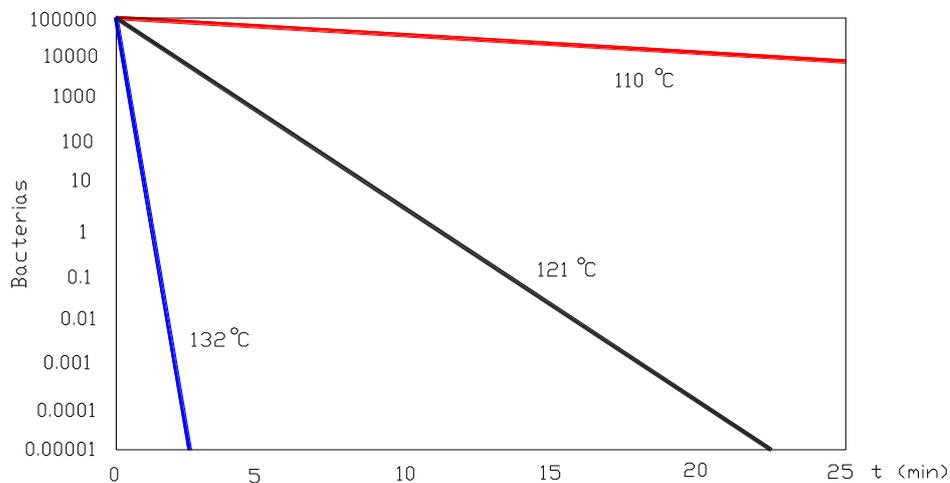
#### **2.1.1.4.- Consideraciones con la definición del término esterilización**

Teóricamente si se asume que el número de microorganismos es infinito y considerando que muere el mismo porcentaje de microorganismos cada minuto, la esterilización entendida como la eliminación completa de toda forma de vida microbiana nunca puede ser lograda. Si se parte con una carga de 1 millón de microorganismos y se reduce cada minuto el 90% de ellos quiere decir que cada minuto se produce la reducción de un logaritmo. En el momento

---

<sup>10</sup> Esporas: forma de resistencia que adoptan las bacterias ante condiciones ambientales desfavorables

que quede 1 sobreviviente aún cuando se extienda el tiempo de esterilización, siempre habrá una probabilidad que una fracción de la carga permanezca viva (Rowe 1997). Figura 2.1 y Tabla 2.1.



**Figura 2.1: Efecto del tiempo de exposición y la temperatura en la destrucción de esporas.**

**Tabla 2.1: Curva de muerte microbiana**

Tiempo (minutos)	Bacterias Vivas	Bacterias sobrevivientes Muertas
0	1000000 0	Sobrevivientes Muertas
1	-900000 100000	Sobrevivientes Muertas
2	-90000 10000	Sobrevivientes Muertas
3	-9000 1000	Sobrevivientes Muertas
4	-900 100	Sobrevivientes Muertas
5	-90 10	Sobrevivientes Muertas
6	-9 1	Sobrevivientes Muertas
7	-0,9 1	Sobrevivientes Muertas
8	-0,09 0,01	Sobrevivientes Muertas
9	-0,009 0,001	Sobrevivientes Muertas
10	-0,0009 0,0001	Sobrevivientes Muertas
11	-0,00009 0,00001	Sobrevivientes Muertas
12	-0,000009 0,000001	Sobrevivientes Muertas

Fuente: BRENNER P, OTAIZA F, Manual de Esterilización y Desinfección, Chile, 2003, p17

De lo anterior surge el concepto teórico que ningún método de esterilización puede asegurar la eliminación completa de microorganismos sino que sólo la posibilidad que exista un microorganismo o una carga contaminada es extremadamente baja. FDA (Federal Drug Administration), agencia reguladora americana exige que los métodos de esterilización debe documentar que la probabilidad de encontrar un artículo no estéril es menor a una en un millón. Esto se denomina SAL de  $10^{-6}$  ("Sterility Assurance Level"<sup>11</sup>). Este indicador es el utilizado en la actualidad para definir que un artículo está estéril. (Russell 1993).

En términos prácticos SAL describe el potencial teórico de inactivación microbiana de un proceso de esterilización, en términos de la probabilidad de encontrar un artículo no estéril, en un conjunto de artículos sometidos a este proceso.

### **2.1.2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPLEMENTOS**

Los artículos que son sometidos a procesos de esterilización están fabricados de diversos materiales cada uno de ellos con características propias. Los materiales más frecuentes son acero inoxidable con distintas aleaciones, plásticos, derivados de la celulosa, vidrios y caucho entre otros. Los aceros inoxidables tienen en su composición distintos componentes y su calidad depende de la proporción de ellos. Algunos afectan su dureza y otros su resistencia al óxido. Se utilizan principalmente para la fabricación de instrumental quirúrgico y contenedores o cajas de instrumental. Los plásticos son compuestos realizados sobre la base de polímeros naturales o sintéticos y su característica principal es que pueden deformarse y amoldarse. Se utilizan como componente de instrumentos, sondas, conexiones y envoltorios. Los vidrios se fabrican a partir de la sílice y se caracterizan por su rigidez dado que sus moléculas son muy cohesionadas. Resisten altas temperaturas y se utilizan en la fabricación de botellas y tubos de ensayo. El látex se utiliza fundamentalmente para la fabricación de guantes, proviene del caucho y se caracteriza por ser muy vulnerable y poco resistente a la tracción y acción de

---

<sup>11</sup> Nivel de esterilización garantizada

detergentes por lo que no deben reesterilizarse. Los algodones se utilizan fundamentalmente en la fabricación de ropa quirúrgica y envoltorios, resisten altas temperaturas pero se dañan fácilmente con la tracción y acción de instrumentos<sup>12</sup>.

Todos los materiales son susceptibles de sufrir daños o deterioro que pueden afectar su funcionamiento y la calidad de sus resultados. El personal de las Centrales de Esterilización así como el usuario de los materiales debe conocer en profundidad las características de los distintos materiales, su cuidado y mantenimiento con el fin de asegurar su utilización apropiada, prevenir complicaciones y evitar costos innecesarios.

Los elementos que se utilizan en la fabricación de materiales que se someten a procesos de esterilización deben reunir características que aseguren su vida útil a lo largo del tiempo. Los profesionales a cargo de los servicios de esterilización deben conocer estas características para lograr los objetivos esperados y evitar complicaciones en los pacientes derivadas del deterioro de los materiales. Los materiales que son sometidos a un proceso de esterilización deben tener características especiales que eviten resultados adversos producto de este proceso, como son:

- Resistencia a los métodos de esterilización
- Estables.
- Seguros para el operador y pacientes.
- Libres de toxicidad
- Con garantía e información por parte del fabricante.

A continuación se describe las características de los materiales utilizados para la fabricación de implementos:

---

<sup>12</sup> BRENNER P, OTAIZA F, Manual de Esterilización y Desinfección, Chile, 2003, p 20.

### **2.1.2.1.- Acero inoxidable**

El acero inoxidable contiene en su composición cromo, níquel, azufre, carbono, silicio, manganeso y fósforo en diferentes concentraciones. Es resistente a la oxidación y herrumbre aún en contacto con ácidos, humedad y gases corrosivos y es capaz de resistir altas temperaturas. La calidad del acero depende de la proporción de los distintos componentes. El instrumental de este material es mejorado agregando diferentes componentes en áreas específicas. Por ejemplo el carburo de tungsteno, por su dureza, alarga la vida útil del instrumental y se usa para reforzar las zonas de demanda de instrumentos como tijeras y porta agujas entre otros. Se identifican por que las asa de mangos son de color dorado. Los artículos de acero inoxidable son durables si se mantienen de acuerdo a indicaciones del fabricante.

La calidad del agua puede dañarlos ya sea por exceso de cloruros o de sustancias alcalinas o ácidas. También pueden dañarse por el tipo de marcado si éste debilita su estructura original. En general los instrumentos quirúrgicos se fabrican con aceros inoxidables especiales. La calidad del acero inoxidable sólo puede ser asegurada cuando es estandarizada, definida, medida y controlada. En la mayoría de los países las características del acero inoxidable para la fabricación de instrumental quirúrgico no están estandarizadas y sólo están definidas por los fabricantes.

### **2.1.2.2.- Plásticos**

Los Plásticos, son compuestos sobre la base de polímeros que tienen grandes moléculas en su estructura. Pueden ser naturales como la celulosa, la cera y el caucho o sintéticos como el polietileno y el nylon. Su característica principal es que son capaces de deformarse y moldearse. Son utilizados ampliamente en el ámbito clínico ya sea como componente de instrumentos y equipos, como aislante térmico y eléctrico y como empaque. En general resisten la acción de ácidos, álcalis y algunos solventes. La resistencia de los plásticos es directamente proporcional a la densidad, a mayor densidad mayor resistencia.

### **2.1.2.3.- Los textiles especiales**

Los Textiles especiales, son usados para la fabricación de algunos artículos tales como pañales, sobres para empaques y filtros. En esterilización se usan preferentemente como envoltorios. Están compuestos por una combinación de celulosa, nylon, polyester y polipropileno. De esta combinación resulta un envoltorio aislante de la humedad y permeable a algunos métodos de esterilización. Es muy resistente a la tracción.

### **2.1.2.4.- Los vidrios**

Los Vidrios, son sustancias que se fabrican a partir de la sílice que se funde a grandes temperaturas. Son rígidos debido a que sus moléculas son muy cohesionadas. Esta característica los hace muy frágiles y fáciles de romper. Muchos artículos usados en medicina están envasados en vidrios. Los más frecuentemente procesados en los servicios de esterilización son los del tipo pyrex debido a que son de mayor grosor y dureza que confieren resistencia a tracción y temperaturas altas. Los vidrios pueden contener en su composición metales y plásticos. A mayor cohesión de sus partículas es más duro y resistente. Los vidrios esmerilados (opacos) no se utilizan en la fabricación de material que requiere ser esterilizado debido a que podrían retener materia orgánica o residuos de gases.

### **2.1.2.5.- Látex**

El Látex, son sustancias derivadas del caucho que se utilizan para la fabricación de guantes. Ciertas características del látex son alteradas por los procesos requeridos para su reutilización. Hay evidencias que el uso de detergentes daña al látex haciéndolo permeable al paso de microorganismos, por lo tanto no se recomienda la reesterilización de guantes.

### **2.1.2.6.- Implementos de sutura y curación**

Para el proyecto en particular, los implementos quirúrgicos a ser utilizados son exclusivamente de acero inoxidable y son aplicados para suturas y curaciones. Los más importantes e imprescindibles son listados a continuación:

- Porta-agujas
- Mango de bisturí
- Tijera recta
- Tijera punta fina
- Tijera punta gruesa
- Pinza anatómica sin dientes
- Pinza quirúrgica
- Caja metálica estéril
- Cinta testigo

Las cantidades mínimas necesarias, dimensiones y forma se encuentran detalladas en la tabla 1.2 y las fotografías de los mismos se detallan a continuación. Cabe resaltar entre los implementos quirúrgicos, la cinta testigo, esta es una cinta adhesiva que se coloca en la caja metálica estéril y tiene la propiedad de cambiar de color cuando el proceso de esterilización a finalizado.



**Fotografía 2.1: Pinza fuerte**



**Fotografía 2.2: Porta-bisturí**



**Fotografía 2.3: Tijera recta**



**Fotografía 2.4: Tijera punta fina**



**Fotografía 2.5: Pinza curva**



**Fotografía 2.6: Porta-agujas**



**Fotografía 2.7: Pinza quirúrgica**



**Fotografía 2.8: Caja metálica estéril**



**Fotografía 2.9: Cinta testigo**

### **2.1.3.- ESTERILIZADO POR VAPOR**

Existen métodos de esterilización por alta temperatura y por baja temperatura. El esterilizado por vapor es un método por altas temperaturas y se denomina el **autoclave a vapor**<sup>13</sup>. Este método de esterilización elimina microorganismos por desnaturalización de las proteínas, proceso que es acelerado por la presencia de agua, requiriendo temperaturas y tiempos bajos de exposición. Este método de esterilización se considera el método más efectivo, económico y rápido disponible en la actualidad, por lo que debe ser la primera opción en la selección de métodos de esterilización. Hoy en día la mayoría de los materiales y artículos que requieren ser estériles en un establecimiento como el instrumental quirúrgico, los textiles y gomas pueden ser procesados en autoclave.

El controlar un autoclave con un indicador biológico (cinta testigo), es el método de prueba más aceptado actualmente. Se realiza con esporas bacterianas,

---

<sup>13</sup> BRENNER P, OTAIZA F, Manual de Esterilización y Desinfección, Chile, 2003, p 47

que puede sobrevivir hasta 13 minutos a una temperatura de 121 °C (250 °F). Estos microorganismos son los más resistentes a la temperatura y así proveen un margen adecuado de seguridad cuando validan los procedimientos de esterilización<sup>14</sup>.

### **2.1.3.1.- Clasificación de los autoclaves**

Según sistema de operación se clasifican en:

- Manuales
- Semiautomáticos
- Automáticos

Según la producción de vapor se clasifican en:

- Vapor centralizado
- Generador eléctrico incorporado
- Vapor centralizado y generador eléctrico incorporado
- Generador a gas

Según su funcionamiento se clasifican en:

- Desplazamiento por gravedad
- Con vacío previo
- De sistema pulsante

---

<sup>14</sup> Programa de Eliminación de los Desechos Médicos, California State Polytechnic University, Pomona, <http://www.ccss.sa.cr/germed/gestamb/lectura2.htm>

### 2.1.3.2.- Parámetros de esterilización

A continuación se detallan los parámetros de esterilización para los autoclaves, para ello la siguiente relación Tiempo/Temperatura/Presión se recomienda para la esterilización en autoclave<sup>15</sup>.

**Tabla 2.2: Parámetros de esterilización para autoclaves**

Tiempo desde que alcanza temperatura y presión (min.)	Temperatura °C	Presión Atm.
15	121	1,5
10	126	2,0
3	134	2,9

Fuente: MINSAL, Manual Normas Esterilización y Desinfección, 1995, anexo, p 1

### 2.1.4 RADIACIÓN IONIZANTE

Método de esterilización de bajas temperaturas, las radiaciones ionizantes se consideraron un método práctico de esterilización en la década de los 50 cuando se descubrieron sus propiedades para la eliminación de microorganismos. Coincidió también la utilización de este método con el desarrollo de material desechable en gran escala.

La esterilización se obtiene sometiendo los materiales a dosis predeterminadas de radiaciones. Hasta la fecha se han utilizado tecnologías con rayos gamma<sup>16</sup>. Este tipo de proceso es de alta complejidad y sólo puede ser realizado bajo estrictas condiciones de seguridad. Requiere infraestructura especializada que en general no es posible ni se justifica en centros de salud<sup>17</sup>. El material debe cumplir requisitos estrictos en cuanto a manufactura y empaque. Este método se encuentra limitado a plantas industriales para artículos nuevos y de un sólo

<sup>15</sup> MINSAL, Manual Normas Esterilización y Desinfección, 1995, anexo, p 1.

<sup>16</sup> Rayos gamma: ondas electromagnéticas muy penetrantes, producidas en las transiciones nucleares o en aniquilación de partículas.

<sup>17</sup> BRENNER P, OTAIZA F, Manual de Esterilización y Desinfección, Chile, 2003, p 65.

uso. En general la mayoría de los materiales pueden ser irradiados incluyendo goma, látex, celulosa, líquidos y género.

Con este método, la esterilización no es evaluada rutinariamente a través de controles biológicos. La confirmación de la esterilización se basa en el cumplimiento estricto de los parámetros del proceso, en primer término el material debe estar escrupulosamente limpio y la planta debe ser operada bajo protocolos en relación a dosis y manejo. Para la identificación de los materiales estériles se utiliza un disco indicador que cambia de color de amarillo a rojo. No se recomienda esterilizar el material por más de una vez con este método porque existe evidencia que la radiación puede afectar algunas características físicas de los polímeros en especial reducción de resistencia y capacidad de elongación.

#### **2.1.5.- ESTERILIZADO EN SECO**

Es un método de esterilización por altas temperaturas, también denominado la estufa por calor seco. Las estufas por calor seco también eliminan microorganismos por desnaturalización de las proteínas, operan a temperaturas superiores a 160°C y por tiempos mayores a 1 hora. Este método es difícil de certificar, de alto costo y deteriora los materiales. Este sistema elimina microorganismos por coagulación de las proteínas. Su efectividad depende de la difusión del calor, la cantidad de calor disponible y los niveles de pérdida de calor. La acción microbicida del calor seco está condicionada por la presencia de materia orgánica o suciedad en el artículo.

Este método es difícil de certificar excepto en equipos complejos y especializados. El calor seco penetra lentamente en los materiales por lo que se requieren largos períodos de exposición. Debido a las altas temperaturas necesarias para destruir los microorganismos, es inapropiado para algunos materiales como líquidos, gomas y géneros. Por otra parte daña el instrumental porque reduce el temple del acero. El uso del calor seco debe limitarse a materiales que no pueden ser esterilizados en autoclave. Los materiales que

pueden esterilizarse en pupinel (estufas que reciben este nombre)<sup>18</sup> y no pueden esterilizarse en autoclave son sólo aceites, vaselina, petróleos y polvos. Estas son sustancias líquidas o que llegan a estado líquido por el calor y el factor humedad, que es fundamental para la esterilización en autoclave no existe. Dadas las dificultades en la certificación de este método de esterilización, se recomienda que no se utilice como primera opción en la esterilización a altas temperaturas.

### 2.1.5.1.- Clasificación

Para la esterilización con calor seco se utilizan las estufas o pupineles. Existen dos tipos de equipos unos de convección gravitatoria y otros de convección mecánica. En ambos equipos el calor es obtenido a través de la energía eléctrica.

En los equipos de **convección gravitatoria**, el aire circula a diferentes temperaturas en el interior de la cámara de acuerdo al siguiente esquema:

- Se calienta el aire, es expandido y disminuye su densidad.
- El aire más frío desciende en la cámara y el aire caliente sube y lo desplaza.
- El aire ascendente calienta el material. y el aire frío descendente es calentado al pasar por el sistema eléctrico correspondiente.
- El ciclo se repite.

La velocidad de circulación depende del sistema de ventilación del equipo y de la diferencia de temperatura entre los calentadores y la puerta. Este tipo de esterilizadores es lento en su operación y la temperatura dentro de la cámara puede ser menos uniforme que en los equipos de convección mecánica.

Los equipos de **convección mecánica**, tienen incorporado un motor tipo turbina que moviliza grandes volúmenes de aire caliente dirigiéndolo hacia la

---

<sup>18</sup> BRENNER P, OTAIZA F, Manual de Esterilización y Desinfección, Chile, 2003, p 54.

carga a temperaturas controladas. El sistema de calentadores esta ubicado en un compartimiento separado de la cámara de trabajo frente a la turbina. Su esquema de funcionamiento es el siguiente:

- En el momento que ingresa el aire caliente, la turbina lo mezcla y lo difunde con el aire recirculante.
- El aire caliente pasa por un ducto donde mediante mecanismos de alta presión se fuerza el aire al lado opuesto de la cámara.
- A continuación, el aire pasa por otra pared difusora y es descargado uniformemente por todo el plano vertical de la cámara. Esto asegura presión positiva en el plano horizontal manteniendo una temperatura uniforme y transferencia similar de calor a todos los puntos de la cámara.
- Después que el aire cruza la cámara y pasa a través de la pared difusora es recirculado por la turbina.
- El ciclo se repite.

En los esterilizadores de convección mecánica el proceso es de mayor eficiencia y menor costo comparado con el de convección gravitacional.

#### **2.1.5.2.- Parámetros de esterilización**

A continuación se detallan los parámetros de esterilización para los pupineles, para ello la siguiente relación Tiempo/Temperatura para la esterilización en calor seco<sup>19</sup>.

---

<sup>19</sup> MINSAL, Manual Normas Esterilización y Desinfección, 1995, anexo, p 9.

**Tabla 2.3: Parámetros de esterilización para pupineles**

<b>Temperatura °C</b>	<b>Tiempo desde que alcanza temperatura (min.)</b>
180	30
170	60
160	120
150	150
140	180
121	360

Fuente: MINSAL, Manual Normas Esterilización y Desinfección, 1995, anexo, p 9.

## **2.1.6 ESTERILIZADO CON SUBSTANCIAS QUÍMICAS**

### **2.1.6.1 Esterilización por óxido de etileno (ETO)**

Es una esterilización a baja temperatura en el cual el óxido de etileno es un agente químico con alto poder microbicida que puede ser utilizado para esterilizar artículos sensibles al calor y a la humedad. Su acción microbicida se produce por alquilación de la pared celular del microorganismo que inhabilita a la célula para tener un metabolismo normal o reproducirse. Su presentación es en forma líquida y se volatiliza formando un compuesto gaseoso. Se caracteriza por tener alta eficacia biocida, acción rápida y gran poder de difusión y penetración que lo hace compatible con gran cantidad de materiales de distintos diseños. Sin embargo, previo a la decisión de esterilizar materiales con ETO, es necesario conocer la compatibilidad de los materiales con este agente porque hay materiales como acrílicos, algunos lentes, artículos eléctricos y drogas entre otros que son afectados por el gas produciendo alteraciones o inactivación. El ETO, puede absorberse por materiales porosos por lo que se requiere aireación prolongada para eliminar el ETO residual previo a su uso. El policloruro de vinilo (PVC), es el material que absorba mas óxido de etileno. Los tiempos de aireación en equipos automáticos están recomendados en base a lo requerido para remover el agente del PVC.

### 2.1.6.1.1 Parámetros de esterilización

Los parámetros de esterilización para el método por óxido de etileno para la relación Temperatura/Tiempo (una vez alcanzada la temperatura, humedad sobre el 40 % y presión del gas entre 450 – 740 mg/l)<sup>20</sup>.

**Tabla 2.4: Parámetros de esterilización para óxido de etileno**

Temperatura °C	Tiempo (horas)
35	5
55	2,5

Fuente: BRENNER P, OTAIZA F, Manual de Esterilización y Desinfección, Chile, 2003, p56

### 2.1.6.1.2 Toxicidad del ETO

Las características del óxido de etileno hacen que la esterilización de materiales sea posible en condiciones especiales y controladas. Sólo se considera efectiva si se utilizan equipos que garanticen los parámetros necesarios para la esterilización: temperatura, humedad, tiempo de exposición, y concentración. Los equipos deben garantizar la remoción del óxido de etileno en el ambiente y materiales.

El óxido de etileno se utiliza en distintas formulaciones. En la actualidad la presentación más frecuente es al 100%. Dado que el ETO puro es inflamable y explosivo, en esta presentación viene en cartuchos sellados para un solo ciclo que sólo se rompen en el momento que se inicia la esterilización estando el equipo cerrado.

El ETO representa un riesgo potencial para personal y pacientes. Está considerado como un producto tóxico para piel, mucosas y aparato respiratorio. La exposición mantenida produce quemaduras, irritación y síntomas generales

---

<sup>20</sup> BRENNER P, OTAIZA F, Manual de Esterilización y Desinfección, Chile, 2003, p 56.

como fatiga y vómitos. Estudios experimentales han demostrado que es cancerígeno en animales y potencialmente cancerígeno en humanos. Por lo anterior, los hospitales deben controlar y prevenir la exposición a ETO tanto del personal como pacientes. La exposición a ETO puede ocurrir por vía respiratoria, (inhalación del agente) o por vía dérmica (manipulación del material o contacto con material que ha absorbido el agente). La toxicidad aguda por inhalación de altas concentraciones en tiempo breve produce irritación ocular y respiratoria, sensibilización de la piel, vómitos y diarrea. La toxicidad crónica produce irritación respiratoria, infección respiratoria secundaria, y trastornos neurológicos. Se ha demostrado en animales de experimentación efectos cancerígenos y mutagénicos y en humanos las investigaciones epidemiológicas no son concluyentes aún cuando se ha documentado que puede existir mayor incidencia de cáncer en trabajadores expuestos.

#### **2.1.6.2.- Esterilización por Peróxido de Hidrógeno en estado de plasma.**

El Peróxido de Hidrógeno ( $H_2O_2$ ) es un agente químico que se ha utilizado por muchos años como desinfectante de alto nivel. El plasma constituye un cuarto estado de la materia diferente al líquido, sólido o gaseoso. Está compuesto por iones reactivos, electrones y partículas atómicas neutras. Este estado de la materia se puede producir en forma espontánea en la naturaleza como es el caso de la aurora boreal o en forma artificial a través de altas temperaturas o un fuerte campo eléctrico o magnético. El equipo esterilizador opera mediante inyección de peróxido de hidrógeno a 58% y producción de plasma a partir de este agente por medio de emisión de energía de radiofrecuencia que crea un campo electromagnético en la cámara. Elimina los microorganismos por oxidación. Esteriliza a no más de 50 °C de temperatura en un ambiente de muy baja humedad lo que favorece la esterilización de material delicado.

La esterilización por peróxido de hidrógeno se realiza en equipos automáticos donde las variables de presión, concentración de  $H_2O_2$ , número de ciclos, tiempo, temperatura son controladas por un microprocesador integrado al

equipo. El operador sólo activa el inicio y posteriormente certifica si el proceso pasó por las etapas correspondientes.

#### **2.1.6.2.1.- Ciclo de esterilización**

El ciclo de esterilización consiste básicamente en las siguientes etapas:

- Vacío inicial: Después que los artículos son colocados en la cámara se extrae el aire, dejándola a una presión uniforme en cada uno de sus puntos. Tiene una duración aproximada de 25 minutos.
- Inyección de Peróxido de Hidrógeno ( $H_2O_2$ ): El agente químico se libera de una ampolla que contiene 1,8 cc a una concentración de 58% en estado líquido en una o dos etapas y se vaporiza en la cámara.
- Difusión: Contacto de  $H_2O_2$  con la carga a esterilizar.
- Plasma: Se activa un campo magnético (radiofrecuencia), que transforma la molécula de  $H_2O_2$  en plasma.

Los tiempos totales del ciclo dependen del modelo a usar y fluctúan entre 54 minutos para una cámara de 100 litros y 45 minutos para una de 50 litros. Al finalizar el ciclo se corta la radiofrecuencia y se vuelve a la presión atmosférica por la introducción de aire filtrado. Estas etapas se repiten en una segunda fase.

Es compatible con la mayoría de los materiales de uso médico. No son compatibles con el método los derivados de la celulosa como el papel, género, lino, ni tampoco líquidos y polvos. El peróxido de hidrógeno es proporcionado al equipo a través de envases sellados que son abiertos dentro del equipo como parte del ciclo sin posibilidad que se ponga en contacto con el operador.

### **2.1.6.3.- Esterilización por Ácido Peracético.**

El ácido peracético es un agente químico oxidante soluble en agua, efectivo en forma rápida contra un amplio espectro de microorganismos a bajas concentraciones. Tiene poder bactericida, fungicida y esporicida. No deja residuos tóxicos. Se ha utilizado desde hace años como desinfectante de alto nivel. Elimina microorganismos por acción oxidativa en los enlaces sulfidrilos y sulfúricos, en las proteínas y enzimas de los microorganismos, produciéndose ruptura de la pared celular.

En la última década se han desarrollado dos tecnologías de esterilización que utilizan ácido peracético. En una se utiliza el agente en estado líquido y en la otra en estado plasma. El ácido peracético es muy corrosivo para los instrumentos, situación que ha sido superada por las nuevas tecnologías, combinándolo con químicos anticorrosivos.

El agente es inestable por lo que no puede ser reutilizado. La exposición del personal a altas concentraciones puede producir daño tanto en piel como en mucosas especialmente con exposición repetida. Las tecnologías actuales de esterilización están diseñadas para que no exista exposición al producto concentrado y mínima exposición al producto diluido.

#### **2.1.6.3.1.- Esterilización con Acido Peracético Líquido.**

El método está diseñado para la esterilización de artículos médicos sumergibles tales como los endoscopios y laparoscopios. El equipo para estos efectos controla automáticamente el ciclo (concentración del desinfectante, temperatura y tiempo) y enjuaga el material con agua estéril. Los materiales son esterilizados dentro de contenedores que pueden utilizarse como empaque para la conservación del material. El proceso tiene una duración total de 30 minutos a una temperatura entre 50 y 56° C. El material no requiere aireación y puede ser utilizado inmediatamente terminado el ciclo. El equipo puede ser monitorizado a través de indicadores químicos y biológicos. Para la

esterilización se utiliza ácido peracético líquido al 35% que queda a una concentración final del 0,2%. El concentrado se diluye automáticamente dentro del esterilizador con agua de la red que pasa por un proceso de filtración. Al final del proceso el esterilizante usado puede ser eliminado directamente al alcantarillado.

El esterilizador cuenta con un microprocesador que controla las etapas del proceso. El esterilizante está contenido en un recipiente sellado de un solo uso, compuesto por el ácido peracético al 35% y un compuesto químico anticorrosivo.

#### **2.1.6.4.- Esterilización con formaldehído.**

El formaldehído esteriliza a temperaturas entre 60 y 80°C. La esterilización se produce por acción de formaldehído en presencia de vapor saturado. La presencia de vapor saturado es indispensable para que se produzca la esterilización. Elimina los microorganismos por alquilación. El ciclo de esterilización consiste en evacuación del aire de la cámara seguido por introducción de vapor a baja temperatura y gas de formaldehído por un sistema de pulsaciones logrando una suspensión homogénea. Posteriormente el gas se remueve de la carga mediante aire y vapor a presión en forma alternada. Finalmente la carga se seca por vacío. En la última fase el aire y vapor extraen el formaldehído residual. Requiere equipos especiales.

El formaldehído se presenta en forma líquida y con la acción del proceso de esterilización se volatiliza y es retirado del material a través de una serie pulsátil donde se introduce vapor. La concentración de formaldehído que se utiliza depende del diseño de los equipos. Los equipos más nuevos operan con concentraciones de formaldehído bajas, entre el 2 y 3%. Equipos más antiguos operan con concentraciones mayores hasta el 35%. La duración de los ciclos es inversamente proporcional a la temperatura. En ciclos de 60°C dura alrededor de 3,5 horas.

El formaldehído es un producto tóxico considerado cancerígeno potencial y mutagénico. El contacto del agente con la conjuntiva puede causar daño permanente en la córnea. Por otra parte concentraciones ambientales muy bajas (entre 0,1 y 5 ppm) pueden causar irritación ocular y en el tracto respiratorio. Concentraciones mayores (10 a 20 ppm) pueden causar tos, opresión precordial, taquicardia y cefalea. Exposiciones de entre 50 y 100 ppm pueden causar edema pulmonar, neumonía y muerte. Además las exposiciones repetidas aún a concentraciones bajas pueden producir sensibilización en algunas personas produciendo reacciones asmáticas. Por lo anterior los equipos deben controlar la exposición al formaldehído. La concentración ambiental máxima permitida es de 1 ppm en 8 horas de trabajo.

### **2.1.7.- CONFIABILIDAD DE LOS PROCEDIMIENTOS**

De los varios métodos de esterilización que pueden ser utilizados en el ámbito de atención en salud. El autoclave a vapor se considera la tecnología más barata y efectiva para estos efectos y los diferentes centros de salud deben tender a utilizar esta tecnología como primera opción y dejar las otras tecnologías sólo para aquellos materiales que no resistan altas temperaturas y no pueden ser procesadas en este sistema. Todas las tecnologías tienen ventajas y limitaciones por lo que cada establecimiento debe seleccionar aquellas más apropiadas para sus necesidades considerando el tipo de materiales a procesar, su volumen y costo.

En la tabla 2.5 se presenta un resumen de las características y parámetros requeridos para los distintos métodos de esterilización, mientras que en la tabla 2.6 se presentan las ventajas y limitaciones de los distintos métodos de esterilización<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> BRENNER P, OTAIZA F, Manual de Esterilización y Desinfección, Chile, 2003, p 64, 66.

**Tabla 2.5: Requerimientos y características de los distintos métodos de esterilización**

	<b>Calor seco</b>	<b>Autoclave A Vapor</b>	<b>Oxido De Etileno</b>	<b>Formaldehído</b>	<b>Plasma</b>	<b>Ácido Peracético Líquido</b>
<b>Parámetros</b>	Tiempo Temperatura	Tiempo Temperatura Presión del Vapor	Tiempo Temperatura Concentración Humedad	Tiempo Temperatura Concentración Humedad	Tiempo Temperatura Concentración	Tiempo Temperatura Concentración
<b>Tiempo Temperatura</b>	30 min. a 180 °C 60 min. a 170 °C 120 min. a 160 °C	15 min. a 121 °C 10 min. a 126 °C 7 min. a 134 °C	2,5 horas a 55 °C ETO 100%	2,0 horas a 65°C	45 a 55 min. a 47 °C	30 min. a 56°C
<b>Requisitos de Instalación</b>	Energía Eléctrica	Energía Eléctrica Fuente de Vapor Red de agua tratada Drenaje Compresor	Energía Eléctrica Recambio de aire Pieza aislada Compresor de aire	Energía Eléctrica Fuente de vapor Drenaje	Energía eléctrica	Red de agua Energía eléctrica Drenaje
<b>Toxicidad</b>	No	No	Si	Si	No	Si
<b>Compatibilidad</b>	Metales Vidrios Aceites Vaselina Polvos Petróleos	Instrumental Algodón Líquidos Algunos plásticos Gomas	Instrumental Plásticos Artículos eléctricos Gomas	Instrumental Plásticos	Metales Polímeros Vidrios Látex Siliconas	Artículos sumergibles Endoscopios Laparoscopios
<b>No Compatibles</b>	Plásticos Gomas Líquidos Papel	Aceites Petróleos Polvos Vaselina	Líquidos Polvos Vaselina Aceites	Nylon PVC Polipropileno Líquidos	Derivados de la celulosa Líquidos Polvos	Artículos no sumergibles
<b>Aireación</b>	No	No	Si	No	No	No
<b>Requisitos</b>	Guantes Aislantes	Guantes Aislantes	Mascarillas con filtro especial y guantes de Polivinilo	No	No	No
<b>Tiempo aprox. de Proceso</b>	1,5 horas	45 minutos	11 horas	4 horas	55 minutos	30 minutos

Fuente: BRENNER P, OTAIZA F, Manual de Esterilización y Desinfección, Chile, 2003, p 64.

**Tabla 2.6: Ventajas y limitaciones de los métodos de esterilización**

<b>Método</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Limitaciones</b>
<b>Autoclave a vapor</b>	Ciclos más cortos Menor costo de operación Efectivo frente a la eliminación de priones No presenta toxicidad para el personal ni para el ambiente Certificable	Método no compatible con material termosensible No elimina pirógenos No esteriliza substancias oleosas ni polvos
<b>Calor seco</b>	Equipamiento de menor costo que el autoclave Facilidad de operación de los Equipos	Daño del material por exposición a altas temperaturas Tiempos de exposición prolongados en comparación con la esterilización a vapor Dificultad en la certificación del método Costos de operación elevados No hay información respecto a su efectividad contra priones
<b>Oxido de etileno</b>	Permite la esterilización de material termosensible Certificable Penetración	Requieren períodos prolongados de proceso y aireación No es un método efectivo contra priones Toxico para el personal, pacientes y Ambiente
<b>Plasma</b>	Baja temperatura Ciclo de corta duración No toxico para las personas ni para el ambiente No requiere instalaciones Especiales	Incompatibilidad con algunos materiales Controversia respecto a su utilización en artículos con lúmenes largos entre 1 y 2 mt. y angostos entre 1 y 3 mm. No elimina priones
<b>Ácido peracético líquido</b>	Rápido Efectivo en la esterilización de esndoscópios y laparoscopios Equipo automático estandarizado No contamina al medio ambiente	Sólo puede ser utilizado para material Sumergible Esteriliza un solo contenedor por ciclo por lo que no puede ser utilizado para cantidades mayores de material No elimina priones Debe ser utilizado en forma inmediata
<b>Formaldehido</b>	Baja temperatura Ciclos de corta duración Certificable	Incompatibilidad con algunos materiales Método no aprobado para su uso en USA No elimina priones

Fuente: BRENNER P, OTAIZA F, Manual de Esterilización y Desinfección, Chile, 2003, p66

## 2.2.- APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR

El Sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los albores de la Historia, puede satisfacer todas nuestras necesidades, si se aprende cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente derrama sobre el planeta. Ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia.

La recepción directa de la energía solar requiere de dispositivos artificiales llamados *colectores solares* que son diseñados para recoger energía, después de concentrar los rayos del Sol. La energía, una vez recogida, se emplea en *procesos térmicos o fotovoltaicos*. En los procesos térmicos, la energía solar se utiliza para calentar un gas o un líquido que luego se almacena o se distribuye. En los procesos fotovoltaicos, la energía solar se convierte en energía eléctrica sin ningún dispositivo mecánico intermedio.

**Procesos térmicos:** El calor recogido en los colectores puede destinarse a satisfacer numerosas necesidades. Por ejemplo, se puede obtener agua caliente para consumo doméstico o industrial, o bien para dar calefacción a nuestros hogares, hoteles, colegios, fábricas, etc. Incluso se puede climatizar las piscinas y permitir el baño durante gran parte del año. También, y aunque pueda parecer extraño, otra de las más prometedoras aplicaciones del calor solar será la refrigeración durante las épocas cálidas .precisamente cuando más soleamiento hay. En efecto, para obtener frío hace falta disponer de un “foco cálido”, el cual puede perfectamente tener su origen en unos colectores solares instalados en el tejado o azotea.

Las aplicaciones agrícolas son muy amplias, con invernaderos solares pueden obtenerse mayores y más tempranas cosechas; los secaderos agrícolas consumen mucha menos energía si se combinan con un sistema solar, y, por citar otro ejemplo, pueden funcionar plantas de purificación o desalinización de aguas sin consumir ningún tipo de combustible.

**Procesos fotovoltaicos:** Dispuestos en paneles solares, ya producían electricidad en los primeros satélites espaciales. Actualmente se perfilan como la solución definitiva al problema de la electrificación rural, con clara ventaja sobre otras alternativas, pues, al carecer los paneles de partes móviles, resultan totalmente inalterables al paso del tiempo, no contaminan ni producen ningún ruido en absoluto, no consumen combustible y no necesitan mantenimiento. Además, y aunque con menos rendimiento, funcionan también en días nublados, puesto que captan la luz que se filtra a través de las nubes. La electricidad que así se obtiene puede usarse de manera directa (por ejemplo para sacar agua de un pozo o para regar, mediante un motor eléctrico), o bien ser almacenada en acumuladores para usarse en las horas nocturnas. Incluso es posible inyectar la electricidad sobrante a la red general, obteniendo un importante beneficio.

La energía solar puede ser perfectamente complementada con otras energías convencionales, para evitar la necesidad de grandes y costosos sistemas de acumulación. Así, una casa bien aislada puede disponer de agua caliente y calefacción solares, con el apoyo de un sistema convencional a gas o eléctrico que únicamente funcionaría en los periodos sin sol. El costo de la “factura de la luz” sería sólo una fracción del que alcanzaría sin la existencia de la instalación solar.

### **2.2.1.- RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA**

La Radiación es un proceso de transmisión de ondas o partículas a través del espacio o de algún medio. Ondas producidas por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica. Las ondas electromagnéticas tienen componentes eléctricos y magnéticos. La radiación electromagnética se puede ordenar en un espectro que se extiende desde ondas de frecuencias muy elevadas (longitudes de onda pequeñas) hasta frecuencias muy bajas (longitudes de onda altas). La luz visible es sólo una pequeña parte del espectro electromagnético. Por orden decreciente de frecuencias (o creciente de longitudes de onda), el espectro electromagnético está compuesto por rayos

gamma, rayos X duros y blandos, radiación ultravioleta, luz visible, rayos infrarrojos, microondas y ondas de radio.<sup>22</sup>

La radiación electromagnética procedente del Sol, es la fuente de energía más abundante y limpia, sin embargo su dispersión y discontinuidad dificultan notablemente su aprovechamiento, lo que la sitúa en desventaja en relación a otros tipos de fuentes energéticas. La radiación solar tiene su origen en el Sol, como consecuencia de las reacciones de fusión nuclear que se producen en su interior y llega hasta la Tierra debido a un proceso de transferencia de energía en forma de radiación electromagnética.

Las ondas electromagnéticas no necesitan un medio material para propagarse. Así, estas ondas pueden atravesar el espacio interplanetario e interestelar y llegar a la Tierra desde el Sol y las estrellas. Independientemente de su frecuencia y longitud de onda, todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a una velocidad  $c = 299.792 \text{ km/s}$ . Todas las radiaciones del espectro electromagnético presentan las propiedades típicas del movimiento ondulatorio, como la difracción y la interferencia.

### **2.2.1.1.- El sol como fuente de energía**

De manera simple, se puede considerar al Sol como una esfera no homogénea compuesta por diversos elementos y cuyas características principales son:

Masa:	$1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$
Diámetro:	$1,392 \times 10^9 \text{ m}$
Superficie:	$6,087 \times 10^{18} \text{ m}^2$
Volumen:	$1,412 \times 10^{27} \text{ m}^3$
Densidad media:	$1,41 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
Distancia media Tierra-Sol:	$1,496 \times 10^{11} \text{ m}$
Temperatura efectiva:	5777 K
Potencia:	$3,86 \times 10^{26} \text{ W}$
Irradiancia:	$6,35 \times 10^7 \text{ W/m}^2$

---

<sup>22</sup> Biblioteca de Consulta Microsoft ® Encarta ® 2005, Radiación Electromagnética, Introducción

La irradiancia se denomina a la energía incidente sobre una superficie, por unidad de tiempo y de área, se mide normalmente en Watios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ), y fuera de la atmósfera recibe el nombre de constante solar, cuyo valor ya fue dado. La energía incidente sobre esa misma superficie, por unidad de área, durante un determinado período de tiempo, se denomina irradiación y se obtiene de la anterior por integración respecto del tiempo. La irradiación se mide en el sistema internacional en Julios por metro cuadrado ( $J/m^2$ ).

## **2.2.2.- RADIACIÓN DIRECTA**

La energía solar incidente en una superficie terrestre se manifiesta de tres maneras diferentes:

Radiación directa: Es la radiación que corresponde al ángulo sólido limitado por el disco solar sin tener en cuenta la dispersión atmosférica.

Radiación difusa- Corresponde a la radiación solar dispersada por los diferentes componentes de la atmósfera.

Radiación reflejada- Es la radiación reflejada por el suelo (albedo)

Radiación total- Es el resultado de todas ellas (cuando la medida de la radiación se realiza sobre una superficie horizontal no se tiene en cuenta la reflejada, en este caso a la suma de la directa y la difusa se la denomina Radiación global.

### **2.2.2.1.- Constante solar**

Se denomina así a la energía que por unidad de tiempo, se recibe fuera de la atmósfera terrestre sobre la unidad de superficie perpendicular a la dirección de los rayos solares en su distancia media, el valor que se admite actualmente es de:  $G_0 = 1354 W/m^2$  que corresponde a un valor máximo en el perihelio de  $1395 W/m^2$  y un valor mínimo<sup>23</sup> en el afelio de  $1308 W/m^2$ .

---

<sup>23</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_solar](http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar)

### **2.2.2.2.- Irradiancia**

Es la potencia incidente por unidad de superficie, medida en W/m<sup>2</sup> (valor medio en una hora).

### **2.2.2.3.- Irradiación**

Es la energía incidente por unidad de superficie en un determinado período de tiempo y se mide en J/m<sup>2</sup>. (aunque la irradiancia y la irradiación son magnitudes físicas distintas, coinciden numéricamente cuando la unidad de tiempo es la hora. La irradiación puede medirse por ejemplo en J/m<sup>2</sup> año)

### **2.2.2.4.- Variación de la radiación solar extraterrestre**

Debido a que la intensidad de la radiación solar varía de manera inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, la variación de la distancia tierra-sol durante el año da lugar a una variación de la radiación solar extraterrestre G(n):

$$G(n) = G_0 \times [1 + 0.333 \times \cos(360 \times n / 365)] \quad (2.1)$$

en donde n es el número del día ( $1 < n < 365$ ). Esta función tiene una variación de 3.3 %, con el máximo de 1412 W/m<sup>2</sup> el 1 de enero y el mínimo<sup>24</sup> de 1322 el 1 de julio.

### **2.2.3.- APLICACIONES DE MEDIA TEMPERATURA**

De manera general, puede decirse que las principales aplicaciones de los sistemas de aprovechamiento solar de baja y media temperatura se dan en el ámbito doméstico o industrial; son los sistemas basados en alta temperatura los que de manera específica, se utilizan para la producción de electricidad.

---

<sup>24</sup> [http://sky.net.co/energia/Radiacion\\_solar\\_1.htm#manH](http://sky.net.co/energia/Radiacion_solar_1.htm#manH)

Destinada a aquellas aplicaciones que exigen temperaturas del agua comprendidas entre los 100 °C y los 300 °C. Como, por ejemplo, la producción de fluidos térmicos para procesos industriales, la desalinización de agua de mar y refrigeración mediante energía solar, elaboración de cocinas solares, vaporizadores.

Los distintos sistemas de aprovechamiento solar se basan en la utilización de la enorme cantidad de energía que emite el Sol y que llega a la Tierra en forma de radiación. En este sentido, el Sol, una enorme masa gaseosa formada sobre todo, por helio, hidrógeno y carbono, actuaría como una especie de reactor de gigantescas dimensiones. Efectivamente, en el interior del Sol se producen continuamente reacciones nucleares de fusión, en las cuales dos átomos de hidrógeno se fusionan para formar uno de helio y liberar en el proceso gran cantidad de energía. Únicamente una parte de ésta llega de forma efectiva a la superficie de la Tierra; la restante retorna al espacio por efecto de la reflexión y refracción provocadas por la presencia de la atmósfera terrestre, o bien es absorbida por las sucesivas capas atmosféricas.

La energía solar alcanza la Tierra por radiación directa o bien como reflejo de la radiación solar absorbida por el aire y el polvo (radiación difusa). La primera se aprovecha de forma masiva gracias a la tecnología actual; para poder utilizar la segunda existen sistemas específicos, como los colectores planos y las células fotovoltaicas.

Las ventajas de la energía solar se encuentran en su carácter inagotable. Utilizando la tecnología adecuada, es posible concentrar la enorme temperatura generada para poner en funcionamiento ciclos termodinámicos de elevado rendimiento. El principal problema es la forma en que esta energía llega a la superficie terrestre: de manera semialeatoria y dispersa, con fuertes oscilaciones en función de las horas del día, las peculiaridades climatológicas, las regiones del planeta o el ciclo estacional. Por otra parte, la energía solar no puede almacenarse; ha de ser transformada inmediatamente en otra forma de energía, como calor o electricidad. Finalmente, su captación requiere de instalaciones que, en buena medida, resultan todavía costosas.

Actualmente existen dos formas principales de aprovechamiento de la energía solar: la térmica, que convierte la energía procedente del Sol en calor, y la fotovoltaica, que la transforma en energía eléctrica.

En los sistemas solares basados en la vía térmica se distinguen tres modalidades de baja, media y alta temperatura. Los primeros funcionan a partir de colectores que transmiten la radiación en forma de calor hasta un fluido que circula por conducto y alimenta sistemas de calefacción, climatización, etc. Aprovechan la energía solar temperaturas de entre 35 y 100 °C.

#### **2.2.4.- ANÁLISIS DEL RECURSO SOLAR DISPONIBLE EN LA LOCALIDAD**

Se ha considerado dos métodos para la obtención de la radiación solar existente en la zona. La zona del presente proyecto se encuentra ubicada en la parroquia de Alangasi (Valle de los Chillos), cantón Quito provincia del Pichincha. Para el análisis de la radiación en el proyecto se ha hecho una comprobación entre la radiación teórica que es posible determinarla mediante expresiones matemáticas y la radiación real para la ciudad de Quito, con datos promedio proporcionados por el INAMHI para los diferentes meses del año y de tres años anteriores.

##### **2.2.4.1.- Radiación solar mediante expresiones matemáticas**

Este tipo de radiación solar se la obtiene de la siguiente manera:

$$Latitud = 0^{\circ}18.31" SUR$$

$$\phi = \frac{-18.31}{60}$$

$$\phi = -0.305^{\circ}$$

$$n = 17$$

$$\delta = 23.45 \cdot \text{sen} \left[ \frac{360 \cdot (284 + n)}{365} \right] \quad (2.2)$$

$$\delta = -20.917^\circ$$

$$W_s = a \cos(-\tan \delta \cdot \tan \phi) \quad (2.3)$$

$$W_s = 90.117^\circ$$

$$N = \frac{2}{15} W_s \quad (2.4)$$

$$N = 12.016$$

$$H_o = \frac{24 \cdot 3600 \cdot G_o}{\pi} \left[ 1 + 0.033 \cdot \cos \left( \frac{360 \cdot n}{365} \right) \right] \cdot \left[ \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \text{sen} W_s + \frac{2 \cdot \pi \cdot W_s}{360} \cdot \text{sen} \phi \cdot \text{sen} \delta \right] \quad (2.5)$$

$$H_o = 3.601 \times 10^7 \text{ (J / m}^2\text{)}$$

$$H_o = 10.003 \times 10^3 \text{ (Wh / m}^2 \text{ día)}$$

$$n_{real} = 5.7$$

$$a = 0.23$$

$$b = 0.56$$

$$H = H_o \cdot \left[ a + b \cdot \frac{n_{real}}{N} \right] \quad (2.6)$$

$$H = 4.956 \times 10^3 \text{ (Wh / m}^2 \text{ día)}$$

donde:

$\phi$  = Valor de latitud para la parroquia de Alangasi.

$n$  = Día con radiación promedio de un mes cualquiera.

$\delta$  = Declinación, Posición angular del sol con relación al plano ecuatorial al medio día.

$W_s$  = Ángulo de ocaso

$N$  = Número teórico de horas de brillo solar.

$H_o$  = Radiación fuera de la atmósfera terrestre

$n_{real}$  = Horas de brillo solar reales.

$a$  y  $b$  = Constantes de la regulación lineal de Armstrong – Page para el Ecuador.

$H$  = Radiación en la superficie de la tierra.

El ejemplo de cálculo está realizado para el sitio en el que se va a ubicar el vaporizador solar y tomando en cuenta el día 17 del mes de enero ( $n$ ) como día que representa un valor promedio de radiación para el mencionado mes. Adicionalmente se ha utilizado el valor de horas de brillo solar reales proporcionados de igual manera por el INAMHI<sup>25</sup>.

A continuación se presenta una tabla en la que se indica los valores de radiación teóricas para los diferentes meses del año.

**Tabla 2.7: Radiación teórica obtenida mediante expresión matemática**

Mes	día	$n$	$\delta$ (°)	$\Phi$ (°)	$W_s$ (°)	$N$ (día)	$H_o$ (Wh/m <sup>2</sup> día)	$n_{real}$ (h)	$H$ (Wh/m <sup>2</sup> día)
Enero	17	17	-20,917	-0,305	90,117	12,016	9999,160	5,7	4956,142
Febrero	16	47	-12,955	-0,305	90,070	12,009	10329,813	5,7	5121,446
Marzo	16	77	-1,613	-0,305	90,009	12,001	10424,869	5,7	5170,470
Abril	15	107	10,149	-0,305	89,945	11,993	10076,733	5,7	4999,686
Mayo	15	137	19,264	-0,305	89,893	11,986	9508,330	5,7	4719,130
Junio	11	167	23,354	-0,305	89,868	11,982	9160,754	5,7	4547,305
Julio	17	197	21,354	-0,305	89,881	11,984	9295,045	5,7	4613,622
Agosto	16	227	13,784	-0,305	89,925	11,990	9786,765	5,7	4856,401
Septiembre	15	257	2,618	-0,305	89,986	11,998	10231,978	5,7	5075,482
Octubre	15	287	-9,230	-0,305	90,050	12,007	10299,902	5,7	5107,243
Noviembre	14	317	-18,670	-0,305	90,103	12,014	10046,773	5,7	4980,142
Diciembre	10	347	-23,242	-0,305	90,131	12,017	9838,190	5,7	4875,938
								Prom.	4918,584

#### 2.2.4.2.- Radiación real

La siguiente tabla indica el valor proporcionado por el INAMHI para los diferentes meses del año.

<sup>25</sup> Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

**Tabla 2.8: Radiación real.**

<i>Mes</i>	<i>H</i> (Wh/m <sup>2</sup> día)
Enero	4819,00
Febrero	4786,00
Marzo	4455,00
Abril	4590,00
Mayo	4790,00
Junio	4975,00
Julio	5599,00
Agosto	6038,00
Septiembre	5459,00
Octubre	5128,00
Noviembre	5127,00
Diciembre	5343,00
<b>Promedio</b>	<b>5092,42</b>

Fuente: INAMHI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

#### 2.2.4.3.- Error porcentual entre Radiación teórica y real

La tabla 2.9 proporciona el cálculo del error porcentual correspondiente para cada mes, entre la radiación teórica obtenida mediante expresiones matemáticas y la radiación real con los datos obtenidos del INAMHI.

**Tabla 2.9: Radiación real, teórica y error porcentual.**

<i>Mes</i>	<i>H<sub>REAL</sub></i> (Wh/m <sup>2</sup> día)	<i>H<sub>TEÓRICA</sub></i> (Wh/m <sup>2</sup> día)	<i>Error</i> (%)
Enero	4819,00	4956,14	-2,85
Febrero	4786,00	5121,45	-7,01
Marzo	4455,00	5170,47	-16,06
Abril	4590,00	4999,69	-8,93
Mayo	4790,00	4719,13	1,48
Junio	4975,00	4547,30	8,60
Julio	5599,00	4613,62	17,60
Agosto	6038,00	4856,40	19,57
Septiembre	5459,00	5075,48	7,03
Octubre	5128,00	5107,24	0,40
Noviembre	5127,00	4980,14	2,86
Diciembre	5343,00	4875,94	8,74
<b>Promedio</b>	<b>5092,42</b>	<b>4918,58</b>	<b>3,41</b>

## **2.3.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL SISTEMA DE VAPORIZACIÓN**

### **2.3.1.- VAPORIZACIÓN Y CALOR LATENTE**

El cambio de temperatura de una sustancia conlleva una serie de cambios físicos. Casi todas las sustancias aumentan de volumen al calentarse y se contraen al enfriarse. El comportamiento del agua entre 0 y 4 °C constituye una importante excepción a esta regla. Se denomina fase de una sustancia a su estado, que puede ser sólido, líquido o gaseoso. Los cambios de fase en sustancias puras tienen lugar a temperaturas y presiones definidas. El paso de sólido a gas se denomina sublimación, de sólido a líquido fusión, y de líquido a vapor **vaporización**. Si la presión es constante, estos procesos tienen lugar a una temperatura constante. La cantidad de calor necesaria para producir un cambio de fase se llama calor latente; existen calores latentes de sublimación, fusión y vaporización. Si se hierve agua en un recipiente abierto a la presión de 1 atmósfera, la temperatura no aumenta por encima de los 100 °C por mucho calor que se suministre. El calor que se absorbe sin cambiar la temperatura del agua es el calor latente; no se pierde, sino que se emplea en transformar el agua en vapor y se almacena como energía en el vapor. Cuando el vapor se condensa para formar agua, esta energía vuelve a liberarse. Para que 1 kg de agua se transforme en vapor a 100 °C, hacen falta 129.000 julios.<sup>26</sup>

### **2.3.2 CONCENTRADOR**

Las principales instalaciones de media temperatura empleadas, generalmente, para producir vapor utilizado en aplicaciones industriales, son las de colectores distribuidos. Constan de un conjunto de colectores de concentración normalmente de forma cilíndrico-parabólica, para favorecer una eficaz absorción de la radiación solar, que, tras captar la energía solar la transmiten a un fluido en forma de calor. El fluido se calienta y transporta la energía

---

<sup>26</sup> Biblioteca de Consulta Microsoft ® Encarta ® , Calor, Calor Latente

calorífica a través de un circuito primario hasta una caldera, de donde se transfiere otro fluido que transita por el circuito secundario. Este segundo fluido, normalmente agua, pasa al estado de vapor a alta temperatura, y es enviado al grupo turbina-alternador donde generará energía eléctrica en virtud de un ciclo termodinámico convencional, o bien será empleado para alimentar procesos industriales. Este tipo de instalaciones disponen, además, de un elemento que permite almacenar la energía calorífica para afrontar las fluctuaciones de la radiación solar. En este proceso, el fluido del circuito secundario envía previamente su calor al sistema de almacenamiento antes de llegar al grupo turbina-alternador.<sup>27</sup> A continuación se presenta una foto de un modelo de concentrador solar parabólico desarrollado por el Ing. José Guasumba.



**Fotografía 2.10: Concentrador parabólico**

---

<sup>27</sup> [http://www.portalplanetasedna.com.ar/central\\_solar.htm](http://www.portalplanetasedna.com.ar/central_solar.htm)

### 2.3.2.1.- Calculo dimensional del paraboloide

La ecuación de la parábola con eje focal el eje x se define por la ecuación fundamental

$$y^2 = 4fx \quad (2.6)$$

De tal forma que despejando la x se tiene

$$x = \frac{y^2}{4f}$$

En la boca de la parábola  $y = \frac{D}{2}$ ;  $x = c$ ;  $c = \frac{D^2}{16f}$

Por lo tanto  $c = \frac{D}{16\left(\frac{f}{D}\right)}$

En donde: **D** diámetro de boca de la parábola; **f** distancia focal; **c** profundidad de la parábola en el centro, para un paraboloide de boca circular

$$A_{em} = \frac{\pi D^2}{4} \quad (2.7)$$

**D** diámetro del paraboloide; **A<sub>em</sub>** es el área efectiva máxima de captación electromagnética o de radiación del sistema parabólico. Si el sistema no tiene pérdidas representa el área de la boca del paraboloide.

### 2.3.3 VAPORIZADOR

El vaporizador en otros términos viene a ser la caldera de vapor que es un aparato en el que se hace hervir agua para producir vapor. El calor necesario para caldear y vaporizar el agua será suministrado por el concentrador, en el caso del proyecto en particular. El sinónimo *generador de vapor* se emplea de preferencia cuando se habla de calderas de una cierta importancia. Si la caldera propiamente dicha está

conectada a otros, de los cuales unos calientan el agua (*recalentadores de agua, economizadores*) o el aire de combustión (*precalentador de aire*), y otros recalientan el vapor (*recalentadores*), suele denominarse el conjunto *grupo evaporador*, y la parte del grupo en que se produce la evaporación se llama *vaporizador o haz vaporizador*. Durante su funcionamiento, la caldera propiamente dicha está sometida interiormente a la presión de equilibrio del agua y de su vapor a la temperatura alcanzada. Los otros elementos del grupo recorridos por el agua o el vapor, a partir de la bomba de alimentación (economizador, recalentador), están sometidos casi a la misma presión, pero la temperatura del fluido puede ser inferior o superior a la ebullición.

El vapor o el agua caliente se producen mediante la transferencia de calor del proceso de combustión que ocurre en el interior de la caldera, elevando, de esta manera, su presión y su temperatura. Debido a estas altas presiones y temperaturas se desprende que el recipiente contenedor o recipiente de presión debe diseñarse de forma tal que se logren los límites de diseño deseado, con un factor de seguridad razonable.

#### **2.3.4 FUNDAMENTOS TERMODINÁMICOS**

El agua como cualquier sustancia pura, puede existir en fase líquida a distintas presiones y temperaturas. Así, por ejemplo a una presión absoluta de 1 bar dicha sustancia se encuentra en su fase líquida en un amplio rango de temperaturas. Sin embargo a esta presión y a una temperatura de 100 ° C, el agua puede encontrarse como líquido, como vapor o como una mezcla de líquido y vapor. Y a temperaturas mayores de 100 ° C sólo puede existir como vapor si la presión se mantiene constante en un bar. De manera análoga, a una presión de 10 bar, el agua también se encuentra en su fase líquida a distintas temperaturas. Sin embargo, a una temperatura de 179.91 ° C la fase de líquido y la de vapor pueden coexistir en equilibrio, esto es, el agua puede encontrarse como líquido como vapor o como líquido y vapor. A temperaturas mayores únicamente puede existir como vapor si la presión se mantiene constante.

De lo anterior se desprende que hay una correlación entre la presión y la temperatura para la coexistencia de dos fases en equilibrio, esto es: a una presión dada corresponde una temperatura única, donde las fases de líquido y vapor pueden existir en equilibrio. En consecuencia, la presión y temperatura no son propiedades independientes, puesto que la una depende de la otra, y existe ambigüedad en la determinación del estado termodinámico.

#### 2.3.4.1 Diagrama temperatura-entropía

En la figura 2.2 se muestra la curva de saturación líquido-vapor en coordenadas temperatura-entropía. El área que se halla debajo de la curva de saturación  $ACB$  se conoce como *región húmeda*, y la mezcla de líquido y vapor existente en esta región se conoce como *vapor húmedo*. Por otro lado, la línea  $AC$  corresponde a los estados de *líquido saturado*, y la línea  $CB$  a los estados de *vapor saturado seco*. El punto  $C$  donde el volumen específico del líquido saturado es igual al del vapor saturado seco, se denomina *punto crítico*. Este punto corresponde a la presión máxima donde la fase líquida y la fase de vapor pueden coexistir en equilibrio. Para presiones superiores a la presión crítica (presiones supercríticas), solo puede existir una fase, esto es, líquido o vapor. El punto crítico ha sido motivo de varias investigaciones relacionadas con fenómenos de combustión y transferencia de calor, ya que, pueden ocurrir distintas anomalías en este punto.

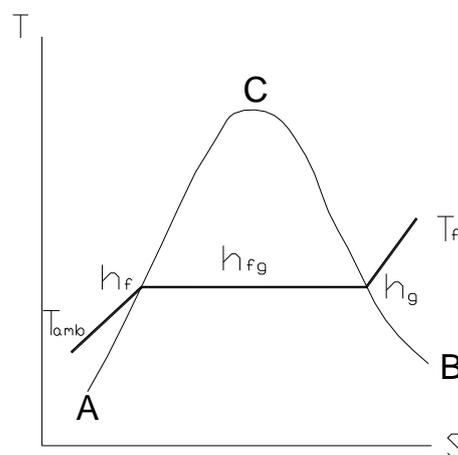


Figura 2.2: Diagrama temperatura-entropía para una sustancia pura

Todo líquido cuyo estado termodinámico se localiza a la izquierda de la línea de saturación AC se llama *líquido subenfriado* o *líquido comprimido*. Esto implica que la temperatura del líquido es menor que la temperatura de saturación para la presión dada, o que la presión es mayor que el valor correspondiente de saturación para la temperatura dada, por otra parte, se denomina *vapor sobrecalentado* al vapor cuyo estado termodinámico se ubica a la derecha de la curva de saturación CB. En virtud de que a presiones supercríticas solo existe una fase, por lo general se conoce como *líquido comprimido* el fluido cuya temperatura es subcrítica, y como vapor sobrecalentado el fluido cuya temperatura es crítica o supercrítica.

La línea sobre la curva de saturación es una curva isobárica (presión constante) y representa las etapas para llegar desde la temperatura ambiente de una sustancia pura hasta una temperatura de vapor sobrecalentado. Estas etapas son las siguientes:

- Inicia desde la temperatura ambiente, hasta la temperatura de ebullición del agua = 92 ° C para el Valle de los Chillos, este incremento de temperatura lo obtiene el fluido mediante el calor sensible y se encuentra dado por la siguiente expresión:

$$Q_1 = m C_{p_f} (T_2 - T_1) \quad (2.8)$$

con:  $m$  = Masa de agua

$C_{p_f}$  = Calor específico del líquido a presión constante

$T_2$  = Temperatura de ebullición del agua en la localidad

$T_1$  = Temperatura ambiente

- Desde líquido saturado a vapor saturado, proceso isotérmico e isobárico se necesita de calor latente y viene dado por:

$$Q_2 = \dot{m} h_{fg} \quad (2.9)$$

con  $\dot{m}$  = Masa por unidad de tiempo

$h_{fg}$  = Calor latente de vaporización.

En esta etapa existe una mezcla de líquido y vapor que constituye el *vapor húmedo*. La cantidad de masa de vapor existente en la mezcla de líquido y vapor se define como el *título o calidad de vapor*.

- Finalmente el calor necesario para sobrecalentar el vapor en la misma curva isobárica se tiene la siguiente relación:

$$Q_3 = m C_{p_g} (T_3 - T_2) \quad (2.10)$$

donde:  $C_{p_g}$  = Calor específico de vapor saturado

$T_3$  = Temperatura de recalentamiento del agua

$T_2$  = Temperatura de ebullición del agua.



## **CAPÍTULO 3**

### **ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**

#### **3.1.- PLANEAMIENTO**

Con el objeto de tener un modelo que se identifique con las reales necesidades de esterilización de implementos quirúrgicos en subcentros de salud del área rural, es indispensable, una referencia de los consumidores. Los esterilizadores son de gran aplicación en los subcentros de salud, por ello se realizó una encuesta a fin de conocer datos sobre las características necesarias del esterilizador y sus requerimientos mínimos.

No se pretende de ninguna manera un muestreo numeroso, sino tan solo, un sondeo de necesidades y requerimientos mínimos para seguir con este trabajo. Las visitas realizadas a los subcentros de salud, permite el contacto directo con el medio de trabajo, la familiarización y aplicación de los equipos utilizados. Se intenta sacar del sondeo información sobre:

- Tipos de implementos
- Frecuencia de uso de los implementos
- Para que se usa los implementos
- Método de esterilización de los implementos
- Parámetros de esterilizado

Los datos obtenidos corresponderán a las medias de las muestras tomadas, por lo tanto, deben ser representativos y confiables. Por la distribución de los subcentros de salud, que se encuentran en todo el país y corresponden a las parroquias rurales (Tabla 1.1), se dificulta mucho el muestreo por efectos de tiempo y movilización, por tanto, se limitó a parroquias correspondientes al Valle de los Chillos (Alangasi, Pintag, La Merced).

### **3.1.1.- DATOS OBTENIDOS**

#### **3.1.1.1.- Tipos de implementos**

Son los que con mayor frecuencia se utilizan y son detallados a continuación:

- Porta-agujas
- Mango de bisturí
- Tijera recta
- Tijera punta fina
- Tijera punta gruesa
- Pinza anatómica sin dientes
- Pinza quirúrgica
- Caja metálica estéril
- Cinta testigo

Todos los implementos, a excepción de la cinta testigo son de acero inoxidable y resistentes a los parámetros de esterilización aplicados. En todos los casos es necesario una unidad por cada equipo. Dimensiones y peso se encuentran detallados en la tabla 1.2, fotografías de los implementos quirúrgicos y de la caja metálica estéril en el capítulo 2 fotografías 2.1 hasta 2.9.

La cinta testigo, es un adhesivo que se coloca en la caja metálica estéril o en los implementos quirúrgicos y tiene la propiedad de cambiar de color cuando el proceso de esterilización a finalizado. Es decir, es un indicador que permite conocer exactamente si el esterilizado se ha realizado a entera satisfacción y como es utilizado en todos los subcentros de salud sondeados, se tomará como valido para el proyecto en curso.

### **3.1.1.2.- Frecuencia de uso de los implementos**

Durante la jornada semanal de cinco días se utilizan unas siete veces promedio, considerando un aumento moderado los fines de semana y en festividades y disminuyendo en días normales. Se los mantiene empacados y listos para cuando sean necesarios.

### **3.1.1.3.- Para que se usa los implementos**

Son utilizados única y exclusivamente para operaciones de sutura (costura de heridas menores) y curación (tratamiento posterior a una sutura, por ejemplo limpieza y extracción de puntos).

### **3.1.1.4.- Método de esterilización de los implementos**

Los subcentros de salud visitados utilizan como método de esterilización de implementos quirúrgicos, el esterilizado por vapor o **Autoclave a vapor**, comparten que es eficiente y de fácil utilización.

### **3.1.1.5.- Parámetros de esterilizado**

Se ha proporcionado los siguientes parámetros de esterilización:

De 12 a 18 minutos a una temperatura entre 121 y 136 °C

Esta variación depende primordialmente del indicador de esterilización, es decir, de la cinta testigo

### **3.1.2.- CONSIDERACIONES GENERALES**

A más de los datos obtenidos en los diferentes subcentros de salud visitados, se realizará una evaluación de los conocimientos adquiridos, mediante comparaciones entre los diversos métodos de esterilización estudiados. Métodos de esterilización con mayores ventajas, facilidades de operación, sin mayor esfuerzo, cumplimiento de características funcionalidad a bajo precio, son parámetros a tomar en cuenta para una buena selección.

El mantenimiento debe ser mínimo, ya que las diferentes funciones que cumple el personal podría ocasionar descuidos posteriores y disminuir la eficiencia de esterilizado.

El estudio de las diferentes aplicaciones de la energía solar da como resultado el análisis de la mejor alternativa para la creación de los parámetros de esterilización (tiempo, temperatura y presión). Se propondrá el más adecuado dispositivo concentrador de calor.

Posteriormente, siempre y cuando la alternativa más viable sea el método de esterilización por vapor, se creará el vaporizador que no es más que un caldero. Caso contrario solo el habitáculo donde se esterilizarán los implementos, es decir la cámara de desinfección.

### **3.2.- ANÁLISIS**

Una vez definidos los parámetros básicos de diseño se procederá a realizar una evaluación en base a puntajes alrededor de características técnicas y económicas, tratando de dar una solución técnica al problema. La evaluación se realizará para los diversos tipos de concentradores solares, vaporizadores y cámaras de desinfección. Elementos que son las partes fundamentales del modelo a diseñar, de esta manera, se tiene las siguientes consideraciones:

### **3.2.1.- CONCENTRADORES SOLARES**

Tomando en cuenta el rango de temperatura necesaria que se necesita para la esterilización de las bacterias más resistentes, 121 a 136 °C, se concluye que se necesitan concentradores de media temperatura, es decir, de 100 a 300 °C, para lo cual se toman en cuenta:

- Concentrador cilíndrico-parabólico
- Concentrador parabólico
- Concentrador con lentes de fresnel

### **3.2.2.- VAPORIZADORES**

Se considera el principio básico de la caldera, que es hacer hervir el agua para producir vapor, para lo cual, el parámetro fundamental es la forma del vaporizador o absorbedor de calor, por ello se tiene como alternativas formas sin aristas, las cuales son propensas a pérdidas de calor, por lo tanto se las eliminan por completo, teniendo como alternativas:

- Absorbedor cilíndrico
- Absorbedor cilíndrico con superficies circulares cóncavas

### **3.2.3.- CÁMARA DE DESINFECCIÓN**

Es el habitáculo donde se esterilizarán los implementos quirúrgicos, por lo tanto se considera parámetros dimensionales en forma de:

- Prisma de base cuadrada
- Prisma de base rectangular

Otra consideración importante para la selección de la cámara de desinfección es, aprovechar las dimensiones del equipo quirúrgico que se va a esterilizar,

estás por ser relativamente pequeñas, permite que la cámara de desinfección también tenga dimensiones pequeñas y además se pueda tomar en cuenta a la cámara de desinfección y vaporizador en un mismo conjunto que se lo denominará:

- Conjunto absorbedor-cámara de desinfección o simplemente vaporizador

### **3.2.4.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE CUANTIFICACIÓN**

En base de los datos obtenidos se puede concluir que se necesita un modelo de esterilizador de implementos quirúrgicos por vapor (autoclave por vapor), debido a que los parámetros de esterilizado, tiempo y temperatura son fáciles de alcanzar. Se ha tomado en cuenta factores generales dentro de los cuales se procederá a evaluar los componentes del proyecto con el siguiente orden de prioridad:

- Fabricación            50 puntos
- Materiales            30 puntos
- Complementarios    20 puntos

Estos factores presentan varias características y de acuerdo a su importancia también sus puntuaciones.

#### **3.2.4.1.- Características de fabricación**

Se ha avalado con 50 puntos y se ha considerado:

- Facilidad de construcción
- Seguimiento al sol
- Pérdidas de calor
- Factor de forma
- Confiabilidad

- Seguridad de uso
- Facilidad de montaje
- Mantenimiento y operación
- Disponibilidad de materiales

a) Facilidad de construcción

Con la finalidad de que la ejecución del proyecto se realice de la manera más simple, para la posibilidad de una producción en serie y además reduciendo los costos de producción y materiales al mínimo, pero respecto a la razón de concentración se avala sobre 15 puntos. De esta manera obtenemos las siguientes calificaciones para los concentradores:

- Concentrador cilíndrico-parabólico, con la utilización de una baroladora se puede obtener la forma cilíndrica de manera sencilla, luego se puede deformar lentamente su forma circular para llegar a la forma parabólica, por lo tanto su puntuación es 15.
- Concentrador parabólico, la construcción de una parábola de revolución es mucho más compleja que el concentrador cilindro-parabólico, pues se tiene 2 opciones, si el diámetro de diseño es menor que 1 m., se lo puede realizar en un torno de repujado con chapa de aluminio, pero al ser mayor, por no existir tornos con diámetro de volteo mayor a 1 m., se necesita realizar un molde para fabricarlo en fibra de vidrio o acrílico, por lo tanto su puntuación es de 10 puntos.
- Concentrador con lentes de fresnel, se puede realizar este tipo de concentrador, tanto de forma cilíndrico-parabólico como parabólico, pero debido a que, en el montaje de los lentes de fresnel se necesita mayor cuidado y además, su costo con relación a los dos anteriores es mucho más alto, se le ha dado una puntuación de 8.

Para los absorbedores se evalúa sobre 30 puntos y se tiene las siguientes consideraciones:

- Absorbedor cilíndrico, de fácil construcción, pues se forma de un cilindro con sus bases de forma circular, pero se realiza una evaluación sobre 30 puntos, pues el parámetro de pérdida de calor es de mayor importancia, su puntuación 30.
- Absorbedor cilíndrico con superficies circulares cóncavas, más compleja que la anterior, pero solo en la conformación de las superficies circulares, por tanto, 25 puntos.

La cámara de desinfección viene a ser el habitáculo donde se realizará el proceso de esterilizado, esta debe mantener la proporcionalidad de la caja metálica estéril, donde todos los implementos quirúrgicos caben dentro de la misma y además, la fácil maniobra del operador para ingresar y sacar la mencionada caja envuelta en una tela preferiblemente índigo sellada con la cinta testigo<sup>28</sup>, y mantener el ambiente necesario para la adecuada circulación del medio que se utilizará para la esterilización. Se evalúa sobre 20 puntos, pues el factor de forma es más relevante y se tiene:

- Prisma base cuadrada, fácil construcción con mínima ventaja sobre el prisma de base rectangular por presentar tan solo 2 dimensiones (lado del cuadrado y largo), su puntuación 15.
- Prisma de base rectangular, por lo anterior expuesto, su puntuación 14.
- Conjunto absorbedor-cámara de desinfección, su construcción tendrá mucho mayor dificultad, ya que, en su diseño hay que prever una cámara donde se vaporice el agua y otra donde los implementos quirúrgicos tengan su espacio donde el vapor circule por toda la caja metálica y también soporte la presión de trabajo. La dificultad de su construcción de este conjunto compensa en razón de que a la vez se estaría construyendo tanto el absorbedor como la cámara de desinfección. Su puntuación 20 puntos.

---

<sup>28</sup> SUBCENTRO DE SALUD ALANGASI, Dr. Flavio Placencia, Quito, enero 2006

La estructura soporte del concentrador solar cuyo parámetro más representativo es la facilidad de construcción, entre una estructura de tipo circular y otra de tipo octogonal, evaluado sobre 70 puntos se tendrá 70 puntos para la estructura soporte de tipo octogonal y 50 puntos a la estructura soporte de tipo circular.

#### b) Razón de concentración

La razón de concentración se da exclusivamente cuando se trata de concentradores solares y se avalúa sobre 20 puntos, por tanto, no se considera en los absorbedores, ni en la cámara de desinfección. Se da como la razón entre el área del concentrador (área de boca), con el área del receptor o absorbedor y mientras mayor sea esta, mayor será la temperatura a alcanzada. Se tiene por definición:

$$Rc = \frac{A_{apertuta}}{A_{ABSORBEDOR}} \quad (3.1)$$

siendo:

$A_{apertuta}$  = Área de apertura del concentrador

$A_{ABSORBEDOR}$  = Área del receptor o absorbedor

- Concentrador cilíndrico-parabólico, presenta bajas relaciones de concentración puesto que el foco receptor es una línea, teniendo como absorbedor un cilindro de diámetro muy inferior al largo del mismo, cuya orientación horizontal creará dificultades en el proceso de vaporización, además, la razón de concentración logradas son bajas<sup>29</sup> (212), por tanto su puntuación 15.

---

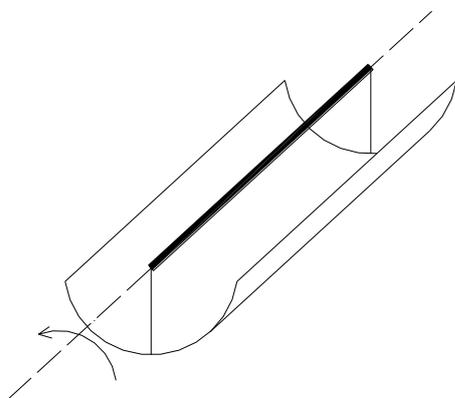
<sup>29</sup> <http://www.quimica.urv.es/~w3siiiq/DALUMNES/99/siiq51/Colc.html>

- Concentrador parabólico, permite relaciones de concentración altas y la forma de los absorbedores cilíndricos permiten el fácil proceso de vaporización, por tanto su puntuación 20.
- Concentrador con lentes de fresnel, tomando en consideración la forma parabólica para el tipo de concentrador utilizado, se toma como puntuación 20.

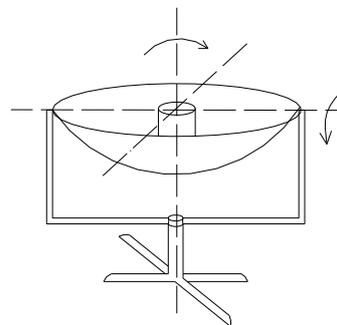
### c) Seguimiento al sol

Los concentradores solares utilizan energía solar directa y tienen que orientarse al sol, además el acabado de sus superficies debe ser de buena calidad y mantener sus propiedades por largos períodos de tiempo sin su deterioro por efectos del polvo, la lluvia y medio ambiente. Parámetro de gran importancia, se evaluará sobre 15 puntos

- Concentrador cilíndrico-parabólico, presenta un eje de giro en sentido longitudinal a la línea focal, por tanto su movimiento se restringe a dos direcciones (figura 3.1), su puntuación 10.
- Concentrador parabólico, permite 2 ejes de giro y seguimientos al sol mucho más exactos, sus dimensiones facilitan su movimiento en estos dos ejes de giro (figura 3.1), su puntuación 15.
- Concentrador con lentes de fresnel, tomando en consideración la forma parabólica para el concentrador se lo califica con 15 puntos.



**Concentrador cilíndrico-parabólico**



**Concentrador parabólico**

**Figura 3.1: Seguimiento solar en concentradores**

#### d) Pérdidas de calor

Las pérdidas de calor se produce en los absorbedores, en lo posible deben ser recipientes que no formen vértices, por que, es a través de estos lo que se genera la mayor pérdida de calor, además los siguientes parámetros también tienen gran influencia en las pérdidas de calor, estos son las irregularidades en la construcción, el tipo de aislamiento térmico, la radiación dependiendo de las condiciones climáticas, el viento. Parámetro fundamental para el diseño, se lo ha evaluado con 20 puntos.

- Absorbedor cilíndrico, existe mayor cantidad de pérdidas de calor debido a la presencia de vértices, su puntuación 10.
- Absorbedor cilíndrico con superficies circulares cóncavas, más óptimo que el anterior, su puntuación 20 puntos.

Las pérdidas de calor en la cámara de desinfección también es un factor importante para la selección de este elemento de gran importancia para el proyecto, su puntuación será de 25 puntos.

- Prisma base cuadrada, presentará pérdidas de calor en proporciones semejantes al prisma de base rectangular, debido a que cualquiera de estas 2 opciones deben tener un sistema de transporte de vapor desde el absorbedor hacia la cámara, mientras el conjunto absorbedor cámara de desinfección no presentará este sistema de transporte de vapor, pues en el mismo absorbedor se llevará a cabo la vaporización de agua y la esterilización de los implementos quirúrgicos, su puntuación para ambos prismas será 10 puntos, mientras que para el conjunto absorbedor-cámara de desinfección será 25

#### e) Factor de forma

Se ha determinado que el factor de forma es propiedad exclusiva de la cámara de desinfección y se relaciona con la forma de la caja metálica estéril. Esta por

tener forma prismática de base rectangular, la cámara de desinfección tendrá la misma forma, se evaluará sobre 5 puntos, por tanto:

- Prisma base cuadrada, por lo anterior dicho su puntuación 4.
- Prisma de base rectangular, la mejor opción, su puntuación 5.
- Conjunto absorbedor cámara de desinfección 5 puntos.

### **3.2.4.2.- Materiales**

Se ha tomado en cuenta:

- Disponibilidad en el mercado nacional
- Costo

#### **a) Disponibilidad en el mercado nacional**

La totalidad de materiales se califica sobre 20 puntos y estos deberán ser adquiridos en el mercado nacional con la finalidad de reducir costos de producción, de aquí se concluye que todos los elementos que componen el proyecto a excepción de los lentes de fresnel van a ser adquiridos en el país, de tal manera todos los componentes tendrán una puntuación de 20 y el concentrador de lentes de fresnel 10 puntos debido a su dificultad de obtención.

#### **b) Costo**

Se ha calibrado con 10 puntos y se obtiene los siguientes puntajes:

- Concentrador cilíndrico-parabólico, con los antecedentes expuestos se da una puntuación de 10.
- Concentrador parabólico, evaluado con 8 puntos.
- Concentrador con lentes de fresnel 6 puntos.
- Absorbedor cilíndrico, se ha tomado 10 puntos
- Absorbedor cilíndrico con superficies circulares cóncavas 8 puntos

- Cámara de desinfección prismática de base cuadrada 10 puntos
- Cámara de desinfección prismática de base rectangular 8 puntos.
- Conjunto absorbedor cámara de desinfección 10 puntos por lo indicado que al mismo tiempo se está construyendo 2 elementos del proyecto.

Por otro lado sobre 30 puntos representaría el costo de los materiales de la estructura soporte y de igual manera se evalúa con 30 puntos a la estructura de tipo octogonal y 20 puntos a la estructura de tipo circular.

### **3.2.5.- RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS**

Toda la evaluación técnica se resume en la tabla 3.1, que conduce a la elección final de las mejores alternativas, con características funcionales ya definidas.

### **3.3.- SELECCIÓN**

Analizando la tabla 3.1 se define que las alternativas seleccionadas para el diseño del modelo de vaporizador solar para el esterilizado de implementos quirúrgicos en subcentros de salud del área rural son:

- Concentrador solar de tipo parabólico
- El Absorbedor seleccionado es de forma cilíndrica con bases redondeadas, sin embargo la cámara de desinfección tiene que formar parte de un conjunto absorbedor-cámara de desinfección, por lo tanto se selecciona un conjunto absorbedor cámara de desinfección de forma cilíndrica con bases redondeadas
- Esterilizado a vapor

El resto de elementos que constituyen el proyecto no se consideran en este procedimiento de selección, debido a que estos elementos serán analizados al momento de desarrollar los elementos más importantes.

**Tabla 3.1: Matriz elemental de selección de alternativas**

No.	ASPECTOS	PONDERACIÓN	CONCENTRADOR			PONDERACIÓN	ABSORBEDOR	
			CILÍNDRICO PARABÓLICO	PARABÓLICO	LENTE DE FRESNEL		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO CÓNCAVO
1	<b>FABRICACIÓN</b>	<b>50</b>	<b>CALIFICACIONES</b>			<b>50</b>	<b>CALIFICACIONES</b>	
	1.1 FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN	15	15	10	8	30	30	25
	1.2 RAZÓN DE CONCENTRACIÓN	20	15	20	20			
	1.3 SEGUIMIENTO AL SOL	15	10	15	15			
	1.4 PERDIDAS DE CALOR					20	10	20
	1.5 FACTOR DE FORMA							
2	<b>MATERIALES</b>	<b>30</b>				<b>30</b>		
	2.1 ADQUISICIÓN NACIONAL	20	20	20	10	20	20	20
	2.2 COSTO	10	10	8	6	10	10	8
3	<b>COMPLEMENTARIOS</b>	<b>20</b>				<b>20</b>		
	3.1 MANTENIMIENTO	10	8	10	8	10	8	10
	3.2 FACILIDAD DE TRANSPORTE	10	8	10	8	10	10	10
	<b>PUNTUACIÓN TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>86</b>	<b>93</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>88</b>	<b>93</b>

**Tabla 3.1: Matriz elemental de selección de alternativas (continuación)**

No.	ASPECTOS	PONDERACIÓN	CÁMARA DESINFECCIÓN			PONDERACIÓN	ESTRUCTURA SOPORTE	
			PRISMA BASE CUADRADA	PRISMA BASE RECTANG.	CONJ. ABSOR- CÁM. DE DES.		OCTOGONAL	CIRCULAR
1	<b>FABRICACIÓN</b>	<b>50</b>	<b>CALIFICACIONES</b>			<b>70</b>	<b>CALIFICACIONES</b>	
	1.1 FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN	20	15	14	18	70	70	50
	1.2 RAZÓN DE CONCENTRACIÓN							
	1.3 SEGUIMIENTO AL SOL							
	1.4 PERDIDAS DE CALOR	25	10	10	25			
	1.5 FACTOR DE FORMA	5	4	5	5			
2	<b>MATERIALES</b>	<b>30</b>				<b>30</b>		
	2.1 ADQUISICIÓN NACIONAL	20	20	20	20			
	2.2 COSTO	10	10	8	10	30	30	20
3	<b>COMPLEMENTARIOS</b>	<b>20</b>						
	3.1 MANTENIMIENTO	10	10	10	10			
	3.2 FACILIDAD DE TRANSPORTE	10	10	10	10			
<b>PUNTUACIÓN TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>79</b>	<b>77</b>	<b>98</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>70</b>



## CAPÍTULO 4

### DISEÑO DEL SISTEMA DE VAPORIZACIÓN

#### 4.1.- PARÁMETROS DE DISEÑO

De lo analizado en el capítulo 3 se concluye que los elementos a diseñar son:

- Concentrador solar de tipo parabólico
- Conjunto absorbedor-cámara de desinfección
- Estructura soportante del concentrador con mecanismo de seguimiento
- Estructura soportante del conjunto absorbedor-cámara de desinfección

#### 4.1.1.- PARÁMETROS TERMO-FÍSICOS

Se tomará en cuenta los siguientes parámetros para el diseño del sistema:

- Temperatura ambiente promedio para el Valle de los Chillos, 15 ° C.
- Temperatura de ebullición del agua en el Valle de los Chillos, 92 ° C.
- Temperatura final de esterilización, 121 ° C.
- Presión final de esterilización,  $1.5 \text{ Atm.} = 1.55 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 1.52 \text{ bar.}$
- Volumen de agua de vaporización  $V_a = \frac{1}{8} \text{ l} = 0.125 \text{ kg}$
- Irradiación media  $H = 5092.42 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2 \text{ día}}$

## 4.2.- CONCENTRADOR

Se realiza un análisis termodinámico para conseguir la temperatura de esterilización de 121 ° C y 1.52 bar (tabla 2.1). El dispositivo térmico esta compuesto por un concentrador de tipo parabólico, el cual refleja la radiación solar hacia el recipiente cilíndrico colocado a lo largo del eje focal que contiene el fluido en proceso.

### 4.2.1.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 4.2.1.1.- Cálculo dimensional del paraboloide

La ecuación de la parábola con eje focal el eje  $y$ , se define por la siguiente expresión

$$x^2 = 4fy \quad (4.1)$$

se lo representa gráficamente en la siguiente figura:

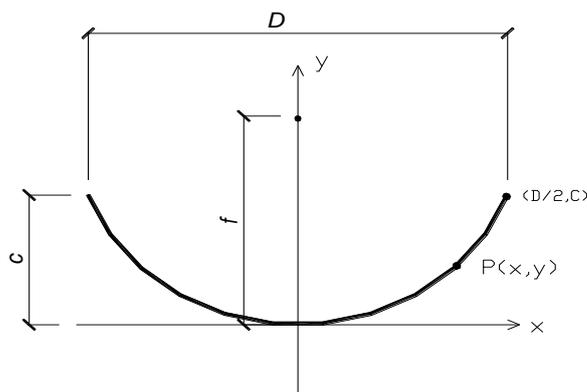


Figura 4.1: Parábola con eje focal al eje  $y$

Despejando  $y$  se tiene

$$y = \frac{x^2}{4f}$$

En los extremos de la parábola:  $x = \frac{D}{2}$  ;  $y = c$

reemplazando en la ecuación 4.1  $c = \frac{D^2}{16f}$

por tanto: 
$$c = \frac{D}{16\left(\frac{f}{D}\right)} \quad (4.2)$$

donde:  $D$  diámetro de boca de la parábola

$f$  distancia focal

$c$  Profundidad de la parábola en el centro para un paraboloide de boca circular

$$A_{em} = \frac{\pi D^2}{4} \quad (4.3)$$

$A_{em}$  es el área efectiva máxima de captación electromagnética o de radiación del sistema parabólico, si el sistema no tiene pérdidas representa el área de la boca del paraboloide y es así como se lo considerará para cálculos posteriores.

#### 4.2.1.1.1.- Relación entre foco y diámetro del paraboloide<sup>30</sup>

Por facilidad de construcción se toma en cuenta la siguiente expresión

$$0.23 < \frac{f}{D} < 0.45 \quad (4.4)$$

#### 4.2.1.2.- Análisis térmico

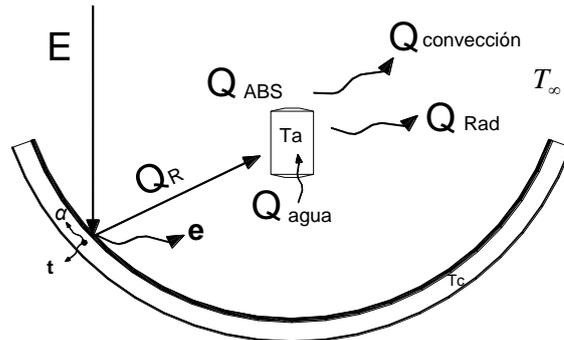
Se realizará el análisis del sistema concentrador-absorbedor y para ello se visualizan los elementos en la figura 4.2, obteniéndose el balance de energía

---

<sup>30</sup> GUASUMBA J, Cocina solar portátil de tipo parabólico para uso en campo

en el absorbedor, de tal manera que se tiene que cumplir que la energía que entra menos la energía que sale será igual a la energía almacenada. Por lo tanto:

$$Q_R = Q_{AGUA} + Q_{ABS} + Q_{PÉRDIDAS} \quad (4.5)$$



**Figura 4.2: Balance de energía concentrador-absorbedor**

$T_{\infty}$  = Temperatura ambiente

$T_c$  = Temperatura del concentrador

$Q_R$  = Radiación emitida por el reflector parabólico

$Q_{AGUA}$  = Calor necesario para calentamiento y evaporación del agua

$Q_{ABS}$  = Calor recibido por el absorbedor desde el concentrador solar

$Q_{PÉRDIDAS}$  = Pérdidas de calor por radiación y convección

$$Q_{PÉRDIDAS} = Q_{Rad} + Q_{convección} \quad (4.6)$$

$Q_{Rad}$  = Calor perdido por radiación hacia el cielo

$Q_{convección}$  = Calor perdido por convección hacia el ambiente

#### a) Calor por radiación

Es el calor que emite el concentrador solar parabólico al absorbedor y este se encuentra tabulado mediante una expresión matemática en función de parámetros como: la radiación solar directa, el área efectiva máxima de

captación electromagnética y propiedades propias del material, tanto del concentrador como del absorbedor. Se encuentra dada como:

$$Q_R = E \cdot A_{em} \cdot \rho_{em} \cdot \alpha_{ABS} \cdot F \quad (4.7)$$

donde:

$E$  = Radiación electromagnética incidente sobre el colector parabólico ( $W/m^2$ )

$A_{em}$  = Área efectiva máxima de captación electromagnética ( $m^2$ )

$\rho_{em}$  = Reflectancia del espejo, valor entre 0.75 a 0.85, valor más alto mayor reflectancia y para diseño se deberá tomar un valor más bajo

$\alpha_{ABS}$  = Absortancia del absorbedor, valores entre 0.8 a 0.95

$F$  = Factor de forma que depende del material y de la manufactura.

La radiación promedio es de 5092.42 (Wh/m<sup>2</sup>día) con unas 8.4 horas de brillo solar, tomando en cuenta la media entre las horas de brillo solar real y teórica (5.7 y 12 horas, según tabla 2.6) y con un 5 % menos para equiparar la jornada laboral normal de los subcentros de salud, se obtiene una **irradiancia media de 606.24 (W/m<sup>2</sup>)**.

El área efectiva máxima dada por la ecuación 4.3 para el caso real, esta debe restarse del área que ocupa el absorbedor y llamando  $d$  al *diámetro del absorbedor* y tomando como valor *12 cm*, se tiene:

$$A_{em} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad (4.8)$$

$$A_{em} = \frac{\pi}{4} (D^2 - 0.12^2)$$

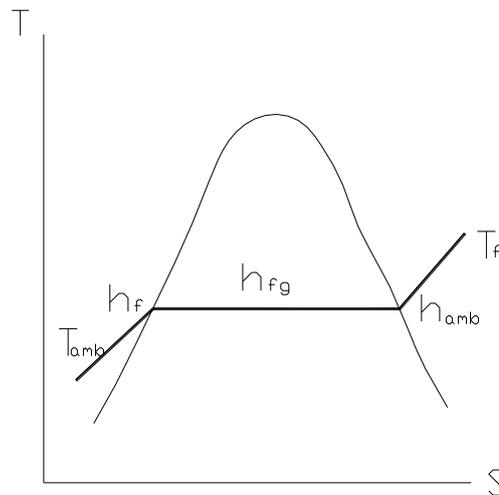
La reflectancia del espejo se tomará un valor promedio de 0.8 del rango dado, por tanto:  $\rho_{em} = 0.8$ . La absortancia del absorbedor se toma como valor 0.85 y finalmente el factor de forma 0.8, entonces tenemos:  $\alpha_{ABS} = 0.85$ ;  $F = 0.8$ .

Reemplazando la ecuación 4.8 y los valores dados se obtiene una ecuación en función del diámetro del paraboloide de revolución como sigue:

$$Q_R = 259.02(D^2 - 0.12^2)(W / m^2) \quad (4.9)$$

### b) Calor para vaporizar el agua

Se realiza el análisis de la curva temperatura-entropía para vapor de agua en figura 4.3



**Figura 4.3: Diagrama temperatura-entropía**

$Q_1$  Calor para llegar a la temperatura de saturación del agua (92 ° C para ubicación del proyecto), desde la temperatura inicial del agua, para lo cual se ha tomado 15 ° C.

$$Q_1 = m C_{p_f} (T_2 - T_1) \quad (4.10)$$

se iniciará con un volumen alimentado al absorbedor de 1/8 de litro, por tanto se tiene  $m = 0.125 \text{ Kg}$ ,  $C_{p_f} = 4193 \text{ J / kg}^\circ \text{C}$  para 15 ° C (288 ° K) en tabla A.14<sup>31</sup> del Anexo A e interpolando.

Reemplazando valores se tiene

$$Q_1 = 0.125 (4193) (92-15)$$

<sup>31</sup> BURGARTH , Ingeniería termodinámica, p 531

$$Q_1 = 40357.63 J$$

tomando un tiempo de 5 min. (300 s), para llegar a 92 ° C

$$Q_1 = \frac{40357.63 J}{300 s}$$

$$Q_1 = 134.53 W$$

$Q_2$  Calor latente de vaporización para temperatura de 92 ° C, se tiene

$$Q_2 = m h_{fg}^* \quad (4.11)$$

el flujo de masa<sup>32</sup> se asume 0.07 kg/h, e interpolando de la tabla A.5<sup>33</sup> del Anexo A, se tiene  $h_{fg} = 2278 \text{ KJ/Kg}$  y reemplazando

$$Q_2 = 0.07 \frac{\text{Kg}}{h} \left| \frac{1h}{3600s} \right| \cdot \left( 2278 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \cdot \left| \frac{1000J}{1KJ} \right|$$

$$Q_2 = 44.29 W$$

$Q_3$  Calor necesario para sobrecalentar el vapor

$$Q_3 = m \cdot C_{p_g} \cdot (T_3 - T_2) \quad (4.12)$$

para obtener el calor específico del vapor sobrecalentado, se aplica la definición para el calor específico a presión constante<sup>34</sup>

$$C_{p_g} = \left. \frac{\partial h}{\partial T} \right|_p \quad (4.13)$$

las condiciones finales del vapor de agua son 121 ° C y 1.5 Atm, es decir, 0.152 MPa, teniendo que (1 Atm = 0.1013 MPa)<sup>35</sup>. Se toma como rango los valores

<sup>32</sup> GUASUMBA J, experimentos con concentradores solares

<sup>33</sup> BURGARTH , Ingeniería termodinámica, p 503

<sup>34</sup> MANRIQUE J, Termodinámica, 3ª ed, p 93

<sup>35</sup> MANRIQUE J, Termodinámica, 3ª ed, p 4

de temperatura inicial 120.23 (temperatura de saturación para 0.2 MPa), temperatura final 121.77 ° C, para la presión de 0.152 MPa, de la tabla A.7<sup>36</sup> del Anexo A se obtiene los valores de entalpía de 2711.5 y 2714.7 (KJ / Kg) respectivamente. Por lo tanto

$$Cp_g = \frac{h_2 - h_1}{T_2 - T_1} \quad (4.14)$$

$$Cp_g = \frac{2714.7 - 2711.5}{121.77 - 120.23}$$

$$Cp_g = 2.078 \left( \frac{KJ}{Kg \cdot K} \right)$$

$$Cp_g = 2078 \left( \frac{J}{Kg \cdot K} \right)$$

reemplazando valores

$$Q_3 = 0.125(2078)(121 - 92)$$

$$Q_3 = 7532.75 \text{ J}$$

y para mantener los 12 minutos requeridos

$$Q_3 = \frac{7532.75}{720}$$

$$Q_3 = 10.46 \text{ W}$$

El calor para vaporizar el agua esta dado por la expresión:

$$Q_{AGUA} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (4.15)$$

$$Q_{AGUA} = 134.53 + 44.29 + 10.46$$

$$Q_{AGUA} = 189.28 \text{ W}$$

---

<sup>36</sup> BURGARTH , Ingeniería termodinámica, p 509

### c) Calor del absorbedor

Es el calor recibido por el absorbedor desde el concentrador solar y se encuentra dado por la siguiente relación:

$$Q_{ABS} = m_{ABS} \cdot Cp_{ABS} \cdot (T_3 - T_1) \quad (4.16)$$

donde.

$m_{ABS}$  = Masa del absorbedor

$Cp_{ABS}$  = Calor específico del absorbedor

$T_3 - T_1$  = Variación de temperatura entre 121 y 15 °C

Para obtener la masa del absorbedor se hace necesario considerar el diámetro del absorbedor, el cual se fija en 12 cm. La altura también va a ser asumida y tomará el valor de 18 cm., ( $h=18\text{cm}$ ), valor que se lo tomo con la finalidad de que la caja metálica estéril ingrese verticalmente, y con las bases redondeadas, exista suficiente holgura para su manipulación. Una vez obtenidas las dimensiones externas del absorbedor, se procede a seleccionar el material del mismo, por tal motivo se presentan dos materiales posibles a saber: aluminio y acero galvanizado por sus buenas propiedades conocidas; para ambos casos se tomará un espesor de pared de 1.1 mm., que se encuentra disponible en el mercado.

El volumen del cilindro viene dado por el área lateral formada por las paredes del cilindro, dado por la ecuación:

$$Volumen_{cilindro} = \pi \cdot d \cdot h \cdot espesor \quad (4.17)$$

más el volumen de las 2 bases circulares que forman casquetes esféricos viene dado por la ecuación:<sup>37</sup>

$$Volumen_{base} = \left[ \pi / 4 (d^2 - 4 p^2) \right] \cdot espesor \quad (4.18)$$

---

<sup>37</sup> JUTZ H, Tablas para la industria metalúrgica, 3ª edición, p 43

donde:  $p$  = profundidad de los casquetes esféricos

tomando  $p=2\text{ cm}$  se *obtiene* el volumen del absorbedor que viene dado por:

$$\text{Volumen} = [\pi \cdot d \cdot h + \pi / 2 (d^2 - 4p^2)] \cdot \text{espesor} \quad (4.19)$$

para los valores dados se tiene:

$$\text{Volumen} = [\pi \cdot 0.12 \cdot 0.18 + \pi / 2 (0.12^2 - 4 \cdot 0.02^2)] \cdot 0.0011$$

$$\text{Volumen}_{ABS} = 9.68 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

a continuación, de las propiedades del aluminio<sup>38</sup> obtenemos la densidad del material igual a  $2.7 \left( \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right)$  ó  $2700 \left( \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right)$ , y  $C_{p_{ABS}} = 896 \left( \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \right)$ . Como por definición de densidad

$$\text{densidad} = \frac{m}{\text{Volumen}} \quad (4.20)$$

$$m = 2700 \left( \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot 9.68 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$m_{Al} = 0.26 \text{ Kg}$$

reemplazando valores en la ecuación para el calor del absorbedor se obtiene:

$$Q_{ABS} = 0.26 \cdot (896) \cdot (121 - 15)$$

$$Q_{ABS} = 24693.76 \text{ J}$$

para el tiempo total estimado 77 min (tiempo desde que inicio el proceso, suma de los tiempos de los 3 calores obtenidos)

$$Q_{ABS} = \frac{24693.76 \text{ J}}{77 \text{ min}} \left| \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right|$$

---

<sup>38</sup> JUTZ H, Tablas para la industria metalúrgica, 3ª edición, p 3

$$Q_{ABS} = 5.35 W$$

De igual manera se obtiene el calor que necesita el absorbedor, si el mismo fuera de acero galvanizado (chapa de hierro galvanizado) y tomando como similitud a un acero de 0.4 – 0.7% carbono se tienen las propiedades:<sup>39</sup>

$$\text{densidad } 7850 \left( \frac{Kg}{m^3} \right), \text{ y } Cp_{ABS} = 480 \left( \frac{J}{Kg^{\circ}C} \right)$$

por tanto:

$$m_{Acero} = 0.76 Kg$$

$$Q_{ABS} = 38668.80 J$$

$$Q_{ABS} = \frac{38668.80 J}{77 \text{ min}} \left| \frac{1 \text{ min}}{60 s} \right|$$

$$Q_{ABS} = 8.37 W$$

La cantidad de calor necesario para cumplir el proceso de calentamiento en ambos materiales es relativamente bajo y la diferencia entre ambos no es significativa, por tanto se hace necesario analizar otros parámetros de tal manera que en la siguiente tabla se muestran las ventajas y desventajas del uso de estos materiales propuestos para la fabricación del absorbedor, y una vez analizados se seleccionará el más adecuado para su construcción.

**Tabla 4.1: Ventajas y desventajas del uso de aluminio y acero galvanizado**

ALUMINIO	ACERO AL CARBONO
Alto costo difícil adquisición	Chapa barata y fácil adquisición
Soldadura costo alto	Soldadura costo accesible
Mayor disipación de calor	Menor disipación de calor
Accesorios no disponibles fácilmente	Accesorios de gran disponibilidad
Pocos talleres especializados	Mayor cantidad de talleres
Poca adherencia a la pintura	Mayor adherencia a la pintura

<sup>39</sup> JUTZ H, Tablas para la industria metalúrgica, 3ª edición, p 3

De la tabla anterior se concluye que el material a utilizar para la construcción del absorbedor es el acero galvanizado y se utilizará el valor del calor obtenido.

#### d) Pérdidas de Calor

##### 1) Calor perdido por radiación hacia el cielo

A continuación se detalla cómo se realiza el análisis del calor perdido por radiación, mediante la ecuación:

$$Q_{Rad} = A_{ABS} \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_f^4 - T_{sky}^4) \quad (4.21)$$

donde:  $A_{ABS}$  = área del absorbedor

$\varepsilon$  = emisividad del absorbedor

$\sigma$  = constante de Steban Boltzman

$T_f$  = temperatura final de esterilizado

$T_{sky}$  = temperatura de cielo

Para definir los parámetros del calor perdido por radiación se consideran los siguientes aspectos para cada uno de los mismos.

El área del absorbedor corresponde al área de las paredes laterales del cilindro con bases circulares cóncavas, por tanto:

$$A_{ABS} = \pi d h \quad (4.22)$$

no se considera las bases circulares, porque en primera instancia el absorbedor se encuentra ubicado con las bases circulares perpendiculares al eje focal del paraboloide y en este caso ambas no reciben significativamente radiación. La base inferior porque es ocupada como apoyo de la estructura soportante para fijarla en el foco del paraboloide, ubicación óptima del absorbedor pues en este punto se concentra todo el calor que emite el

concentrador, y por otro lado, la base superior no recibe radiación por encontrarse opuesta a la dirección de la misma.

Como se considero anteriormente el diámetro del absorbedor se fijo en 10 cm., la altura también va a ser asumida en 18 cm., ( $h=18\text{cm}$ ), tomando en cuenta que el volumen inicial del agua que ingresa a temperatura ambiente es 0.125l. Con estos valores se realizará un cálculo inicial para el diseño del concentrador, luego se verificará la validez y cumplimiento de tales parámetros, pudiendo ser modificados.

Reemplazando datos en ecuación 4.22 se obtiene:

$$A_{ABS} = \pi \cdot 0.12 \cdot 0.18$$
$$A_{ABS} = 0.068(m^2)$$

Como ya se indico anteriormente el material utilizado para al absorbedor es aluminio, el mismo que presenta una emisividad de 0.85.

La constante de Steban Boltzman con unidades de potencia, área y temperatura tiene el siguiente valor:

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \left( \frac{W}{m^2 K^4} \right)$$

La temperatura final corresponde al valor de 121 ° C y la temperatura de cielo se encuentra tabulada con la siguiente expresión:

$$T_{sky} = 0.0522 (T_{amb})^{1.5} \quad (4.23)$$

con  $T_{amb}$  = temperatura ambiente (° K)

$$T_{amb} = 15 + 273$$

$$T_{amb} = 288 \text{ } ^\circ K$$

$$T_{sky} = 0.0522 \cdot (288)^{1.5}$$

$$T_{sky} = 255.13^\circ K$$

$$T_f = 121 + 273$$

$$T_f = 394^\circ K$$

reemplazando valores:

$$Q_{Rad} = 0.068 (0.85) (5.67 \times 10^{-8}) (394^4 - 255.13^4)$$

$$Q_{Rad} = 65.10 \text{ (W)}$$

## 2) Calor perdido por convección

El calor perdido por convección viene dado por la expresión:

$$Q_{convección} = A_{ABS} \cdot h \cdot (T_3 - T_1) \quad (4.24)$$

donde:  $A_{ABS}$  = Área del absorbedor

$h$  = Coeficiente de transferencia por convección

$T_3$  = Temperatura final de esterilizado

$T_1$  = Temperatura ambiente

El área del absorbedor es la misma tanto para radiación como para convección, su valor

$$A_{ABS} = 0.068 \text{ (m}^2\text{)}$$

El coeficiente de transferencia por convección es un parámetro que depende de la velocidad del viento y viene dado por la expresión:

$$h = 5.7 + 3.8 V_{viento} \quad (4.25)$$

Por motivo de cálculos es necesario disponer de la velocidad del viento. Este parámetro en especial sirve para el cálculo de pérdida de calor por convección con el ambiente. Para el Valle de los chillos este dato presenta un rango de variación entre 0.2 a 1.1 m/s como promedio en los últimos años y para el cálculo en particular se tomará el valor más crítico que proporciona un valor elevado del coeficiente de transferencia por convección, por tanto:

$$V_{viento} = 1.1 \text{ m/s}$$

$$h = 5.7 + 3.8(1.1) \left( \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right)$$

$$h = 9.88 \left( \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right)$$

La temperatura final de esterilizado es 121 ° C y la temperatura ambiente como se dijo anteriormente 15 ° C, reemplazando valores se tiene:

$$Q_{convección} = 0.068(9.88) (121 - 15)$$

$$Q_{convección} = 71.22 \text{ W}$$

#### 4.2.1.3.- Balance de energía final

Finalmente se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación 4.5 para obtener finalmente el diámetro del paraboloide, obteniéndose:

$$Q_R = Q_{AGUA} + Q_{ABS} + Q_{PÉRDIDAS}$$

$$259.02(D^2 - 0.12^2) = 189.28 + 8.37 + 65.10 + 71.22 \text{ (W)}$$

$$259.02(D^2 - 0.014) = 333.97 \text{ (W)}$$

En la práctica del valor obtenido de 333.97 (W) que es calor neto, se adiciona un 10 % para compensar posibles pérdidas de calor adicionales no consideradas en la misma. Quedando la ecuación anterior como sigue:

$$259.02(D^2 - 0.014) = 367.37 (W)$$

finalmente despejando  $D$  se obtiene:

$$D = 1.197 \text{ m}$$

#### 4.2.2.- DIMENSIONES DEL CONCENTRADOR

Por asuntos de facilidad de construcción se realiza una aproximación del valor calculado para el diámetro de boca, por lo tanto tenemos:

$$D = 1.2 \text{ m}$$

La relación entre foco y diámetro del paraboloide analizado en la ecuación 4.4, permite encontrar la distancia focal. Se tomará como valor<sup>40</sup>:

$$f/D = 0.265$$

valor que se encuentra probado en la fabricación de una cocina solar portátil con concentrador de tipo parabólico, el dispositivo térmico está compuesto por un concentrador de aluminio ISO Al 99,8(A), pulido en la cara interior para reflejar la radiación solar hacia un recipiente cilíndrico colocado a lo largo del eje focal, que contiene el fluido de proceso. La temperatura media alcanzada por un volumen de 0.083 litros de agua es de 92 °C en un tiempo de 10 minutos, por lo tanto se valida esta relación, obteniendo:

$$f = 0.265 (1.2)$$

$$f = 0.318 \text{ m} = 31.8 \text{ cm}$$

reemplazando en ecuación 4.2

$$C = 0.283 \text{ m} = 28.3 \text{ cm}$$

---

<sup>40</sup> GUASUMBA J, V congreso venezolano de ingeniería mecánica, 2004

Reemplazando el valor de la distancia focal  $f$  en la ecuación 4.1 se obtiene:

$$x^2 = 4 f y$$

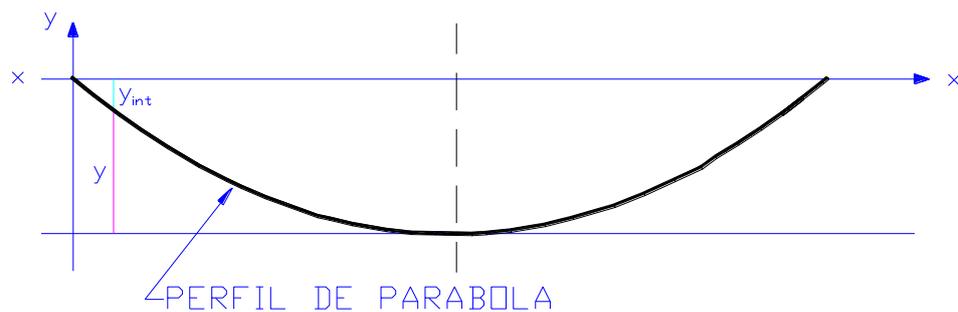
$$x^2 = 4(31.8) y$$

resultando la ecuación de la parábola

$$x^2 = 127.20 y$$

Esta ecuación define el contorno de la parábola, con valores de  $x$  y  $y$  en centímetros.

Con el objeto de obtener el contorno de la parábola del concentrador, se ha realizado un programa computacional para la elaboración del perfil del concentrador de la forma  $x^2 = 127.20 y$  o  $y = x^2 / 127.20$ . Para lo cual se utilizó el programa interno Autolisp de autocad, encontrándose en el Anexo B el listado y en el Anexo C el Plano de su perfil a escala. Para objetos de la construcción se proporciona una tabla de valores absolutos, donde se encuentra una nueva convención de los ejes coordenados para facilitar la fabricación al constructor según la figura 4.4.



**Figura 4.4: Ubicación de coordenadas de parábola para construcción**

Puesto que la superficie requerida para el concentrador es la interna de la parábola, se tomó esta convención, teniendo que para cada valor de  $x$  positivo se tiene su correspondiente  $y$  y  $y_{int}$  que se tomará cada 2 cm, para facilitar su construcción. En la tabla 4.2 se presentan los valores antes indicados.

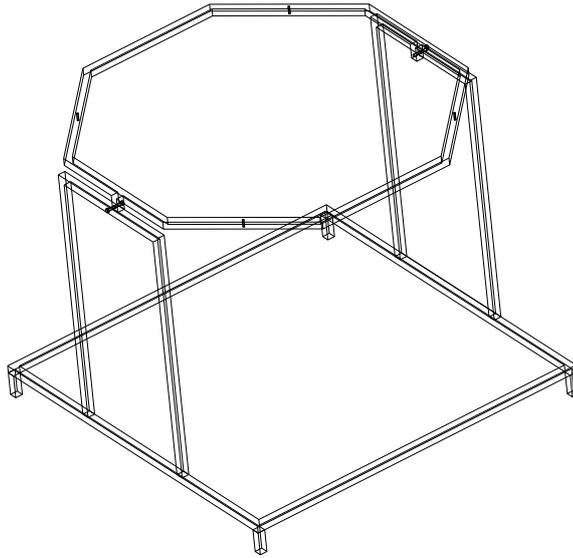
#### **4.2.3.- ESTRUCTURA SOPORTE DEL CONCENTRADOR**

En el diseño de la estructura soporte del concentrador se ha previsto que esta conste de dos partes, la primera que consiste de un cuerpo fijo que servirá de apoyo con el suelo mientras que la segunda, será en la que se apoya el concentrador y permite un mecanismo manual de seguimiento al sol con un eje de curvatura; sin embargo ambas partes están unidas entre si con elementos estructurales comunes que forman una sola estructura soporte.

Dado que las cargas que soportará la estructura soporte son relativamente bajas, tales como: el peso del concentrador y del conjunto absorbedor-cámara de desinfección, la caja metálica estéril con los implementos quirúrgicos, además de existir una pequeña carga de apoyo en el instante de realizar el montaje del vaporizador y la recarga de agua para el proceso de vaporización, no se considera más cargas. Estas condiciones permiten, que la estructura soporte sea diseñada respecto al proceso de soldadura, el cual permite que está sea formada con tubería estructural de acero negro A-36, cuadrado de 1 pulgada por 1.1 mm. de espesor, el cual permite soldadura eléctrica sin inconvenientes de daños en el material y además, existente con gran facilidad en el mercado, cumpliendo adicionalmente con las siguientes características:

- Resistencia mecánica alta
- Robustez
- Facilidad de montaje
- Buena apariencia estética
- Bajo costo

En la figura 4.5 se muestra el bosquejo de la estructura soporte y detalles constructivos en Anexo C:



**Figura 4.5: Bosquejo de estructura soporte del vaporizador solar**

### **4.3.- VAPORIZADOR**

Elemento receptor de la radiación solar emitida por el concentrador llamado también **Absorbedor** como se lo ha mencionado anteriormente, corresponde al conjunto **absorbedor-cámara de desinfección**.

#### **4.3.1.- CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

##### **4.3.1.1.- Paredes del cilindro**

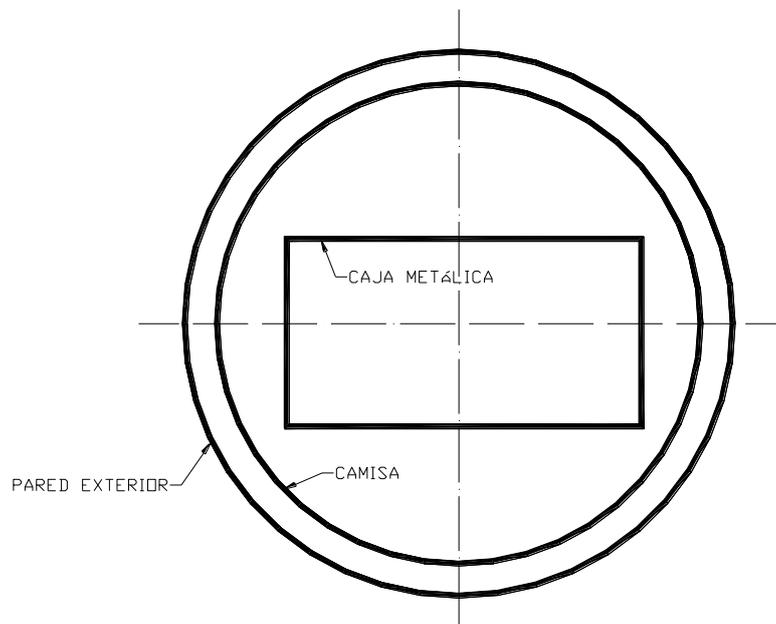
Las dimensiones tomadas para el absorbedor, cuyo diámetro de cilindro corresponde a 120 mm y una altura de 180 mm, son dimensiones exteriores, se ha considerado este diámetro tomando en cuenta que el conjunto absorbedor-cámara de desinfección debe presentar una camisa interna del mismo material de las paredes exteriores. El espacio entre las paredes exteriores del cilindro y la camisa interna se tiene previsto un máximo valor de 10 mm<sup>41</sup>, para el proyecto se tomará 6 mm, de tal manera que el diámetro de la cámara principal

---

<sup>41</sup> GUASUMBA J, Master energía solar

que viene a formar la cámara de desinfección donde se colocará la caja metálica estéril corresponde a 106 mm, todo lo anterior conociendo que el espesor de la plancha es de 1.1 mm de espesor.

Para entender de mejor manera lo anterior dicho se presenta en la figura 4,6 una vista superior del conjunto absorbedor-cámara de desinfección; con la camisa interna, la caja metálica y sus respectivas dimensiones, mientras que en la figura 4.7 la vista lateral. Los planos constructivos en el Anexo C.



**Figura 4.6: Vista superior conjunto absorbedor-cámara de desinfección**

#### **4.3.1.2.- Bases del cilindro**

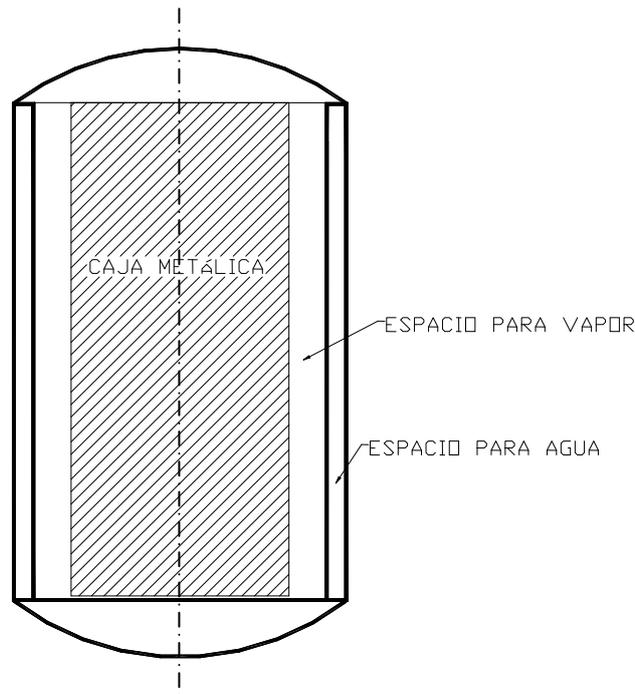
Como es conocido las bases del conjunto absorbedor-cámara de desinfección son circulares convadas, estas deben cumplir con dos funciones principales en función de la ubicación de las mismas:

- La inferior que servirá de apoyo al mecanismo de fijación al concentrador
- La superior será una tapa desmontable que se cierra herméticamente con el cilindro para asegurar que no existan fugas de vapor al exterior, también presentará un mecanismo de bisagra.

**Tabla 4.2: Valores de construcción el para concentrador**

<b>X (cm)</b>	<b>Y (cm)</b>	<b><math>y_{int}</math> (cm)</b>
0,0	28,3	0,0
2,0	26,4	1,9
4,0	24,7	3,6
6,0	22,9	5,4
8,0	21,3	7,0
10,0	19,7	8,6
12,0	18,1	10,2
14,0	16,6	11,7
16,0	15,2	13,1
18,0	13,9	14,4
20,0	12,6	15,7
22,0	11,4	16,9
24,0	10,2	18,1
26,0	9,1	19,2
28,0	8,1	20,2
30,0	7,1	21,2
32,0	6,2	22,1
34,0	5,3	23,0
36,0	4,5	23,8
38,0	3,8	24,5
40,0	3,1	25,2
42,0	2,5	25,8
44,0	2,0	26,3
46,0	1,5	26,8
48,0	1,1	27,2
50,0	0,8	27,5
52,0	0,5	27,8
54,0	0,3	28,0
56,0	0,1	28,2
58,0	0,0	28,3
60,0	0,0	28,3

<b>x (cm)</b>	<b>Y (cm)</b>	<b><math>y_{int}</math> (cm)</b>
62,0	0,0	28,3
64,0	0,1	28,2
66,0	0,3	28,0
68,0	0,5	27,8
70,0	0,8	27,5
72,0	1,1	27,2
74,0	1,5	26,8
76,0	2,0	26,3
78,0	2,5	25,8
80,0	3,1	25,2
82,0	3,8	24,5
84,0	4,5	23,8
86,0	5,3	23,0
88,0	6,2	22,1
90,0	7,1	21,2
92,0	8,1	20,2
94,0	9,1	19,2
96,0	10,2	18,1
98,0	11,4	16,9
100,0	12,6	15,7
102,0	13,9	14,4
104,0	15,2	13,1
106,0	16,6	11,7
108,0	18,1	10,2
110,0	19,7	8,6
112,0	21,3	7,0
114,0	22,9	5,4
116,0	24,7	3,6
118,0	26,4	1,9
120,0	28,3	0,0



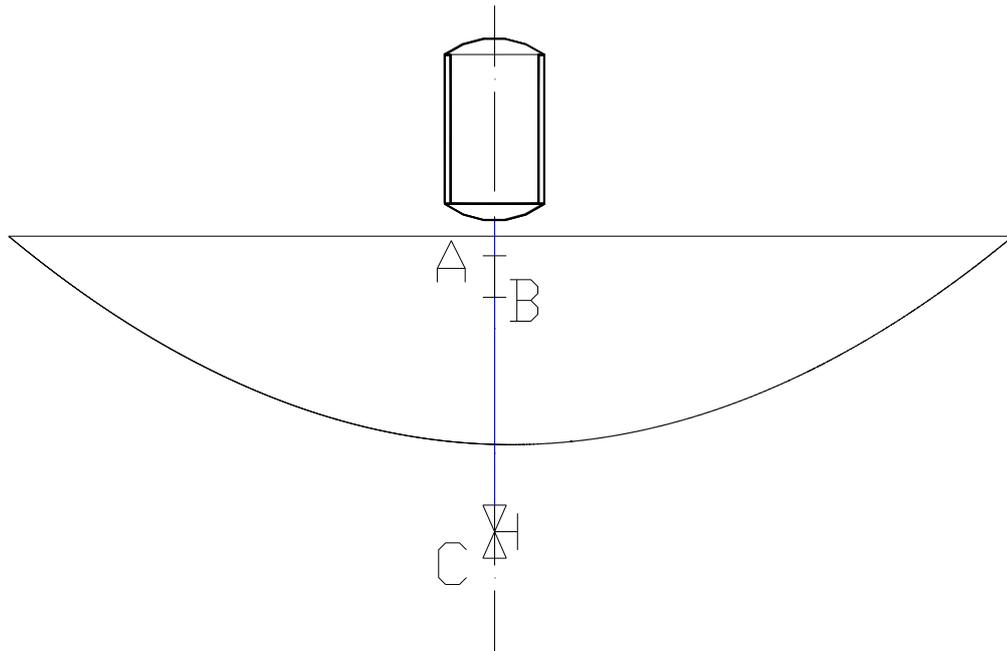
**Figura 4.7: Vista lateral conjunto absorbedor-cámara de desinfección**

#### **4.3.1.2.1.- Base inferior**

En el sistema completo absorbedor-cámara de desinfección, se hace necesario la presencia de una válvula reguladora de presión, con esta finalidad se realizará en el centro de la base una perforación para colocar un neplo de  $\frac{1}{2}$ " de 5 cm de longitud, esta unión se debe realizar con suelda y de manera que posteriormente solo se coloque el resto de accesorios necesarios hasta llegar a la válvula de alivio de presiones. En este tramo no se consideran pérdidas de calor que se generan pues su longitud es relativamente corta para ser considerada.

Los accesorios necesarios se encuentran definidos en la figura 4.8, en esta se puede definir la distancia de la tubería necesaria hasta llegar a la parte posterior del concentrador.

Este diseño de la longitud de la tubería se lo realizó hacia abajo del concentrador con el fin de evitar sombras en el mismo, que conllevaría a una disminución en la eficiencia del concentrador, adicionalmente la sombra creada bajo el absorbedor no concentra radiación solar.



**Figura 4.8: Accesorios para base inferior**

#### **4.3.1.2.2.- Base superior o tapa**

Los implementos quirúrgicos dentro de la caja metálica estéril deben ingresar al conjunto absorbedor-cámara de desinfección por la parte superior del mismo, es por esta razón que la base superior debe cumplir esa función por lo cual también se la llama *tapa o puerta del conjunto*, es decir, abrirse para realizar el ingreso de una caja metálica y cerrarse herméticamente para que está sea esterilizada. Una vez transcurrido el tiempo de esterilizado con la temperatura y presión adecuadas, primero se deberá igualar las presiones interior y exterior; esto se logra con la válvula reguladora de presión instalada en la base inferior, para luego sacar los implementos quirúrgicos ya esterilizados y almacenarlos en estantes previstos para ello.

Se ha realizado una investigación y se ha observado algunos sistemas de cierres herméticos, obteniendo como conclusión; que un sistema de tapa con bisagra única (debido a que el elemento es circular y este permite un solo punto de giro) y cierre con tornillo asegura que las condiciones necesarias para esterilizado se logren.

#### 4.3.1.2.2.1.- Dimensiones de la base superior

Si a la base superior se la fabricara del mismo diámetro que el cilindro (120 mm.), el acople entre ambos resulta muy difícil, pues imperfecciones en el corte, conformado de la forma de la tapa y muchos parámetros adicionales, no lograrán el cierre hermético requerido. Esto se logrará únicamente cuando la tapa se asiente sobre una base plana, por tanto la tapa se debe asentar en la superficie horizontal que une la pared exterior del conjunto con la camisa interior del mismo. Con estas consideraciones se logra la siguiente expresión matemática:

$$d_{bs} = d - 2e - 2e_s \quad (4.26)$$

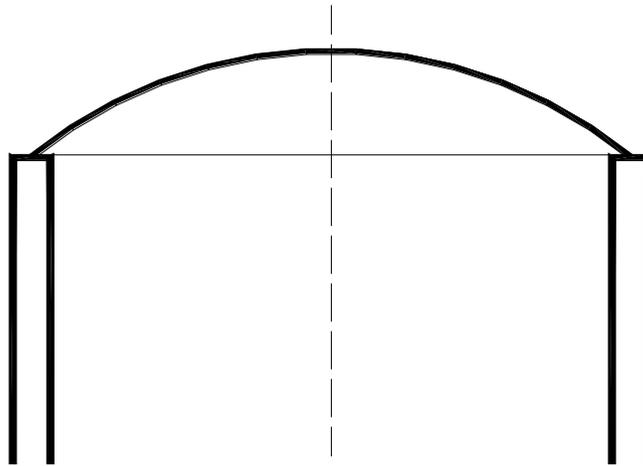
donde:  $d_{bs}$  = diámetro de la base superior  
 $d$  = diámetro del conjunto absorbedor-cámara de desinfección  
 $e$  = espesor del conjunto absorbedor-cámara de desinfección  
 $e_s$  = espesor de la soldadura

En la ecuación 4.18 la variable que se necesita es el espesor de soldadura, está se la estima como un valor máximo de 2 mm, por recomendación del taller donde se va a realizar la construcción del conjunto, por lo tanto, reemplazando valores se obtiene:

$$d_{bs} = 120 - 2(1) - 2(2)$$

$$d_{bs} = 114 \text{ mm.}$$

Este valor puede oscilar entre el valor de diseño y el valor mínimo (106 mm.), pues la construcción con esta apreciación resulta un tanto dificultosa. Este rango de diámetro no afecta de ninguna manera a las condiciones del sistema, por lo tanto se lo tomará como válido. Se presenta un esquema en la figura 4.9 y para detalles constructivos en el Anexo C.



**Figura 4.9: Detalles constructivos base superior**

#### **4.3.1.3.- Ubicación del conjunto absorbedor-cámara de desinfección respecto del concentrador**

Es de vital importancia la ubicación del conjunto absorbedor-cámara de desinfección respecto del concentrador, para ello, se tiene los parámetros ya definidos como son el diámetro y profundidad del concentrador, de igual manera las dimensiones del absorbedor.

Inicialmente se calculará la altura a la que llega la cantidad de agua a vaporizar (1/8 litro) dentro del conjunto, para esto, se necesita restar el volumen del diámetro externo menos el volumen del diámetro de la camisa interna, por lo tanto:

$$V_{agua} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} h_{agua} - \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} h_{agua} \quad (4.27)$$

- donde:
- $V_{agua}$  = volumen de agua necesario
  - $d$  = diámetro externo del cilindro menos el espesor
  - $d_1$  = diámetro de la camisa
  - $h_{agua}$  = altura a la que llegará el agua en el conjunto

reemplazando valores

$$\frac{1}{8}(I) = \frac{\pi \cdot h_{agua}}{4}(d^2 - d_1^2)$$

$$h_{agua} = \frac{125 \times 10^3 (4)}{\pi(118^2 - 106^2)}$$

$$h_{agua} = 59.2 \text{ mm}$$

lo que significa que a partir de la unión base inferior pared de cilindro los 59.2 mm hacia arriba estará cubierto de agua, 20 mm adicionales se dejará para realizar el ingreso del agua y a partir de este espacio se realizará en la pared de la camisa unas perforaciones para el ingreso del vapor hacia la cámara de desinfección. Para mayor entendimiento de lo anteriormente dicho ver Anexo C

El método para encontrar la mejor ubicación del absorbedor respecto al concentrador se lo realiza gráficamente, dibujando a escala tanto el perfil parabólico, el absorbedor, la distancia focal. Se trazan líneas que representan la incidencia de radiación sobre el y luego desde el eje focal se sigue moviendo el absorbedor hasta que las líneas cubran 69.2 mm, que es la altura hasta la que llega el agua (59.2 mm), a evaporar, más 10 mm que se han tomado para que los alrededores también se mantengan a igual temperatura. No se toma en cuenta las líneas que se ubican bajo el absorbedor, pues esta será siempre sombra debido a que el absorbedor estará siempre alineado al sol debido seguimiento que hay que realizar. Es así que se ha llegado a la conclusión que la ubicación óptima del absorbedor respecto al concentrador esta a una distancia de **245.5 mm** tomados desde la parte más baja del concentrador hasta la unión de la base inferior con las paredes del cilindro del absorbedor, para detalles ver Anexo D.

#### **4.3.1.4 Accesorios adicionales**

Dado el sistema se hace necesario elementos adicionales que logren los objetivos que a continuación se los enumera como sigue:

- Suministro de agua, por donde ingresará agua líquida a temperatura ambiente, también se hace necesario un recipiente donde contenga la cantidad de agua requerida
- Purga de vapor en exceso y líquido condensado, lograra mantener la presión y temperatura deseadas
- Lograr el cierre hermético de tapa con cilindro, no debe existir fuga alguna
- Obtener parámetros de medición, tanto de temperatura como presión

#### **4.3.1.4.1 Suministro de agua**

Es de vital importancia el suministro de agua al conjunto absorbedor-cámara de desinfección, de allí que se ha analizado varias posibilidades que se enumeran a continuación, junto con sus ventajas y desventajas, al final del análisis se concluirá el mejor método de suministro de agua:

- La base superior por cumplir la función de tapa del sistema, está no se encuentra ligada directamente con la cámara de vaporización del agua, además, presenta el sistema de cierre hermético, y los medidores de temperatura y presión, por lo que adicionar un mecanismo adicional para el suministro de agua resulta difícil su ubicación.
- La base inferior presenta únicamente el sistema de purga de agua y vapor, pero el realizar un sistema de suministro de agua por la parte inferior involucra realizar un diseño de un mecanismo de bombeo de agua. Pero para la cantidad de agua requerida no justifica su diseño ni construcción.
- Las paredes externas del cilindro representan una buena opción, la altura debe ser a unos 10 mm del nivel que llegará el agua, de tal manera que cuando está ingresa, no pase por las perforaciones de la camisa interna hacia la cámara de desinfección, pero esto genera que se tenga que realizar en las paredes exteriores este sistema de

suministro, generando siempre sombras que disminuye la eficiencia del concentrador.

- La camisa interna por presentar perforaciones para el ingreso del vapor de agua, también pueden ser utilizados para el ingreso de agua líquida, basta con abrir la tapa, tener la medida del agua requerida e ingresarla al sistema.

De las posibilidades analizadas, se concluye que el suministro de agua se lo realizará por las perforaciones existentes de la camisa interna del conjunto absorbedor-cámara de desinfección. Se hace necesario también un embudo adecuado y un recipiente en el cual se coloque la cantidad de agua exacta requerida.

#### 4.3.1.4.2 Purga de vapor y líquido

Definida la ubicación exacta del absorbedor respecto al concentrador se puede concluir las dimensiones de la tubería, observando la figura 4.8 y el Anexo C, se obtiene la siguiente tabla.

**Tabla 4.3: Requerimientos de tubería de base inferior**

No.	TRAMO	DIÁMETRO (pulg)	LONGITUD (m)
1	AB	0,5	0,05
2	BC	0,5	0.25

Como se puede apreciar en la tabla anterior, existen dos tramos los cuales están ensamblados con accesorios, de allí que con el tramo BC de 0.25 m de longitud sale fuera del concentrador sin inconvenientes. A continuación se presenta una tabla que indica qué accesorio va en cada uno de los tramos. Se ha tomado como diámetro de 0.5 pulgadas la tubería a utilizar por ser mucho más comercial, de fácil adquisición y montaje.

**Tabla 4.4: Accesorios de base inferior**

<b>No.</b>	<b>TRAMO</b>	<b>DIÁMETRO (pulg)</b>	<b>ACCESORIO</b>
1	AB	0,5	Unión
2	BC	0,5	Válvula de media vuelta

La sujeción de la base inferior con la superficie cilíndrica se lo realiza con soldadura a lo largo de la base. Detalles ampliados se encontrarán en el capítulo de la construcción, también, posteriormente se analizará la parte interna del conjunto que viene a representar la cámara de desinfección.

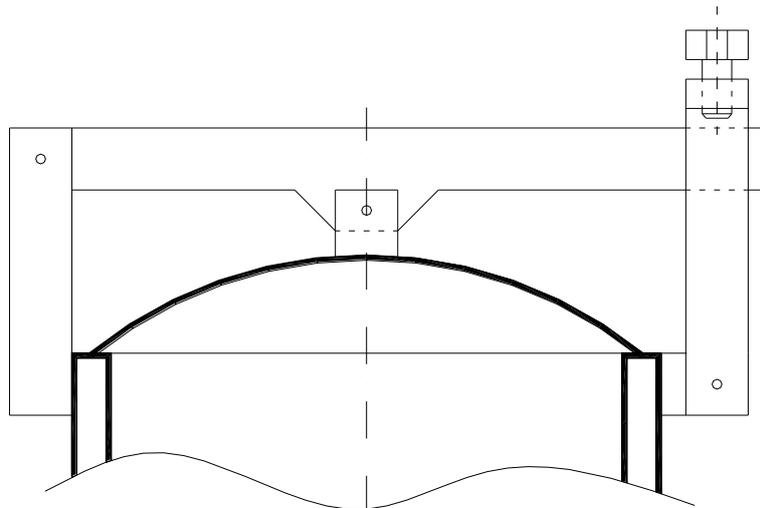
#### **4.3.1.4.3 Sistema de cierre hermético**

Como se mencionó anteriormente la base superior del sistema completo absorbedor-cámara de desinfección, debe garantizar hermeticidad para, evitar la fuga de vapor de agua y presión de trabajo. Con esta finalidad se presenta un sistema de cierre hermético entre la base superior y el cilindro, el mismo que se lo ha tomado haciendo una analogía en una máquina generadora de gas a partir de carbón de piedra, ver fotografía 4.1, es así como se realizará este mismo criterio para la elaboración del mencionado sistema de cierre.

Este sistema va análogo para la base superior del conjunto absorbedor-cámara de desinfección, solo que dimensionalmente será más pequeño, y en lo posible se lo realizará de dimensiones pequeñas (Anexo C), para evitar sombras en el concentrador, ver esquema en la figura 4.10.



**Fotografía 4.1: Sistema de cierre hermético en un generador de gas a partir de carbón de piedra**



**Figura 4.10: Sistema de cierre hermético para base superior**

#### **4.3.1.4.4.- Sensores de temperatura y presión**

Una vez que se ha analizado donde instalar el termómetro y el manómetro se concluye que la ubicación más óptima esta en la tapa del conjunto, debido a que se hace necesario tener elementos de medición y control, por lo tanto se propone la instalación de un termómetro en grados centígrados con un rango

de hasta 200 ° C y un manómetro que en lo posible mida la presión en *MPa*, en un rango igualmente aceptable, hasta 2 o 3 *MPa*. Los manómetros existentes en el mercado presentan como medio de acople perno de rosca 3/8 “, por tanto, sobre la base se soldará una tuerca para acoplar el manómetro y otro para colocar el termómetro.

La ubicación de los sensores se consideró en la tapa debido a que no generan sombra en el concentrador y de esta manera no disminuye la eficiencia óptica en el mismo. Detalles constructivos y ubicación de los controladores se encuentran en el Anexo C.

#### **4.3.1.5.- Estructura soporte del vaporizador**

Para realizar el montaje del conjunto absorbedor-cámara de desinfección con el concentrador parabólico es necesario realizar el montaje sobre una estructura que permita ubicar al vaporizador sobre el eje focal y a una distancia de 245.5 mm, medidos desde la unión pared del cilindro, base inferior hasta la parte más baja del concentrador, además debe tomar en cuenta las condiciones de construcción y espacio disponibles para aprovechar al máximo la radiación solar.

Dado que el conjunto absorbedor-cámara de desinfección presenta un peso de 0.76 *kg* según 4.28, y estimando que con los accesorios adicionales, caja metálica estéril e implementos quirúrgicos no llegará a sobrepasar los 2 *kg*, además, como este elemento no es un dispositivo mecánico que estará expuesto a cargas mecánicas, la estructura soporte del vaporizador estará dada por los elementos que componen el sistema de purga de vapor y agua definidos en el punto 4.3.1.4.2, es decir, los accesorios metálicos y la tubería requerida, la misma que de material galvanizado no tendrá problemas en soportar el conjunto absorbedor-cámara de desinfección.

La ubicación del vaporizador respecto del concentrador obtenido en 4.3.1.2.2 es una dimensión ideal. Para el caso real en la etapa de mediciones y pruebas

se realizará la modificación de esta distancia mediante la utilización de neoplos de distintas dimensiones, con lo cual se obtendrá la ubicación real más óptima.

## **4.4 CÁMARA DE DESINFECCIÓN**

Como ya se indicó en 4.3, tanto vaporizador como cámara de desinfección forman el conjunto absorbedor-cámara de desinfección y se ha analizado la mayor parte de los elementos que conforman este conjunto, pero se estima conveniente revisar en este punto las partes internas del conjunto, de tal manera que se procederá a diseñar la camisa interna, la base plana inferior y detalles complementarios tal como el mecanismo de ingreso de agua, tipo de empaque requerido para lograr el hermetismo entre tapa y cilindro, accesorio para el ingreso de agua líquida, etc.

### **4.4.1 CAMISA INTERNA**

Cilindro interior que forma parte de la cámara de desinfección, sus paredes internas estarán expuestas a vapor saturado, las externas a agua líquida y presentará perforaciones superiores por las que ingresa el vapor desde el exterior. Por cuanto no existe un criterio teórico para la definición del diámetro, número y distribución de las perforaciones, se impone el desarrollo presentado en el Anexo C, el cual brinda características que concluyen en un diseño adecuado y las cuales se pueden mencionar como:

- El vapor por estar en estado gaseoso ocupa el volumen que lo contiene, en este caso ingresará a la cámara de desinfección
- El usuario final percibirá en el conjunto, comodidad en el manejo del esterilizado, deleite en realizar este trabajo, simetría en su construcción.
- La persona encargada de construir el conjunto, no debe tener dificultad en realizar este trabajo

Para realizar el ensamble de la camisa interna, se hace necesario unir las paredes mediante un traslape que para este caso será de 5 mm. suficiente para facilitar la construcción y la suelda de las paredes.

#### **4.4.2.- ANILLOS CIRCULARES PARA UNIR CAMISA INTERNA Y CILINDRO EXTERNO**

Una vez realizados el cilindro exterior y la camisa interna, se hace necesario su ensamblaje, el cual se lo logra con la elaboración de dos anillos circulares, los cuales serán soldados, en la parte inferior en su base y en la superior a 5 mm de la misma. La distancia de 5 mm, permite que la tapa superior se asiente sobre este anillo y asegure la hermeticidad que se requiere, esto con ayuda de un empaque apropiado, que en este caso se utilizará Neopreno, que es un caucho sintético de gran resistencia mecánica y propiedades aislantes del calor y la oxidación, por lo que tiene usos industriales, una muy buena resistencia al desgaste abrasivo, al rasgado, excelente resistencia a la luz del sol<sup>42</sup>, son propiedades suficientes para elegir a este material como el apropiado para usarlo como empaque. Además sus dimensiones relativamente pequeñas (anillo de 120 mm de diámetro externo y 106 mm de diámetro interno) generará un bajo costo. Detalles constructivos se los puede observar en el Anexo C.

#### **4.5.- SELECCIÓN DE MATERIALES**

Los materiales seleccionados para la construcción del modelo son los que a continuación se detallan, pero debiendo tomar en cuenta que en el transcurso de la construcción se pueden realizar modificaciones en beneficio del mejoramiento del mismo.

---

<sup>42</sup> MARKS, Manual del ingeniero mecánico, 1ª edición, p 796

#### 4.5.1.- MATERIALES PARA EL CONCENTRADOR

Lo mencionado anteriormente y dado que el diámetro de diseño del concentrador es mayor al permisible para realizarlo de chapa de aluminio en un torno de repujado, la opción de diseño más aceptable será en primer lugar la fabricación de un molde en madera, el cual será utilizado para que sea conformado con fibra de vidrio.

La siguiente tabla muestra la lista de materiales que serán utilizados para la construcción del concentrador parabólico, adicionalmente, también se incluye los materiales para la construcción de la estructura soporte del concentrador parabólico:

**Tabla 4.5: Materiales para el concentrador parabólico**

ITEM	DETALLES	CANTIDAD
1	Plancha madera tríplex 1829 x 2440 mm.	1
2	Tablón de laurel 210 x 2300 mm.	4
3	Masilla automotriz ¼ galón .	1
4	Fibra de vidrio.	1
5	Lija para hierro # 100 en pliegos.	4
6	Lija para hierro # 180 en pliegos	4
7	Tubo cuadrado 1" x 1.5 mm A 36	2
8	Electrodos E 6011 Kg.	1
9	Perno ½ x 2 ½"	2
10	Tuerca ½"	2
11	Pintura anticorrosiva negro mate litros	1
12	Tinner litros	3
13	Regatones ¾"	4

#### 4.5.2.- MATERIALES PARA EL CONJUNTO ABSORBEDOR-CÁMARA DE DESINFECCIÓN

El diseño del conjunto absorbedor-cámara de desinfección analizado anteriormente, proporciona como primera aproximación los materiales dispuestos como se indica en la siguiente tabla 4.6. en esta tabla también se incluyen los accesorios y tubería necesarios para la fabricación de la estructura soporte inclusive.

Las cantidades de los materiales dadas en la tabla son la mínima requerida para la fabricación de un conjunto y no se toman fracciones utilizadas, ya que, esto depende de las cantidades que los proveedores pueden proporcionar.

**Tabla 4.6: Materiales del conjunto absorbedor-cámara de desinfección**

ITEM	DETALLES	CANTIDAD
1	Plancha tol galvanizado 1222 x 2440 mm e = 1.1 mm	1
2	Platina 20 x 3 mm.	1
3	Tubo galvanizado ½" L = 6m.	1
4	Unión ½" NPT de acero galvanizado.	2
5	Válvula esférica 1/2 ".	1
6	Termómetro con temperatura máxima = 285 ° C	1
7	Manómetro para presión máxima 2 – 3 Atm.	1
8	Perno ¼ x 1.5"	1
9	Tuerca ¼"	1
10	Empaque de neopreno 12 x 12 cm	1
11	Teflón rollo	5
12	Pintura de altas temperaturas (aerosol)	1
13	Sellador de altas temperaturas	1



## CAPÍTULO 5

### CONSTRUCCIÓN DEL VAPORIZADOR SOLAR

#### 5.1.- CRONOGRAMA DE OPERACIONES TECNOLÓGICAS

Para la construcción del vaporizador solar se determinó inicialmente el proceso de actividades y conforme se fueron desarrollando las mismas, se encontraron problemas e inconvenientes que fueron salvados con soluciones prácticas, sugeridas por los encargados de su construcción y por el elaborador del proyecto, las cuales mejoran el diseño de los elementos que componen el conjunto. Estas mejoras se ven reflejadas en una mayor facilidad y menor tiempo de construcción, costos de materiales y mano de obra inferiores a los inicialmente previstos. De esta manera se enumera inicialmente las etapas de construcción del vaporizador solar en la tabla 5.1.

**Tabla 5.1: Etapas de construcción del vaporizador solar**

1	Elaboración del molde de acuerdo con las dimensiones del paraboloide
2	Comprobación del molde mediante la utilización de una galga de comprobación
3	Pulido del molde para disminución de imperfecciones
4	Formación del concentrador en el material seleccionado (fibra de vidrio)
5	Pulido manual del concentrador
6	Comprobación de medidas del concentrador
7	Colocación de la película de adhesivo de aluminio
8	Elaboración del conjunto absorbedor-cámara de desinfección
9	Instalación de los accesorios necesarios para completar el conjunto
10	Comprobaciones dimensionales del conjunto
11	Comprobaciones de hermeticidad del conjunto
12	Ensamblaje del conjunto absorbedor-cámara de desinfección en el concentrador
13	Elaboración de la estructura soporte del concentrador
14	Ensamblaje del concentrador con la estructura soporte
15	Pruebas de funcionamiento
16	Conclusiones y recomendaciones del proyecto

A continuación en la tabla 5.2 se presentan las etapas de construcción del vaporizador solar en un cronograma del tiempo tentativo de construcción, debiendo aclarar que, en los diagramas de ensamblajes, es donde se obtiene el tiempo real de construcción del elemento citado para con estos tiempos realizar el análisis económico del proyecto.

Todo este cronograma de operaciones tecnológicas son analizados en los diferentes puntos posteriores del proyecto, además, se realizará en síntesis las actividades realizadas para lograr su construcción.

## **5.2.- CONCENTRADOR**

### **5.2.1.- CONSIDERACIONES PRELIMINARES**

Para la fabricación del concentrador, inicialmente se analizó la factibilidad de la realización del mismo, mediante la utilización de chapa metálica de aluminio en un torno de conformado, pero en razón que en el país no se cuenta con tornos de volteo mayores a 1 metro, se descarto de inmediato esta posibilidad. En este momento surge la necesidad de realizar la elaboración de un molde, el mismo que se lo puede realizar de diversos materiales, pero se decidió mencionar a 2, los cuales presentan mayor factibilidad de elaboración, de esta manera en la tabla 5.3 se presentan las ventajas y desventajas de su uso.

Analizando la tabla 5.3, se puede observar que mucho más ventajas se obtiene con la utilización de madera para la construcción del molde del paraboloide de revolución. Es así que para la construcción del molde se utilizo madera laurel, que presenta una buena resistencia a ambientes climáticos adversos y gran duración a lo largo del tiempo, esto ratificado por el constructor del molde.

Por otra parte, para la construcción del concentrador parabólico se tiene previsto la factibilidad de realizarlo con dos posibles tipos de material y proceso de producción:

- Construcción con plancha de acrílico de 4 mm de espesor, con un proceso similar a la fabricación de los domos para cubiertas en viviendas
- Construcción con fibra de vidrio y proceso de fabricación similar a la fabricación de parasoles.

**Tabla 5.2: Cronograma de construcción del vaporizador solar**

No	ACTIVIDAD	D I A S											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Elaboración del molde de acuerdo con las dimensiones del paraboloide	■	■	■									
2	Comprobación del molde mediante la utilización de una galga de comprobación			■									
3	Pulido del molde para disminución de imperfecciones			■									
4	Formación del concentrador en el material seleccionado (fibra de vidrio)				■	■	■						
5	Pulido manual del concentrador							■					
6	Comprobación de medidas del concentrador							■					
7	Colocación de la película de adhesivo de aluminio							■					
8	Elaboración del conjunto absorbedor-cámara de desinfección	■	■										
9	Instalación de los accesorios necesarios para completar el conjunto			■	■								
10	Comprobaciones dimensionales del conjunto				■								
11	Comprobaciones de hermeticidad del conjunto				■								
12	Ensamblaje del conjunto absorbedor-cámara de desinfección en el concentrador								■				
13	Elaboración de la estructura soporte del concentrador	■	■	■									
14	Ensamblaje del concentrador con la estructura soporte								■				
15	Pruebas de funcionamiento									■	■	■	■
16	Conclusiones y recomendaciones del proyecto									■	■	■	■

**Tabla 5.3: Ventajas y desventajas del uso de materiales para fabricar el molde del concentrador**

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CONCRETO (cemento-arena)	Materiales baratos	Secamiento rápido Mayores imperfecciones Difícil corrección de fallas Pesado Difícil transportación
MADERA	Fácil construcción Fácil pulido Corrección de fallas sencilla Mayor exactitud dimensional Liviano Fácil transportación	Costo de construcción alto

En el primer caso, a la plancha de acrílico que se la ubica horizontalmente, se la calienta electrónicamente, cuando llega a la temperatura de plasticidad, por efecto de la gravedad y de aire a presión, empieza a tomar forma de una catenaria<sup>43</sup> En este caso, los únicos parámetros definidos son el diámetro y la profundidad, la catenaria, a pesar de ser muy parecida a la parábola no garantiza el perfil requerido y cuando se propuso la utilización del molde, no se dio la garantía de obtener la forma deseada, pues no se tiene mayor experiencia con este tipo de trabajo.

En el segundo caso, las personas especializadas en fibra de vidrio necesitan la utilización de un molde para fabricar cualquier forma deseada, además, existe experiencia en este tipo de trabajo por su semejanza en la fabricación de parasoles, también el espesor propuesto a fabricar (aproximadamente 10 mm) garantiza la resistencia necesaria para que el concentrador se pueda exponer a

---

<sup>43</sup> Catenaria. Curva formada por una cuerda suspendida entre 2 puntos no situados en la misma vertical

condiciones climáticas, el acabado adecuado y sin imperfecciones de su superficie, material liviano.

De los dos casos analizados, se concluye que el concentrador será fabricado en fibra de vidrio con acabado liso en el lado donde se reflejan los rayos solares.

### **5.2.2.- FABRICACIÓN DEL MOLDE**

Dado que, de la exactitud con que se elabora el molde depende también la efectividad del concentrador, se procede a realizar según se explicó en 4.2.2, un programa para realizar el gráfico de la parábola. Para esto se utilizó el programa interno Autolisp de Autocad (Anexo B), y se elaboró la impresión del mismo a escala real, inicialmente este gráfico fue utilizado por el constructor del molde para realizar una galga de verificación en madera, la cual servirá una vez terminado el molde para su comprobación dimensional.

En madera tríples de 12 mm se elaboró un anillo circular de 1280 mm, de diámetro exterior y 1100 mm de diámetro interior. Se señaló el diámetro de diseño de 1200 mm. El diámetro en exceso se lo consideró para que el concentrador presente un borde para la fijación en la estructura soporte, luego de lo cual se realizó 2 contornos que se las llamarán **tiras** del perfil parabólico y se los fijó en las diagonales principales. En la fotografía 5.1, se puede observar el ensamblaje del anillo circular con las dos tiras parabólicas que forman 4 cuadrantes.

Se construyeron varias tiras del perfil parabólico en un número no definido aún, porque, estas van a seguir ensamblándose y pegándose a las guías ya fijas, de acuerdo a su ubicación. Serán recortadas de acuerdo a su necesidad, por lo tanto el requerimiento de las mismas surgirá cuando ya no exista stock. En este proceso surgió la necesidad de fijar las tiras con clavos, en razón que, el pegamento utilizado tardaba su secamiento y las tiras cambiaban de posición.



**Fotografía 5.1: fase inicial de construcción de molde**

Se siguió cubriendo con las tiras cada uno de los cuadrantes que conforma el molde y en el transcurso de este procedimiento no se realizó ninguna comprobación dimensional, pues la corrección de estos errores con herramienta de desbaste de madera originaba que las tiras cambien de posición, por tanto se tomó la decisión de comprobar con la galga al final de la construcción.

Para la evaluación del material utilizado, se tomó como unidad de medida el consumo de tabloncillos de 2400 x 220 mm, en el cual el desperdicio también se incluye. A continuación se presenta en las fotografías siguientes, el proceso de ensamblaje de las tiras y la finalización del molde en bruto sin verificaciones de dimensiones ni pulido del mismo.

Finalmente se procedió a la comprobación dimensional del molde, utilizando la galga de verificación, de lo cual se pudo concluir que si existían áreas donde hubo que realizar desbastes de material de hasta unos 3 mm en exceso, pero también se realizó, la corrección por defecto; es decir, se realizó el relleno de material utilizando masilla automotriz, la cual una vez sólida permite su fácil pulido.



**Fotografía 5.2: Conformado de las tiras parabólicas del molde**



**Fotografía 5.3: Molde terminado en bruto**

Concluido este procedimiento se dio un mejor acabado mediante un pulido del molde con ayuda de lijas desde la numeración 100 hasta por último finalizar con la lija # 150. Se realizó un relleno en algunas grietas existentes con masilla automotriz, que luego fue igualmente pulido con las lijas antes mencionadas.

Para darle un mejor acabado al molde, se procedió utilizar sellador de laca, el cual es un compuesto que alarga la vida de la madera y cubre asperezas pequeñas, también se le dio un color ligeramente rojizo con laca por sugerencia del constructor del molde y también debido a que no existe ninguna restricción por parte del fabricante de la fibra de vidrio para el uso de estos materiales.

Como aspectos constructivos es conveniente resaltar también, que la superficie del molde debe ser lo más lisa posible, de tal manera que la superficie del concentrador no presente defectos.

Los materiales que se han utilizado para la construcción del molde se encuentran especificados en la siguiente tabla:

**Tabla 5.4: Materiales del molde para fabricar el concentrador parabólico**

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Tablero triplex 1300 x 1300 mm, e = 12 mm	1
2	Tablero triplex 1400 x 400 mm, e = 12 mm	1
3	Tablón de laurel 2400 x 220 mm, e = 40 mm	5
4	Clavos 1 ½" en Kg	0.5
5	Cola blanca en litros	1
6	Lija para madera # 100 en pliegos	2
7	Lija para madera # 150 en pliegos	3
8	Masilla automotriz en litros	1/16
9	Sellador de laca en litros	1
10	Laca transparente con colorante en litros	1/2

### 5.2.3.- FABRICACIÓN DEL CONCENTRADOR PROPIAMENTE DICHO

Con el molde fabricado de acuerdo a las dimensiones requeridas del perfil parabólico, se procede a su fabricación en el taller especializado en fibra de vidrio, en primer lugar se aplica cera desmoldante en el molde de madera, que permitirá un fácil desmontaje entre el concentrador y el molde una vez

finalizado su construcción. Posteriormente se realiza la preparación del compuesto líquido para la fibra de vidrio. Con este componente se empieza a rellenar el molde con ayuda de fibras de fibra de vidrio. Para la realización de una capa posterior se deja pasar unos 30 minutos.

Una vez terminada esta operación, se realiza el desmontaje del concentrador en bruto. El producto resultante se lo puede observar en la fotografía 5.4.



**Fotografía 5.4: Concentrador sin película de aluminio**

Las imperfecciones observadas deben ser pulidas manualmente con ayuda de lija para hierro # 150 hasta 240 y darle un terminado lo más liso posible.

Al concentrador en bruto una vez pulido, se limpia y deja libre de impurezas para proceder a fijar la película de aluminio sobre el mismo. Para ello se realiza una prueba en papel, con tiras trapezoidales de diferentes anchos y largos, de esta manera se llega a definir la forma y dimensiones ideales para que los adhesivos de aluminio sean fijados al concentrador sin la presencia de arrugas y burbujas de aire, que contribuyen negativamente con la eficiencia del

proyecto. Se determino que las dimensiones ideales para las tiras de la película de aluminio son:

- Largo = 720 mm.
- Lado 1 = 90 mm.
- Lado 2 = 40 mm.

Definidas las dimensiones ideales de las tiras trapezoidales de la película de aluminio se procede a recortarlas y fijarlas desde el borde exterior del concentrador hasta el eje focal del mismo o viceversa, de acuerdo a la comodidad y facilidad de fijación de las mismas. La secuencia de ubicación de las tiras es inicialmente las diagonales (cada 90 °), luego a 45 ° y alternando 90°, continuando con el proceso hasta cuando se cubra todo el concentrador. Para cubrir los espacios pequeños se recorta de acuerdo a la necesidad.

Durante la fijación de las tiras se observo que la parte adhesiva de la película no se pegaba adecuadamente en el borde exterior, por lo que se determino fijarlas con ayuda de pegamento. Al final se realizo la eliminación de las burbujas de aire con ayuda de una punta para eliminarlas.

Los materiales que se han utilizado para la construcción del concentrador se especifican en la tabla 5.5:

**Tabla 5.5: Materiales del concentrador parabólico**

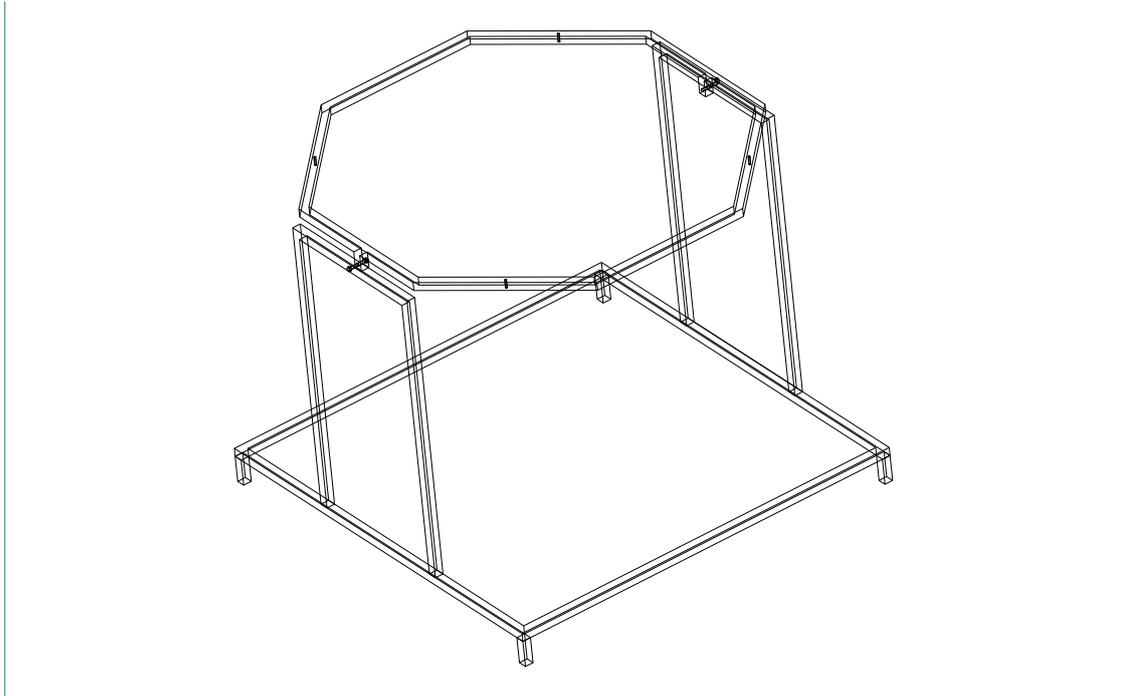
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Cera desmoldante en litros	0.5
2	Fibra de vidrio liquida litros	2
3	Lija para hierro # 150 en pliegos	4
4	Lija para hierro # 240 en pliegos	4
5	Película de aluminio en metros	5
6	Pegamento en barra	2

#### 5.2.4.- FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA SOPORTE

La estructura soporte es uno de los elementos más importantes del vaporizador solar, ya que, como su nombre lo indica es la que soporta todos los elementos restantes del conjunto, pero como los elementos que se ensamblan no presentan un peso considerable, la estructura no está sometida a vibraciones, no esta sometida a ningún tipo de esfuerzos, no justificó que se realice análisis estructural alguno.

Toda la estructura soporte esta construida con tubo cuadrado de 20 x 1.1 mm de espesor de acero negro A-36, soldado sus partes con electrodo E 6011. Consta de un marco rectangular inferior de 1250 x 1200 mm y cumple la función de base de la estructura, a este marco van soldados a manera de patas, cuatro tubos de 80 mm en las respectivas esquinas, en los agujeros se colocan regatones de caucho para evitar golpes bruscos en el momento de su ubicación en el sitio de uso. A continuación se realiza otro marco de forma octogonal de 1250 mm entre lados opuestos, no se requiere mayores observaciones a no ser la realización de 4 agujeros de diámetro  $\frac{1}{4}$ " en los 4 lados del octágono alternados para fijar el concentrador con pernos y tuercas de  $\frac{1}{4}$  x 1 1/2". A 2 tubos de 50 mm de longitud se realizan agujeros definidos en el Anexo C y se sueldan cada uno al centro de 2 lados opuestos del octágono sin perforaciones.

Finalmente se realiza los 2 elementos que cumplen la función de unir el marco rectangular al marco octogonal, también en estos se realizan perforaciones, las cuales permitirán dar el movimiento giratorio necesario para lograr en el vaporizador solar el sistema de seguimiento al sol. Se fijan soldadas al marco rectangular y se ubican simétricas de acuerdo al marco. La figura 5.1 presenta un bosquejo de la estructura soporte, características dimensionales se encuentran en el Anexo C.



**Figura 5.1: Estructura soporte del concentrador**

### **5.3.- VAPORIZADOR**

La construcción del vaporizador y a la vez de la cámara de desinfección, se basa en normas de diseño para tanques de presión, tomando en cuenta que el conjunto absorbedor cámara de desinfección trabaja con presión ligeramente superior a la atmosférica.

Por motivos prácticos de disponibilidad de material en el mercado, propiedades antioxidantes, buena maquinabilidad y maniobrabilidad son algunas razones principales para la utilización del material tol galvanizado<sup>44</sup>, además también se debe a que la vida útil del absorbedor se incrementará considerablemente en comparación a otros materiales similares y el costo es aceptable en comparación con el beneficio, por el mismo motivo, se seleccionó los accesorios y la tubería de acero galvanizado.

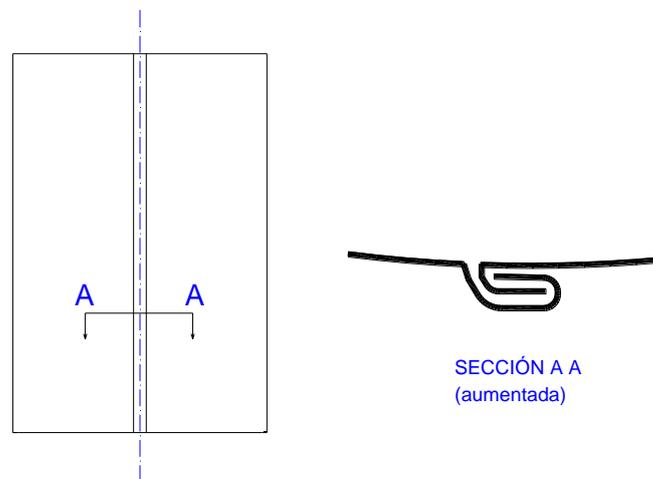
Es importante indicar que para la suelda del tol galvanizado, que previamente ya han sido deformadas para conformar el cilindro y las bases del absorbedor,

---

<sup>44</sup> Galvanizado.- Baño de cinc fundido a una superficie metálica para que se vuelva resistente a la oxidación

se recomienda la soldadura blanda, es decir una aleación de estaño y plomo que para el caso en particular, se utilizará una composición química del 10 % de estaño y 90 % de plomo con la finalidad de incrementar la temperatura de fusión de la suelda ( $227^{\circ}\text{C}$ )<sup>45</sup>. Se recomienda este tipo de soldadura porque permite realizar cordones completos que indispensables para evitar filtraciones de agua y vapor, también, debido a que el espesor del material seleccionado es delgado y con otro tipo de soldadura se corre el riesgo de perforaciones por el alto calor acumulado. Por lo tanto también, con la suelda seleccionada no se requiere tratamiento térmico de alivio de tensiones.

Una acotación importante que amerita mencionarse, es la necesidad de realizar un traslape y conformado final para la formación del cilindro. Para el espesor seleccionado del material, una suelda a tope, a más de ser difícil de soldar, puede producir fugas de agua o vapor. El detalle del traslape y conformado del material se presenta en la figura 5.2 y Anexo C.



**Figura 5.2: Traslape y conformado del cilindro**

En la construcción de las bases elípticas del conjunto surgieron los siguientes inconvenientes:

<sup>45</sup> MARKS, Manual del ingeniero mecánico, 1ª edición, p 684

- Al realizar el conformado elíptico con la plancha de tol seleccionado se originaron pliegues, los cuales no fueron posibles de enderezarlos y su aspecto estético no agrado en ningún sentido
- El ensamble de la base inferior con el neplo galvanizado no garantizo el paralelismo entre los ejes de estos elementos, lo que crearía al final que el vaporizador no este paralelo al eje focal del concentrador, produciendo sombra en el concentrador con la consecuente disminución de eficiencia del mismo.
- El ensamblaje del manómetro de presión y el termómetro en la base superior produjo que estos elementos salgan fuera de la base, es decir, iban a producir sombra en el concentrador

Por las razones expuestas, se cambió la forma del diseño de las bases elípticas a bases circulares planas, que evitan los problemas antes mencionados, y además en su forma final se dio un pequeño radio de curvatura para evitar pérdidas de calor, parámetro critico en la selección de las bases elípticas.

La secuencia de fabricación del conjunto se realizó de la siguiente manera:

- Corte del tol galvanizado de acuerdo a las dimensiones requeridas
- Barolado de los cilindros, traslapado y conformado de los cilindros tanto exterior e interior
- Al tol previsto para el cilindro interno se realizó las perforaciones
- Soldadura en las uniones traslapadas y conformadas
- Elaboración de los anillos para ensamblar los 2 cilindros
- Soldadura de los anillos a los cilindros
- Prueba de filtraciones
- Elaboración de las bases circulares planas
- Perforación en la base inferior para suelda del neplo
- Suelda del neplo a la base inferior
- Suelda de la base inferior
- Elaboración del sistema de cierre hermético
- Ensamble sistema de cierre hermético-tapa

- Perforación de la base superior para ensamble de manómetro y termómetro
- Suelda del manómetro y termómetro
- Suelda del sistema de cierre hermético
- Pintura del vaporizador
- Instalación del empaque
- Prueba de hermeticidad con ayuda de aire comprimido

### **5.3.1.- ENSAMBLAJE DE ACCESORIOS ADICIONALES**

#### **5.3.1.1.- Ensamblaje de accesorios en la base inferior**

Como se determinó en el capítulo 4 los elementos adicionales necesarios en la base inferior son:

- El neplo de acero galvanizado de 3 cm de longitud, el cual va soldado perpendicularmente a la superficie de la base. Se recalca la perpendicularidad entre estos 2 elementos, ya que, de este procedimiento depende que el eje del vaporizador coincida con el eje focal del concentrador, requisito indispensable en los fundamentos teóricos
- La unión de acero galvanizado de 1/2 “, va acoplada al neplo con la utilización de teflón, material utilizado en plomería con características de alta resistencia al calor y a la corrosión, además de permitir un sellado libre de fugas
- Neplo galvanizado de 23.5 cm de longitud, se mantiene la misma consideración con el uso de teflón.

#### **5.3.1.2.- Ensamble de accesorios en la base superior**

Los accesorios necesarios en la base superior constituyen los elementos de medición de temperatura y presión, el sistema de cierre hermético y la fijación

de 1 empaque para asegurar la hermeticidad del conjunto. A continuación se enumeran los detalles constructivos de los elementos indicados:

- El manómetro de presión presenta una rosca de  $\frac{1}{4}$  " NPT, por lo que , para el ensamble a la base, se soldó a la misma una reducción de  $\frac{1}{2}$ " a  $\frac{1}{4}$  " de acero galvanizado. El manómetro presenta 2 rangos de medición, de 0 a 100 PSI y de 0 a 7 Kg/cm<sup>2</sup>, que para el proyecto es adecuado, pues la medición requerida es de 1.45 Kg/cm<sup>2</sup> (1.5 Atm) aproximadamente
- El termómetro presenta un rango entre 10 y 285 ° C, que se considero, porque el agua ingresa a temperatura ambiente y llegará a una temperatura de 121 ° C aproximadamente. Este presenta un vástago de 12 cm de longitud, con su punto de medición ubicado a 5.1 cm de la punta. Para su ubicación fue necesario soldarlo a la base dejando 3 cm del vástago expuesto al ambiente, ya que, pruebas de apertura y cierre de la tapa en otras ubicaciones no permite la apertura por el roce con la pared interna, la colocación del termómetro a distancia mayor a los 3 cm produce una mayor longitud del vástago expuesto al ambiente.
- En el sistema de cierre hermético no se presento inconvenientes, este se soldó entre el manómetro y el termómetro para que presente simetría y estética.
- La fijación del empaque tampoco dio inconvenientes, la única consideración que se tubo, es realizar el corte del anillo circular lo más exacto posible e igual a 6 mm, de tal manera que cubra las 2 paredes del vaporizador.

Se realizo además una prueba de filtraciones mediante el ingreso de aire a presión con la ayuda de un compresor, dando resultados positivos ante esta verificación.

### 5.3.3.- MATERIALES DEL VAPORIZADOR

La lista de materiales que se utilizó para la construcción del conjunto completo absorbedor-cámara de desinfección se presenta en la tabla 5.6.

**Tabla 5.6: Materiales del conjunto absorbedor-cámara de desinfección.**

ÍTEM	DETALLES	CANTIDAD
1	Plancha de acero galvanizado e = 0.7 mm. 392 x 180 mm.	1
2	Plancha de acero galvanizado e = 0.7 mm. 348 x 180 mm.	1
3	Plancha de acero galvanizado e = 0.7 mm. 120 x 120 mm.	2
4	Neplo de ½" NPT de acero galvanizado L = 3 cm.	1
5	Unión de ½" NPT de acero galvanizado	1
6	Neplo de ½" NPT de acero galvanizado L = 23.5 cm.	1
7	Manómetro rango max. 7 Kg / cm <sup>2</sup>	1
8	Acople para tanque de reserva de ½"	1
9	Neplo de 1/2" NPT de acero galvanizado L = 5 cm.	1
10	Válvula esférica (media vuelta) de 1/2" .	1
11	Termómetro rango máximo 285 ° C	1
12	Unión de 1/4" NPT de acerop galvanizado	2
13	Platina 3/4" x 1/8" hierro 50 cm	1
14	Suelda estaño plomo en libras	0.5
15	Pintura anticorrosivo negro mate en litros	0.5
16	Pintura esmalte negro mate en litros	0.5
17	Perno ¼ x 1 ½"	1
18	Tuerca ¼"	1
19	Varilla lisa redonda diámetro 8 mm L = 5 cm	1
20	Empaque de neopreno 12 x 12 cm	1

## **5.4.- CÁMARA DE DESINFECCIÓN**

La cámara de desinfección en el presente proyecto es parte inherente del vaporizador, está lo conforma el cilindro interno con sus perforaciones respectivas, tanto para el suministro de agua al espacio comprendido entre el cilindro exterior y el interior en la cantidad de 1/8 de litro o 125 cm<sup>3</sup>, mediante la utilización de una probeta dimensionada para el ingreso de la cantidad exacta, como para el ingreso de vapor sobrecalentado. La tapa superior también comprende la cámara de desinfección, pues una vez que ingrese la caja metálica estéril sellada con la cinta testigo, esta debe garantizar la hermeticidad para evitar fugas de vapor.

En consecuencia su construcción se encuentra detallada anteriormente y los materiales necesarios se hallan definidos en la tabla 5.6.

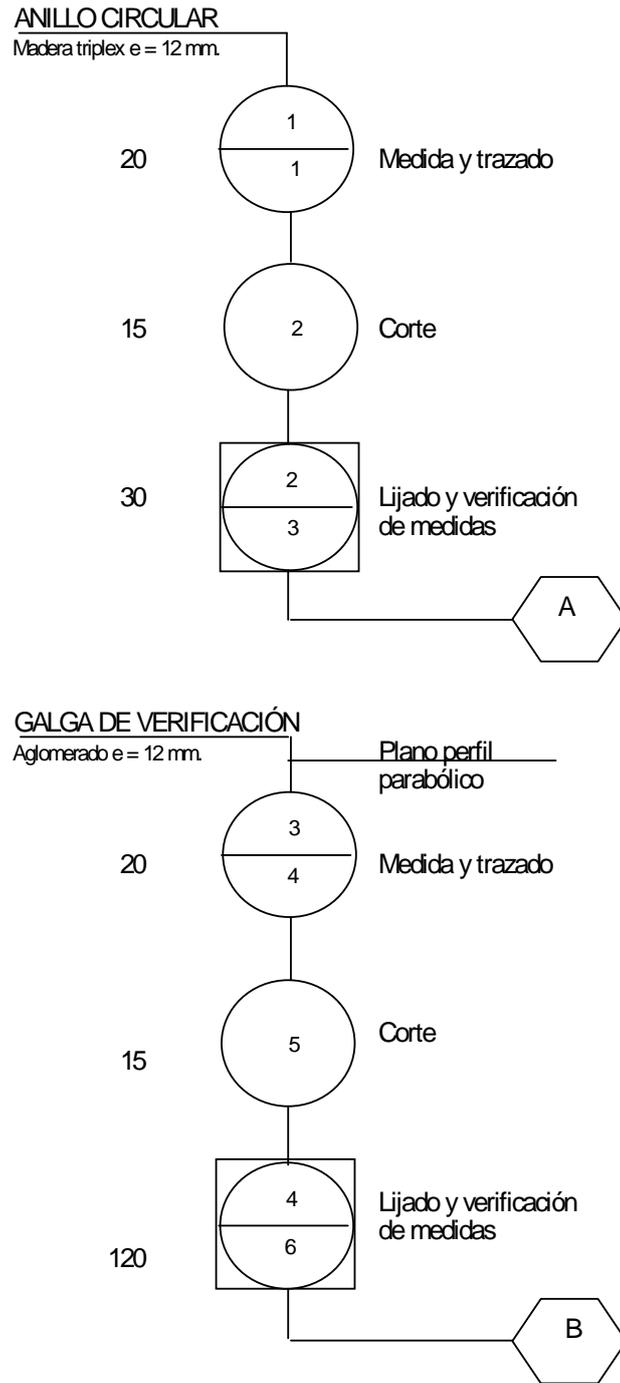
## **5.5.- DIAGRAMAS DE ENSAMBLAJES**

Una vez realizados los detalles constructivos se necesita la elaboración de los diagramas de ensambles de los diferentes elementos que componen el proyecto, en estos diagramas se especificará:

- Elementos a fabricarse
- Operación realizada
- Tiempo de la operación
- Inspecciones de comprobación
- Materiales utilizados

### **5.5.1.- DIAGRAMA DE ENSAMBLE DEL MOLDE PARABÓLICO**

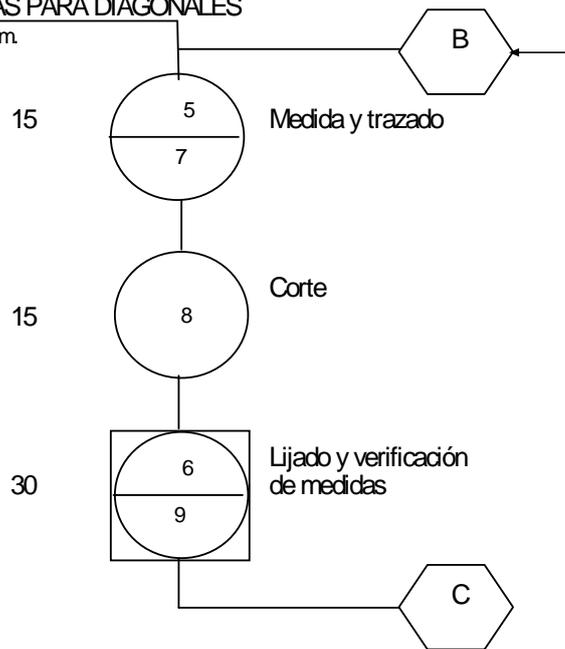
En la figura 5.3 se presenta el diagrama de ensamble del molde parabólico con las operaciones y procesos realizados, el tiempo en minutos de las respectivas operaciones y los materiales utilizados para la respectiva operación, al final de la misma, el resumen del total de procesos e inspecciones realizadas como el tiempo total utilizado para la fabricación del elemento en mención.



**Figura 5.3: Diagrama de ensamble del molde parabólico**

TIRAS PARABÓLICAS PARA DIAGONALES

Tablón laurel 2400 x 220 mm.



TIRAS PARABÓLICAS

Tablón laurel 2400 x 220 mm.

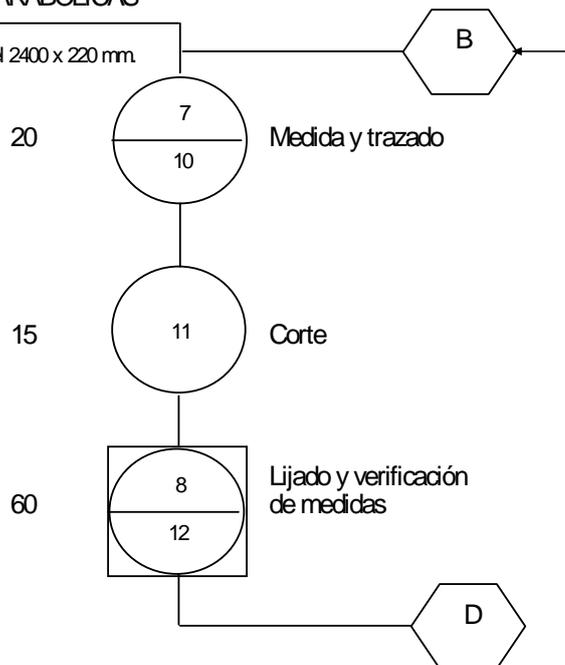
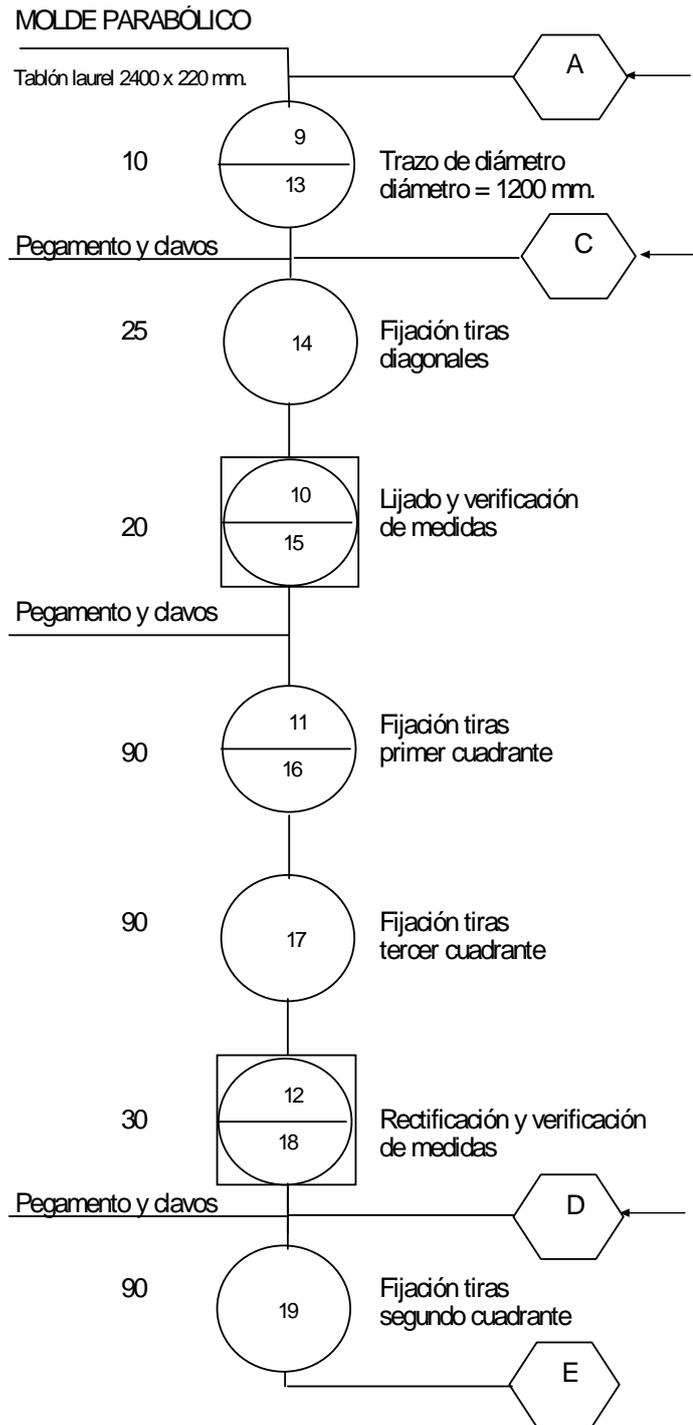
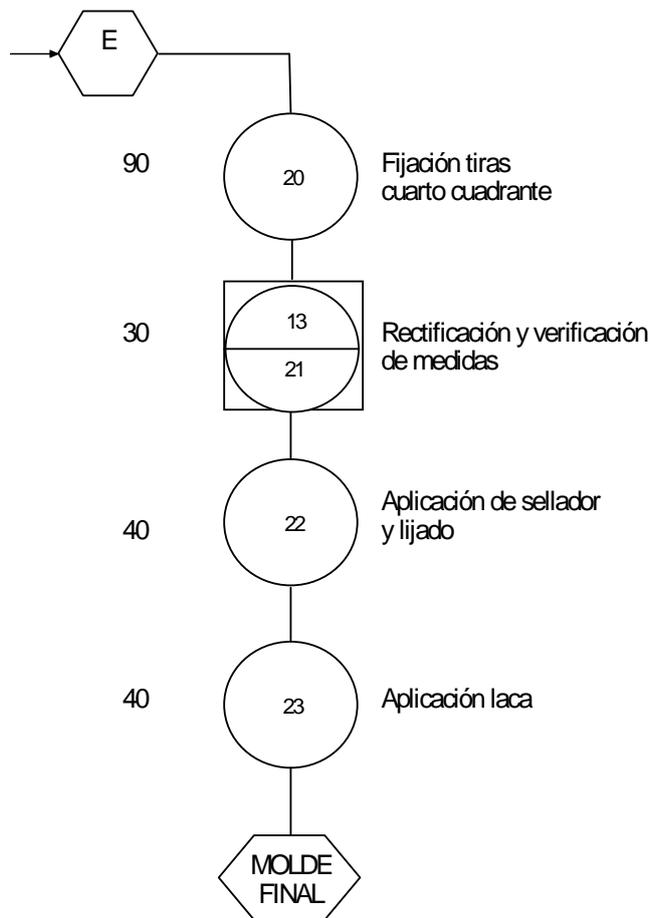


Figura 5.3: Diagrama de ensamble del molde parabólico (continuación)



**Figura 5.3: Diagrama de ensamble del molde parabólico (continuación)**



PROCESOS	23
INSPECCIONES	13
TIEMPO TOTAL min.	930

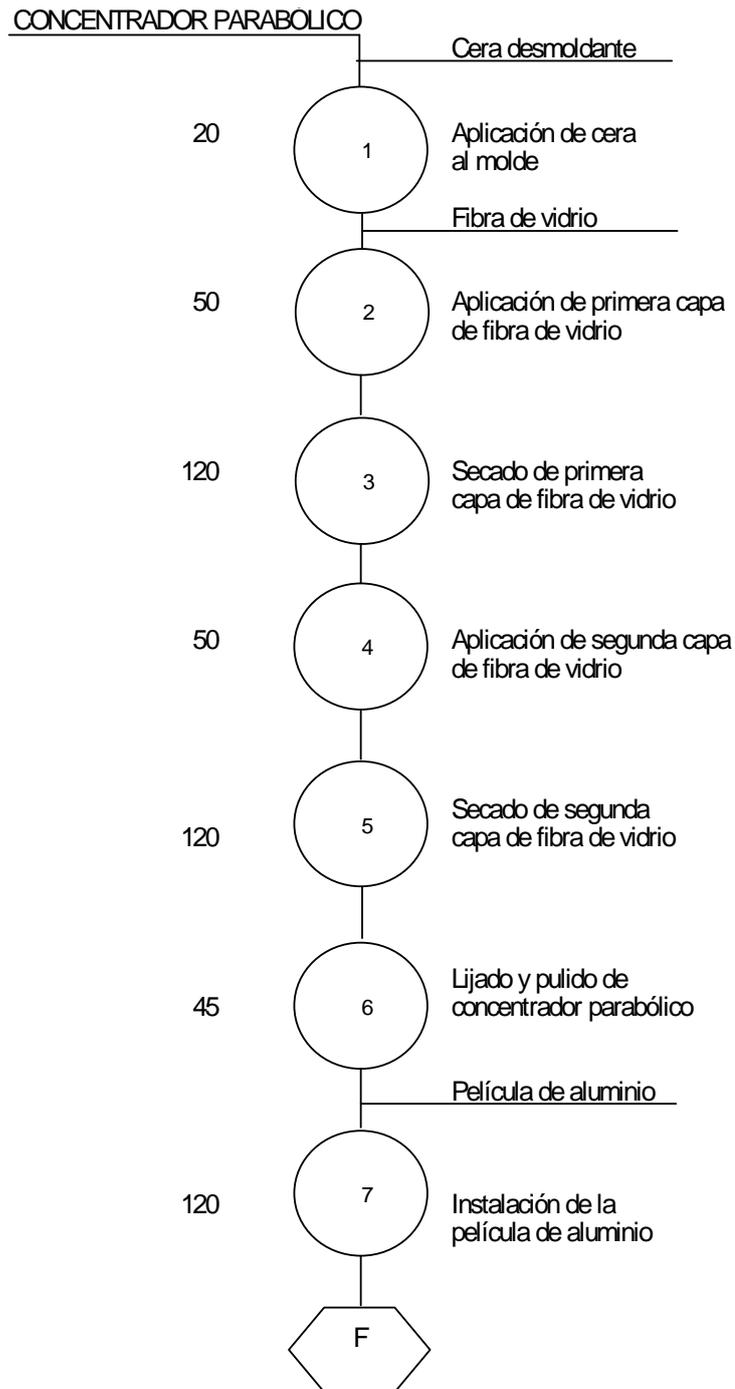
**Figura 5.3: Diagrama de ensamble del molde parabólico (conclusión)**



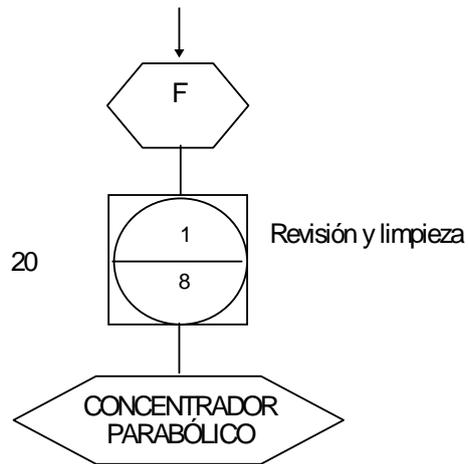
**Fotografía 5.5: Galga de verificación y molde terminado**

#### **5.5.2.- DIAGRAMA DE ENSAMBLE DEL CONCENTRADOR PARABÓLICO**

En la figura 5.4 se presenta el diagrama de ensamble del concentrador parabólico con las operaciones y procesos realizados, el tiempo en minutos de las respectivas operaciones y los materiales utilizados para la respectiva operación, al final de la misma, el resumen del total de procesos e inspecciones realizadas como el tiempo total utilizado para la fabricación del elemento en mención.



**Figura 5.4: Diagrama de ensamble del concentrador parabólico**



PROCESOS	8
INSPECCIONES	1
TIEMPO TOTAL min	545

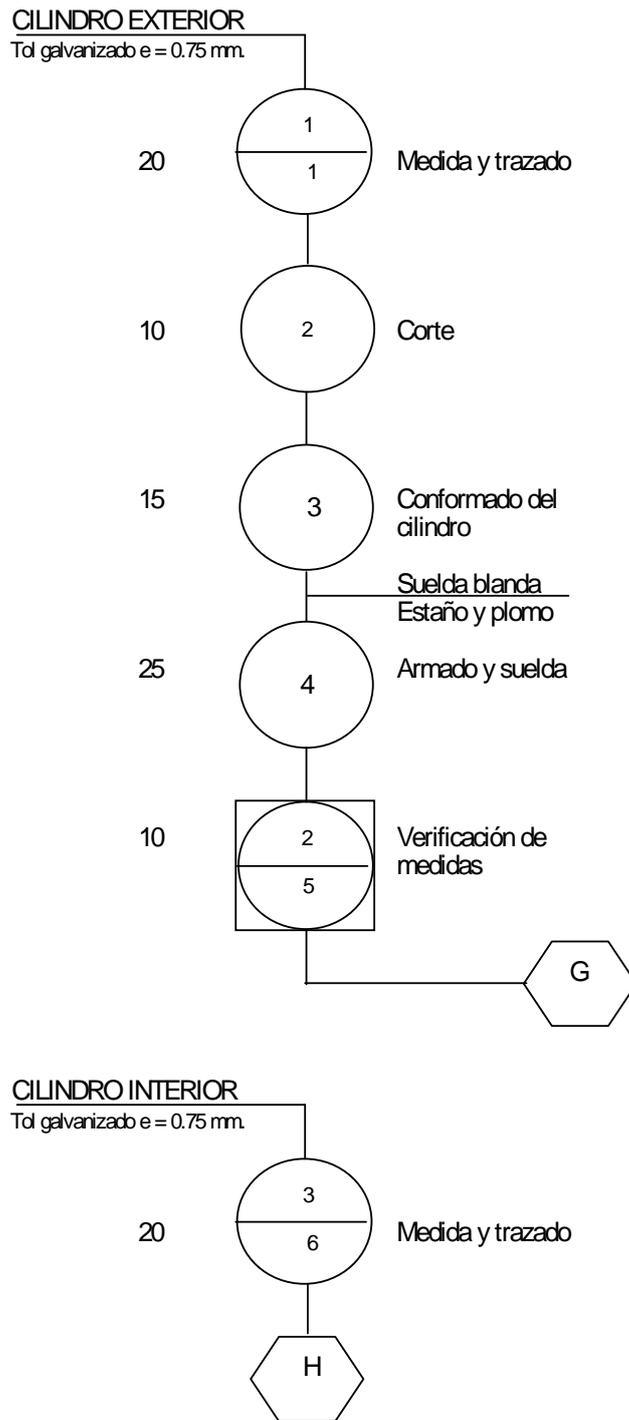
**Figura 5.4: Diagrama de ensamble del concentrador parabólico (continuación)**



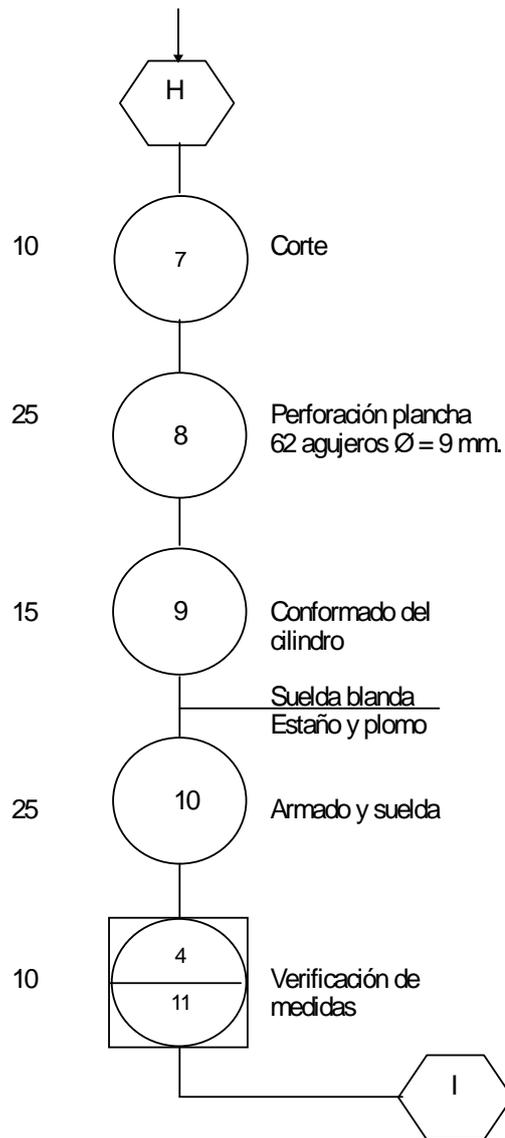
**Fotografía 5.6: Concentrador parabólico terminado**

### **5.5.3.- DIAGRAMA DE ENSAMBLE DEL VAPORIZADOR**

En la figura 5.5 se presenta el diagrama de ensamble del vaporizador o conjunto absorbedor-cámara de desinfección con las operaciones y procesos realizados, el tiempo en minutos de las respectivas operaciones y los materiales utilizados para la respectiva operación, al final de la misma, el resumen del total de procesos e inspecciones realizadas como el tiempo total utilizado para la fabricación del elemento en mención.



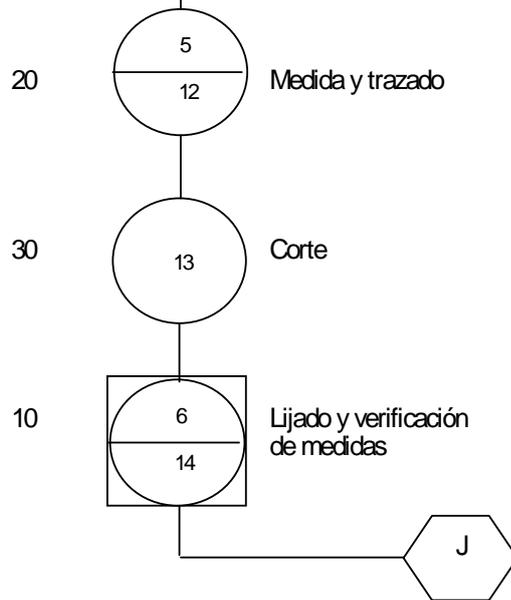
**Figura 5.5: Diagrama de ensamble del vaporizador**



**Figura 5.5: Diagrama de ensamble del vaporizador (continuación)**

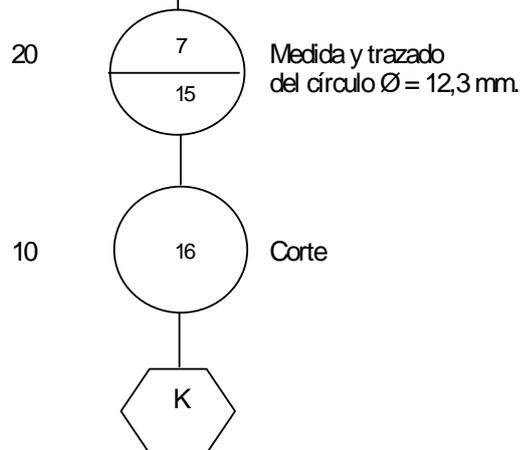
**2 ANILLOS CIRCULARES**

Tol galvanizado e = 0.75 mm.



**BASE INFERIOR**

Tol galvanizado e = 0.75 mm.



**Figura 5.5: Diagrama de ensamble del vaporizador (continuación)**

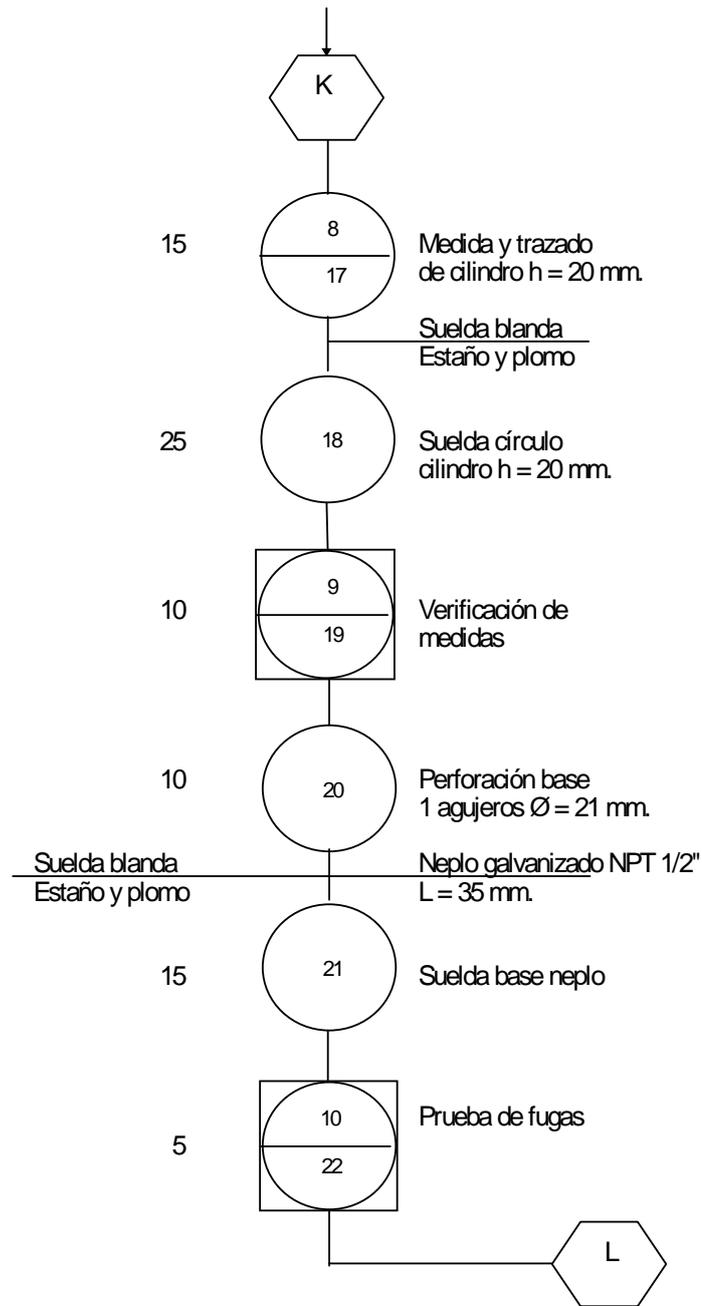
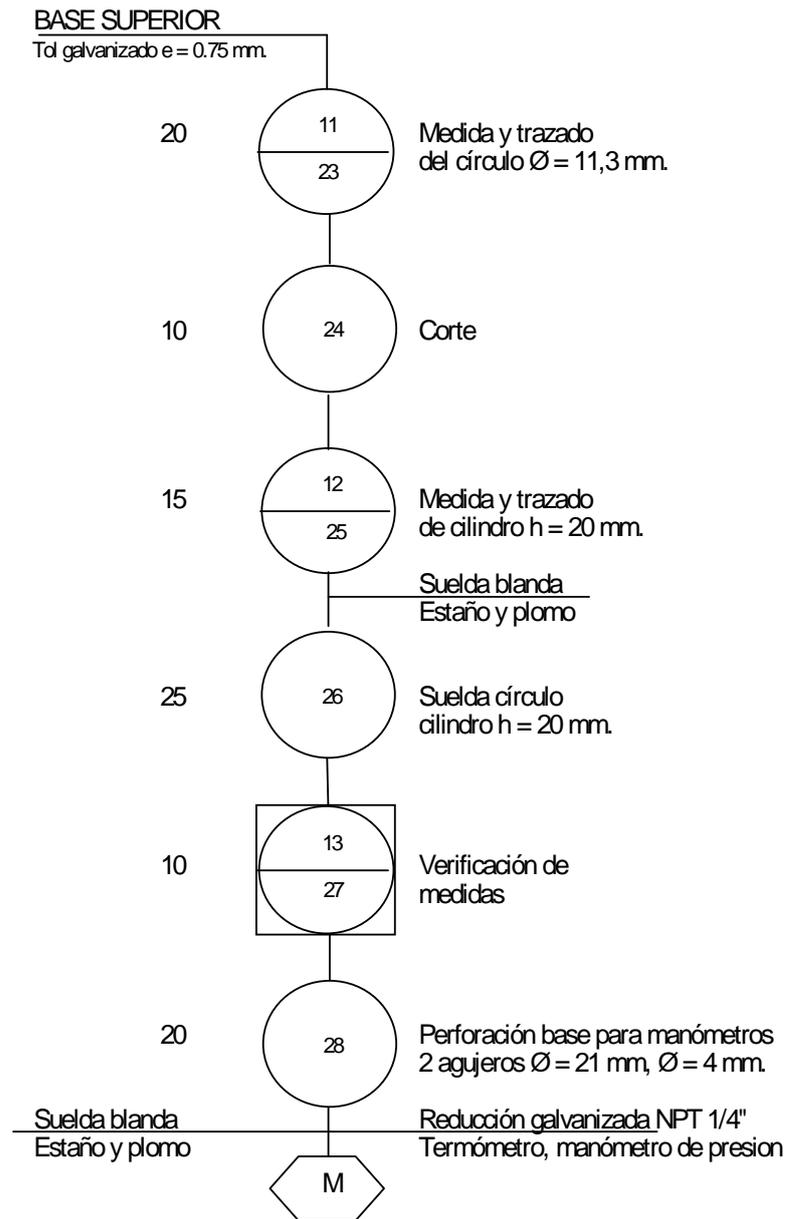


Figura 5.5: Diagrama de ensamble del vaporizador (continuación)



**Figura 5.5: Diagrama de ensamble del vaporizador (continuación)**

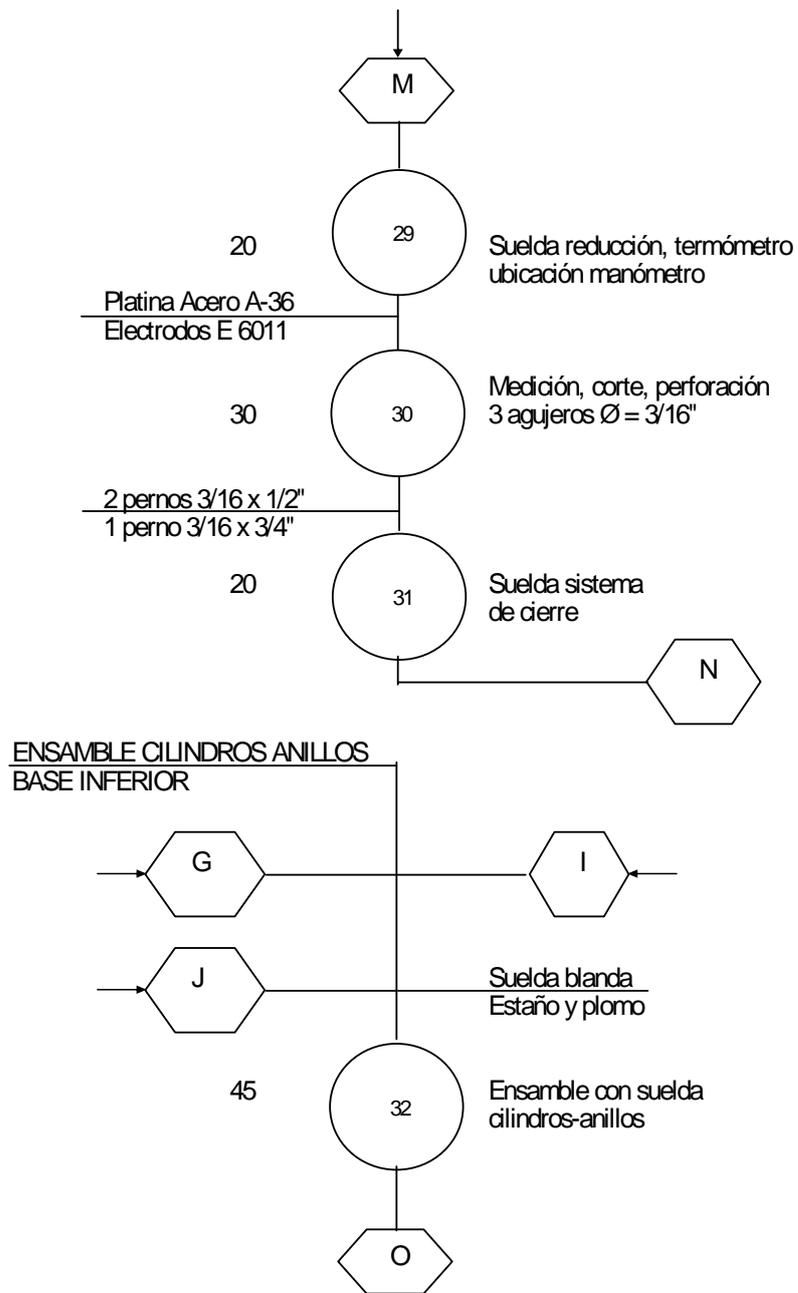


Figura 5.5: Diagrama de ensamble del vaporizador (continuación)

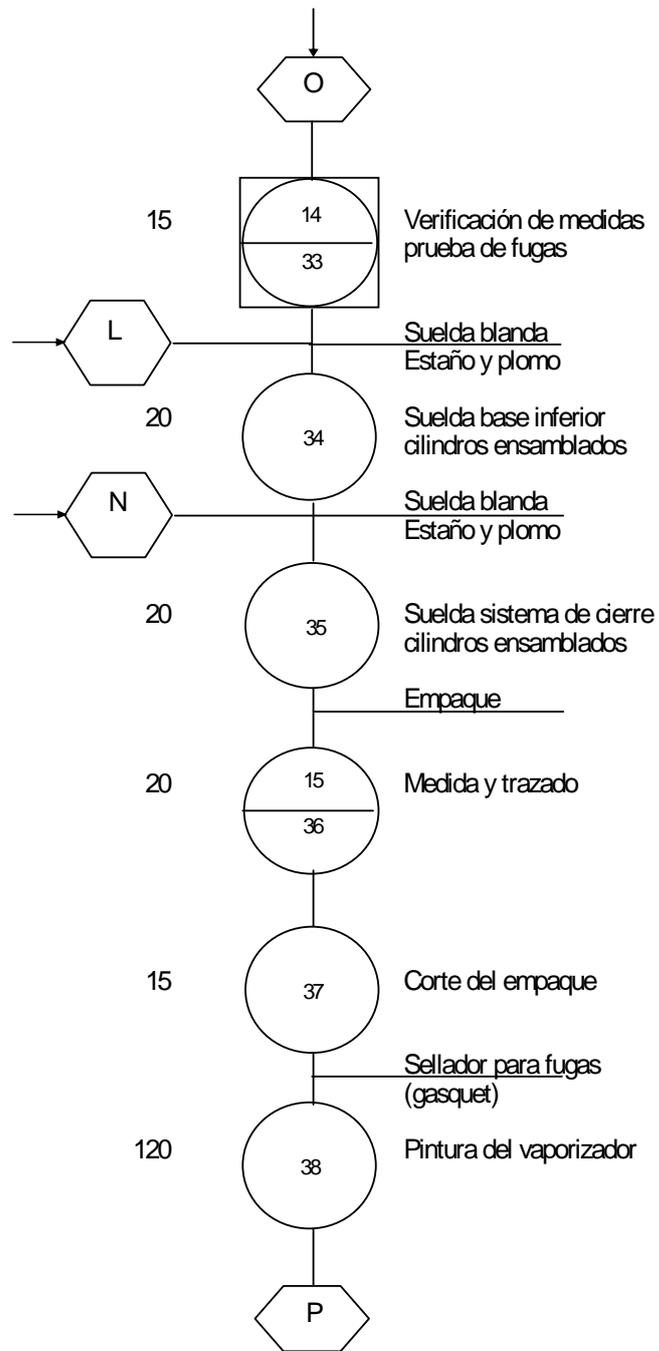
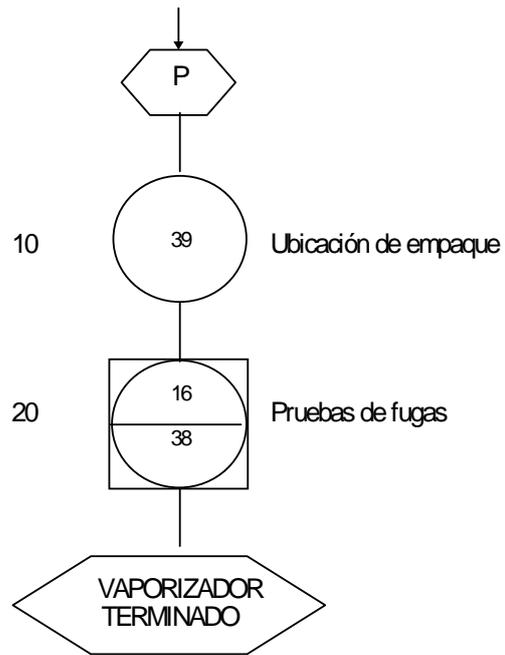


Figura 5.5: Diagrama de ensamble del vaporizador (continuación)



PROCESOS	38
INSPECCIONES	16
TIEMPO TOTAL min.	810

**Figura 5.5: Diagrama de ensamble del vaporizador (conclusión)**



**Fotografía 5.7: Vaporizador terminado**

#### **5.5.4.- DIAGRAMA DE ENSAMBLE DE LA ESTRUCTURA SOPORTE**

En la figura 5.6 se presenta el diagrama de ensamble de la estructura soporte, tanto del concentrador parabólico como del vaporizador o conjunto absorbedor-cámara de desinfección con las operaciones y procesos realizados, el tiempo en minutos de las respectivas operaciones y los materiales utilizados para la respectiva operación, al final de la misma, el resumen del total de procesos e inspecciones realizadas como el tiempo total utilizado para la fabricación del elemento en mención.

### ESTRUCTURA SOPORTE

Tubo cuadrado 20 x 1.1 mm. acero negro A-36

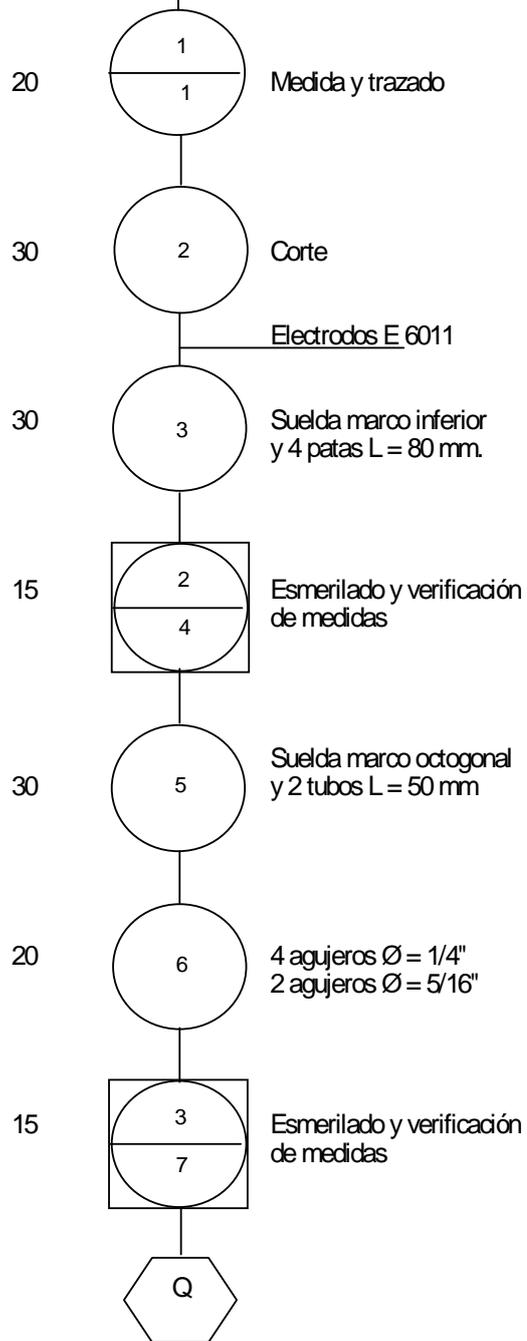
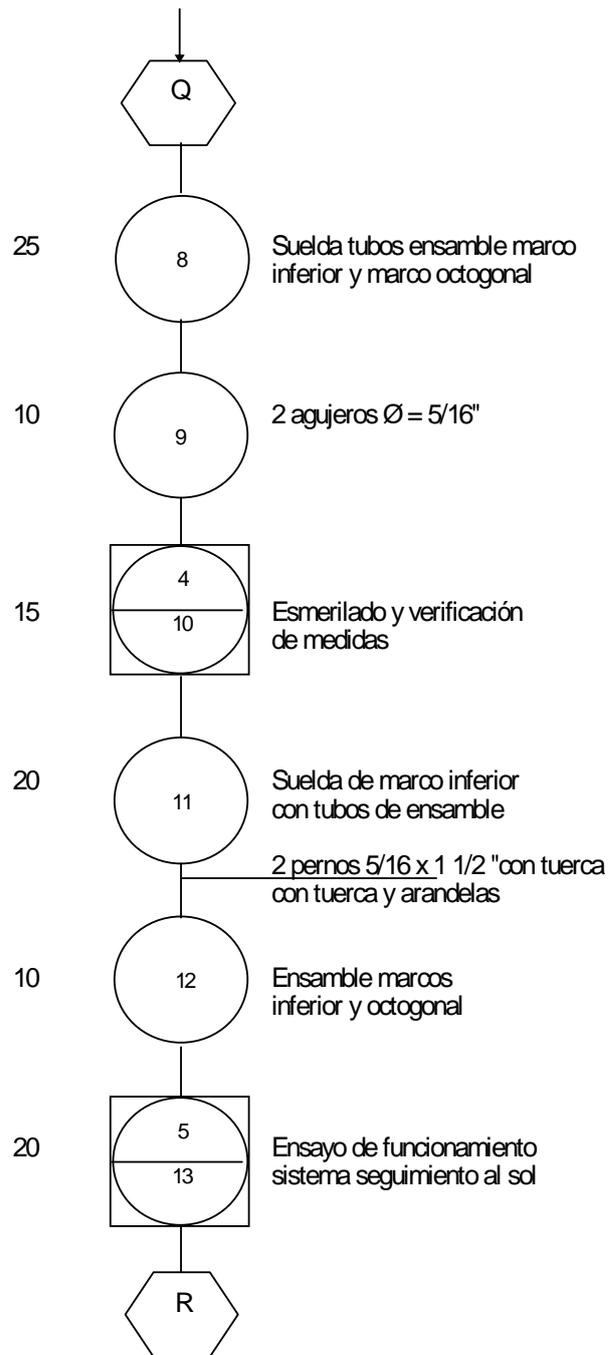
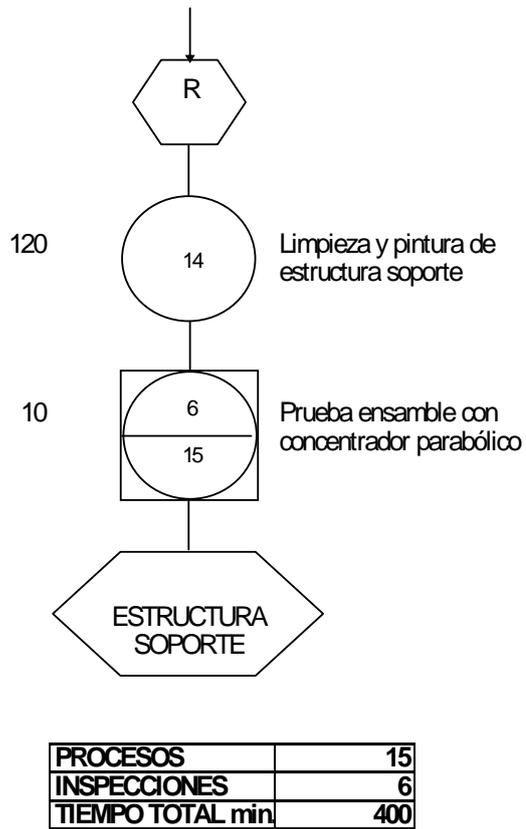


Figura 5.6: Diagrama de ensamblaje de la estructura soporte



**Figura 5.6: Diagrama de ensamble de la estructura soporte (continuación)**



**Figura 5.6: Diagrama de ensamble de la estructura soporte (conclusión)**

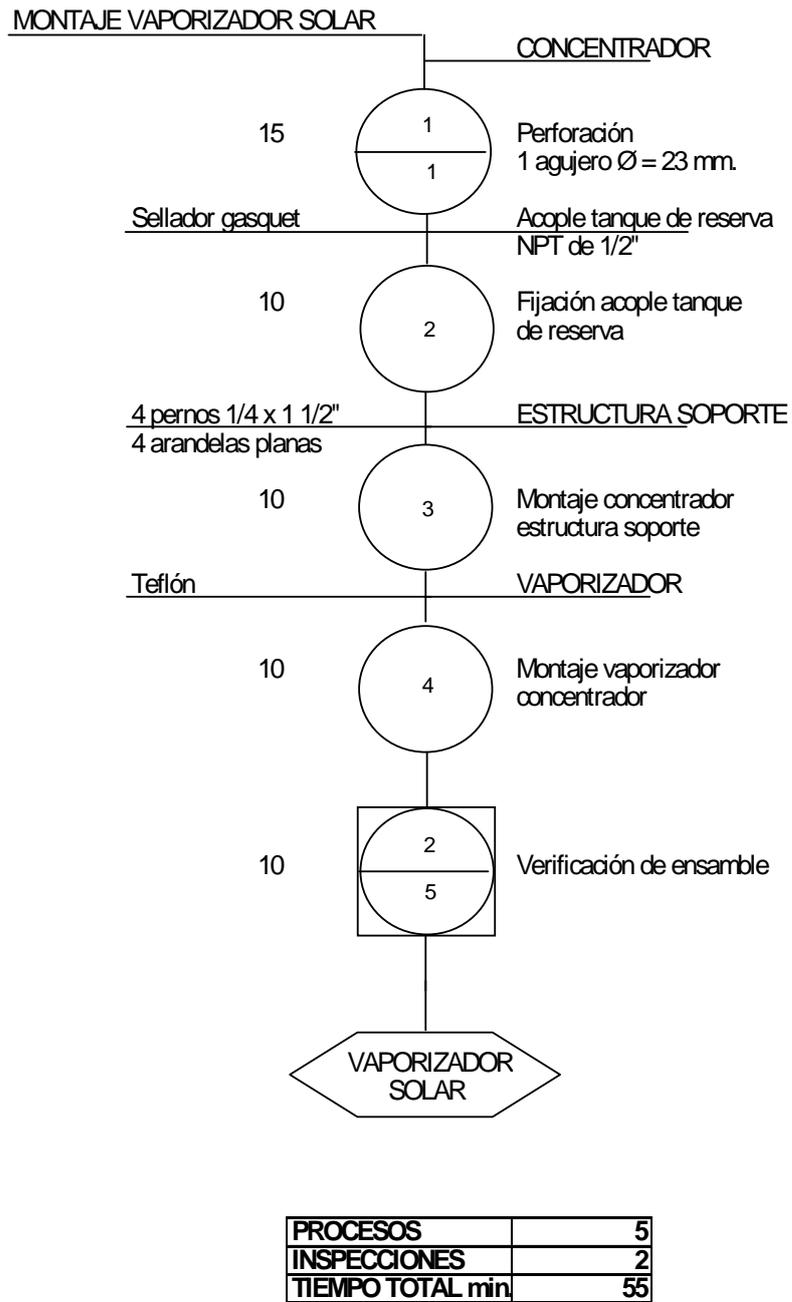


**Fotografía 5.8: Estructura soporte terminada**

### **5.5.5.- DIAGRAMA DE ENSAMBLE DEL MONTAJE DEL VAPORIZADOR SOLAR**

Una vez concluido la construcción de los elementos del vaporizador solar, se procedió al montaje del mismo. Inicialmente se procedió a realizar un agujero de diámetro 23 mm en el eje focal del concentrador para instalar el acople para tanque de reserva de tubería de plástico NPT de ½" (por no disponer en el mercado en material galvanizado), a continuación se acopla el concentrador parabólico en la estructura soporte y se la fija con 4 pernos y tuercas ¼ x 1 ½" (también se incluyen arandelas planas que evitarán el desgaste de la fibra de vidrio). Finalmente se acopla por la parte superior el conjunto absorbedor-cámara de desinfección atornillando el sistema y por la parte inferior la válvula esférica, la que permitirá la purga de vapor condensado y la regulación de presión y temperatura.

En la figura 5.7 se presenta el diagrama de ensamble del montaje del vaporizador solar con las operaciones y procesos realizados, el tiempo en minutos de las respectivas operaciones y los materiales utilizados para la respectiva operación, al final de la misma, el resumen del total de procesos e inspecciones realizadas como el tiempo total utilizado para la fabricación del elemento en mención.



**Figura 5.7: Diagrama de ensamble del montaje del vaporizador solar**



**Fotografía 5.9: Vaporizador solar terminado**

## CAPÍTULO 6

### PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

#### 6.1.- MEDICIONES

##### 6.1.1.- MANUAL DE OPERACIONES

Una vez concluida la construcción del vaporizador solar se procedió con la realización de las pruebas de funcionamiento, para lo cual, el procedimiento secuencial de las actividades que se deben realizar para la esterilización de los implementos quirúrgicos, son las siguientes:

- Lavar y secar los implementos quirúrgicos y la caja metálica estéril con detergente
- Colocar los implementos quirúrgicos dentro de la caja metálica estéril
- Pegar unos 10 cm. de cinta testigo en la caja metálica estéril, sellando la caja con la tapa de la caja estéril
- Ubicar el vaporizador solar en el sitio seleccionado, este debe ser despejado, libre de arbustos, árboles y edificaciones y con incidencia directa del sol.
- Abrir la tapa del vaporizador y llenar 125 cm<sup>3</sup> de agua, ayudarse con la jeringuilla graduada, como está se encuentra graduada hasta 60 cm<sup>3</sup>, se puede llenar 2 veces 50 cm<sup>3</sup> y una vez 25 cm<sup>3</sup>.
- Colocar la caja metálica estéril dentro del vaporizador y cerrar la tapa ajustando el tornillo de apriete.
- Girar el concentrador parabólico ubicando el eje focal en la dirección del sol y ajustar las tuercas de apriete para fijar el concentrador en la posición deseada.
- Esperar aproximadamente entre 10 a 15 minutos hasta que se llegue a los parámetros de esterilizado (121 °C y 1.5 Kg/cm<sup>2</sup>), a partir de este punto cronometrar 15 minutos, manteniendo estos parámetros.

En caso de incrementarse los mismos regular abriendo ligeramente la válvula esférica.

- Terminado el tiempo de esterilizado, purgar todo el vapor existente en el vaporizador, girar el concentrador a una ubicación en la cual el sol ya no incida directamente al concentrador, esperar a que la temperatura descienda hasta cuando se pueda destapar la tapa.
- Sacar la caja metálica estéril y verificar que la cinta testigo haya cambiado de color, indicando que el esterilizado se ha desarrollado efectivamente.
- Si se desea realizar otro esterilizado, continuar con el procedimiento antes detallado. En caso contrario guardar el vaporizador solar hasta el próximo uso.

#### **6.1.2.- PROBLEMAS Y SOLUCIONES DURANTE LAS PRUEBAS**

En la primera prueba el 27 de marzo del 2006 a las 9:30 horas se ubicó el concentrador en dirección al sol, pero el foco se ubicaba entre 38 y 46 cm desde la base del concentrador, esto se debió a que el eje focal no se encontraba directamente con la posición del sol, esto se lo pudo comprobar con la sombra producida en el concentrador, se observó una forma rectangular. Esto se soluciono girando levemente el concentrador hasta que la sombra generada sea una circunferencia de centro coincidente con el eje focal. Solucionado este inconveniente el foco se ubicó según lo diseñado, empezando a incrementarse la temperatura, al cabo de 15 minutos la temperatura se incremento a 110 ° C y 5 minutos más tarde descendió a 100 ° C, empezó a escapar el vapor por las uniones soldadas de la base inferior del vaporizador, también ocurrió lo mismo con el neplo de acople, concluyendo que la suelda de estaño y plomo no es recomendable para el proyecto. Se llevo al vaporizador a un taller especializado en suelda oxiacetilénica, se eliminó toda la soldadura blanda y se procedió a resoldar todas las uniones soldadas, el neplo con la base inferior, los anillos circulares que unen los dos cilindros que forman el vaporizador con varillas de aporte de cobre 100 %.

Un día siguiente para la prueba no se consiguió ni la temperatura ni presión requeridas, debido a que, existió fuga de vapor entre la tapa y el anillo circular superior, al realizar mayor presión en la tapa, el sistema de cierre hermético también colapsó, fue necesario rediseñar la tapa, es así que se optó por una tapa en plancha de acero negro A-36 de 6 mm de espesor, torneada y que cubra los dos cilindros del vaporizador. Se ubicó nuevamente los instrumentos de medición y también se modificó el sistema de cierre hermético, en esta ocasión, sobre la tapa se soldaron 4 tuercas 5/16" en sus diagonales y sobre el cilindro exterior 4 pernos  $\frac{1}{4} \times 1$ ", este sistema de cierre asegura presión sobre 4 puntos. Detalles de la tapa rediseñada se puede observar en las fotografías 6.1 y 6.2.

Al fijar la tapa rediseñada al vaporizador, se observó que existe una sola posición en la cual los pernos del vaporizador encajan en las tuercas de la tapa y esto se logra haciendo coincidir el perno de la costura de soldadura del cilindro exterior con la tuerca que se encuentra junto al manómetro de presión (ver fotografía 6.3).



**Fotografía 6.1: Tapa rediseñada (parte interna)**



**Fotografía 6.2: Tapa rediseñada (parte externa)**

Por último el uso de empaque también creó pequeñas fugas de vapor, se optó por realizar el sellado entre ambos cilindros con un sellador rojo de alta temperatura (hasta 343 ° C), con la única consideración de que el tiempo de curado del sellador es de 12 a 24 horas, dando excelentes resultados de hermeticidad.



**Fotografía 6.3: Encaje correcto tapa vaporizador**

### **6.1.3.- MEDICIONES REALIZADAS**

Una vez superados los inconvenientes indicados en el punto anterior se realizó las mediciones de los siguientes parámetros:

- Fecha de mediciones
- Hora de realización de mediciones
- Temperatura en ° C
- Presión en Kg/cm<sup>2</sup>

La tabla 6.1 proporciona las mediciones obtenidas en las fechas indicadas, también se presenta un análisis del tiempo necesario para realizar las

operaciones preliminares antes e iniciar el proceso de esterilización en el vaporizador solar.

**Tabla 6.1: Mediciones con el vaporizador solar**

FECHA	HORA	TIEMPO min.	TEMPERATURA ° C	PRESIÓN Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
27/03/2006	9:30		15		Foco ubicado entre 38 y 46 cm
	9:40		95		
	9:50		110		No hay lectura de presión
	9:55	25	100		Falla en suelda blanda
29/03/2006	9:00		16		
	9:05		40		
	9:10		50		
	9:20		60		
	9:30	30	100		Fuga entre tapa y cilindro
31/03/2006	9:00		15		
	9:10		75	0,25	
	9:12		120	0,75	
	9:15		120	1,5	Inicio de esterilizado
	9:20		125	1,75	Purga de vapor
	9:23		120	1,5	
	9:25		125	1,75	
	9:28		125	2	Purga de vapor
	9:31	31	125	1,75	Fin de esterilización
	11:05		15		Segundo esterilizado
	11:15		75	0,25	
	11:16		90	0,5	
	11:17		110	1	
	11:18		120	1,5	Inicio de esterilizado
	11:22		125	1,75	Purga de vapor
	11:25		125	2	Purga de vapor
	11:29		125	1,75	
	11:32		125	2	Purga de vapor
	11:34	29	120	1,5	Fin de esterilización
					Tarde con lluvia
02/04/2006	10:15		15		
	10:24		75	0,25	
	10:26		110	0,75	
	10:27		120	1	
	10:28		120	1,5	Inicio de esterilizado

**Tabla 6.1: Mediciones con el vaporizador solar (continuación)**

FECHA	HORA	TIEMPO min.	TEMPERATURA ° C	PRESIÓN Kg/cm2	OBSERVACIONES
	10:32		125	1,75	
	10:34		125	2	Purga de vapor
	10:38		120	1,75	
	10:40		120	2	
	10:42		125	2,25	Purga de vapor
	10:44		120	1,5	
	10:49	34	125	1,75	Fin de esterilización
	11:30		15		Segundo esterilizado
	11:40		100	0,75	
	11:42		120	1,5	Inicio de esterilizado
	11:45		125	1,75	
	11:50		125	2	Purga de vapor
	11:53		120	1,5	
	11:57	27	120	1,5	Fin de esterilización
					Tarde con lluvia
03/04/2006	9:30		15		Segundo esterilizado
	9:41		90	0,75	
	9:43		120	1,5	Inicio de esterilizado
	9:45		125	1,75	
	9:53		130	2	Purga de vapor
	9:55		120	1,5	
	9:58	28	125	1,75	Fin de esterilización
					Tarde con lluvia
04/04/2006					Mañana y tarde nublado y lluvia
05/04/2006	10:30		15		Mañana nublada
	10:35		50		
	12:00		60		
	12:10		75		
	12:30		100	0,25	
	13:00	150	100	0,25	No se consigue esterilizado
	15:15		15		Segundo esterilizado
	15:24		100	0,75	
	15:25		120	1,5	Inicio de esterilizado
	15:27		125	2	Purga de vapor
	15:30		125	2	Purga de vapor
	15:34		125	1,5	
	15:40	25	125	1,75	Fin de esterilización

## **6.2.- ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Una vez solucionados los problemas en 6.1.2 se realiza una modificación, del manual de operaciones, ya que inicialmente, éste se lo realizó en base de la tapa inicialmente diseñada de acero galvanizado, la cual por la presencia de suelda blanda y el sistema de cierre hermético, tipo generador de gas a partir de carbón de piedra y actualmente con la nueva tapa y su sistema de cierre hermético con 4 pernos con tuercas de ajuste varía completamente. A continuación se procede al análisis de las mediciones obtenidas.

### **6.2.1.- MANUAL DEL USUARIO**

Puesto que el proyecto se encuentra encaminado hacia el área de la salud, es imprescindible que exista un manual del usuario y esté vaya junto con el vaporizador solar, de esta manera, en un corto tiempo las personas encargadas de esterilizar los implementos quirúrgicos, podrán familiarizarse con el uso y funcionamiento del vaporizador solar, que puede ser denominado Esterilizador solar de implementos quirúrgicos para mayor entendimiento en el área de salud que va encaminado primordialmente.

El manual del usuario queda definido en la tabla 6.2 y sirve a la vez para que el mismo quede a disposición del que lo requiera.

**Tabla 6.2: Manual del usuario del vaporizador solar**

No.	OPERACIÓN
1	Lavar y secar los implementos quirúrgicos y la caja metálica estéril con detergente
2	Colocar los implementos quirúrgicos dentro de la caja metálica estéril
3	Pegar unos 10 cm. de cinta testigo en la caja metálica estéril cerrada
4	Ubicar el vaporizador solar en el sitio seleccionado, este debe ser despejado, libre de arbustos, árboles y edificaciones y con incidencia directa del sol.
5	Abrir la tapa del vaporizador y llenar 135 cm <sup>3</sup> de agua, ayudarse con la jeringuilla graduada, como está se encuentra graduada hasta 60 cm <sup>3</sup> , se puede llenar 2 veces 50 cm <sup>3</sup> y una vez 35 cm <sup>3</sup> .
6	Colocar la caja metálica estéril dentro del vaporizador y colocar la tapa. La tuerca junto al manómetro de presión debe ubicarse en el perno junto a la unión soldada del cilindro exterior, colocar y ajustar las 4 tuercas alternada y uniformemente con la llave # 11 proporcionada, lo que permite un ajuste manual.
7	Girar el concentrador parabólico ubicando el eje focal en la dirección del sol y ajustar las tuercas de apriete de la estructura soporte, para fijar el concentrador en la posición Requerida
8	Esperar aproximadamente entre 10 a 15 minutos hasta que se llegue a los parámetros de esterilizado; 121 °C y 1.5 Kg/cm <sup>2</sup> o 126 ° C y 2 Kg/cm <sup>2</sup> , a partir de este punto cronometrar 15 o 10 minutos respectivamente. Mantener estos parámetros abriendo ligeramente la válvula esférica que sirve de regulación de presión y temperatura.
9	Observar la sombra generada por el sol, si no se encuentra en el centro y formando un círculo, aflojar las tuercas de la estructura soporte y ubicar nuevamente el concentrador a la posición donde la sombra se encuentre en el centro y forma el círculo.
10	Terminado el tiempo de esterilizado, girar el concentrador a otra ubicación en la cual el sol ya no incida directamente sobre él, purgar todo el vapor existente en el vaporizador  abriendo la válvula esférica, esperar a que la temperatura descienda, hasta cuando se pueda destapar la tapa, aflojando las tuercas
11	Sacar la caja metálica estéril y verificar que la cinta testigo haya cambiado de color, indicando que el proceso de esterilizado se ha desarrollado efectivamente.
12	Si se desea realizar otro esterilizado, volver con el procedimiento antes detallado.
13	En caso contrario guardar el vaporizador solar hasta el próximo uso.

## 6.2.2.- ANÁLISIS

Con las pruebas realizadas, se ha logrado tener una mejor visión del efecto que tiene la energía solar sobre los concentradores, para este caso, de tipo parabólico, pudiendo determinar los siguientes puntos que son de gran relevancia:

- El diseño con soldadura blanda (plomo y estaño), no garantizó un buen diseño, puesto que la temperatura de la placa (en la pared del cilindro) llegó en algunas mediciones a 400 ° C y el punto de fusión de esta suelda en los mejores casos llega a 280 ° C. La suelda oxiacetilénica corrigió estos errores sin dificultad.
- En las pruebas realizadas cuando la superficie de contacto entre vaporizador y tapa, en el diseño preliminar fue la circunferencia con espesor de pared 0.7 mm, está nunca permitió la hermeticidad requerida, debido entre otros puntos, a la manera empírica de ubicar y soldar el anillo circular entre los dos cilindros componentes del vaporizador y al corte del cilindro componente de la tapa superior. De esto surgió la idea de la tapa formada de chapa metálica realizada en torno, la cual cubre los 2 cilindros componentes del vaporizador, además, el nuevo sistema de cierre hermético utilizando 4 puntos de apriete y el uso del sellador de altas temperaturas, a más de cubrir las pequeñas fugas aún existentes en la etapa de soldadura, resulto un empaque de muy buena resistencia a la temperatura y presión. Esto garantizo la hermeticidad requerida en el proyecto.
- Con la finalidad de abaratar los costos de soldadura y mano de obra en la fabricación del vaporizador, se puede proceder a realizar el mismo en chapa metálica de 2 mm de espesor, la cual permite soldadura eléctrica y es mucho más económica que la suelda oxiacetilénica, por ende su mano de obra.
- Definitivamente los días con presencia de lluvia y nublados no son aptos para realizar el esterilizado, por este motivo, es necesario que en los días con buen sol se hagan varias esterilizaciones, de tal manera poder tener en stock 1 o 2 implementos quirúrgicos para

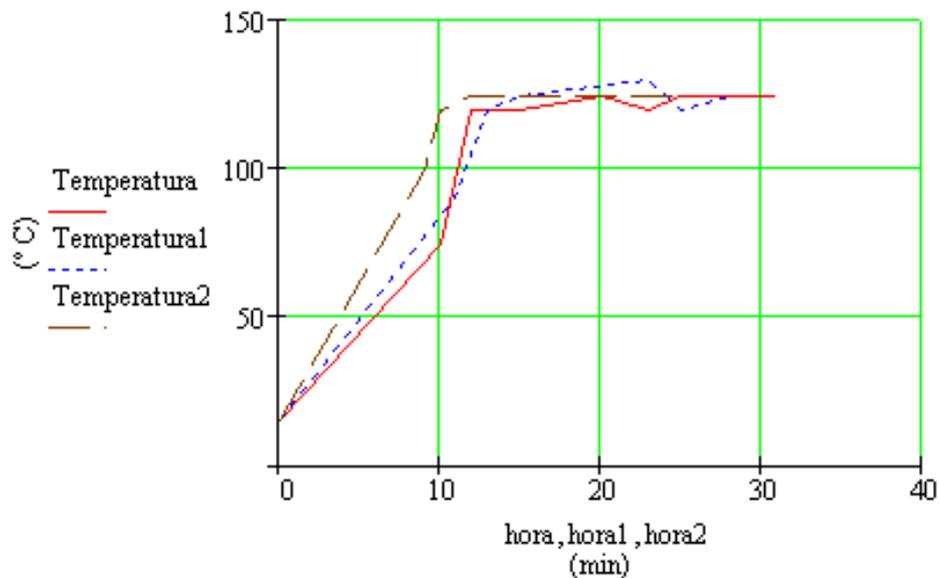
poder suplir esos malos días, y además, como el requerimiento en los subcentros de salud no pasa de los 2 implementos al día (según 1.2), se puede asegurar que el esterilizador solar reemplazará en corto tiempo al autoclave; equipo costoso y gran consumidor de energía.

- El tiempo que requiere el vaporizador solar, para esterilizar un juego de implementos quirúrgicos en un día de buenas condiciones climáticas, esta en el rango de 20 a 35 minutos, pudiendo asegurar que en una jornada normal de trabajo, se pueden esterilizar unos 10 juegos de implementos quirúrgicos.
- Se ha realizado un análisis gráfico del comportamiento de la temperatura alcanzada en función del tiempo, para lo cual, se ha utilizado el programa Mathcad. Se ha tomado 3 días; el 31 de marzo representado por los parámetros Temperatura y hora, 3 de abril por Temperatura1 y hora1; y 5 de abril por Temperatura2 y hora2. Esta nomenclatura se debe a que cuando se realizaron las pruebas no se tomo las medidas a intervalos de tiempo iguales, sino más bien, se observo un determinado incremento de temperatura y se cuantificó el tiempo o la hora. A continuación en la tabla 6.3 se establece el cuadro de valores resultante para la nomenclatura utilizada.

**Tabla 6.3: Cuadro de valores temperatura tiempo**

31 DE MARZO			3 DE ABRIL			5 DE ABRIL		
Toma	hora (min)	Temperatura (° C)	Toma	hora1 (min)	Temperatura1 (° C)	Toma	hora2 (min)	Temperatura2 (° C)
9:00	0	15	9:30	0	15	15:15	0	15
9:10	10	75	9:41	11	90	15:24	9	100
9:12	12	120	9:43	13	120	15:25	10	120
9:15	15	120	9:45	15	125	15:27	12	125
9:20	20	125	9:53	23	130	15:30	15	125
9:23	23	120	9:55	25	120	15:34	19	125
9:25	25	125	9:58	28	125	15:40	25	125
9:28	28	125						
9:31	31	125						

Con la nomenclatura de la tabla 6.3 se puede obtener el gráfico de la temperatura en el interior del vaporizador solar en función del tiempo para los 3 días especificados, y esto se encuentra en la figura 6.1.



**Figura 6.1: Gráfico temperatura vs tiempo para 3 días**

Analizando la figura 6.1 se puede establecer las siguientes conclusiones:

- El tiempo de esterilización de los implementos quirúrgicos oscila entre los 25 a 35 ° C
- La temperatura aumenta proporcionalmente con el tiempo hasta llegar a la temperatura de esterilización y este período dura aproximadamente entre 10 a 15 ° C, luego se mantiene constante por el tiempo de esterilizado que corresponde a 15 minutos
- Si se realiza un análisis entre la presión y el tiempo, se obtendrá similares condiciones.

# CAPÍTULO 7

## ANÁLISIS ECONÓMICO

### 7.1.- COSTOS DIRECTOS

Son los que intervienen directamente en la construcción del vaporizador solar y en el proyecto se los ha identificado de la siguiente manera:

- Costos de materiales, los que constituyen el modelo de vaporizador solar, es decir, como ejemplo el tubo cuadrado que forma parte de la estructura soporte, no así los electrodos, la sierra para cortar, pues estos representan costos indirectos
- Costos de uso de maquinaria y equipo, aquí se incluye por ejemplo; uso de soldadora, compresor
- Costos de elementos mandados a fabricar, como es el caso del molde parabólico, vaporizador, concentrador
- Costos de mano de obra, en el proyecto, el pago de honorarios al maestro metal-mecánico que elaboró la estructura soporte, que realizó las instalaciones de los accesorios de tubería.

En la tabla 7.1 se detalla los costos directos del proyecto, se incluye también el costo de mano de obra del maestro metal-mecánico que elaboró la estructura soporte, además, del costo de la maquinaria que Industrial Balseca proporcionó como único auspiciante del proyecto.

**Tabla 7.1: Costos directos del proyecto**

COSTOS DIRECTOS					
No.	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD	COSTO	SUBTOTAL
				UNITARIO	
				(USD)	(USD)
1	Tubo cuadrado 20 x 1.1 mm. A-36	3	c/u	5,00	15,00
2	Tornillo, tuerca, arandela 5/16 x 2"	2	c/u	0,25	0,50
3	Pintura esmalte negro brillante	0,5	litro	4,00	2,00
4	Concentrador parabólico de fibra de vidrio	1	c/u	80,00	80,00
5	Vaporizador	1	c/u	40,00	40,00
6	Termómetro rango 10 - 285 °C	1	c/u	8,00	8,00
7	Manómetro rango 0 - 7 Kg/cm <sup>2</sup>	1	c/u	4,00	4,00
8	Platina 3/4 x 1/8"	1	c/u	2,00	2,00
9	Neplos, unión, válvula esférica NPT de 1/2"	1	c/u	5,00	5,00
10	Película de aluminio	5	m	2,50	12,50
11	Juego de implementos quirúrgicos	1	c/u	60,00	60,00
12	Pegamento tipo barra	2	c/u	1,00	2,00
13	Acople tanque de reserva	1	c/u	2,00	2,00
14	Maestro metal-mecánico	1	usd/día	15,00	15,00
15	Soldadora, amoladora	1	usd/día	30,00	30,00

<b>Total USD</b>	<b>278,00</b>
------------------	---------------

## 7.2.- COSTOS INDIRECTOS

Son costos que intervienen en la construcción del proyecto, pero no se encuentran físicamente en el mismo, se pueden mencionar:

- Servicios Básicos, incluyen agua, luz, teléfono
- Gastos Administrativos, los cuales serán tratados posteriormente en el punto 7.4
- Movilización, el cual se refiere a los viajes que el graduando realizó para actividades inherentes del proyecto
- Imprevistos, se considerará algún gasto adicional que el graduando realizó.

En la tabla 7.2 se detalla los costos indirectos del proyecto, se considera básicamente los gastos que el graduando realizó para la construcción del proyecto exclusivamente.

**Tabla 7.2: Costos indirectos del proyecto**

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
				<b>UNITARIO</b>	
				<b>(USD)</b>	<b>(USD)</b>
1	Energía eléctrica	30	c/u	1,00	30,00
2	Agua	30	c/u	0,25	7,50
3	Teléfono	1	c/u	30,00	30,00
4	Transporte	1	c/u	10,00	10,00
5	Alimentación	1	c/u	30,00	30,00
6	Imprevistos	1	c/u	10,00	10,00

<b>Total USD</b>	<b>117,50</b>
------------------	---------------

### **7.3.- COSTOS DE PRODUCCIÓN**

Son los costos necesarios para la elaboración del proyecto y para el proyecto en particular estos costos incluyen:

- Costos directos
- Costos indirectos
- Costos o gastos administrativos
- Costos de elementos adicionales para llegar a la conclusión del proyecto, como el costo de la fabricación del molde parabólico y de la galga de verificación

En la tabla 7.3 se presenta los costos de producción, no se incluyen los gastos administrativos que serán revisados en el punto 7.4

**Tabla 7.3: Costos de producción del proyecto**

<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>					
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
				<b>UNITARIO</b>	
				<b>(USD)</b>	<b>(USD)</b>
1	Costos directos	1	c/u	278,00	278,00
2	Costos indirectos	1	c/u	117,50	117,50
3	Molde parabólico y galga	1	c/u	120,00	120,00

<b>Total USD</b>	<b>515,50</b>
------------------	---------------

#### **7.4.- GASTOS ADMINISTRATIVOS**

Corresponde a los gastos del personal que trabaja en actividades administrativas, de coordinación y otras directamente relacionadas con el proyecto, es decir, en el proyecto los sueldos de director y codirector del proyecto y también los gastos misceláneos que son: materiales y útiles de oficina, uso de vehículo, computadora, servicios básicos, viáticos y subsistencias y algunos gastos de funcionamiento inherentes al proyecto.

En la tabla 7.4 se presentan los gastos administrativos del proyecto, en los cuales se incluyen los costos al director y codirector del proyecto, rubros que se han calculado tomando en cuenta un tiempo de 4.5 meses-hombre a un valor mes-hombre de 61.60 dólares. Estos gastos ya están solventados con los honorarios normales de los profesores, de tal manera que para cálculos definitivos del proyecto no se tomarán en cuenta. Para los gastos misceláneos, el graduando realizó un estimativo de los mismos y tomó un valor promedio, el tabulado en la tabla, estos valores incluyen entre otros: materiales varios, útiles de oficina, uso de vehículo, servicios básicos, viáticos, etc.

**Tabla 7.4: Gastos administrativos del proyecto**

<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>					
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
				<b>UNITARIO</b>	
				<b>(USD)</b>	<b>(USD)</b>
1	Director del proyecto	4,5	c/u	61,60	277,20
2	Co-director de proyecto	4,5	c/u	61,60	277,20
3	Misceláneos	1	c/u	120,00	120,00
<b>Total USD</b>					<b>674,40</b>

## **7.5.- LOGÍSTICA DE MATERIALES**

Dado que la logística es el conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, o de un servicio especialmente de distribución, para el proyecto en particular, la logística de materiales son todos los elementos necesarios que fueron utilizados para la conclusión del mismo. El proyecto de diseño y construcción de un modelo de vaporizador solar para esterilizado de implementos quirúrgicos en subcentros de salud del área rural, presenta cronológicamente los materiales que se describen en la tabla 7.5, debiendo aclarar que en algunos rubros las cantidades son consideradas como enteros, ya que, para su adquisición en el mercado los mismos no son factibles de conseguirlos como fracciones de la unidad.

Solo se analizan exclusivamente los materiales y medios físicos que se utilizaron para la realización del proyecto, no se incluyen medios intelectuales, tales como, uso de internet, uso de bibliografía, consulta con profesores director y codirector del proyecto.

**Tabla 7.5: Logística de materiales**

<b>LOGÍSTICA DE MATERIALES</b>					
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO (USD)</b>	<b>SUBTOTAL (USD)</b>
1	Papel bond 75 gramos	3	Resma	4	12,00
2	Copias de documentación	600	c/u	0,03	18,00
3	Impresiones de documentación	200	c/u	0,03	6,00
4	Tubo cuadrado 20 x 1.1 mm. A-36	3	c/u	5	15,00
5	Tornillo, tuerca, arandela 5/16 x 2"	2	c/u	0,25	0,50
6	Pintura esmalte negro brillante	0,5	litro	4,00	2,00
7	Concentrador parabólico de fibra de vidrio	1	c/u	80,00	80,00
8	Vaporizador	1	c/u	40,00	40,00
9	Termómetro rango 10 – 285 °C	1	c/u	8,00	8,00
10	Manómetro rango 0 - 7 Kg/cm <sup>2</sup>	1	c/u	4,00	4,00
11	Platina 3/4 x 1/8"	1	c/u	2,00	2,00
12	Neplos, unión, válvula esferica NPT de 1/2"	1	c/u	5,00	5,00
13	Película de aluminio	5	m	2,50	12,50
14	Juego de implementos quirúrgicos	1	c/u	60,00	60,00
15	Pegamento tipo barra	2	c/u	1,00	2,00
16	Acople tanque de reserva	1	c/u	2,00	2,00
17	Maestro metal-mecánico	1	usd/día	15,00	15,00
18	Soldadora, amoladora	1	usd/día	30,00	30,00
19	Movilización y transporte	1	usd/proyecto	60,00	60,00
20	Imprevistos	1	usd/proyecto	30,00	30,00

<b>Total USD</b>	<b>404,00</b>
------------------	---------------

## **7.6.- SERVICIOS ESPECIALIZADOS**

Cuando se habla de servicios especializados, se refiere a trabajos especiales que se utilizaron en el proyecto, trabajos tales como: mediciones de propiedades de materiales utilizados, tratamientos térmicos, trabajos con maquinaria especial etc.

En el presente proyecto no se realizó ningún tipo de servicio especializado, todos los elementos que conforman el mismo son fácilmente ejecutables y se los puede realizar en talleres cercanos al sitio de ejecución del proyecto. Así: el molde y la galga de verificación se elaboró en “Carpintería Loachamin”, la

estructura soporte se realizó en Industrial Balseca, auspiciante del proyecto, el concentrador parabólico en “Talleres Nelson”, el conjunto absorbedor-cámara de desinfección en “Hojalatería Nacional”. Todos estos establecimientos están dedicados a actividades relacionadas con el proyecto, pero de ninguna manera se los puede considerar como servicios especializados.

Las mediciones requeridas, tal como, radiación solar se encuentran ya cuantificadas, temperatura y presión son fáciles de medir con la instalación de instrumentos en el vaporizador solar.

## **7.7.- RELACIÓN BENEFICIO COSTO**

El presente proyecto al ser un modelo o un prototipo para futuras investigaciones no genera ingresos económicos. La viabilidad de éste, está dada por la factibilidad de generar un menor consumo de energía eléctrica en los instrumentos esterilizadores de implementos quirúrgicos en los subcentros de salud de área rural, también el proporcionar esterilizadores de implementos quirúrgicos en áreas alejadas y marginales que aún no cuentan con energía eléctrica, adicionalmente factores no cuantificables como la utilización de energía renovable que trae como consecuencia la preservación de recursos naturales que adicionalmente desarrollan conciencia social del cuidado del medio ambiente. También un beneficio no cuantificable radica en la gran acogida que tendrá el proyecto en los sectores marginales del país, al incentivar el uso de energía solar fácilmente disponible y generar nuevos proyectos relacionados.

El costo total del proyecto para ser considerado en el análisis económico corresponde a los costos de producción, que según la tabla 7.3 corresponde a 515.50 dólares.

Para obtener la relación beneficio costo del proyecto se debe cuantificar un costo estimativo por la esterilización de un juego de implementos quirúrgicos, para lo cual según el punto 1.2, se tiene un promedio de 7 esterilizaciones por

semana (1 esterilizado por día), es decir, 365 esterilizaciones al año. Por otro lado, en el autoclave, el tiempo promedio necesario para esterilizar el mismo juego de implementos quirúrgicos es como promedio 30 minutos. El personal especializado para realizar este trabajo, percibe un sueldo mensual de 300 dólares, es decir, 10 dólares diarios y por una simple regla de tres para los 30 minutos se obtiene: 0.63 dólares por esterilizado. También es necesario calcular el costo de la energía eléctrica que utiliza el autoclave, para lo cual tomando un promedio de potencia en varios autoclaves analizados como 1000 W (vatios), se obtiene para los 30 minutos de esterilizado un valor de 0.5 Kw-h por esterilizado y con 0.085 dólares por cada Kw-h (tarifa eléctrica actual incluido impuestos), 0.043 dólares por esterilizado. Sumando ambos costos se obtiene 0.673 dólares por esterilizado y como se está considerando un proceso productivo se incrementará un 25 % de utilidad, teniendo 0.84 dólares por esterilizado, para el segundo año con una inflación de 5 % se tiene 0.88 dólares por esterilizado y para el tercer año con una inflación del 10 %, 0.97.

En la tabla 5.6 se presenta un resumen de los costos para los 3 años siguientes, luego se realizará un análisis de la recuperación de la inversión, y la relación beneficio costo.

**Tabla 7.6: Recuperación de la inversión**

No.	DESCRIPCIÓN	AÑOS		
		1	2	3
1	Costo por esterilizado (usd)	0,84	0,88	0,97
2	Número de esterilizaciones al año	365		
3	Subtotal	306,60	321,20	354,05
4	Total parcial	306,60	627,80	981,85

Analizando la tabla anterior se deduce que la inversión se recupera al segundo año, y tomando en cuenta para este tiempo se obtiene una relación beneficio costo:

$$\text{Beneficio costo} = 627,80 / 515,50 = 1,22$$

Este valor es mayor que la unidad representando que existe un beneficio económico a lo largo de un tiempo relativamente pequeño y sumado a los beneficios intangibles se concluye que el proyecto es justificable.



## CAPÍTULO 8

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1.- CONCLUSIONES

- Se logro cumplir con el objetivo principal del proyecto el de diseñar y construir un modelo de vaporizador solar para esterilizado de implementos quirúrgicos.
- Se ha implementado una propuesta, para promocionar un dispositivo que reemplace el uso del autoclave con la consecuente disminución en el consumo de energía eléctrica en los subcentros de salud del área rural.
- Como el tiempo utilizado para la esterilización de los implementos quirúrgicos desde la preparación de los implementos hasta su esterilizado completo toma entre 25 a 30 minutos y como el requerimiento de esterilizaciones diarias son 2 como máximo (según capítulo 1, punto1.2), el modelo de vaporizador solar puede abastecer con gran facilidad la demanda de esterilizaciones requeridas.
- Resulta de vital importancia para este proyecto la ubicación del eje focal del concentrador coincidente hacia la ubicación del sol, de esta manera se evita: en primer lugar la generación de sombra en el concentrador y en segundo lugar, cuando no existe esta coincidencia, cambia la posición del foco, es decir, el calor se concentra en un sitio diferente al teórico, disminuyendo su eficiencia.
- La ubicación del vaporizador solar tiene que ser de tal manera que el eje de giro del concentrador sea perpendicular a la orientación este-oeste, en otras palabras, perpendicular a la trayectoria del sol.
- La aplicación de este sistema de esterilización, empleando energía solar es muy conveniente en la ubicación geográfica que se encuentra, pues no hay por lo general estaciones demasiado frías que ocasionen heladas ni congelamientos, pero problemas de polvo

e impurezas si pueden existir, siendo estos inconvenientes fáciles de controlar.

- Debido a que este proyecto de energía solar utiliza tiempos cortos para cumplir con el proceso de esterilizado no se necesita tomar muy en cuenta los factores tanto climáticos, como geográficos que van a favorecer o a afectar al sistema. Esto hace que, por lo menos a nivel del país es conveniente la construcción de estos sistemas.
- La fabricación del concentrador parabólico con el molde de madera ofrece características dimensionales lo más cercano al perfil parabólico requerido, sin embargo, la unión de las tiras de madera en el molde produce que en el concentrador de fibra de vidrio, éstas sean visibles, creando un mayor trabajo de lijado y pulido, también, la película de aluminio no tiene mucha adherencia con la fibra de vidrio, ocasionando la presencia de burbujas de aire y dificultando su colocación, ya que, existe la presencia de pequeñas arrugas por el inconveniente mencionado.
- La modificación en el diseño de la tapa del vaporizador se debió a que el espesor del borde de la tapa nunca aseguró la hermeticidad requerida, pues la construcción presentó cierta dificultad en el momento de la suelda. El nuevo rediseño de la tapa en plancha metálica de acero negro A-36, se realizó mediante la utilización de torno y con las 4 tuercas de apriete aseguran la hermeticidad requerida, llegando a los parámetros de esterilizado.
- Como el proceso, tanto de vaporización como de esterilizado se realiza en la misma cámara, las pérdidas de calor son mínimas y la manera de compensar una sobre temperatura o sobrepresión, es con el uso de la apertura de la válvula esférica, también se puede considerar otros parámetros de esterilizado, tal como, 10 minutos a una temperatura de 126° C a 2 atmósferas de presión ( tabla 2.1).
- Los concentradores solares al igual que los diversos elementos que utilizan energía solar nunca llegarán a eficiencias del 100%, debido a que una parte de la energía que se capta a través de los mismos es desperdiciada como pérdidas de calor de diferentes tipos, tanto por convección como por radiación.

- En días nublados, con lluvia y con baja presencia de sol no se logra llegar a los parámetros de esterilización requeridos.

## **8.2.- RECOMENDACIONES**

- Para reducir el tiempo de lijado y pulido en el concentrador de fibra de vidrio, además, para obtener una mayor adherencia con la película de aluminio y evitar burbujas de aire y arrugas, es necesario que al molde de madera se de un mejor acabado, en lo posible, hacer perder completamente las uniones entre las tiras de madera.
- Durante el tiempo de pruebas se analizó que factores ambientales (polvo y lluvia), afectan con la eficiencia del concentrador, por lo cual se recomienda que al inicio de las esterilizaciones se limpie el concentrador con un paño ligeramente humedecido y al final de las mismas, el vaporizador solar sea transportado por 2 personas a un lugar fresco y bajo techo. Se recomienda 2 personas, porque a pesar de que el conjunto completo es liviano, este presenta dimensiones que son difíciles de transportar por una sola persona.
- Si se llega a implementar el proyecto a los diferentes subcentros de salud, es importante instruir a los posibles usuarios, la forma de uso, su funcionamiento y mantenimiento requerido.
- Es recomendable que la ubicación del vaporizador solar sea en un área despejada, libre de árboles, arbustos y edificaciones, de tal manera que los rayos solares incidan directamente sobre el vaporizador solar, de esta manera se logrará mejores resultados.
- Como es sabido que en el presente proyecto el único mecanismo que regula la temperatura y presión, es con la apertura de la válvula esférica, en este proceso existe disminución en la cantidad de agua convertida en vapor, por esta razón se recomienda adicionar unos 10 cm<sup>3</sup> de agua, es decir, 135 cm<sup>3</sup> para compensar estas pérdidas.

# BIBLIOGRAFÍA

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. FARRINGTON, D. Uso directo de la Energía Solar. Traducción Enrique Zoido. 2da ed. Madrid, H. Blume Ediciones, 305 p.
2. HANS, R. Energía Solar aplicaciones prácticas. Traducido por Roberto Fuchs. 1a ed. España, Marcombo, S.A., 215 p.
3. DUFFIE, J y BECKMAN, W. solar Engineering of Thermal Processes. 2da ed. EEUU, Wiley-Interscience, 919 p.
4. BURGARTH, N. Ingeniería Termodinámica. 559 p.
5. VAN, G y SONNTAG, R. Fundamentos de Termodinámica. Traducido del inglés por Xavier Obregón. 1a ed. México, Editorial Limusa-Wiley, S.A., 1970, 735 p.
6. MANRIQUE, J. Termodinámica. 3ra ed. México, Oxford University Press, 544 p.
7. ROMAN, R. Aplicaciones Térmicas de la Energía solar. Apuntes del Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de Chile, Chile, 273p.
8. SAPAG CHAIN, N y SPAG CHAIN, R. Preparación y Evaluación de Proyectos. 4ta ed. México, McGraw Hill, 430 p.
9. BRENNER, P y OTAIZA, F. Manual de Esterilización y Desinfección. 1ra ed. Chile 2003, 159 p.
10. ENCARTA 2005, Biblioteca de Consulta Microsoft

## TESIS:

1. DUQUE, J. y VÁSQUEZ, P. Diseño e Implementación de un Sistema de Aprovechamiento de la Energía Solar para el Calentamiento de Agua con Colectores Planos, Calefones y Control Automático para el Hotel Real Audiencia. Tesis Ing. Mec. Quito. Escuela Politécnica del Ejército. Facultad de Ingeniería Mecánica. 2004. 160 p.

2. DÉFAZ, G.. Diseño y Construcción de una Máquina Peladora de Maní Tostado de Rodillos con capacidad de 100 Kg./H para el Departamento de Diseño de Proyectos Mecánicos. Tesis Ing. Mec. Quito. Escuela Politécnica del Ejército. Facultad de Ingeniería Mecánica. 2004. 175 p.

### **PUBLICACIONES:**

1. FREIRE, P. Poligrafiado de Biología General y Bases. Ecuador; 100 p, 1980.
2. GUASUMBA, J. Cocina Solar Portátil de tipo parabólico para uso en campo, Mérida – Venezuela, 2004

### **DIRECCIONES DE INTERNET:**

1. [http://pdf.rincondelvago.com/energia-solar\\_15.html](http://pdf.rincondelvago.com/energia-solar_15.html), La Energía Solar, Diciembre 2005.
2. <http://www.codeso.com/TurismoInfo01.html>, División Política del Ecuador, Ecuador, Diciembre 2005.
3. <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsana/E/fulltext/perfiles/ecuador.pdf>, Perfil de la Salud Ambiental de la Niñez en el Ecuador, Quito, 2001
4. [http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_solar](http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar), Constante Solar, Diciembre 2005.
5. [http://sky.net.co/energia/Radiacion\\_solar\\_I.htm#manH](http://sky.net.co/energia/Radiacion_solar_I.htm#manH), Radiación Solar Extraterrestre, Diciembre 2005.
6. [http://www.portalplanetasedna.com.ar/central\\_solar.htm](http://www.portalplanetasedna.com.ar/central_solar.htm). Instalaciones de media Temperatura, Diciembre 2005.
7. [http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n\\_electromagn%C3%A9tica](http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_electromagn%C3%A9tica), Radiación Electromagnética, Diciembre 2005.
8. <http://www.textoscientificos.com/energia/solar>, Usos posibles de la energía solar. Diciembre 2005.
9. <http://www.ub.es/biocel/wbc/tecnicas/cap5.htm>, Las Contaminaciones, Diciembre 2005.

10. <http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/Instrumentos/fresnel/fresnel.htm>, Lentes de Fresnel, Diciembre 2005.

## **ANEXOS:**

## **ANEXO A**

### **TABLAS TERMODINÁMICAS**

**A1: Tabla A-5** Vapor de agua saturado – Temperatura

**A2: Tabla A-7** Vapor de agua sobrecalentado

**A3: Tabla A-14** Agua a presión de saturación

## **ANEXO A1**

## **ANEXO A2**

## **ANEXO A3**

**ANEXO B**  
**PROGRAMA EN AUTOLISP PARA DIBUJO DE LA**  
**PARÁBOLA**

```

; PROGRAMA PARA DIBUJAR LA PARABOLA X2=127.2Y
; ELIMINACIÓN DEL ICONO UCS
(DEFUN UCS ()
(COMMAND "UCSICON" "OFF")
)
(defun MATRIZ()
(SETQ DIST 0)
(SETQ DIST1 100)
; PUNTO INICIAL
(SETQ P1 '(20 450))
; PUNTO INICIAL DE LA PARÁBOLA
(SETQ YO 28.3)
(SETQ XO 60.0)
; PENDIENTE INICIAL
(SETQ PENDIENTE -0.746)
; DISTANCIA INICIAL
(SETQ DIST1 -13.6)
(SETQ X 60.0)
(WHILE (>= X -0.1)
; DIBUJO DE LAS LINEAS
(command "pline"
(setq q(polar p1 PENDIENTE dist))
(setq q(polar q PENDIENTE DIST1))
"close"
(SETQ P1 q)
)
(SETQ X (- X 0.1))
; ECUACIÓN DE LA PARÁBOLA
(SETQ Y (/ (* X X) 127.2))
; CÁLCULO DE LA PENDIENTE
(SETQ PENDIENTE (/ (- Y YO) (- X XO)))
(SETQ PENDIENTE (ATAN PENDIENTE))
; CÁLCULO DE LA DISTANCIA

```

```
(SETQ DIST1 (/ (- Y YO) (SIN PENDIENTE)))  
(SETQ DIST1 (* DIST1 -100))  
(SETQ PENDIENTE (- 0 PENDIENTE))  
(SETQ YO Y)  
(SETQ XO X)  
)  
)  
; LOS PARÉNTESIS CIERRAN EL BLOQUE DE ACTIVIDADES  
(DEFUN C:GONCHY ()  
(UCS)  
(MATRIZ)  
(PRINC)  
)
```

**ANEXO C**  
**PLANOS**

$$Q = mC_p\Delta T$$

**ANEXO D**  
**ESQUEMA DE LA UBICACIÓN ÓPTIMA DEL**  
**VAPORIZADOR RESPECTO AL CONCENTRADOR**