

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: ESTUDIO DEL PROCESO DE TRATA-
MIENTO DE RESIDUOS BIOSANITARIOS
ESPECIALES

Autora: M^a del Carmen JIMÉNEZ GALIANO

Fecha: Junio 2008





El presente proyecto tiene como objeto el estudio del proceso de tratamiento de 1320 Kg/día de Residuos Biosanitarios Especiales (RBSE) clasificados como peligrosos por la **ley 10/98 de Residuos**, que se generan en los principales hospitales de la Bahía de Cádiz.

Están incluidos en la categoría **H9: Infecciosos**. *“Por contener microorganismos viables o sus toxinas de los que se sabe o existen razones fundadas para creer que causan enfermedades en el ser humano o en otros organismos vivos”*.

Teniéndose en cuenta que la vida útil de una planta de tratamiento de este tipo puede durar hasta 15 años según el **R.D. 833/1988**, se sobredimensiona en un 5% debido al crecimiento de población, entre otros factores, obteniéndose una corriente de entrada máxima de:

RBSE brutos	1400 Kg/día
RBSE netos	980 Kg/día
Contenedores	129
Densidad del residuo	130,33 Kg/cm ² .

Para estas características se han estudiado los procesos de tratamiento más comunes en la actualidad para la destrucción de los microorganismos presentes en los RBSE que son:

- Destrucción por **calor húmedo**:
 - Esterilización por vapor saturado.
 - Esterilización en microondas.
- Destrucción por **calor seco**: Incineración.
- Destrucción por **métodos químicos**: Desinfección química.
- **Otros métodos**: Vertedero de seguridad, encapsulado y relleno de emergencia.

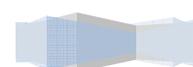
Para determinar el tipo de tratamiento que se va a utilizar, se han tenido en cuenta además de la cantidad de RBSE a tratar diariamente, consideraciones legales, técnicas, económicas y de tipo social, llegando a la conclusión de que la opción que más se ajusta a las necesidades de este proyecto es el método de **Esterilización por vapor saturado de agua** por ser una tecnología limpia, ampliamente utilizada en el sector de la sanidad, de fácil operación,



económica y aceptada favorablemente por los colectivos sociales siempre que implique una etapa de trituración para volver irreconocible el residuo final que se puede además eliminar como residuo sólido asimilable a urbano (RSAU).

El proceso de tratamiento de RBSE mediante vapor saturado de agua se va a considerar desde que el residuo es generado en el hospital hasta que se deposita en vertedero controlado y se puede desglosar en las siguientes fases:

- Fase de **Acondicionamiento**:
 - *Segregación*: El centro sanitario identifica y envasa los residuos según su clasificación, utilizando contenedores y bolsas adecuados a los mismos, teniendo en cuenta criterios de seguridad y asepsia.
 - *Recogida en centros sanitarios*: Diariamente dentro del mismo centro sanitario se recogen y se almacenan temporalmente los residuos en locales que deben cumplir con la legislación vigente y las normas técnicas que les sean de aplicación.
 - *Transporte a planta*: Un gestor autorizado deberá encargarse de la recogida en el centro sanitario y el transporte de los RBSE a la planta de tratamiento y deberá cumplir con los criterios de seguridad e higiene y la normativa del transporte de mercancías peligrosas
- Fase de **Tratamiento**:
 - *Recepción en planta*: Diariamente llegaran a la planta los camiones de RBSE, donde se registran y se descargan para su posterior tratamiento.
 - *Almacenamiento en planta*: Una vez que los residuos se han registrado, pasan a la zona de *almacenamiento de residuos contaminados* ubicada en la planta destinada para almacenar los residuos independientemente y con unas condiciones de seguridad hasta el momento de su esterilización.
 - *Separación y limpieza*: Antes del tratamiento de los residuos por esterilización, pasan a esta zona para separar las bolsas que van a ser tratadas de los contenedores que las almacenan ya que estos pueden limpiarse y desinfectarse para poder ser reutilizados. Las bolsas se depositan en unas cestas de acero inoxidable móviles, aptas para el traslado de los RBSE hasta la

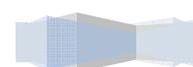


zona de esterilización y una vez allí se desmontan, pudiendo introducirse al interior de la cámara de esterilización.

- **Esterilización:** Se proceden a esterilizar los residuos mediante un ciclo de esterilización por vapor saturado de agua de 1 hora de duración aproximada, 142°C y 3,9 kg/cm². Además de esterilizar los residuos y eliminar su componente contaminante se logrará una reducción de los mismos de un 15%. Esta etapa estará formada por:
 - Fase de *carga*.
 - Fase de *esterilización*: formada por las etapas de calentamiento, periodo de meseta y enfriamiento.
 - Fase de *descarga*.
- **Trituración:** los residuos esterilizados pasan a la zona de trituración cuyo objetivo es volver irreconocible los órganos humanos que pueden producir un impacto social negativo. En esta etapa se consigue una reducción del 55%.
- **Envasado:** finalmente la masa triturada que se ha obtenido se puede envasar en bolsas para Residuos Sólidos Asimilables a Urbanos que se depositarán en contenedores de 1100 L hasta el momento de su eliminación final.
- **Fase de *Eliminación*:** La última fase del proceso es el traslado en camiones municipales o de un gestor autorizado hasta un vertedero controlado como Residuo Sólido Asimilable a Urbano.

El ciclo de esterilización se ha determinado, haciendo uso del **método de Ball**, con una temperatura de esterilización de 142°C a la presión de vapor del agua correspondiente de 3,9 kg/cm² y un tiempo de duración de 1 hora aproximadamente para la destrucción del microorganismo de referencia *Bacillus Stearothermophilus*. Se realizarán 8 ciclos al día donde se tratarán 960 L en cada uno, equivalente a 16 bolsas de RBSE.

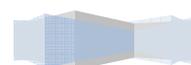
La unidad de tratamiento consistirá en un recipiente cilíndrico horizontal de 2 m³ de acero inoxidable ANSI 316, con fondos toriesféricos, soportado por cunas según ESP-1101-01 de CEPESA, que facilita la carga y descarga de los residuos y soportará unas condiciones de diseño de 162°C y 5,9 kg/cm².



Todo el proceso deberá ser controlado por equipos automáticos de regulación de caudales y se controlarán en todo momento la temperatura y la presión mediante sensores y equipos de control.

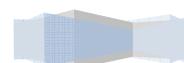
El equipo industrial que apoya el sistema de esterilización está compuesto por: un generador de vapor, un compresor, un tanque de almacenamiento de agua, tanque de almacenamiento de gasoil, bombas centrífugas para la impulsión de agua y de gasoil, tuberías y accesorios. Casi todos los elementos están contruidos en acero inoxidable ANSI 316 de DN ½'' y DN ¼'', exceptuando los equipos comerciales cuyo material viene de fábrica, pero que normalmente es en acero.

El presupuesto final de inversión en capital fijo junto con los costes de operación ascienden a 739.032 €.



1 ÍNDICE

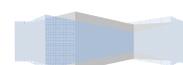
1	ÍNDICE.....	3
2	OBJETO DEL PROYECTO	10
3	ANTECEDENTES	11
4	RESIDUOS SANITARIOS.....	15
4.1	CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SANITARIOS	16
4.1.1	GRUPO I: Residuos generales asimilables a urbanos	16
4.1.2	GRUPO II: Residuos sanitarios asimilables a urbanos.	17
4.1.3	GRUPO III.A: Residuos Biosanitarios Especiales (RBSE).....	19
4.1.4	GRUPO III.B: Residuos citostáticos y químicos.....	19
4.1.5	GRUPO IV. Residuos Radiactivos	20
4.1.6	GRUPO V. Residuos Peligrosos de Origen NO SANITARIO	21
4.2	TABLA RESUMEN DE LOS RESIDUOS SANITARIOS.....	23
4.3	JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DE LOS RBSE'S PARA EL ESTUDIO DE SU TRATAMIENTO.....	24
5	RESIDUOS BIOSANITARIOS ESPECIALES	26
5.1	CLASIFICACIÓN	27
5.1.1	Infeciosos.....	27
5.1.2	Agujas y otro material punzante y/o cortante.....	29
5.1.3	Cultivos y reservas de agentes infecciosos.	29
5.1.4	Residuos infecciosos de animales de experimentación.....	30
5.1.5	Vacunas vivas y atenuadas.....	30
5.1.6	Sangre y hemoderivados en forma líquida	30
5.1.7	Residuos anatómicos.....	30
5.2	GENERACIÓN DE LOS RBSE.....	32
5.3	CARACTERÍSTICAS.....	35
5.3.1	Densidad y difusividad térmica	35
5.3.2	Composición.....	36



6	TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO	38
6.1	DESTRUCCIÓN DE MICROORGANISMOS	38
6.1.1	Condiciones que influyen sobre la eficacia de la actividad de un agente antimicrobiano	39
6.1.2	Principales métodos de tratamiento.....	40
6.2	ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO.....	43
6.2.1	Vapor saturado.....	43
6.2.2	Microondas.....	46
6.3	ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO: INCINERACIÓN	48
6.3.1	Tipos de incineradoras	50
6.3.2	Proceso de incineración	51
6.3.3	Problemática y alternativas a la incineración	52
6.4	DESINFECCIÓN QUÍMICA.....	54
6.4.1	Tipos de desinfectantes químicos	54
6.4.2	Condiciones de operación	56
6.4.3	Modelos comerciales	57
6.5	OTRAS TECNOLOGÍAS.....	58
6.5.1	Vertedero de seguridad para Residuos Infecciosos.	58
6.5.2	Encapsulado	59
6.5.3	Relleno de emergencia.....	59
7	ELECCIÓN DEL MÉTODO DE TRATAMIENTO	61
7.1	DATOS DE PARTIDA	61
7.2	CONSIDERACIONES LEGALES.....	62
7.3	CONSIDERACIONES TÉCNICAS.....	63
7.3.1	Autoclave.....	63
7.3.2	Autoclave móvil.....	65
7.3.3	Microondas.....	66
7.3.4	Incineración	67
7.3.5	Desinfección química	68
7.4	CONSIDERACIONES ECONÓMICAS	69
7.4.1	Costes de inversión y de operación para el tratamiento por vapor saturado: Autoclave.....	69



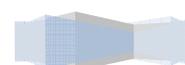
7.4.2	Costes de inversión y operación para microondas:	69
7.4.3	Costes de inversión y operación para incineración:.....	70
7.4.4	Costes de inversión y operación para la desinfección química:.....	70
7.5	CONCLUSIÓN	71
8	ESTERILIZACIÓN MEDIANTE VAPOR SATURADO DE AGUA.....	73
8.1	PARÁMETROS DE CONTROL	76
8.1.1	Control de las variables operativas:	76
8.1.2	Control de eficiencia de la esterilización:.....	77
8.1.3	Calidad del vapor	78
8.1.4	Presencia de aire en el interior de la cámara.....	78
8.1.5	Tipo de envase empleado.	79
8.1.6	Tipo y densidad del residuo.	79
8.1.7	Configuración de la carga.....	80
8.1.8	Tiempo y Temperatura de esterilización.....	81
9	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	82
9.1	FASE DE ACONDICIONAMIENTO	83
9.1.1	Segregación	83
9.1.2	Recogida en centros sanitarios	87
9.1.3	Transporte a planta	89
9.2	FASE DE TRATAMIENTO	90
9.2.1	Recepción en planta	90
9.2.2	Almacenamiento en planta	91
9.2.3	Separación y limpieza.....	92
9.2.4	Esterilización.....	94
9.2.5	Trituración	97
9.2.6	Envasado	98
9.3	FASE DE ELIMINACIÓN: DISPOSICIÓN FINAL	100
9.4	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO GENERAL.....	101
10	EQUIPO INDUSTRIAL.....	102
10.1	RECIPIENTE ESTERILIZADOR	103
10.1.1	Funcionamiento del equipo	106



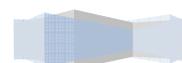
10.1.2	Esquema del equipo esterilizador	109
10.2	GENERADOR DE VAPOR	110
10.3	TRITURADORA	111
10.4	COMPRESOR DE AIRE	116
10.5	TANQUES DE ALIMENTACIÓN	117
10.6	EQUIPOS AUXILIARES	119
10.6.1	Tuberías	119
10.6.2	Uniones	121
10.6.3	Válvulas	122
10.6.4	Bombas	124
10.6.5	Filtro biológico	129
11	MANTENIMIENTO	130
11.1	TIPOS DE MANTENIMIENTO	130
11.2	MANTENIMIENTO GENERAL	131
11.3	MANTENIMIENTO ESPECÍFICO	132
12	PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE	133
12.1	RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS	133
12.1.1	PRECAUCIONES UNIVERSALES	138
12.1.2	PLAN DE EMERGENCIA FRENTE A EXPOSICIÓN A LOS RBSE	142
12.2	RIESGOS RELACIONADOS CON LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD	143
12.2.1	Circuitos	144
12.2.2	Seguridad estructural	144
12.2.3	Prevención y protección contra incendios en la planta	145
12.3	RIESGOS DERIVADOS DE LA ORGANIZACIÓN DE LA CARGA DE TRABAJO	147
12.4	RIESGOS ESPECÍFICOS	148
13	DEFINICIONES	149
14	BIBLIOGRAFÍA	156
15	DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS	157
16	ANEXO I: ESTUDIO DE LOS RESIDUOS BIOSANITARIOS ESPECIALES A TRATAR	159
16.1.1	RBSE'S generados por un hospital general:	159



16.1.2	RBSE generados por los principales Hospitales de la Bahía de Cádiz.....	161
16.1.3	Determinación del crecimiento de la población	162
17	ANEXO II: SOBREDIMENSIONAMIENTO Y CAPACIDAD MÁXIMA DE LA PLANTA	
	164	
18	ANEXO III: CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS	166
18.1.1	Densidad del residuo.....	166
18.1.2	Difusividad térmica aproximada de los residuos	166
19	ANEXO IV: DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LOS CONTENEDORES Y	
	LAS BOLSAS.....	169
20	ANEXO V: ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE ESTERILIZACIÓN	171
20.1.1	Influencia del tiempo de tratamiento	171
20.1.2	Efecto de la temperatura de tratamiento.....	173
20.1.3	Parámetros de referencia en la industria.....	176
20.1.4	Método de Ball.....	178
20.1.5	Procedimiento de cálculo:.....	183
20.1.6	Estimación de la temperatura de operación.....	187
21	ANEXO VI: DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES MÍNIMAS DEL RECIPIENTE	
	190	
22	ANEXO VII: DISEÑO RECIPIENTE SOMETIDO A PRESIÓN INTERNA Y CARGAS	
	EXTERNAS SOPORTADO POR CUNAS.....	193
22.1.1	Algoritmo de cálculo para recipientes horizontales soportados por cunas y	
	sometidos a presión interna.	198
22.1.2	Prueba hidráulica	218
22.1.3	Tablas utilizadas	221
23	ANEXO VIII: TANQUES DE ALMACENAMIENTO	233
23.1.1	Tanque de agua.....	233
23.1.2	Tanque de combustible.....	234
24	ANEXO IX: ESTUDIO HIDRODINÁMICO	236
24.1.1	Caudales	236

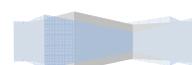


24.1.2	Dimensionamiento de tuberías.....	241
24.1.3	Pérdidas de carga	244
24.1.4	Selección de las bombas	248
24.1.5	Tablas utilizadas en el estudio hidrodinámico:	252
25	PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	258
25.1	Capítulo 1 APLICACIÓN DEL PLIEGO, DEFINICIÓN DE LAS OBRAS Y ADJUDICACIÓN	258
25.2	Capitulo 2 DESARROLLO DEL CONTRATO, CONDICIONES ECONÓMICAS Y LEGALES	267
25.3	Capítulo 3 DESARROLLO DE LAS OBRAS. CONDICIONES TÉCNICO-ECONÓMICAS	282
26	PLIEGO DE CONDICIONES LEGALES	300
26.1.1	Normativa Comunitaria.....	300
26.1.2	Normativa estatal.....	300
26.1.3	Normativa Autonómica	301
27	PRESUPUESTO.....	303
27.1	CONSIDERACIONES PREVIAS	303
27.2	INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO	303
27.2.1	Partida 1: Recipiente esterilizador, depósitos de almacenamiento y trituradora. 304	
27.2.2	Partida 2: Equipos para la impulsión de fluidos.	305
27.2.3	Partida 3: Control e instrumentación.....	307
27.3	COSTES DE OPERACIÓN	309
27.3.1	Partida 4: Materia prima.	309
27.3.2	Partida 5: Gestión y transporte de los RBSE.	310
27.3.3	Partida 6: Energía.	311
27.3.4	Partida 7: Mano de obra.	312
27.4	PRESUPUESTO FINAL.....	314
28	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA E INSTALACIONES.....	316



MEMORIA DESCRIPTIVA

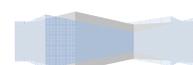
2 OBJETO DEL PROYECTO .....	.....
3 ANTECEDENTES.....	.....
4 RESIDUOS SANITARIOS .....	.....
5 RESIDUOS BIOSANITARIOS ESPECIALES .....	.....
6 TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO .....	.....
7 ELECCIÓN DEL MÉTODO DE TRATAMIENTO.....	.....
8 ESTERILIZACIÓN MEDIANTE VAPOR SATURADO DE AGUA.....	.....
9 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	.....
10 EQUIPO INDUSTRIAL.....	.....
11 MANTENIMIENTO.....	.....
12 PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE.....	.....
13 DEFINICIONES.....	.....
14 BIBLIOGRAFÍA.....	.....
15 DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS.....	.....



2 OBJETO DEL PROYECTO

El objeto de este proyecto se resume los siguientes puntos:

- Estudiar las características de los Residuos Biosanitarios que se generan en un centro sanitario y su volumen de generación diaria.
- Estudiar las diferentes técnicas de tratamiento y elección de la más adecuada económica y técnicamente para:
 - Eliminar el potencial infeccioso del residuo antes de su disposición final, así como minimizar el riesgo biológico.
 - Reducir su volumen.
 - Impedir la inadecuada reutilización de artículos reciclables.
 - Volver irreconocibles los desechos de cirugía (partes corporales), por razones éticas, morales o religiosas.
- Diseñar un sistema de tratamiento adecuado a las necesidades de tratamiento optimizando volumen del equipo, temperatura, tiempo y presión de operación.
- Estudiar las fases por las que pasan los RBSE durante el proceso de tratamiento elegido, considerándose como punto de partida la generación en el centro sanitario como residuo peligroso y como punto final la disposición en vertedero como residuo asimilable a urbano.
- Presentar de forma general, las partes en las que está constituida una planta de tratamiento de residuos biosanitarios especiales.
- Analizar los riesgos que conllevan estos residuos para la salud de las personas y para el medio ambiente.



3 ANTECEDENTES

Históricamente el hombre ha colocado sus residuos en el entorno de su asentamiento. La complejidad y la diversidad de la actividad humana, a través de la historia, han marcado las pautas y las conductas en el manejo y disposición final de los residuos; las grandes epidemias y los lamentables accidentes ocurridos, constituyen el ejemplo más elocuente del alto precio que debe pagar la humanidad por el mal manejo de sus residuos.

Los problemas del manejo inadecuado de los residuos, no sólo tienen que ver con la salud humana al constituir atracción para los vectores sanitarios, sino que también están relacionados con los problemas de contaminación atmosférica, la contaminación de los suelos y la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

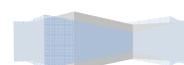
La conciencia social sobre temas de medio ambiente, en los países de nuestro entorno económico y geográfico, obliga a un posicionamiento de personas, empresas e instituciones políticas, cada vez más valorado por la opinión pública y a la par obligado por exigencias legales paulatinamente desarrolladas.

La filosofía de un desarrollo sostenible en las actividades humanas constituye, sin ningún género de dudas, una inversión estratégica tangible para nuestros ciudadanos y, en un futuro próximo, para nuestros hijos.

La implantación de una gestión segura de los residuos, en pos de la mejora de rendimientos, seguridad de trabajadores y población en general, y de disminución del volumen y peligrosidad de los residuos generados, se han plasmado desde 1998 en la segunda fase del Plan Director de Residuos Sólidos Urbanos iniciado en 1989, con la celebración de Convenios entre Municipios y la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente.

En el ámbito sanitario, especialmente tras la aparición del SIDA, el tema de los residuos generados en centros sanitarios comenzó a ser percibido como un potencial problema de salud pública, lo que llevó a un endurecimiento en las regulaciones medioambientales de países de nuestro entorno, como Francia, Alemania, Holanda, etc.

Esta preocupación creciente por los residuos que se generan en centros sanitarios y su manejo correcto, unida a las exigencias legales cada vez más definidas, hacen necesario una



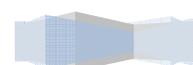
planificación adecuada en la gestión y el tratamiento, moderno y eficiente, de los residuos sanitarios.

La evolución histórica de la gestión de los residuos sanitarios, el primer enfoque utilizado para el tratamiento y eliminación especialmente durante las décadas de 1950 y 1960, fue la incineración intrahospitalaria del residuo en hornos pirolíticos. El sistema se empleó, sobre todo, para la eliminación de los restos anatómicos. Este tipo de hornos adquirió una gran prevalencia y, de hecho, hasta hace relativamente pocos años eran el sistema generalizado de tratamiento final en la mayoría de los países incluido el nuestro. Prácticamente hasta finales de los años 70, la escasa regulación legal promulgada sobre emisión de gases al medio ambiente, permitió que este tipo de instalaciones siguiera funcionando.

A partir de ese momento, algunos países establecen normas de control de la contaminación ambiental más estrictas que, inevitablemente, afectarían a los hornos incineradores de residuos. En este sentido, en 1974, el Ministerio de Sanidad de la República Federal Alemana fue el primero en dictar una directriz medioambiental reguladora de las emisiones. Junto con este hecho, la aparición del SIDA en 1981 y la identificación del VIH como agente causal en 1984, hicieron que tanto la población general como el personal sanitario reconsideraran el riesgo de manipular residuos infecciosos. Ambas circunstancias determinaron un nuevo giro en la percepción del riesgo, la conceptualización y la gestión de los residuos sanitarios.

En la década de los años 80 numerosos países iniciaron la regulación legal de sus residuos sanitarios (Francia en 1982, Alemania en 1983, Holanda en 1985, etc.) Un primer efecto de estas regulaciones fue el aumento de la proporción de residuos que los centros sanitarios clasificaban como “de riesgo”. A ello contribuyó, sin duda, la presión de la opinión pública en relación con los residuos infecciosos y la difusión de una visión que sobreestima el peligro potencial de los mismos.

Hasta hace relativamente poco tiempo, la clasificación y gestión de estos residuos se realizaba en base al criterio de las “Precauciones Universales”, según el cual “todos los residuos en contacto con un paciente, o con líquidos biológicos, eran infecciosos, y como consecuencia debían segregarse y gestionarse de forma diferenciada de los residuos urbanos, y en caso de que existiese algún duda, también por si acaso”, pauta que se vio reforzada tras la aparición del SIDA.



Dentro de este contexto social, se publica en España el **Informe Clinhos**, que introduce criterios científicos en la clasificación de los residuos sanitarios, tomando como base los riesgos reales de transmisión de las enfermedades infecciosas. Según este informe, sólo una pequeña fracción de los residuos procedentes de centros sanitarios son peligrosos, y, por tanto, deben gestionarse de forma diferenciada a los residuos urbanos, mediante el empleo de métodos específicos de desinfección y/o esterilización, que permitan eliminar la peligrosidad del residuo, incorporándolos posteriormente a los asimilables a urbanos para su gestión conjunta. Ambos aspectos, adecuada clasificación de los residuos sanitarios en función de su peligrosidad y la desinfección/esterilización de los biopeligrosos, constituyen los elementos vertebradores de los denominados **Sistemas de Gestión Avanzada** que comienzan a implantarse en sustitución de los **Sistema Clásicos de Gestión**.

En relación al tratamiento de estos residuos cabe resaltar la concepción tradicional de la incineración como el máximo sistema purificador y desinfectante, a pesar de sus considerables insuficiencias ambientales y sociales. Ambos conceptos históricos, Precauciones Universales e Incineración, han constituido la base de lo que se llevado a denominar *Sistemas de Gestión Clásica* de los residuos sanitarios.

La solución tradicionalmente empleada en muchos hospitales y centros sanitarios ha sido la incineración intracentro, aunque la mayor parte de los hornos intracentros han quedado obsoletos porque los residuos tratados forman una masa cada vez más heterogénea y con mayor proporción de plásticos clorados, con lo que estos incineradores no son adecuados para respetar los límites de emisión de gases cada vez más estrictos, en cuanto al tipo de hornos y a la eficacia de los equipos de limpieza de gases.

Para cumplir estos límites es necesario instalar incineradores de tecnología moderna, dotados de un horno específico y de un sistema de lavado de gases de alta eficiencia. En estas condiciones, una incineradora de residuos sanitarios se convierte en una instalación técnicamente muy sofisticada que requiere una explotación y un mantenimiento especializados, difícilmente abordables por un centro sanitario. Por estos motivos, en algunos países, la mayor parte de los incineradores intrahospitalarios han sido clausurados.

Todos los materiales y elementos de un equipo han de eliminarse con el tiempo, sin embargo, en el trabajo cotidiano sólo es necesario eliminar o destruir cierta proporción de aquellos. El



resto se aprovecha para volver a utilizarlo, como ocurre con el material de vidrio, el instrumental y la ropa de trabajo. Por esta razón, el concepto de eliminación puede interpretarse en el sentido más amplio, en vez de hacerlo restrictivamente como proceso destructivo.

Durante los últimos años, las innovaciones habidas en el ámbito de las actividades hospitalarias han traído consigo un incremento el volumen de desechos clínicos y de la variedad de residuos que además, contenían proporciones crecientes de compuestos plásticos clorados, que plantea el problema de su eliminación como un cambio e estrategia en el tratamiento de los mismos hasta conseguir su supresión. Hay que tener en cuenta que la composición del residuo varía notablemente según el tipo de centro y entre centros similares puede ofrecer también notable variedad siguen el tipo de clasificación que se aplique.

También con la manipulación de las directivas de la CEE sobre el tratamiento de los residuos se vincula a la legislación española a elaboración de Leyes, Normas y Reglamentos que hacen necesarios un cambio en el tratamiento que hasta ahora venía dándose a los residuos.



4 RESIDUOS SANITARIOS

El proyecto está orientado al estudio de los Residuos Biosanitarios Especiales generados en los hospitales, no obstante, las observaciones que contiene son también extensibles para otras categorías de centros sanitarios como: bancos de sangre, centros de asistencia primaria, de diálisis, centros médicos de especialidades, psiquiátricos socio sanitarios, unidades de Investigación experimental, laboratorios clínicos, de anatomía patológica, experimentales y de investigación, residencias asistidas y de disminuidos, clínicas veterinarias, clínicas dentales, etc.

La clasificación de los residuos generados por los centros sanitarios se basa, fundamentalmente, en el principio de **Gestión Avanzada**, es decir, en los riesgos reales asociados y en su naturaleza, según normativas vigentes, tanto estatal como autonómicas en materia de residuos.

Cualquier material sanitario tiene que considerarse *residuo* a partir del momento en que se rechaza, porque su utilidad o su manejo clínico se consideran definitivamente acabados y sólo entonces puede empezar a hablarse de riesgo asociado a este residuo.

Por tanto, se definen los **residuos sanitarios** como las sustancias o los objetos generados en centros, servicios y establecimientos sanitarios de los cuales sus poseedores o productores se desprenden o tienen la obligación de desprenderse.

En todo proceso de gestión de residuos es de suma importancia la clasificación que se haga de los distintos grupos generados, porque de ella dependerán las demás etapas.

No existe una norma reguladora de carácter específico para estos residuos, por lo tanto la clasificación que se propone es orientativa, si bien está comúnmente aceptada por la comunidad científica.



4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SANITARIOS

Según el Plan de *Prevención y Gestión de Residuos Peligrosos de Andalucía (2004-2010)* la clasificación generalmente aceptada para los residuos generados en centros sanitarios es la siguiente:

- **NO PELIGROSOS:** los que no tienen riesgo. Se subdividen en los Grupos I y II.
- **PELIGROSOS:** los que conllevan un riesgo de contaminación química, física o biológica para la salud pública y el medioambiente. Son aquellos integrados por los Grupos III, IV y V.

Clasificación de los residuos sanitarios ¹			
Riesgo de contaminación	Nomenclatura	Descripción	
NO PELIGROSOS (sin riesgo)	Grupo I: RGAU	Residuos Generales Asimilables a Urbanos	
	Grupo II: RSAU	Residuos Sanitarios Asimilables a Urbanos	
PELIGROSOS (con riesgo)	De origen sanitario	Grupo III.A: RBSE's (contaminación biológica)	Residuos Biosanitarios Especiales (infecciosos).
		Grupo III.B: (contaminación química)	Residuos Peligrosos Químicos y Citostáticos
		Grupo IV	Residuos Radiactivos
	De origen no sanitario	Grupo V	Peligrosos de origen no sanitario

Tabla 1

4.1.1 GRUPO I: Residuos generales asimilables a urbanos

Los Residuos Generales Asimilables a urbanos o RGAU pertenecen al Grupo I de la clasificación y son aquellos que se generan fuera de la actividad asistencial de los Centros Sanitarios que no precisan medidas especiales en su gestión. Coinciden con los residuos urbanos o municipales y no requieren exigencias especiales de gestión ni dentro ni fuera del centro generador.

¹ La descripción de los Grupos I, II, III.B, IV, V viene incluida en los anexos, ya que no son el objeto del proyecto.



Este grupo de residuos incluye materiales como cartón, papel, embalajes, mobiliario en desuso, colchones, envases vacíos de plástico, vidrio, metal, y materia orgánica, que normalmente se generan en oficinas y despachos, cocinas, bares, restaurantes, comedores, talleres, jardinería, plantas de hospitalización, almacenes, muelles de carga de descarga, áreas de mantenimiento, etc.

Se hace necesaria una recogida selectiva de todos estos residuos al objeto de facilitar su nueva entrada en la cadena de producción.

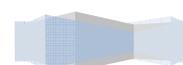
A continuación se presentan algunos ejemplos de algunos residuos generales asimilables a urbanos que pueden ser generados en el Hospital y que se gestionarán para su reciclaje o valorización:

RESIDUO URBANO RECICLABLE	TIPO DE MATERIAL RECICLABLE (UTILIDAD)
Restos de Comida (Orgánicos)	Utilizados para preparar compost
Residuos de jardín y poda	Utilizados para preparar compost, combustible biomasa
Aceites y grasas vegetales	Utilizados para hacer jabón y combustible biomasa
Baterías y acumuladores sin sustancias peligrosas	Potencial para recuperar metales
Residuos de equipos eléctricos y electrónicos.	Potencial para recuperar componentes
Residuos de construcción y demolición	Suelo, asfalto, hormigón, madera, cartón de yeso, grava...
Chatarra, restos de hierro y metal.	Potencial para recuperar metales
Papel y cartón	Periódicos, papel y empaquetamiento
Plásticos (PET, PE, PVC, PP, PS y otros)	Botellas, bidones, bolsas, envolturas
Vidrio	Botellas y recipientes de vidrio blanco, verde y ámbar.
Metales (Acero y Aluminio)	Latas, bienes de línea blanca, cobre, plomo, etc.
Madera, Muebles	Materiales de empaquetamiento, palés y restos de madera.
Bricks y envases	Envases de zumos, agua, vinos, salsas y productos lácteos

Tabla 2

4.1.2 GRUPO II: Residuos sanitarios asimilables a urbanos.

Los Residuos Sanitarios Asimilables a Urbanos o RSAU pertenecen al Grupo II de la clasificación y se entienden como tal, los residuos que se producen como consecuencia de la actividad asistencial y/o de investigación asociada, que no están incluidos entre los considerados como residuos sanitarios peligrosos, al no reconocérseles peligrosidad real ni potencial, según los criterios científicamente aceptados.



RESIDUOS SANITARIOS ASIMILABLES A URBANOS (RSAU)
Restos de curas y pequeñas intervenciones quirúrgicas.
Algodones, gasas, mascarillas.
Batas, guantes, tallas, u otros textiles de un solo uso.
Recipientes de drenaje vacíos.
Secreciones y Excreciones.
Bolsas de orina vacías y empapadores.
Recipientes desechables de aspiración vacíos.
Yesos.
Sondas.
Pañales.
Residuos procedentes de Hemodiálisis provenientes de pacientes no contaminados por virus VHC, VHB y VIH.
Cualquier otro residuo manchado o que haya absorbido líquidos biológicos, siempre que no se trate de casos particulares incluidos en la definición del grupo III y en general, todos aquellos cuya recogida y eliminación no ha de ser objeto de requisitos especiales para prevenir infecciones.

Tabla 3

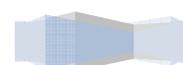
Asimismo, se incluyen también en este grupo todo el material que habiendo estado contaminado se haya tratado específicamente para su descontaminación y/o esterilización, bien en instalaciones generales, o bien en los autoclaves o cualquier otro sistema que, a tal efecto estén instalados en los laboratorios de microbiología o de cualquier otra especialidad en la que se trabaje con agentes infecciosos.

Los estudios microbiológicos existentes demuestran que el potencial patogénico de estos residuos no representa un riesgo más alto para la salud pública ni para el medio ambiente que los residuos municipales.

Así pues, como que el riesgo asociado a la gestión de los residuos municipales (recogida, transporte y disposición) está completamente aceptado, no tiene sentido tomar precauciones especiales para la gestión externa de los residuos del grupo II, en relación con las que se disponen para los residuos municipales.

Sin embargo, en el interior del centro sanitario, los residuos del grupo II son una reserva importante de gérmenes oportunistas^{II} que, a través de un vector adecuado

II No obstante, no tiene que sobrevalorarse este riesgo, ya que en la diseminación de infecciones nosocomiales intervienen numerosos factores, de difícil identificación y control. En muchos casos, se trata de gérmenes oportunistas propios del paciente, que a menudo los ha adquirido fuera del centro sanitario.



(fundamentalmente, las manos, los antebrazos y el pecho del personal sanitario), pueden afectar a los pacientes inmunodeprimidos y, por lo tanto, no tienen que acumularse en el interior de las habitaciones, ya que pueden provocar las denominadas infecciones nosocomiales.

En consecuencia, en el interior del centro sanitario hay que tomar determinadas precauciones para la gestión de los residuos del grupo II, ya que el hecho de que puedan tratarse por los mismos métodos que los residuos municipales no tiene que interpretarse como que no tienen ningún riesgo, sino que éste está limitado en el interior del centro sanitario^{III}.

En el caso del grupo II, el hecho que el residuo sea sólido o líquido condiciona su tratamiento final, ya que está expresamente prohibido gestionar residuos líquidos en bolsas del grupo II. Éstos pueden verterse al desagüe o bien gestionarlos como residuos sólidos del grupo III.A.

4.1.3 GRUPO III.A: Residuos Biosanitarios Especiales (RBSE).

Su contenido se desarrollará en el capítulo 5 de esta Memoria.

4.1.4 GRUPO III.B: Residuos citostáticos y químicos.

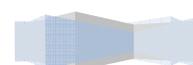
Son los residuos cuya gestión está sujeta a requerimientos especiales desde el punto de vista higiénico y medioambiental, tanto dentro como fuera del centro generador.

Se incluyen residuos químicos sometidos a la legislación específica de residuos tóxicos y peligrosos, tales como:

- Residuos de medicamentos Citotóxicos y citostáticos:

El riesgo asociado a los residuos citotóxicos se fundamenta en el hecho que presentan propiedades cancerígenas, mutagénicas o teratogénicas; produciendo a su vez efectos locales irritativos, vesicantes o alérgicos.

III Sin embargo las funciones propias del personal sanitario y de limpieza hacen que su grado de exposición a los residuos del grupo II sea muy elevado (más que el correspondiente al personal de recogida de basuras, en relación con los residuos municipales).



- *Residuos de origen químico:*

Como son medicamentos desechados, residuos líquidos, mercurio, reactivos de laboratorio, residuos de laboratorios, sólidos, especiales, mezclas y envases, etc.

Resumen de las sustancias químicas y ejemplos	
Sustancias químicas	Ejemplos
Compuestos halogenados y sus mezclas	Mezcla de alcoholes y ácido clorhídrico, diclorometano, dicloroetano, triclorometano, mezclas de ácidos halogenados, etc.
Compuestos no halogenados y sus mezclas (hidrocarburos alifáticos y aromáticos, aldehídos, amidas, aminas, ésteres, alcoholes, glicoles, etc.)	Metanol, etanol, isopropanol, formol, acetona, xilol, tolueno, butilacetato, benceno, hexano, ciclohexanona, óxido de propileno, parafina, éter, etc.
Disoluciones acuosas que contienen metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio, plomo, etc.), colorantes orgánicos, etc.	Acetato de uranilo, citrato de plomo, wolframio, cloruro de oro, IC-bisulfito metálico, nitrato de plata, tiosulfato de sodio, tetraóxido de osmio, etc.
Líquidos residuales concentrados de los analizadores, contaminados con compuestos tóxicos	Líquidos residuales de los analizadores que utilizan la técnica del cianuro de hemoglobina
Ácidos	Sulfúrico, clorhídrico, nítrico, perclórico, etc.
Bases	Hidróxido de sodio, de potasio, de amonio, etc.
Baños de revelador y fijador agotados	Baños de revelador y fijador agotados
Medicamentos	Ejemplos
Medicamentos que no son aptos para su administración	- caducados - en unidosis sin especificación o fecha de caducidad - de nevera, estabilidad que se sospecha que ha sido alterada

Tabla 4

4.1.5 GRUPO IV. Residuos Radiactivos

Son las materias sólidas o líquidas, radioactivas en sí mismas que se desechan por no ser ya útiles, así como aquellos productos que estén contaminados con material radioactivo y emitan radiación.

Para su gestión se separan en dos grupos:

- *Residuos radioactivos líquidos:* Suspensiones o disoluciones de sustancias radioactivas, así como las excretas de pacientes en tratamiento con isótopos no encapsulados.
- *Residuos radiactivos sólidos:* Son fuentes encapsuladas de cobalto, cesio, iridio o cualquier material contaminado como jeringas, viales, guantes, paños, etc.



Quedarían incluidos dentro de este grupo el material de desecho contaminado por sustancias radiactivas, no tendrían esta consideración las placas o los líquidos de revelado de radiodiagnóstico.

La definición y segregación de este tipo de residuos tiene un marco específico en el Plan de Gestión de Residuos del Servicio Andaluz de Salud respecto a su operatividad y segregación existe un procedimiento de carácter específico.

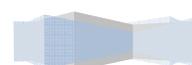
La gestión y eliminación de los residuos radiactivos es competencia de ENRESA.

4.1.6 GRUPO V. Residuos Peligrosos de Origen NO SANITARIO

Se trata de aquellos residuos que teniendo la calificación de peligrosos son generados en las llamadas actividades de soporte de los Centros Sanitarios. Incluye:

- Aceites Minerales, filtros usados y restos de absorbente.
- Disolventes y productos de limpieza con componentes peligrosos.
- Pilas (Ni/Cd o Mercurio).
- Baterías y acumuladores de baterías.
- Filtros bactericidas.
- Tóner de impresora y fotocopiadora.
- Marcapasos.
- Tubos Fluorescentes^{IV}.
- Envases vacíos de disolventes, aceites, pinturas, barnices y productos de limpieza, catalogados como peligrosos..., etc.; tienen un pictograma (cuadro naranja con anagrama) indicando su peligrosidad.

^{IV} Aunque el Plan de Gestión de Residuos del SAS, en su ANEXO I, lo cataloga como "Residuo Peligroso", no está sin embargo considerado por el R.D. 208/2005 como un Residuo Peligroso, pero sí como un residuo de recogida y gestión específica, como un RAEE.



Otros	Ejemplos
Otros residuos que no pertenecen a los grupos ya considerados anteriormente	Marcapasos, filtros de las campanas, placas radiográficas, geles, resinas, parafina, aceites lubricantes, aceites con PCB, mercurio, fluorescentes, luces de mercurio, pilas, baterías, lodos de depuradora, etc.

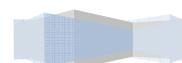
Tabla 5



4.2 TABLA RESUMEN DE LOS RESIDUOS SANITARIOS

	CLASIFICACIÓN	DENOMINACIÓN Y TIPOS DE RESIDUOS	
NO PELIGROSOS	GRUPO I	RESIDUOS GENERALES ASIMILABLES A URBANOS (RGAU)	Restos de comida, restos orgánicos, papel y cartón, ropa, plásticos, hierro, madera muebles, restos de poda, vidrio, bricks y envases...
	GRUPO II	RESIDUOS SANITARIOS ASIMILABLES A URBANOS (RSAU)	Restos de curas, algodones, gasas, mascarillas, batas, guantes, recipientes de drenaje vacíos, bolsas de orina vacías y empapadores, yesos, sondas, pañales...
PELIGROSOS	GRUPO III RESIDUOS PELIGROSOS DE ORIGEN SANITARIO	A PELIGROSOS SANITARIOS (RBSE's) (Biosanitarios Especiales)	Infeciosos
			Sangre y hemoderivados en forma líquida > 100 ml.
			Cultivos y reservas de agentes infecciosos
			Vacunas vivas y atenuadas
			Agujas y otro material Cortante o Punzante
			Restos de animales Infectados.
			Residuos considerados Material Específico de Riesgo Sanitario (MER)
	B QUÍMICOS Y CITOSTÁTICOS	CITOTÓXICOS Y CITOSTÁTICOS	Restos de viales, ampollas, cortantes, agujas, medicamentos desechados, derrames, excretas...
		QUÍMICOS SÓLIDOS	Productos químicos de laboratorio
			Envases de los productos químicos peligrosos
		QUÍMICOS LÍQUIDOS	Medicamentos desechados
			Líquido de Revelado de Radiología y Fotografía.
			Disolventes No Halogenados (Formol, Formaldehídos, Xilol, Xileno, Etanol, Acetona, Éter...)
Disolventes Halogenados (Cloroformo, Dicloroetano, Cloruro de metileno, Tetracloroetileno, Tetracloruro de carbono...)			
Disoluciones Acuosas.			
Ácidos			
Mezclas: Restos anatómicos conservados en formol u otro producto químico			
GRUPO IV	RESIDUOS RADIATIVOS		
GRUPO V	PELIGROSOS DE ORIGEN NO SANITARIO	<p>Todos aquellos que son comunes al resto de actividades particulares o industriales considerados como peligros y reflejados en la Lista LER.</p> <p>Aceites, lubricantes, filtros, envases y recipientes de productos peligrosos, fluorescentes, tóner de impresora y fotocopiadoras, pilas de mercurio y acumuladores de baterías, amianto...</p>	

Tabla 6



4.3 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DE LOS RBSE'S PARA EL ESTUDIO DE SU TRATAMIENTO.

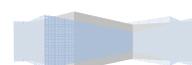
Del total de residuos producidos, casi el 90 % se corresponden a Residuos Sólidos Urbanos (grupo I) y a Residuos Asimilables a Urbanos (grupo II). Aproximadamente el 10% restante a Residuos Peligrosos (grupos III, IV y V).

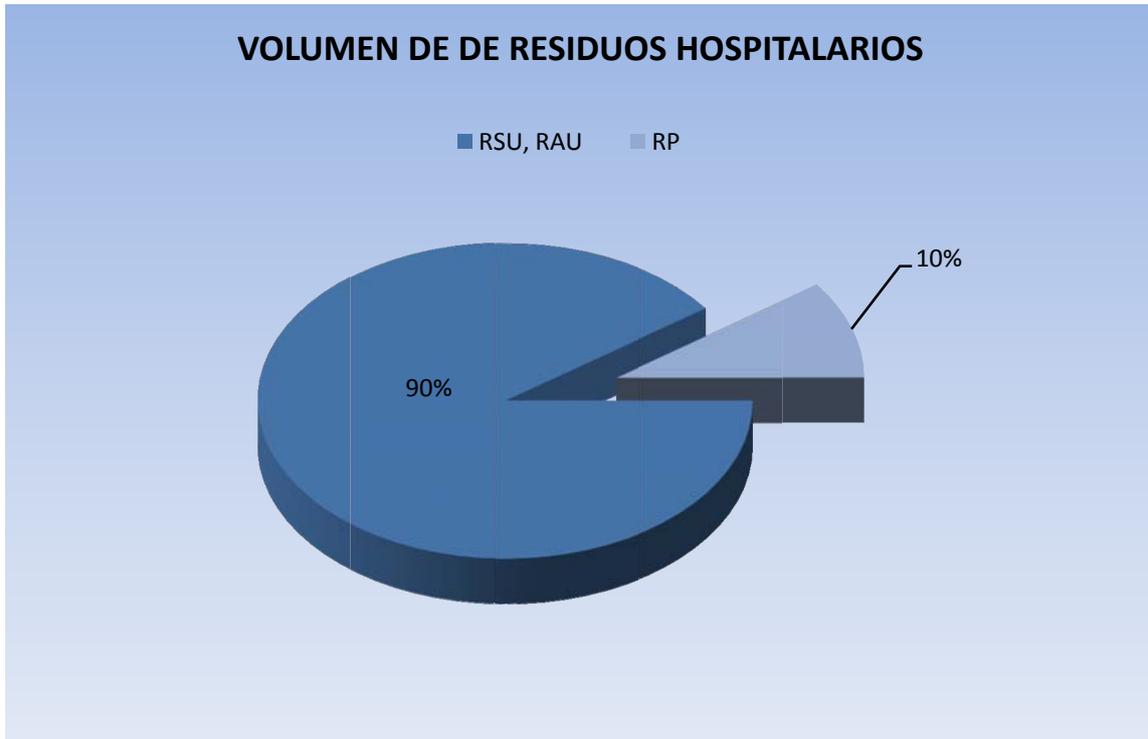
Está demostrado que la cantidad de residuos que cualitativamente pueden considerarse peligrosos presenta una pequeña proporción de los que se producen en los centros sanitarios.

Sin embargo, el riesgo potencial, tanto para el colectivo de profesionales sanitarios, como para los ciudadanos en general, es lo suficientemente importante como para que se tomen todas las medidas necesarias para garantizar los procesos de gestión y tratamiento más adecuados en cada caso.

No obstante, al existir gran diversidad de residuos peligrosos en pequeñas cantidades, sería inviable realizar el estudio para todos ellos en este proyecto, por este motivo, se ha centrado en los RBSE ya que forman más del 80% de los Residuos Peligrosos que genera un centro sanitario, seguidos de los Citostáticos en un 8%, medicamentos desechados en un 3 %, disolventes orgánicos en un 1% y el resto lo forman trazas de otros residuos como aceites minerales, tubos fluorescentes, absorbentes, filtros, etc.

En las gráficas que siguen, se muestra la proporción aproximada de los diferentes residuos que se generan en un Hospital General anualmente:

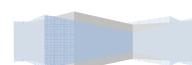




Grafica 1



Grafica 2



5 RESIDUOS BIOSANITARIOS ESPECIALES

Los Residuos Biosanitarios Especiales (RBSE'S) pertenecen al Grupo III.A de la clasificación y son aquellos producidos en la actividad asistencial y/o de investigación asociada, que conllevan algún riesgo potencial para los trabajadores expuestos o para el medio ambiente, siendo necesario observar medidas de prevención en su manipulación, recogida, almacenamiento, transporte, tratamiento y eliminación, tanto dentro como fuera del centro sanitario, ya que pueden generar un riesgo para la salud laboral y pública.

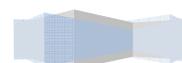
La normativa vigente considera peligrosos a aquellos residuos que figuran en la lista aprobada en el R.D. 952/1997 así como los recipientes y envases que los hayan contenido.

Así, los RBSE se consideran peligrosos por tener la característica de **infecciosos** (H9 de la lista) porque *contiene microorganismos viables, o sus toxinas, de los que se sabe o existen razones fundadas para creer que causan enfermedades en el ser humano o en otros organismos vivos.*

Se incluyen en la Lista Europea de Residuos (LER) con la codificación:

CÓDIGO LER	Descripción
18	Residuos de servicios médicos o veterinarios o de investigación asociada (excluidos residuos de cocina y restaurantes que no son de procedencia directa de cuidados sanitarios.)
1801	Residuos de maternidades, diagnósticos, tratamiento o prevención de enfermedades humanas.
180103	Otros residuos cuya recogida y eliminación es objeto de requisitos especiales para prevenir infecciones.
1802	Residuos de la investigación, diagnóstico, tratamiento o prevención de enfermedades de animales.
180202	Otros residuos cuya recogida y eliminación es objeto de requisitos especiales para prevenir infecciones.

Tabla 7



5.1 CLASIFICACIÓN

5.1.1 Infecciosos

Son todos aquellos residuos que puedan transmitir las infecciones relacionadas en la *tabla 8* y que se catalogan como residuos del Grupo III.A Residuos Peligrosos Sanitarios. En general los residuos biosanitarios difícilmente se pueden considerar como contaminantes del medio ambiente, ya que el número de microorganismos que pueden contener, no es superior al de las basuras urbanas.

Estos residuos son los que responden, fundamentalmente, al riesgo de infección y para que un residuo pueda ser causa de infección hace falta que se den simultáneamente una serie de condiciones:

- **Presencia** de un agente infeccioso
- **Puerta de entrada** adecuada a la vía de contagio del agente infeccioso
- **Dosis infecciosa**, es decir, el número suficiente de agentes infecciosos necesarios para causar una infección
- **Presencia** de un huésped susceptible

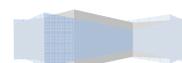
Se trata por tanto de residuos procedentes de enfermos con necesidades de aislamiento, y que a criterio del centro generador se incluirán en este grupo.



INFECCIONES	RESIDUOS CONTAMINADOS ^V
<p>Fiebres hemorrágicas víricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fiebre del Congo-Crimea Todos <ul style="list-style-type: none"> • Fiebre de Lasa • Marburg • Ébola • Fiebre argentina (Junin) • Fiebre boliviana (Machupo) <p>Complejo encefálico transmitido por artrópodos vectores (arbovirus):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absettarow - Hanzalova - Hypr - Kumlinge - Kianasur forest disease - Fiebre de Omsk - Russian spring-summer encephalitis 	<p>Todos</p>
Brucelosis	Pus
Difteria	<ul style="list-style-type: none"> • difteria faríngea: secreciones respiratorias • difteria cutánea: secreciones de lesiones cutáneas
Cólera	Excretas
Encefalitis de Creutzfeldt-Jakob	Material contaminado con: Sangre, Líquido cefalorraquídeo, Tejido de infectividad alta (nervioso y linfático).
Muermo	Secreciones de lesiones cutáneas
Tularémia	<ul style="list-style-type: none"> • Tularémia pulmonar: secreciones respiratorias • Tularémia cutánea: secreciones de lesiones cutáneas (pus).
Ántrax	<ul style="list-style-type: none"> • Ántrax cutáneo: pus • Ántrax inhalado: secreciones respiratorias
Peste	<ul style="list-style-type: none"> • Peste bubónica: pus • Peste pneumónica: secreciones respiratorias
Rabia	Secreciones respiratorias
Fiebre Q	Secreciones respiratorias
Tuberculosis activa	Secreciones respiratorias

Tabla 8

^V Es conocido que el residuo esta contaminado o éste procede de pacientes con evidencia clínica de infección



5.1.2 Agujas y otro material punzante y/o cortante.

Se trata de cualquier objeto cortante y/o punzante utilizado en la actividad sanitaria y que haya estado en contacto con fluidos corporales, con independencia de su origen.

Son fundamentalmente: Agujas, lancetas, pipetas, hojas de bisturí, portaobjetos, cubreobjetos, tubos capilares y otros tubos de vidrio...

5.1.3 Cultivos y reservas de agentes infecciosos.

Son residuos de actividades de análisis o experimentación microbiológica.

- Cultivos de agentes infecciosos que hayan estado en contacto directo con ellos (placas de Petri, hemocultivos, extractos líquidos, caldos, instrumental contaminado, filtros de campana de flujo laminar, etc.).
- Reservas de agentes infecciosos. Se incluyen en este apartado los residuos procedentes de la diálisis de pacientes con virus VHC, VHB y VIH.

Los cultivos celulares son el resultado del crecimiento “in vitro” de células obtenidas de organismos pluricelulares. Tienen la categoría de agentes biológicos según la definición recogida en el *Artículo 2 del R.D. 664/1997*; se refiere en este caso, tanto a los cultivos celulares primarios, como a los de líneas continuas celulares o cepas celulares bien definidas.

Los cultivos celulares no contaminados generalmente no presentan un riesgo significativo, y aún la inoculación dérmica origina sólo una inflamación local. Sin embargo, estos cultivos pueden contribuir sustancialmente al riesgo de exposición a agentes biológicos ya que pueden actuar como la base o ayudar a la supervivencia y/o la replicación de agentes oportunistas, o ser origen de otros riesgos potenciales. Los agentes oportunistas más característicos son los virus y entre los otros riesgos pueden citarse la contaminación por mycoplasmas, o productos celulares que pueden ser moléculas biológicamente activas con propiedades farmacológicas, de inmunomodulación o sensibilizantes.

En el caso de que dichos cultivos y/o reservas de agentes infecciosos sean sometidos a tratamiento de descontaminación y/o esterilización, pueden ser considerados y eliminados como Residuos del *Grupo II Residuos Sanitarios Asimilables a Urbanos*.



5.1.4 Residuos infecciosos de animales de experimentación.

Cadáveres, partes del cuerpo y otros restos anatómicos, camas de estabulación y cualquier otro material contaminado procedente de animales de experimentación que hayan estado inoculados con los agentes infecciosos responsables de las infecciones señaladas en el cuadro anexo al apartado de infecciosos.

Nota: La mayor parte de los animales de experimentación no han sido previamente infectados, como es el caso de los que se utilizan para cirugía. Por tanto los residuos asociados con los mismos NO han de ser clasificados como residuos peligrosos.

5.1.5 Vacunas vivas y atenuadas

Viales y jeringas con restos de la vacuna y las vacunas caducadas. No se incluyen los materiales de un solo uso manchados de medicamento.

Nota: Las vacunas inactivadas no suponen riesgo biológico y serán eliminadas como Residuos del Grupo II "Residuos Sanitarios Asimilables a Urbanos"

5.1.6 Sangre y hemoderivados en forma líquida

Recipientes que contengan sangre o hemoderivados, u otros líquidos biológicos en cantidades mayores a 100 ml (siempre que estén contenidos en envases que no puedan vaciarse). Se trata siempre de líquidos, en ningún caso de materiales manchados o que hayan absorbido estos líquidos. Pequeñas cantidades de sangre o líquidos pueden ser vertidos al desagüe. En el caso de orina, ésta ha de ser vertida al desagüe y el recipiente que la contuvo tratarse como residuos del grupo II.

Tubos de sangre o hemoderivados. Tubos de hemocultivos. Resto de extracciones. Placenta. Redón. Receptap^{VI}. Pleurovac^{VII}.

Nota: Es importante que el vertido por el desagüe se haga con especial precaución, de forma que se eviten al máximo las salpicaduras y la formación de aerosoles. Por lo tanto, si el recipiente con líquido biológico es difícil de abrir, no se ha de intentar agujerearlo o forzarlo, sino que se ha de eliminar como Residuo sólido del grupo III.A "Residuo Peligroso Sanitario".

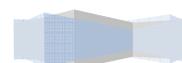
5.1.7 Residuos anatómicos

Son restos anatómicos que, por su entidad (sin entidad, es decir, no identificables), no se incluyen en el ámbito de los regulados por el Reglamento de Policía Sanitaria Mortuoria.

Se incluyen en este grupo: resto de exéresis quirúrgicas, placentas, piezas anatómicas, etc.

^{VI} Sistemas de drenaje aspirativo de líquidos y gases

^{VII} Sistema de recogida de líquido de los pulmones



Clasificación de residuos sanitarios específicos (Grupo III.A)		
Categoría	Descripción	Observaciones
Residuos sanitarios infecciosos	Residuos capaces de transmitir las infecciones que se indican en la tabla 4 de <i>Residuos sanitarios infecciosos</i>	La tabla 4 recoge todos estos residuos procedentes de pacientes con enfermedades infectocontagiosas que pueden ser el origen de transmisión de la enfermedad
Agujas y otro material punzante y/o cortante	Cualquier objeto punzante o cortante utilizado en la actividad sanitaria, independientemente de su origen	Se trata fundamentalmente de agujas, pipetas, hojas de bisturí, portaobjetos, cubreobjetos, capilares y tubos de vidrio
Cultivos y reservas de agentes infecciosos	Cultivos de agentes Infecciosos y material de desecho contaminado, recipientes con residuos de actividades de análisis o experimentación microbiológicas (placas de Petri, hemocultivos, etc.) Reservas de agentes infecciosos	Las elevadas concentraciones de agentes infecciosos que se alcanzan en estos residuos no se encuentran en los residuos municipales
Residuos infecciosos de animales de experimentación	Cadáveres, partes del cuerpo y otros residuos anatómicos, lechos de estabulación, etc., procedentes de animales que hayan sido inoculados biológicamente	La mayor parte de los animales de experimentación no requieren ser infectados previamente (p. ej. los utilizados para pruebas quirúrgicas) y, por lo tanto, sus residuos no tienen que ser clasificados en el grupo III.A
Vacunas vivas y atenuadas	Restos de los medicamentos	No se incluyen los materiales de un solo uso manchados con los medicamentos
Sangre y hemoderivados en forma líquida	Recipientes que contienen sangre y hemoderivados u otros líquidos biológicos, siempre que no se puedan vaciar por el desagüe	Se trata siempre de líquidos en cantidades mayores de 100 ml y en ningún caso de materiales manchados o que hayan absorbido estos líquidos
Residuos anatómicos	Cualquier resto anatómico humano que pueda reconocerse	No se incluyen los restos anatómicos de entidad

Tabla 9: Tabla resumen de la clasificación de RBSE



5.2 GENERACIÓN DE LOS RBSE

Los ratios de producción de residuos a nivel bibliográfico son muy diversos y dependen de varios factores como:

- Nivel de ocupación del hospital y número de camas,
- Número de pacientes atendidos,
- Personal sanitario,
- Nivel epidemiológico anual,
- Número de intervenciones,
- Tipo y cantidad de especialidades médicas, etc.

Comúnmente, los datos coinciden en que el valor medio de RBSE generados por un centro hospitalario oscila entre los 200-400 g netos/cama día.

Se ha elegido como base para el cálculo la cantidad de Residuos Biosanitarios Especiales generados por el Hospital Universitario Puerta del Mar, ubicado en Cádiz, ya que es el centro de salud de mayor tamaño y con mayor número de especialidades médicas en la Bahía, con lo cual los valores medios que pueden obtenerse del resto de los centros de salud será por lo general más bajo al de referencia que se obtendrán.

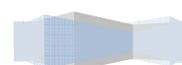
Con esta consideración, se pretende dejar un margen para posibles incrementos inesperados que se pudieran producir en la generación de residuos, con lo que la planta estaría preparada tanto para un almacenamiento extra como para aumentar el ritmo de tratamiento.

Con su autorización, se ha obtenido de la cantidad de RBSE generados en el año 2006, los cuales se muestran a continuación:

RESIDUOS BIOSANITARIOS GENERADOS POR UN HOSPITAL GENERAL				
	Nº Contenedores diarios	Cantidad residuos brutos diarios ^{viii} (Kg brutos/día)	Cantidad residuos netos diarios (Kg netos/día)	Peso neto del residuo por contenedor (Kg netos/cont.)
TOTAL	30	329	230	7,56

Tabla 10

^{viii} Peso incluyendo los contenedores



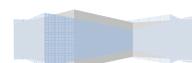
Aunque como norma general, la cantidad total de residuos aumenta anualmente, no puede predecirse que esta tendencia persista o que el aumento sea proporcional en el tiempo. Además, los nuevos sistemas de gestión avanzada de residuos intentan que esta tendencia se vaya reduciendo lo máximo posible.

Por lo tanto, en función de estas dos condiciones, se va a considerar a lo largo del tiempo una producción constante, idéntica para todos los hospitales y posteriormente se sobredimensionará la planta para tener en cuenta aspectos como crecimiento de población, posibles epidemias, nuevas enfermedades, etc., cuyos cálculos se muestran en el **Anexo I**.

Para definir las características de la corriente de residuos de entrada a la planta tendremos que definir previamente los aspectos poblacionales que se detallan a continuación:

1. Municipios constituyen la Bahía de Cádiz.
2. Número de camas de cada hospital de la Bahía.

Según el **Instituto de Estadística de Andalucía (IEA)**, la división territorial de población de la Bahía de Cádiz está formada por las siguientes demarcaciones territoriales formadas por los municipios de Cádiz, El Puerto de Santa María, Puerto Real, San Fernando, Chiclana, Jerez de la Frontera.



En la tabla que se muestra a continuación, se puede observar el número de camas de los hospitales que se van a tener en cuenta como generadores de residuos biosanitarios en este proyecto:

Municipio	Nombre	Camas
Chiclana de la Frontera	Clínica Novo Sancti Petri	20
	Hospital centro médico Chiclana	51
Jerez de la Frontera	Clínica Jerez médico-quirúrgica	88
	Hospital Juan grande	221
	Hospital General de Jerez de la Frontera	522
El Puerto de Santa María	Hospital General Santa María del Puerto	292
Puerto Real	Hospital Universitario Puerto Real	411
San Fernando	Hospital General de Defensa de San Fernando	225
Cádiz	Hospital de traumáticos. Clínica San Rafael	400
	Clínica Nuestra Señora de la Salud	115
	Hospital universitario Puerta del Mar	777
TOTAL		3122

Tabla 11

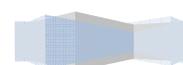
Extrapolando los datos obtenidos para un Hospital General a las 3122 camas se obtiene un total de:

RESIDUOS BIOSANITARIOS GENERADOS POR LA BAHÍA DE CÁDIZ				
	Nº Contenedores diarios	Cantidad residuos brutos diarios ^{IX} (Kg brutos/día)	Cantidad residuos netos diarios (Kg netos/día)	Peso neto del residuo por contenedor (Kg netos/cont.)
TOTAL	121	1320	924	7,82

Tabla 12

Además de dejar un rango de tolerancia para posibles incrementos de volumen de residuos debido tanto al nivel de ocupación de los hospitales como a que la generación de residuos va a ser similar en todos los hospitales, también se va a tener en cuenta para sobredimensionar la planta el crecimiento de población durante los años de vida útil de la planta.

^{IX} Peso incluyendo los contenedores



Según el artículo 30 del Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba, el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, " el periodo de vigencia y caducidad de la Autorización para el gestor consistirá en un periodo de cinco años susceptible de dos prórrogas sucesivas y automáticas de otros cinco años cada una, previo informe favorable tras la correspondiente visita de inspección".

Como consecuencia, se prevé que la vida media de la existencia de la planta será de un máximo de 15 años.

En el **Anexo I** se ha estudiado el crecimiento de población para el año 2023 obteniéndose un resultado del 5% que será el porcentaje que se aplicará para el sobredimensionamiento de la planta.

En resumen, la corriente de entrada a la planta podrá ser como máximo la que se muestra en la tabla:

CAPACIDAD DIARIA DE LA PLANTA	
RBSE BRUTOS (Kg)	1400
RBSE NETOS (Kg)	980
Peso contenedores (Kg)	420
nº contenedores	129
RBSE Netos (m ³ /día)	7,5

Tabla 13

5.3 CARACTERÍSTICAS

5.3.1 Densidad y difusividad térmica

En el **Anexo III** se ha obtenido los datos de la densidad y de la difusividad térmica del RBSE los cuales se muestran a continuación:

Densidad del RBSE (Kg/m ³)	130,33
Difusividad térmica (m ² /s)	4,77·10 ⁻⁶

Tabla 14

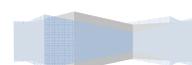


5.3.2 Composición

Se ha tomado una composición orientativa basada en el estudio de documentos científicos y en la composición aproximada que han suministrado varios hospitales de la bahía de Cádiz. No obstante, la composición es un valor poco constante, dependiente de diferentes factores como: días de la semana, época del año, tipo de centro sanitario, etc.

Se puede desglosar de forma general los principales materiales que se han tenido en cuenta para proponer la composición de los RBSE:

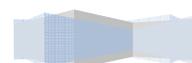
- **Plásticos:** Principalmente referido a guantes, viales, sondas, bolsas de sangre y orina, etc. Los más utilizados por los hospitales son: Polietileno de alta y baja densidad, polipropileno y PVC en forma de trazas.
- **Punzantes y cortantes:** referidos a agujas, vidrio, placas Petri, envases, jeringuillas, instrumental metálico no reutilizable, etc. Los materiales más utilizados son: vidrio de envase, vidrio pírex, vidrio de ventana, aluminio, acero inoxidable y titanio.
- **Textiles:** engloba todo tipo de ropa médica, algodones, compresas, apósitos, gasas, etc.
- **Papel:** referidos principalmente a envoltorios de materiales potencialmente contaminados por fluidos biológicos o por contener sustancias infecciosas.
- **Materia orgánica:** formada principalmente por sangre, fluidos corporales, tejidos y/o músculos humanos y algún pequeño hueso o parte ósea no reconocible y que legalmente se pueda eliminar por este tipo de tratamiento. En la sangre y los líquidos corporales, al estar constituidos aproximadamente por un 70% de agua, se han considerado las mismas propiedades físicas del agua.
- **Fracción de huecos formada por aire:** Se ha introducido una proporción del 20% de aire, porque muchos de los instrumentales médicos están formados por viales o tubos vacíos de gran longitud, así como bolsas con muy poca cantidad de líquido, lo que hace que se tenga que tener en cuenta que los residuos no son una masa homogénea y compacta, y ésta característica afecta a parámetros como la densidad y la difusividad térmica.



A continuación se muestra una tabla resumiendo la composición:

TEXTILES	28%
PAPEL	5%
PLÁSTICOS	20%
PUNZANTES-CORTANTES	7%
MATERIA ORGÁNICA	20%
FRACCIÓN DE HUECOS (AIRE)	20%
TOTAL	100%

Tabla 15



6 TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO

6.1 DESTRUCCIÓN DE MICROORGANISMOS

Es fundamental poder destruir los microorganismos para un tratamiento eficaz de los RBSE, por ello, es necesario en conocer en primer lugar, la cinética de muerte de estos agentes patógenos y los medios físicos y químicos más empleados.

Tanto el crecimiento como la muerte de una población microbiana se estudia analizando la **curva de crecimiento** de un cultivo microbiano formada por cuatro fases: fase de latencia, fase exponencial, fase estacionaria y fase de muerte, siendo esta última la de interés para poder destruir de la manera más eficaz los agentes patógenos. (figura 2.1)

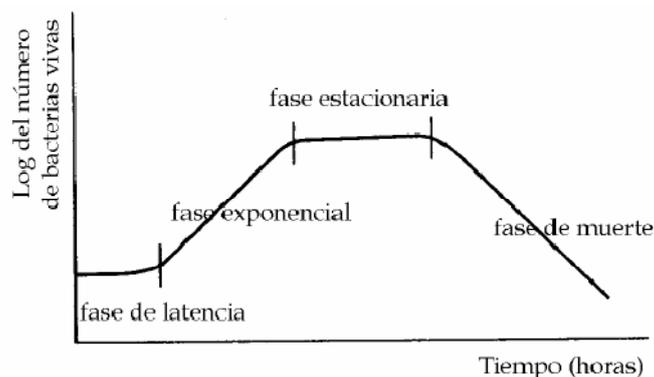


Figura 2.1. Curva del crecimiento bacteriano (2)

El proceso por el cual todas las células vivas, esporas viables, virus y viroides son destruidos o eliminados de un objeto o hábitat se denomina **esterilización**.

Por tanto, las alternativas de eliminación de los agentes patógenos contenidos en los RBSE se consideran **métodos de esterilización**.

Para medir el grado de esterilización se utiliza el nivel de garantía de esterilidad, en sus siglas en inglés Sterility Assurance Level (SAL), que se define como la probabilidad de encontrar uno o más microorganismos vivos en un producto. El valor SAL estandarizado de esterilización definido por la norma *UNE-EN-650* define 1 microorganismo superviviente por cada millón de productos (aparatos, objetos, etc.) revisados o, simplemente: 10^{-6} y es el responsable de



suministrar la dosis de esterilización de acuerdo con las especificaciones de validación del proceso. Este valor viene estandarizado por la norma *ISO 11137* en su apartado 3.6.4.

La esterilidad absoluta sólo se lograría con un proceso de esterilización de duración infinita, por lo que resulta imposible garantizar la esterilidad total, dado que la ley que rige los procesos de destrucción microbiana por calor, agentes químicos, radiaciones y cualquier combinación de éstos, es exponencial, existiendo siempre una probabilidad teórica de no-esterilidad.

Existen publicaciones en las que se ha investigado la resistencia microbiana a los diferentes agentes esterilizantes y desinfectantes y es posible enumerar los grupos principales de microorganismos, de menor a mayor resistencia, tal como se muestra a continuación:

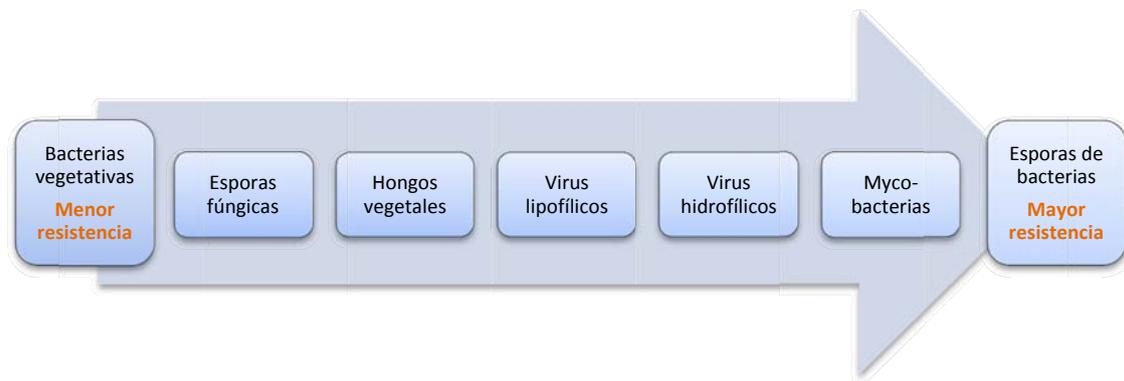


Figura 1

6.1.1 Condiciones que influyen sobre la eficacia de la actividad de un agente antimicrobiano

La eficacia de un agente antimicrobiano para la destrucción de los microorganismos y la inhibición de su crecimiento depende de al menos seis factores.

1. **Tamaño de la población.** En cada intervalo de tiempo se destruye una fracción igual de población microbiana, por tanto, una población mayor necesitará más tiempo para morir que una más pequeña.
2. **Composición de la población.** La eficacia de un agente varía considerablemente con la naturaleza de los organismos que se van a tratar porque éstos difieren sustancialmente en cuanto a susceptibilidad. Las endoesporas bacterianas son mucho



más resistentes a la mayoría de los agentes antimicrobianos que las formas vegetativas, y las células más jóvenes se destruyen normalmente con más facilidad que los organismos maduros. Por otra parte, algunas especies son capaces de soportar mejor que otras condiciones adversas.

3. **Concentración o intensidad de un agente antimicrobiano.** A menudo, pero no siempre, cuanto más concentrado este un agente químico o más intenso sea uno físico, más rápidamente se destruyen los microorganismos. Sin embargo, la eficacia de un agente no está normalmente relacionada directamente con la concentración o intensidad. Así, un aumento pequeño de la concentración puede ocasionar un incremento exponencial de la eficacia pero por encima de este punto, puede que los aumentos no incrementen en absoluto la velocidad de destrucción. A veces, un agente es más eficaz en concentraciones más bajas. Por ejemplo, el etanol a 70% es más eficaz que el de 95%, ya que su actividad aumenta en presencia de agua.
4. **Duración de la exposición.** Cuanto más tiempo se exponga una población a un agente microbicida, más organismos se destruirán. Para conseguir una esterilización, hay que realizar una exposición suficiente para reducir la probabilidad de supervivencia a 10^{-6} o menos.
5. **Temperatura.** La actividad de los agentes químicos aumenta con la temperatura. Con frecuencia, concentraciones bajas de un desinfectante pueden ser eficaces a temperaturas más altas.
6. **Ambiente local.** La población microbiana que debe ser controlada no está aislada, sino en el contexto de una serie de factores ambientales que pueden ofrecerle protección o facilitar su destrucción. Por ejemplo, el calor es más eficaz en medios con pH ácidos. Otro factor importante, es la materia orgánica que puede proteger a los microorganismos frente al calor y a los desinfectantes químicos.

6.1.2 Principales métodos de tratamiento

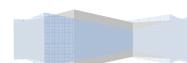
Existen varias formas de controlar el crecimiento microbiano, pero las más utilizadas y más desarrolladas tecnológicamente se basan en la aplicación de agentes físicos y químicos, los cuales, se describen de forma breve en la tabla:



AGENTE	MÉTODO	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
FÍSICO	CALOR	Destruye rápidamente los virus, las bacterias (incluidas las esporas) y los hongos. Degrada los ácidos nucleídos y desnaturaliza las enzimas y otras proteínas esenciales, también puede alterar las membranas celulares.	De aplicación para tratamiento de residuos peligrosos entre otras.
	BAJAS TEMPERATURAS	Principalmente inhibe el crecimiento microbiano, pero no lo detiene.	Industria agroalimentaria.
	FILTRACIÓN	Retira los microorganismos contaminantes de soluciones termosensibles	Productos farmacéuticos, aceites antibióticos, medios de cultivo, etc.
	RADIACIÓN	Las radiaciones ionizantes destruyen endoesporas bacterianas y células vegetativas pero no es tan efectiva frente a virus.	Esterilización en frío de antibióticos, hormonas, suturas y suministros desechable de plástico.
QUÍMICO	COMPUESTOS FENÓLICOS	Desnaturalizan las proteínas y alteran las membranas celulares.	Utilizado como desinfectante y antiséptico en laboratorio y hospitales.
	ALCOHOLES	Desnaturalizan las proteínas y algunos disuelven los lípidos de las membranas	Desinfectantes y antisépticos. Son bactericidas y fungicidas pero no esporicidas
	HALÓGENOS	Oxidan los constituyentes celulares. Destruye bacterias y hongos pero no esporas.	Desinfectantes y antisépticos en hospitales. Desinfectante en aguas y en industrias alimentarias.
	METALES PESADOS	Se combinan con las proteínas, inactivándolas. También precipitan proteínas celulares.	Son la base de algunos medicamentos germicidas. También se pueden emplear como algicida en piscinas y lagos.
	COMPUESTO DE AMONIO CUATERNARIO	Alteran las membranas microbianas y pueden también desnaturalizar las proteínas	Detergentes de utensilios alimentarios y antisépticos cutáneos.
	ALDEHÍDOS	Se combinan con los ácidos nucleídos y las proteínas, inactivándolos	Esporicidas lentos y esterilizantes químicos en hospitales y laboratorios.
	GASES ESTERILIZANTES	Destruye los microorganismos al combinarse con las proteínas celulares	Microbicida y esporicida. El de mayor aplicación es el Oxido de Etileno aunque con precaución porque puede resultar tóxico.
	OTROS	ENCAPSULAMIENTO	No destruye los microorganismos, solo los aísla del exterior	Solo para residuos cortantes y punzantes.
	RELLENO SANITARIO	No destruye los microorganismos, solo los aísla del exterior	Para RSU y RSAU principalmente
	INERTIZACIÓN	No destruye los microorganismos, solo los aísla del exterior	

Tabla 16

Según la guía publicada por la Organización Mundial de la Salud titulada *Safe management of wastes from health-care activities*, los métodos de tratamiento más apropiados para los residuos biosanitarios especiales son el calor y la desinfección química ya que destruir los



microorganismos infecciosos es relativamente fácil ya sea por calor seco, calor húmedo, por microondas o por medios químicos.

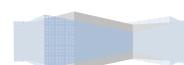
Los sistemas descritos como métodos viables tecnológicamente y que aportan una rentabilidad económica para el tratamiento de los RBSE se centran en: la **esterilización por calor húmedo** y la **esterilización por calor seco**.

La diferencia entre ambos consiste en que el **calor húmedo** mata los microorganismos porque coagula sus proteínas siendo más rápido y efectivo que el **calor seco** que los destruye al oxidar sus constituyentes químicos. La acción letal del calor es una relación de temperatura y tiempo afectada por muchas condiciones.

La **incineración** ha sido el método más elegido para la mayoría de los residuos biosanitarios peligrosos y sigue siendo ampliamente utilizado. Sin embargo, los métodos de tratamiento alternativos recientemente desarrollados están llegando a ser cada vez más difundidos.

MÉTODOS DE ESTERILIZACIÓN DE RBSE MÁS UTILIZADOS		
AGENTE ESTERILIZANTE	Tipo	Sistema
Calor	Húmedo (vapor de agua)	Autoclave
		Autoclave móvil
		Microondas
	Seco	Incineración
Desinfección química		Hammermill
		Virhoplan
Otros		Relleno de seguridad
		Encapsulado
		Relleno de emergencia

Tabla 17



6.2 ESTERILIZACIÓN POR CALOR HÚMEDO

La alta temperatura combinada con un alto grado de humedad es uno de los métodos más efectivos para destruir microorganismos.

6.2.1 Vapor saturado.

Este método, está asociado con la desnaturalización térmica y la oxidación de proteínas y lípidos, ésta última, específicamente, comprende la desactivación de las enzimas lo cual destruye los mecanismos metabólicos y reproductivos.

Usar calor húmedo es el método más efectivo, según indica la *Farmacopea Europea*. Su mayor efectividad se alcanza a partir de una temperatura de 121° C para las esporas de bacterias y un rango que oscila entre 60° y 80°C para virus y otros microorganismos de menor resistencia. El tiempo dependerá del tipo de microorganismo y de las dimensiones del objeto.

La mayor eficiencia del calor húmedo con relación al calor seco se basa en dos aspectos fundamentales:

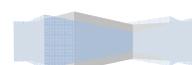
- la reactividad del agua en esas condiciones con numerosos componentes celulares como proteínas, RNA, DNA y otros;
- y en el incremento en los coeficientes de transferencia de calor.

La pérdida de eficiencia es consecuencia de dos factores, por un lado el coeficiente de transferencia de calor del aire es mucho menor que el del vapor y por otro la densidad del vapor es mayor que la del aire, lo que hará que el vapor ocupe el espacio inferior. Como consecuencia, la presencia de aire hace que el proceso de esterilización sea menos eficiente.

Esto puede hacer que se alcance la presión de trabajo pero no la temperatura. Por esta razón los procesos de esterilización incluyen una etapa previa de purga de aire.

Se trata de una tecnología cuya aplicación más extendida es el ámbito hospitalario, para la esterilización del material sanitario de varios usos: instrumental medico, ropas, etc.

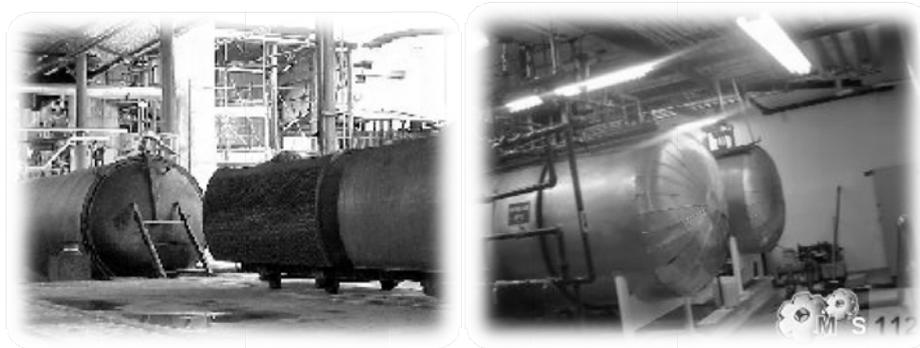
A nivel internacional, se está imponiendo como tratamiento más adecuado para residuos infecciosos ya que no existe riesgo de producir dioxinas y furanos, no así para residuos farmacológicos, químicos, citostáticos y radiactivos, por lo que se requiere de una correcta segregación en el origen.



En el tratamiento se elimina la peligrosidad de estos residuos por lo que se transforman en residuos asimilables a residuos urbanos y pueden ser dispuestos en rellenos sanitarios. Sin embargo los sólidos tratados pueden permanecer reconocibles después del tratamiento, por lo que en algunos casos se requiere de una etapa anterior o posterior, en la que los residuos son triturados antes de su disposición final en vertederos controlados.

A nivel comercial existen distintas formas de esterilizar, siendo la más frecuente la utilización de vapor saturado bajo presión en un equipo que se denomina **autoclave**.

Ejemplo de un equipo esterilizador cilíndrico horizontal:



Tipos de autoclaves y su evolución

En relación a cómo se realiza la operación del purgado del aire contenido en la cámara de presión, se pueden distinguir dos tipos básicos:

- **Autoclaves de desplazamiento de aire**, en los que el aire contenido en el interior de la cámara es desplazado al exterior, a través de la válvula de drenaje, por el propio vapor.
- **Autoclaves de vacío**, en los que, previamente a la introducción del vapor, se realizan uno o varios ciclos de vacío para extraer el aire contenido en la cámara.

Los autoclaves de desplazamiento del aire por el propio vapor, son de instalaciones y operaciones más sencillas y su coste de inversión y operación es menor, pero el tiempo de tratamiento puede aumentar sensiblemente.

En términos de costes de inversión los autoclaves de vacío son un 20% más caros, pero la fase de purgado de aire se realiza en menos tiempo gracias a varios ciclos de extracción mediante



una bomba de vacío y con mayores garantías de haber desplazado el aire en todos los puntos de la cámara, evitando la formación de bolsas de aire en los puntos de difícil acceso.

Las consecuencias directas de esta efectividad en la fase de purgado son:

- La disminución del tiempo necesario para alcanzar las temperaturas y presiones requeridas, lo que permite alcanzar condiciones de trabajo más extremas en un tiempo asumible desde el punto de vista operativo.
- La disminución del tiempo en que hay que mantener estas condiciones de trabajo para lograr eliminar los agentes infecciosos presentes.

Respecto a los sistemas convencionales de desinfección por autoclave, existe lo que se denomina un sistema de **autoclave móvil**, en el que destacan dos elementos claves como son el empleo de un camión-tráiler equipado con la cámara de presión del autoclave, y la utilización de una estación de servicio central donde se efectúa el proceso de desinfección.

De manera simplificada, un sistema de recogida y tratamiento de los residuos mediante autoclave móvil está basado en un proceso que responde al siguiente esquema:

- En cada punto de generación del hospital los residuos se recogen en bolsas esterilizables y posteriormente se centralizan y almacenan en unos contenedores herméticos.
- Un camión-tráiler equipado con la cámara de presión del autoclave, se desplaza hasta los diversos hospitales y se procede a la carga de los residuos almacenados hasta llegar a su capacidad nominal.
- Finalizada la recolección y en una estación central equipada al efecto, la cámara de presión del autoclave se conecta a la fuente de vapor, y se realiza el proceso de desinfección de los residuos.

Esta cámara está equipada con todos los elementos de conexión necesarios para permitir los procesos de vacío previos a la aplicación del vapor, el proceso final de drenaje y evacuación de líquidos, el seguimiento y medidas del proceso de desinfección, así como el proceso de aplicación del vapor.



6.2.2 Microondas

Una variante de los sistemas mediante métodos húmedos, es la que esteriliza y desinfecta el residuo consiguiendo la temperatura necesaria mediante el uso de microondas.

Las instalaciones de desinfección por microondas pueden ser portátiles o fijas y la eficacia del método depende especialmente de la intensidad del tratamiento previo, específicamente de la capacidad de absorción y calentamiento de los residuos que van a ser tratados.

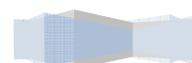


Figura 2: unidad de tratamiento por microondas para residuos biosanitarios

Una instalación típica de microondas puede tratar entre 5 y 250 Kg/h de residuos y está compuesta por una primera fase de trituración de los residuos y una cámara posterior de calentamiento interno de la masa triturada mediante la aportación de microondas normalmente de frecuencia 250 MHz y una longitud de onda de 12.24 cm, aunque se están desarrollando procesos similares usando otras longitudes de onda o haces electrónicos.

Durante el proceso de trituración se añade agua, que gracias a la acción de las microondas, se calienta y convierte en vapor que humedece la masa de residuos contribuyendo a su desinfección.

Una vez triturado, el material resultante se traslada a la cámara de tratamiento mediante una cinta transportadora, cuya velocidad se puede regular para que el tiempo de estancia en ella se adecue al requerido por el usuario.



Para asegurar la desinfección del residuo, se deben alcanzar temperaturas de 100°C en el interior de la cámara de tratamiento, durante al menos 25 minutos.

Asimismo, la cámara de espera previa a la trituración está herméticamente cerrada y se purga con vapor antes de alimentarla, todo ello con la finalidad de evitar emisiones no deseadas de agentes patógenos.

Finalmente, el material tratado es depositado en una cámara de retención a 95°C durante un tiempo determinado.

Después del tratamiento los residuos son compactados y depositados dentro de contenedores, los cuales serán entregados al sistema municipal de tratamiento de RSU.



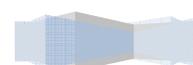
Figura 3: Proceso de tratamiento mediante microondas

A fin de asegurar la correcta descontaminación de la carga introducida, se dispone de un sistema de control continuo de los parámetros de desinfección, básicamente tiempo y temperatura.

Asimismo, periódicamente se debe realizar un test biológico con esporas de *Bacillus Subtilis* normalizado, en el que se determine la mortalidad de ciertas esporas muy resistentes al calor.

La cámara de tratamiento está diseñada de tal manera que gracias al efecto de reflexión de las ondas la energía aportada puede reducirse en lo posible.

Es un sistema eficiente y relativamente compacto que requiere poco espacio. Como inconveniente hay que comentar su incompatibilidad con los metales. De ahí que hoy en día toman mayor relevancia los sistemas denominados de *electrones acelerados*.



6.3 ESTERILIZACIÓN POR CALOR SECO: INCINERACIÓN

Este método no es tan eficiente como la esterilización por calor húmedo, aunque el aumento de la temperatura durante largos periodos de tiempo inactiva muchos microorganismos, ya que al excitarse las moléculas de agua que existen en el interior de éstos, las rompe, liberando de esta manera, radicales que destruyen la célula por oxidación. Sin embargo, carece de efectividad en esporas y agentes biológicos no convencionales muy resistentes al calor, por lo que se prefiere la esterilización por calor húmedo.

Este proceso se ha empleado a lo largo de los años para disponer de desechos tóxicos o biológicos potencialmente contaminantes, que no se pueden reciclar, reutilizar o colocarlos directamente en un vertedero.

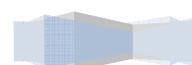
La técnica consiste en una combustión que transforma la fracción orgánica de los residuos en material no combustible (inerte), esterilizado y de menor volumen.

Las reacciones de combustión tienen su complejidad y cada compuesto del residuo experimenta innumerables secuencias y procesos de recombinación química tanto con el agua, oxígeno e iones hidróxidos, como con terceras moléculas, e incluso con las paredes refractarias del horno, con una innumerable serie de productos intermedios, la mayoría inestables.

El proceso de incineración está representado en el diagrama de flujo que se muestra en la *figura 4*.

La combustión de componentes orgánicos produce principalmente emisiones gaseosas, incluyendo vapor de agua, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y ciertas sustancias tóxicas, así como residuos sólidos en forma de cenizas. Y si las condiciones de combustión no son adecuadamente controladas se producirá también monóxido de carbono.

Las cenizas y las aguas residuales producidas en el proceso también contienen componentes tóxicos, los cuales tienen que ser tratados para evitar efectos nocivos en la salud pública y el medioambiente.



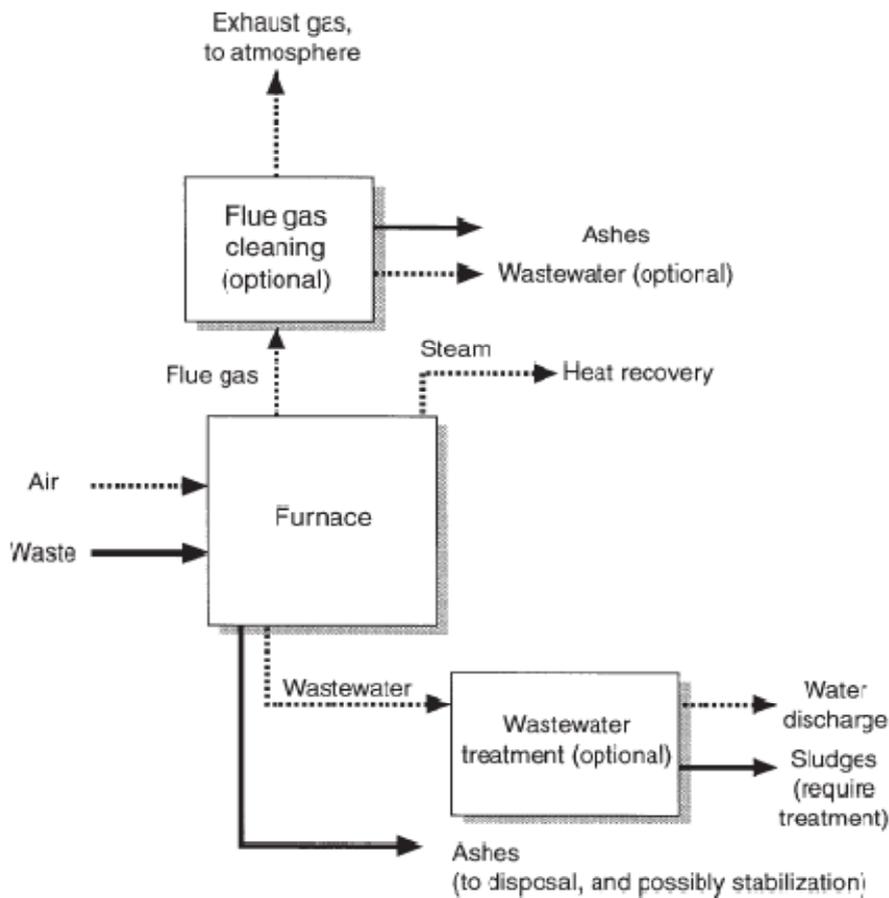


Figura 4

Un factor a tener en cuenta, es que existe la posibilidad de instalar incineradores que incluyen sistemas de recuperación de energía la cual se puede utilizar para generar electricidad^X.

La incineración de residuos es asequible y factible si el poder calorífico del residuo llega a alcanzar como mínimo 2000 Kcal/kg (8370 KJ/kg). El valor para residuos infecciosos ronda las 4000 Kcal/kg.

Las características que hacen conveniente plantearse la incineración de residuos son las siguientes:

^X El calor recuperado de los pequeños incineradores de hospital se usa para precalentar los residuos antes de su incineración.



- **Bajo Poder calorífico:** por encima de 2000 Kcal/kg (8370 KJ/kg) para incineradores de cámara simple y por encima de 3500 Kcal/kg (14640 KJ/kg) para incineradores pirolíticos de doble cámara.
- **Contenido de material combustible** por encima del 60%.
- **Contenido de sólidos no combustibles** por debajo de 5%.
- **Contenido de trazas no-combustibles** cenizas por debajo 20%.
- **Contenido en humedad** por debajo del 30%.

La incineración no requiere pretratamiento, siempre que se tenga la certeza que ciertos tipos de residuos no están incluidos en los elementos a incinerar como son: residuos químicos, sales de plata y residuos provenientes de radiografías, plásticos halogenados como el PVC, residuos con alto contenido en metales pesados, etc.

6.3.1 Tipos de incineradoras

Las incineradoras abarcan un rango muy extenso desde las plantas de funcionamiento extremadamente sofisticadas de alta temperatura, a las unidades básicas de combustión que funcionan con temperaturas mucho más bajas.

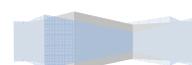
Casi todos los tipos de incineradoras, si están funcionando correctamente, eliminan los elementos patógenos de los residuos y los reducen a cenizas.

Sin embargo, ciertos tipos residuos sanitarios, farmacéuticos o químicos, requieren temperaturas más altas para la destrucción completa.

Para lograr una combustión lo más completa posible a fin de obtener compuestos finales simples e ino cuos, es fundamental que concurren tres circunstancias de manera simultánea:

- Una **temperatura** de combustión adecuada,
- Un **tiempo de residencia** del gas en combustión suficiente y
- Una **mezcla** del residuo con el aire de combustión y el combustible auxiliar en la proporción adecuada.

Aunque idealmente los residuos de la combustión deberían limitarse al CO₂, vapor de agua y ceniza inerte, los productos intermedios no deseados son inevitables.



Por ello, y con el fin de cumplir las normas sobre emisiones gaseosas, son necesarios mecanismos accesorios de control como **post-quemadores** y **sistemas de depuración** de gases de salida, así como para la disminución de los olores atmosféricos producidos por el proceso de incineración.

- **Post-quemadores:** controlan la emisión de subproductos inquemados, prolongando su permanencia a alta temperatura, 1100°C
- **Sistemas de depuración de gases:** disminuyen la emisión de partículas, gases ácidos y orgánicos residuales

En el caso específico de las incineradoras de residuos sanitarios, a parte de lograr la completa destrucción de los agentes infecciosos presentes en los residuos, alcanzar un adecuado tiempo de residencia y grado de mezcla, existe el objetivo añadido de seguir las prácticas de operación seguras.

Los equipos de incineración deben ser cuidadosamente elegidos en base a los recursos disponibles y a la situación local, y en función también de considerar el balance riesgo/beneficios

Las siguientes incineradoras son las más usadas en el tratamiento de eliminación de residuos sanitarios:

- Incineradoras de cámara múltiple de exceso de aire
- Incineradoras de horno rotatorio
- Incineradoras de aire controlado o pirolítica.
- Incineradoras de antorcha de plasma.

La incineradora más utilizada es la de combustión controlada o pirolítica, dotada de un reactor térmico o cámara de postcombustión de gases generados. Es una combustión lenta y controlada limitando el aporte de aire de combustión en un 20-40% para así lograr una combustión estequiométrica y una mínima cantidad de contaminantes y gases.

6.3.2 Proceso de incineración

Como sistema de eliminación de residuos sanitarios permite una destrucción segura de los agentes de enfermedad y consigue una reducción física del residuo del 85-90 % de su volumen y una reducción en peso del 70%.



Para que se den estas condiciones, la incineración deberá reunir las siguientes condiciones:

- Tener un dispositivo de alimentación de la caldera, total o parcialmente automatizada, con dispositivo elevador o basculante para una o varias cargas.
- Proporcionar una temperatura mínima en la cámara de combustión de 850°C.
- Cámara de post-combustión que alcance los 1000°C, con lo cual se aseguraría la oxidación y deshidratación completa de los elementos presentes en los gases de escape^{XI}.
- Permitir el aprovechamiento del calor.
- Clasificar por separado los residuos sanitarios.
- Imposibilidad de que, tras el proceso, queden en los residuos tanto restos orgánicos como solubles.
- Imposibilidad de acumulación de gases mediante un adecuado conducto de escape de gas.
- Contar con un sistema de depuración de humos y gases, así como un sistema técnico de medición de emisiones de la instalación.
- Asegurar en la cámara del postquemador un contenido mínimo de oxígeno y un tiempo mínimo de permanencia de los gases de combustión en la citada cámara.
- Posibilidad de que la instalación funcione ininterrumpidamente.

6.3.3 Problemática y alternativas a la incineración

Un problema importante en todos los métodos de combustión es la reducción de las emisiones de gases y humos, metales pesados y otras materias orgánicas e inorgánicas.

Por ello, está sujeta al Decreto 833/1975 de protección del medio ambiente atmosférico, así como a la Directiva 89/369/CEE sobre prevención de la contaminación atmosférica procedente de nuevas instalaciones de incineración de residuos municipales.

La incineración de los residuos sanitarios en pequeñas **instalaciones descentralizadas** no es técnicamente recomendable debido a la falta de seguridad que presentan, en general son de construcción antigua y carecen de adecuados sistemas de depuración de humos.

^{XI} De no contar con ambas cámaras, los desechos biológicos deben pasar previamente por una autoclave. En restos provenientes de laboratorios y microbiología, la bibliografía recomienda que sea tratado con métodos químicos primero, para que sea efectiva la incineración y debe alcanzar 350°C de temperatura.



A menudo, el diseño constructivo de estos incineradores descentralizados no se adapta a la variedad de residuos sanitarios a tratar, especialmente a la proporción creciente de componentes plásticos y PVC.

El PVC constituye la principal fuente de cloro en las incineradoras de residuos hospitalarios, y se encuentra principalmente en productos hospitalarios y embalajes.

Las incineradoras de residuos hospitalarios representan una de las mayores fuentes de **dioxinas y furanos**, por ello algunos países están aplicando medidas restrictivas a este sistema de tratamiento de los residuos. Como consecuencia muchos hospitales han cerrado sus propios hornos incineradores y envían sus residuos a incineradoras con más dispositivos de control de la contaminación.

La sustitución de productos de PVC está ligada a los programas de prevención de residuos y separación para su reciclaje. La eliminación progresiva del PVC en estos hospitales ha tenido lugar por varias razones: bien porque las incineradoras de residuos urbanos no aceptan residuos que excedan determinados porcentajes de cloro, o sólo los aceptan con un incremento considerable del coste; o porque las plantas incineradoras han tenido que cerrar debido a la existencia de regulaciones de emisiones más estrictas.

Adicionalmente, en las pequeñas instalaciones hospitalarias suelen darse uno o varios de estos problemas:

- La alimentación y la purga suelen ser manuales y, por tanto, el manejo como el mantenimiento, suelen hacerlo personal no especializado.
- La cámara de combustión suele ser de tamaño reducido por lo que el tiempo de permanencia de los gases es insuficiente y se sobrepasan los límites de admisión permitidos.
- La falta de aire en la combustión produce hollines.
- Las partículas no quemadas en la escoria y el polvo son muy abundantes y no se puede garantizar su esterilización.
- La instalación suele funcionar de manera discontinua con un mayor riesgo de averías y una baja optimización.
- No se cumplen los estándares legales de emisión.



6.4 DESINFECCIÓN QUÍMICA

La desinfección mediante agentes químicos es utilizada ampliamente en el sector sanitario para eliminar microorganismos patógenos en las instalaciones, equipos e instrumental médico. Su uso es más común es para tratar residuos líquidos como sangre, orina, deposiciones o aguas residuales en el mismo hospital.

Sin embargo, esta tecnología se ha desarrollado para el tratamiento de residuos infecciosos incluyendo cultivos microbiológicos, punzantes-cortantes, etc., mediante el uso máquinas automatizadas y compactas.

La desinfección química de los residuos biosanitarios consiste, básicamente, en el contacto de los residuos con un desinfectante líquido de amplio espectro.

Actualmente, la desinfección química de los residuos sanitarios se limita a países industrializados. Sin embargo, es una opción atractiva para los países en vías de desarrollo, particularmente para tratar los líquidos fisiológicos altamente infecciosos, tales como deposiciones de pacientes con brotes del cólera.

Los primeros sistemas de desinfección química fueron construidos al final de los años setenta, y muchos hospitales americanos adoptaron unidades de plantas conectadas entre sí, de manera que el efluente resultante (suspensión de residuos triturados en el líquido desinfectante) se centralizaba en un punto donde se efectuaba su separación. Este sistema se abandonó debido a los elevados costes de operación y mantenimiento asociados.

6.4.1 Tipos de desinfectantes químicos

La eficiencia de desinfección depende del tipo de desinfectante utilizado y es de gran importancia controlar factores como concentración, temperatura, pH, tiempo de contacto del desinfectante con los residuos.

Dependiendo del desinfectante que se utilice, éste puede ser capaz de inactivar todo tipo de microorganismos o solamente ser eficaz con una variedad en concreto de microorganismos específicos. Es por lo tanto esencial, saber la identidad de los microorganismos que se van a destruir.

Un desinfectante cuya eficacia es conocida en detalle contra un grupo en particular de microorganismos, también será eficaz contra otro grupo de menor resistencia. Muchos



parásitos son perceptiblemente resistentes a la desinfección y generalmente se clasifican entre las mycobacterias y los virus.

La eficacia de la desinfección se estima mediante los índices de supervivencia de los organismos del indicador en pruebas microbiológicas estándares.

La velocidad y la eficacia de la desinfección química dependerán de las condiciones de operación, incluyendo las siguientes:

- Clase de producto químico usado.
- La cantidad de producto usado.
- El tiempo de contacto entre el desinfectante y el residuo.
- El grado de contacto entre el residuo y el desinfectante.
- La carga infecciosa del residuo.
- La temperatura de operación, humedad, pH, etc.

No obstante, la selección de los desinfectantes depende no sólo de su eficacia, sino también de su corrosividad y otros peligros relacionados con su manipulación.

Los productos químicos usados para la desinfección de residuos sanitarios son principalmente:

- Aldehídos
- Compuestos clorados
- Sales de amonio
- Compuestos fenólicos
- Óxido de etileno

El uso del óxido de etileno no es muy recomendable porque conlleva un peligro significativo relacionado con su manipulación. Sin embargo, ha sido usado en el pasado y todavía hoy se usa en algunos lugares.

En la actualidad, se está investigando el uso del ozono para desinfección de dichos residuos. Es un desinfectante potente y relativamente seguro y el proceso podría ser similar al proceso mediante tratamientos por métodos húmedos.



La mayoría de los desinfectantes descritos anteriormente son estables al menos, durante 5 años, exceptuando el hipoclorito sódico, y permanecen eficaces después de abrir el envase durante los 6 a 12 meses siguientes.

Los desinfectantes potentes son a menudo peligrosos y tóxicos, muchos dañan la piel y las mucosas. Por ello, los usuarios deben usar ropa de protección, incluyendo guantes y gafas protectoras. También son agresivos con ciertos materiales de construcción y deben ser manipulados y almacenados adecuadamente.

Cuando se utilizan cantidades pequeñas de desinfectantes, se pueden descargar a la red pública sin tratamiento previo, siempre que exista un proceso adecuado de depuración de aguas residuales. En ningún caso, el desinfectante se debe descargar directamente al agua que se encuentre en el medio natural, como mares, lagos, ríos, etc.

6.4.2 Condiciones de operación

Los residuos se trituran previamente a la desinfección, a fin de aumentar la superficie de contacto con el líquido desinfectante. El triturador es a menudo el punto débil en la cadena de tratamiento, estando sometido con frecuencia a fallos mecánicos o averías.

La trituración de los residuos sanitarios sólidos es esencial por las siguientes razones:

- Incrementa el grado de contacto entre el residuo y el desinfectante por disminuir el área superficial y eliminar huecos.
- Vuelve los restos humanos irreconocibles para evitar impacto visual desfavorable en la disposición.
- Reduce el volumen de residuos.

Normalmente, se añade agua durante el triturado para impedir el excesivo calentamiento y facilitar posteriormente el contacto con el desinfectante.

Los trituradores están compuestos por cuchillas rotatorias consistentes en hojas de metal afiladas, unidas a dos ruedas que giran en direcciones opuestas. La presencia de una cantidad excesiva de cortantes-punzantes en los residuos puede causar el deterioro del triturador.

El efluente líquido resultante se vierte directamente al sistema de alcantarillado si no contiene elementos contaminantes derivados del producto químico utilizado, mientras que la pasta



sólida formada se considera un Residuo Sólido Asimilable a Urbano (RSAU) y sigue el camino común a los RSU. No obstante, hay que tener excesiva precaución con los desinfectantes químicos, principalmente con los elementos organoclorados, ya pueden crear problemas ambientales serios en caso de escape y después de la disposición final, por lo que a veces es necesaria una etapa posterior de neutralizado.

6.4.3 Modelos comerciales

Existen varios sistemas de tratamiento de residuos que están basados en la desinfección química, desarrollados específicamente para el tratamiento de los residuos biosanitarios. A continuación se muestran dos de los principales:

I. *El sistema Hammermill:*

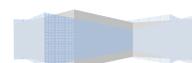
La carga de residuos se introduce de manera manual en el interior de una caja de trituración, donde simultáneamente se impregna toda la masa de residuos con una solución de hipoclorito sódico, para posteriormente, separar en un decantador la fase líquida de la pasta sólida que se ha formado.

Para asegurar el éxito de la desinfección es absolutamente necesario, además de lograr una íntima conexión de toda la masa de residuo con la disolución aportada, que la cantidad de disolución sea suficiente. En este sentido y aunque a nivel de laboratorio se pueda llegar a determinar la cantidad de disolución necesaria para eliminar los agentes patógenos presentes en una muestra, en la práctica controlar esta circunstancia es difícil, ya se recomienda la aplicación de cantidades de disolución muy por encima de las estrictamente necesarias.

II. *El sistema VIRHOPLAN*

Este sistema se considera más perfeccionado que el *Hammermill*, su diseño es más compacto y automatizado, incorpora un compactador de alta presión para separar los sólidos, y utiliza, según el fabricante, un desinfectante no clorado y biodegradable.

La carga de residuo se introduce, bien de manera manual, bien mediante una cinta transportadora, en el interior de una caja de trituración, donde simultáneamente se tritura el residuo y se rocía con disolución desinfectante.



Seguidamente, se sumerge durante unos minutos toda la masa de residuo en un baño de disolución desinfectante. Y finalmente, mediante la acción de un émbolo compactador de alta presión, se obtiene un residuo sólido casi seco.



Figura 5: El aspecto del residuo sólido procesado, el cual se reduce en un 80% en volumen, se muestra en la fotografía.

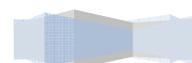
6.5 OTRAS TECNOLOGÍAS

Otras alternativas viables para la disposición de este tipo de residuos con seguridad y sin entrañar riesgo para la salud pública o el medio ambiente son:

6.5.1 Vertedero de seguridad para Residuos Infecciosos.

Los riesgos relacionados con el vertedero de residuos infecciosos son la contaminación de aguas subterráneas, contaminación del suelo e infección directa del personal u ocasionales segregadores de basura.

Por estas razones, el relleno de seguridad sólo puede practicarse si se cumplen con las siguientes condiciones:



- Solamente accederán al vertedero de residuos infecciosos el personal autorizado para las operaciones de vertido y disposición, restringiendo el paso a todo el personal ajeno al vertedero.
- El acuífero no confinado debe estar protegido por una capa de arcilla, a una profundidad que no puede ser alcanzada por microorganismos a través de la infiltración natural.

Las **ventajas** de este método son su relativo bajo costo y seguridad si se restringe el acceso y se selecciona el sitio de forma adecuada.

Los **inconvenientes** son que la limitación de acceso no puede ser garantizada en todo momento y que puede ser difícil evaluar las condiciones para vertederos seguros.

Es un método muy desaconsejable si los residuos no se han tratado previamente mediante esterilización por métodos húmedos o por incineración.

Cuando los residuos se han descontaminado previamente, es una buena tecnología ya que se disponen como residuos asimilables a urbanos.

6.5.2 Encapsulado

Es la opción más económica para acondicionar los objetos punzocortantes. Cuando se llenan tres cuartos del envase utilizado, se vierten sustancias, tales como: cemento líquido, arena bituminosa o espuma plástica, hasta llenar el envase.

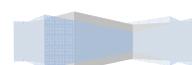
Cuando la sustancia se seca, el envase puede ser dispuesto en un relleno o dentro de las instalaciones del hospital. Este método es simple, seguro, de bajo costo y también puede aplicarse a productos farmacéuticos.

Sin embargo, no es recomendable para residuos infecciosos no cortantes.

6.5.3 Relleno de emergencia

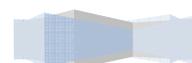
También puede ser empleado como un método provisional o a corto plazo.

Se cava una zanja de un metro de ancho, dos metros de largo y 1,5 metros de profundidad, preferiblemente en un suelo impermeable no rocoso.



El fondo de la zanja debe ser 1,5 metros más alto que el nivel del acuífero no confinado. Los residuos se colocan en la zanja hasta alcanzar un metro y luego se llena con tierra. El proceso es apropiado para objetos punzocortantes, residuos infecciosos y eventualmente, residuos químicos y farmacéuticos.

Para uso normal, es muy desaconsejable ya que posee elevados riesgos de contaminación tanto para la salud pública como para el medio ambiente y que puede resultar difícil prevenir la segregación en todo momento.



7 ELECCIÓN DEL MÉTODO DE TRATAMIENTO

Para la elección de una alternativa de tratamiento es necesario realizar un análisis comparativo de los parámetros más relevantes de cada proceso considerando las ventajas y desventajas de cada uno de ellos, buscando aquel que más se adecúe a las necesidades que se presenten en cada situación.

El objetivo que se persigue es la reducción de la peligrosidad y volumen de los residuos de una manera ambientalmente adecuada, generando un residuo que pueda ser manejado y dispuesto sin riesgos para la salud o el ambiente.

Para ello, se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

1. Datos de partida.
2. Consideraciones legales.
3. Consideraciones técnicas.
4. Consideraciones económicas.
5. Consideraciones de tipo social.

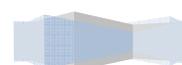
7.1 DATOS DE PARTIDA

En primer lugar, para la elección de un método de tratamiento satisfactorio, hay que conocer el tipo de residuo que se ha de tratar, la cantidad y la frecuencia con la que se genera, y sus características y composición.

En la tabla que sigue a continuación, se resumen dichas características cuyo cálculo se puede ver más detallado en el **Anexo I**.

CORRIENTE DIARIA DE ENTRADA A PLANTA DE RBSE	
RBSE BRUTOS	1400 kg/día
RBSE NETOS	980 kg/día
Nº CONTENEDORES	129 contenedores/día
DENSIDAD DEL RESIDUO NETO	130,33 kg/m ³
PESO MEDIO DE RBSE POR CONTENEDOR	7,87 Kg netos/día

Tabla 18



7.2 CONSIDERACIONES LEGALES

A nivel nacional, no existe reglamentación específica que regule el tratamiento de los residuos sanitarios. Estos residuos entran en la categoría de peligrosos según el R.D.952/1997 que los clasifica en la categoría H9: *Infeccioso “se aplica a sustancias que tienen microorganismos viables, o sus toxinas, de los que se saben o existen razones fundadas para creer que causan enfermedades en el ser humano o en otros organismos vivos”.*

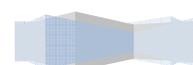
Y al considerarse como peligroso tiene que ser gestionado y tratado como tal en todas las fases de su vida útil.

La Nota Técnica de Prevención **NTP 372: tratamiento de residuos sanitarios** expone que *los métodos adecuados para el tratamiento de los residuos sanitarios producto de la actividad sanitaria los cuales deberán atender a criterios de inocuidad, asepsia y salubridad con el fin de garantizar la eliminación de los gérmenes patógenos y la protección del medio ambiente pudiéndose eliminar mediante incineración, en hornos preparados para esta finalidad y construidos con unas características técnicas definidas; o como medida alternativa a la incineración, el tratamiento de los residuos mediante la esterilización y, una vez triturados, se asimilan a los residuos urbanos ya que la generación de residuos biológicos sanitarios representa fundamentalmente un problema de seguridad e higiene en el trabajo, especialmente en el interior de los centros y su riesgo mayor proviene de una incineración inadecuada.*

A nivel autonómico, cada Comunidad redacta sus propias normas para el cumplimiento legal así como recomienda unos tratamientos u otros, siempre en el marco estipulado por el Estado y éste a su vez por las Directivas Europeas.

En el caso de la Comunidad Autónoma de Andalucía, el *Plan Andaluz de Residuos Peligrosos* expone la actualidad de los residuos sanitarios y recomienda en primer lugar la esterilización por métodos húmedos como tratamiento más adecuado. En segundo lugar, y como tratamiento alternativo, propone la incineración de los residuos siempre que se cumplan los niveles de emisiones contaminantes publicados.

En relación con otros países, cada vez se están implantando más sistemas limpios intentando minimizar las emisiones atmosféricas que puedan seguir contribuyendo a problemas de preocupación en la actualidad como son el efecto invernadero, lluvia ácida, etc.



7.3 CONSIDERACIONES TÉCNICAS

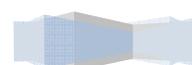
De las tecnologías comentadas en los apartados anteriores, se puede extraer los siguientes puntos de análisis ventajas-inconvenientes referentes a cada una.

7.3.1 Autoclave

Ventajas

Entre las principales ventajas del esterilizador por vapor destacan:

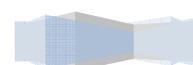
- Tecnología con una gran tradición en el medio sanitario (hospitales, laboratorios de microbiología, clínicas, etc.), ya que se ha empleado desde hace muchos años para la esterilización de material clínico.
- Los requerimientos para operar el autoclave son mínimos, y las operaciones de carga sencillas.
- Se produce un efluente acuoso aceptable por la red de saneamiento. No hay que olvidar, sin embargo, que en los procesos de purgado del aire se pueden producir emisiones que contengan gérmenes patógenos, por lo que será necesario el filtrado previo de estas emisiones.
- A diferencia de otras tecnologías de desinfección, no existen partes del autoclave en las que se puedan concentrar agentes infecciosos tratados, salvo en el caso de la trituración previa de los residuos.
- Posibilidad de obtener una fuente de vapor sobrante o residual, que abarataría notablemente los costes de explotación.
- El mercado ofrece sistemas muy compactos y automatizados que requieren poco espacio.
- La calidad del tratamiento es fácilmente controlable.
- Se trata de una solución flexible con la posibilidad de realizar más de un ciclo diario de desinfección, por lo que se puede disponer de una reserva de tratamiento en el caso de un aumento ocasional de la generación de residuos a tratar.



Inconvenientes

El autoclave presenta ciertos inconvenientes que, no obstante, en muchas ocasiones, pueden ser matizados y corregidos en parte:

- El tratamiento mediante autoclave no cambia la apariencia de los residuos, lo que puede provocar un rechazo psicológico de los operarios de las plantas de tratamiento de RSU, destino final de los residuos esterilizados.
Conocida la procedencia de los residuos, y al no cambiar su apariencia, la duda sobre su desinfección previa en origen puede persistir, en especial si se rompen las bolsas que los contienen. Se trata de un inconveniente relativo, ya que de hecho se puede resolver mediante la trituración de los residuos previa o posterior a su desinfección en el autoclave.
- Es una tecnología con limitaciones en cuanto al tipo de residuos que permite. Así, no se pueden tratar, bajo ningún concepto, los residuos citostáticos, cuya mejor forma de tratamiento es la incineración en una instalación específica.
- Para tratar grandes cantidades de líquidos biológicos contaminados no es muy recomendable, pues aunque técnica y teóricamente su desinfección es posible, los tiempos de cada ciclo aumentarían muy sensiblemente.
- Debido al componente ético y estético que determina la especificidad del tratamiento que han de recibir, el autoclave no es una solución para los residuos anatómicos humanos por no cambiar su apariencia, a no ser que exista trituración.
- El autoclave produce malos olores, si bien existen soluciones sencillas para disminuirlos y, sobre todo, para limitarlos al local donde se realiza el tratamiento que, por otra parte, ha de ser de acceso restringido.
- La desinfección mediante autoclave sólo se reduce el volumen de los residuos tratados en un 20% a no ser que exista trituración que aumenta en un 80% la reducción de volumen.
- Se utiliza para tratar cantidades de residuos moderadas.



7.3.2 Autoclave móvil

Ventajas

- Además de las ventajas propias de los sistemas de desinfección mediante autoclave, hay que subrayar el hecho de que se puede liberar a los hospitales de la gestión directa de sus residuos con un incremento de coste añadido poco significativo.
- Si bien la apariencia de los residuos tratados permanece inalterada, al no extraerlos de la cámara de presión del autoclave hasta su descarga en el vertedero o incineradora de RSU, es posible evitar el problema del rechazo psicológico de los operarios de estas instalaciones a recibirlos, ya que el argumento que los residuos contenidos en el autoclave han sido efectivamente tratados, resulta creíble. Asimismo, sería relativamente sencillo establecer un sistema de control que garantizase a los responsables de los vertederos que los residuos depositados han sido tratados previamente.
- En relación a los sistemas tradicionales de envasado y transporte, el transporte de los residuos en la cámara de presión del autoclave móvil proporciona una mayor seguridad de confinamiento de los residuos en caso de accidente.

Inconvenientes

- La oferta en relación a la capacidad de la cámara de presión del autoclave móvil es extraordinariamente rígida, en principio.
- En general se dispone de una cámara de 13 m³ de capacidad, por lo que, para que los costes de tratamiento sean competitivos, es necesario que exista un elevado número de camas hospitalarias concentradas en pocos puntos, de manera que los circuitos de recogida permitan el tratamiento diario de una cantidad de residuos importante.
- La falta de maniobrabilidad del camión-taller para desplazarse por zonas urbanas con elevadas densidades de tráfico y para acceder a las zonas de almacenamiento de residuos de los hospitales.



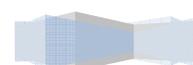
7.3.3 Microondas

Ventajas

- La principal ventaja es que los residuos se desinfectan, reducen el volumen y cambian de apariencia de manera simultánea.
- Relativamente fácil de operar.
- Son sistemas relativamente compactos que requieren poco espacio.

Inconvenientes

- Tecnología recientemente desarrollada en comparación con la incineración y la esterilización por vapor.
- La desinfección de elementos metálicos es muy problemática debido a que las microondas, en lugar de penetrar en estos objetos, experimentan fenómenos de reflexión que, incluso, pueden llegar a dañar al propio generador de las microondas. De hecho la proporción de objetos metálicos en cada carga está limitada, por el propio fabricante, a un máximo del 1%.
- La desinfección no alcanza a todas las partes del aparato. Como la trituración se produce con anterioridad a la desinfección, en la zona donde se efectúa la trituración se produce una acumulación progresiva de agentes infecciosos que puede resultar peligrosa al realizar las operaciones de reparación y mantenimiento, así como constituir una posible fuente de emisión de este tipo de agentes.
- La absorción de las microondas depende de la naturaleza del residuo y de su humedad.
- Resulta difícil establecer un sistema de seguimiento continuado de la efectividad de la desinfección durante el proceso de funcionamiento. Así, se sabe que la absorción de las microondas depende de la naturaleza del residuo y de su humedad, pero, en cambio, no se puede determinar si la humedad alcanzada en toda la masa del residuo es la adecuada.



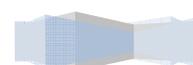
7.3.4 Incineración

Ventajas:

- El tratamiento mediante incineración cambia radicalmente la naturaleza de los residuos, lo que permite descartar los posibles problemas de rechazo psicológico de los operarios de las instalaciones de eliminación de las cenizas resultantes.
- Es una tecnología apta para tratar otro tipo de residuos generados en los establecimientos sanitarios. Así además de los residuos patológicos (incluidos los residuos anatómicos humanos o animales), con las temperaturas de trabajo habituales pueden asegurar la destrucción de los residuos citostáticos, medicamentos caducados de tipo orgánico, etc.
- La incineración reduce el volumen de los residuos tratados en un 90%, lo que disminuye la utilización del vertedero.
- La incineración permite el tratamiento de grandes cantidades de residuos. Con la aplicación de los criterios propios de la gestión clásica se hace prácticamente inviable cualquier solución que no pase por la incineración. Sin embargo, con la adopción de definiciones de clasificación más avanzadas esta ventaja deja de ser decisiva.
- Es una tecnología ampliamente utilizada, por lo que es posible encontrar suministradores con experiencia contrastada.
- Bajo ciertas circunstancias, puede plantearse la opción de la recuperación de la energía generada durante los procesos de combustión. El alto poder calorífico que, en promedio, tienen los residuos hospitalarios, combinado con una cierta capacidad mínima de tratamiento y con la existencia de una demanda energética, se puede aprovechar para generar energía en forma eléctrica o de vapor.
- En el caso de las plantas centralizadas se libera a los hospitales de las operaciones de tratamiento de residuos.

Inconvenientes:

- La complejidad asociada a la explotación y mantenimiento y control de este tipo de instalaciones comporta la necesidad de un personal preparado.
- La experiencia nacional e internacional existente en la implantación de este tipo de instalaciones muestra que la incineración de residuos, con independencia de su



naturaleza, provoca siempre, en mayor o menor grado, problemas de oposición pública, así como dificultades administrativas para obtener los permisos de instalación y explotación.

7.3.5 Desinfección química

Ventajas

- La pulpa sólida resultante no es reconocible y es inocua, por lo que desaparecen los problemas derivados de la percepción negativa de los agentes de tratamiento exteriores.
- Los costes de inversión son inferiores si se comparan con la incineración, en general tienen costes moderados de inversión y operación.
- Son sistemas relativamente compactos que requieren poco espacio.
- Los residuos se desinfectan y reducen en volumen de manera simultánea.
- El triturado de residuos antes de la desinfección más el posterior compactado puede reducir el volumen del residuo original en un 60-90%.

Inconvenientes

- Se trata de una alternativa de tratamiento no contrastada suficientemente.
- El efluente líquido producido puede contener compuestos organoclorados, así como de metales pesados u otros contaminantes, que superen los límites tolerados para su vertido a la red de alcantarillado.
- Puede presentar problemas todavía no resueltos de seguridad e higiene en el trabajo, debido a la emisión de aerosoles a través de diversas ranuras de estos aparatos.
- La calidad del tratamiento no es fácilmente controlable. Resulta muy difícil establecer test, biológicos en la pulpa obtenida (hay que determinar si toda ella se ha oxidado y todos los organismos patógenos han sido destruidos).
- Los productos químicos usados como desinfectantes son a veces sustancias peligrosas y requieren precauciones en su manejo.
- Los residuos contienen remanentes de sustancias químicas y en ciertos casos se requiere tratar los efluentes.



- La desinfección puede ser incompleta cuando el contacto con el residuo es difícil, excepto cuando el equipo está acoplado con un sistema de destrucción mecánica.

7.4 CONSIDERACIONES ECONÓMICAS

Tomando como referencia la publicación realizada por la OMS titulada ***Safe Management of wastes from health-care activities***, se puede hacer una comparativa económica sobre los principales tratamientos mencionados anteriormente.

7.4.1 Costes de inversión y de operación para el tratamiento por vapor saturado: Autoclave.

Los costes de inversión rondan los 70.000€ a 270.000€ para el equipo completo, con capacidades de equipos entre 20 L y 8.000 L y operando a temperaturas de entre 120°C y 160°C.

Como ejemplo, el coste del equipo de tratamiento térmico con capacidad para tratar 50 toneladas de residuos por año está sobre 135.000€ en el mercado Europeo, los costes de operación rondan los 540 € por tonelada de residuo (menos en los países en vías de desarrollo).

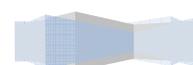
El equipo de esterilización térmica a gran escala, con cámaras de esterilización de capacidades superiores a 8 m³ o más, suelen usarse en tratamientos de residuos sanitarios en instalaciones regionales.

Sus características técnicas son similares a los pequeños sistemas, pero algunos operan sin trituradores.

7.4.2 Costes de inversión y operación para microondas:

El tratamiento de residuos biosanitarios mediante microondas está ampliando su utilización en muchos países, sin embargo, los altos costes unidos a los potenciales problemas de operación y mantenimiento está dificultando su utilización en algunas zonas menos industrializadas.

De forma orientativa, un equipo con capacidad de 250 Kg/h (3000 toneladas/año), incluyendo dispositivos de carga, trituración, tanque de humidificación por vapor, cámara de irradiación y generador de microondas, más un compactador de residuos, puede costar unos 700.000 €.



El coste unitario de tratamiento, es superior al de las tecnologías de desinfección por autoclave de vapor.

No obstante, se han desarrollado recientemente sistemas de tratamiento de residuos sanitarios con una capacidad considerablemente más baja, pero mucho más económicos.

7.4.3 Costes de inversión y operación para incineración:

Los costes de inversión para incineradores pirolíticos adecuados para tratar los Residuos Biosanitarios varían ampliamente. De modo ilustrativo, se muestran en la tabla los costes aproximados de los equipos disponibles en el mercado europeo.

EQUIPO INCINERADOR	Costes de inversión en 1000€				
	Capacidad (Toneladas/día)				
	0,4	1	2	4	8
Sin recuperación de energía ni depuración de gases	70	140	168	210	322
Con recuperación de energía pero sin depuración de gases	140	252	322	476	798
Con recuperación de energía y con depuración de gases	420	560	672	840	1092

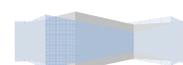
Tabla 19: (World Health Organization, 1999)

En Europa los costes de operación y mantenimiento para incineradores pirolíticos a pequeña escala suelen costar sobre 560 € por tonelada de residuo incinerado.

7.4.4 Costes de inversión y operación para la desinfección química:

Para la desinfección química de los residuos biosanitarios, los costes de inversión rondan los 70.000 a 140.000 € y los gastos de explotación, oscilan entre 146 a 176 € por tonelada y dependen mucho del precio de los desinfectantes químicos, que pueden variar de un país a otro.

Donde los desinfectantes químicos están relativamente baratos y fácilmente disponibles es en el mercado local, la desinfección química es una opción para el tratamiento de residuos interesante económicamente.



7.5 CONCLUSIÓN

Desde el punto de vista legal, los métodos descritos anteriormente están permitidos siempre que se cumplan con los requisitos legales y medioambientales que dicta la normativa, y manteniéndose dentro de los valores límites de emisión y contaminación, para salvaguardar la seguridad y salud tanto pública como de los trabajadores.

En los últimos años, los requisitos legales y medioambientales sobre incineración de residuos peligrosos se han vuelto más restrictivos. En el caso concreto los RBSE, la incineración pasa a un segundo puesto, por el elevado contenido en materiales plásticos (PVC entre otros) y la generación de dioxinas y furanos que provocan.

En el caso de la desinfección química, un factor añadido es el uso de productos químicos para tratar los agentes infecciosos que pueden tener un cierto grado de peligrosidad por sí mismos y los cuales hay que tener debidamente controlados.

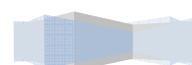
Por eso, se recomiendan métodos con menos impacto ambiental, como los métodos de esterilización por calor húmedo, ya que producen un efluente que se puede verter directamente a la red de saneamiento.

Desde el punto de vista tecnológico, las técnicas más desarrolladas y más utilizadas en la industria han consistido principalmente en la incineración y en la esterilización por vapor en autoclaves. Tecnologías más recientes, como la utilización de las microondas y la desinfección química, se están desarrollando a gran velocidad, aunque siguen siendo de menor implantación.

Desde el punto de vista económico, las tecnologías con mayores costes de inversión son la incineración y la desinfección química. No obstante, en el caso de la incineración, se puede recuperar energía en forma de electricidad o de calor, pero por otra parte, los altos costes de inversión y operación pueden ser más elevados en el caso de gestión avanzada al disminuir las cantidades de residuos a tratar.

La más rentable, tanto en costes de inversión como en costes de mantenimiento y operación es la esterilización por autoclave cuando se utiliza vapor de agua saturado.

Una vez analizados los factores legales, técnicos y económicos de los principales métodos de tratamiento y teniendo en cuenta que la cantidad de residuos a tratar es moderada, generada



en un ámbito regional y que está referida a un tipo de residuo muy concreto como son los RBSE, se considera que la opción más adecuada a las condiciones de partida es el método de ***Esterilización mediante vapor saturado de agua*** por ser una tecnología limpia, económica, comúnmente utilizada en el sector sanitario y de operación relativamente sencilla.

Además, se incluye en la elección, el hecho de que un factor importante, como es la aceptación social debida a motivos culturales, éticos y/o religiosos, es favorable para este tipo de instalaciones si el tratamiento de residuos incluye una etapa de trituración.



8 ESTERILIZACIÓN MEDIANTE VAPOR SATURADO DE AGUA

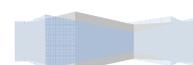
Para la determinación de un ciclo de esterilización adecuado de los Residuos Biosanitarios Especiales, se ha tenido en cuenta fuentes bibliográficas basadas en la Microbiología, en la Ingeniería Bioquímica y en la Ingeniería Alimentaria^{xii} ya que los principios de la esterilización son los mismos en todos los casos, y concretamente en la industria alimentaria está ampliamente desarrollado.

Como el calor húmedo es tan eficaz para destruir los microorganismos, es esencial disponer de una medida precisa de su eficacia destructiva. Inicialmente esta eficacia se expresaba con el punto de muerte térmica (PMT), la temperatura más baja a la que una suspensión microbiana se destruye en 10 minutos. Como el PMT implica que una determinada temperatura es letal a pesar de las condiciones ambientales, en la actualidad se emplea más el término **tiempo de muerte térmica** (TMT) o **factor F**. Se define como el tiempo más corto necesario para destruir todos los organismos de una suspensión microbiana, a una temperatura específica y en condiciones definidas. Esta destrucción es logarítmica y teóricamente no es posible *destruir completamente* los microorganismos de una muestra, incluso aumentando el tiempo de calentamiento.

Se define también la figura de **tiempo de reducción decimal (D)** o **valor D** (fig.6). El valor D se escribe normalmente con un subíndice, que indica la temperatura aplicada. Estos valores se utilizan para estimar la resistencia relativa de un microorganismo a diferentes temperaturas a partir del cálculo del **valor z**. Este valor es el aumento de temperatura necesario para reducir D a 1/10 de su valor, o en un logaritmo, cuando se representa *log D* frente a la temperatura, (fig.7).

La esterilización con calor húmedo debe realizarse a temperaturas superiores a 100°C para destruir las endoesporas bacterianas, esto requiere la utilización de vapor saturado bajo presión. La esterilización se realiza en un recipiente esterilizador también denominado como autoclave.

^{xii} Microbiología, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería industrial alimentaria, Propiedades físicas de los alimentos y los sistemas de procesado; *Thermal procesing in packaged foods*, etc.



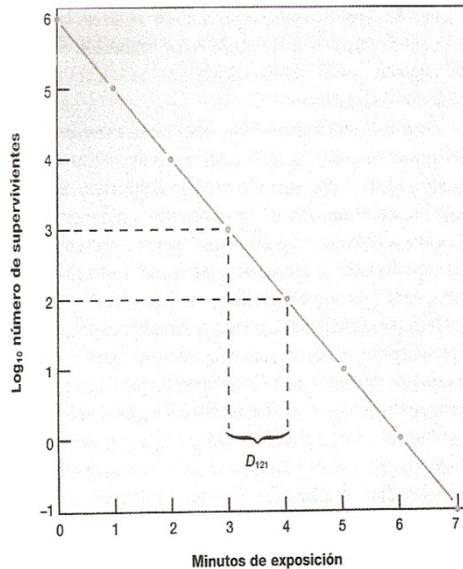


Figura 6

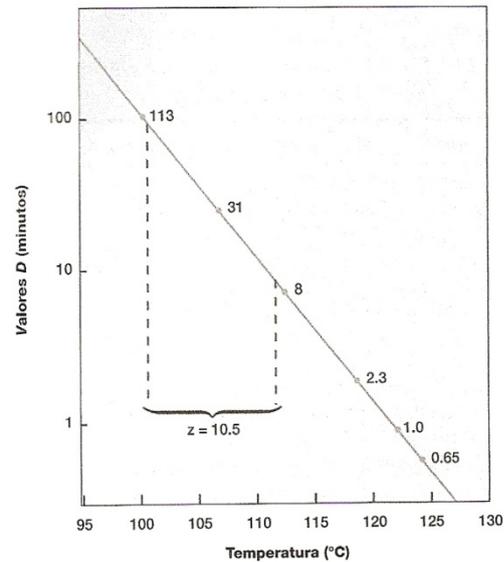


Figura 7

Para determinar el tiempo de esterilización necesario para la destrucción de los microorganismos patógenos, se ha utilizado el método de Ball desarrollado en el **Anexo V**.

A grandes rasgos, es un método semi-analítico que permite calcular el tiempo de esterilización o **factor F** de un objeto de forma teórica basándose en una ecuación de penetración de calor cuando rige la transferencia por conducción.

El ciclo de calentamiento se divide en 4 fases: fase de latencia curvilínea de calentamiento, fase lineal de calentamiento, fase de latencia curvilínea de enfriamiento y fase lineal de enfriamiento.

Donde Ball sólo tiene en cuenta las tres últimas fases, ya que la primera abarca un rango de temperaturas no letales para los microorganismos. El fundamento teórico así como las hipótesis de partida vienen detallados en el **Anexo V**.

A continuación se muestra de forma resumida el procedimiento de cálculo que se ha seguido y los resultados obtenidos.

Nos interesa determinar el tiempo t_b de calentamiento, fijando **F**, tomando como referencia el microorganismo *Bacillus Stearothermophilus*, para ello se seguirá la siguiente secuencia:



1. Para una reducción **12D** y unos valores de **$z=10^{\circ}\text{C}$** y **$Do=3$ minutos** se obtiene un valor de **Fo** :

$$Fo = 36 \text{ minutos}$$

2. Con las dimensiones **a** y **b** de un cilindro finito a, se obtiene:

$$fh = 38,84 \text{ minutos}$$

3. Con el valor de la letalidad **L** y **Fo** se determinación de la función **U**:

$$U = 0,293 \text{ minutos}$$

4. A continuación se determina el valor **f_h/U** :

$$\frac{fh}{U} = 132,41$$

5. Con ayuda de la tabla de Stumbo que se adjunta al final del **Anexo V**, se obtiene el valor de **$\log g$** para **$z= 10^{\circ}\text{C}$** , **$j = 1,41$** y el valor de **f_h** calculado anteriormente.

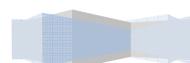
$$g = 15,253$$

6. Y finalmente, con todos los datos anteriores, se obtiene el tiempo de calentamiento:

$$t_B = 39,42 \text{ minutos}$$

El tiempo total del ciclo incluyendo calentamiento y enfriamiento será de:

$$t_{ciclo} = 59,42 \text{ minutos}$$



8.1 PARÁMETROS DE CONTROL

Se tienen que tener en cuenta los principales parámetros que influyen en este tipo de tratamiento:

- El volumen de residuos que se puede desinfectar en cada ciclo de esterilización.
- La temperatura y presión de trabajo.
- Tiempo necesario para lograr la desinfección.
- Eficiencia lograda en la penetración de vapor.

Entre los parámetros citados, el más limitante es el de la eficiencia lograda en la penetración del vapor en la masa de residuos, ya que la eliminación de los agentes patógenos presentes en los residuos únicamente mediante el efecto del calor requeriría periodos de tiempo que excederían el límite de lo operativo.

Por tanto, los factores como:

- La calidad del vapor.
- La presencia de aire en el interior de la cámara.
- El tipo de envase empleado.
- El tipo y la densidad del residuo.
- La configuración de la carga.

Entre otros, influirán decisivamente en la efectividad de los procesos de desinfección, al estar decisivamente relacionados con la capacidad de humidificar la masa de residuos.

La verificación de la correcta operación del sistema se realiza a través de dos tipos de controles independientes:

1. Control de las variables operativas
2. Control de la eficiencia de la esterilización

8.1.1 Control de las variables operativas:

Para una correcta operación del sistema se requiere un estricto control de la presión y la temperatura en las distintas etapas. El equipo contará con sistemas automáticos para el control de estas variables y sistemas de registro continuo de las mismas.



En la siguiente figura se puede apreciar un ejemplo típico de la variación de temperatura y presión en función del tiempo durante el ciclo de esterilización.

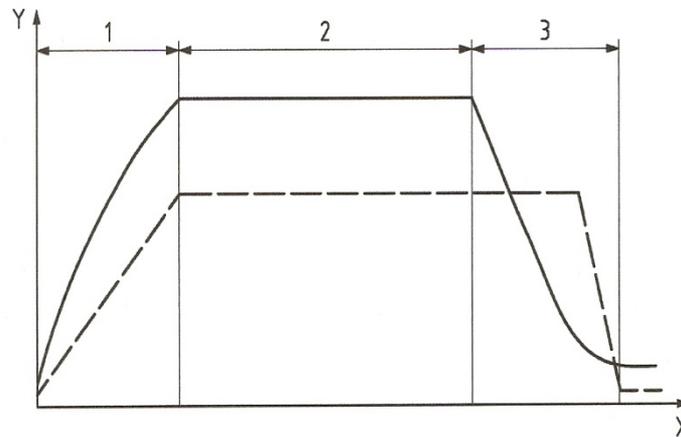


Figura 8: Norma UNE (AENOR)

Donde:

X: tiempo

Y: (—) Temperatura; (---) Presión

1: fase de calefacción

2: fase del periodo de meseta

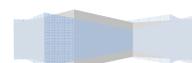
3: fase de enfriamiento

8.1.2 Control de eficiencia de la esterilización:

La eficiencia de la esterilización debe ser comprobada habitualmente mediante indicadores químicos y biológicos, los cuales se introducen en la autoclave junto con los residuos que van a ser tratados.

Los **indicadores químicos** consisten en tiras de papel impresas con tinta de indicador químico que cambia de color en función de la temperatura alcanzada, indicando el grado de esterilización logrado.

Como **indicador biológico** se utilizan viales de esporas del *Bacillus Stearothermophilus*, cuya resistencia al calor es mayor que la de los organismos patógenos. Los viales son colocados en la masa de residuos, en las zonas más comprometidas en relación a alcanzar las condiciones de esterilización.



El test se coloca en un envase térmico resistente y permeable al vapor, cerca del centro de la carga de residuos y el equipo empieza a funcionar bajo condiciones normales. También se puede introducir una tira de papel cubierta de esporas de este microorganismo.

Al finalizar el ciclo se incuban en condiciones especiales y se verifica la ausencia de crecimiento del microorganismo.

A veces se introduce también en el autoclave una cinta especial con la palabra *ESTÉRIL* escrita, o una tira de papel indicador que cambia de color tras un tratamiento adecuado con calor. Si la palabra aparece en la cinta o si el color cambia después del tratamiento, se considera que el material está estéril.

8.1.3 Calidad del vapor

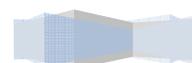
Para cada nivel de presión el vapor puede existir en tres estados:

- **Vapor húmedo:** cuando el contenido de calor no es suficiente para que todo el vapor esté en fase gaseosa, produciéndose la presencia de agua líquida. En relación a los procesos de esterilización presenta dos desventajas, el contenido de calor es inferior al del vapor saturado seco y como hay más agua, la fase de secado es más ardua.
- **Vapor sobrecalentado:** la temperatura es mayor que la necesaria para producir vapor saturado seco. El vapor sobrecalentado no es aconsejable para los objetivos de la esterilización ya que las esporas son mucho más susceptibles al calor húmedo que al calor seco.
- **Vapor saturado:** cuando, estando todo el vapor en fase gaseosa, el contenido de calor es tal que podría estar en perfecto equilibrio con el agua líquida a la misma presión y temperatura. Es el estado más aconsejable para abordar los procesos de esterilización y desinfección.

Se utilizará vapor saturado a 142°C, la determinación de la temperatura se puede ver en el **Anexo V**.

8.1.4 Presencia de aire en el interior de la cámara.

La sustitución del aire contenido en la cámara por vapor a presión, se traduce en un incremento de la temperatura de la cámara, básico para la eliminación de los agentes infecciosos.



En cambio, la presencia de aire residual en la cámara del recipiente diluye el vapor y dificulta (e incluso evita) su penetración, de forma que el tiempo necesario para alcanzar las temperaturas de trabajo aumenta sensiblemente.

Entre los factores que pueden influir en un desplazamiento fallido del aire destacan:

- la utilización de bolsas de plástico resistente que puedan retener el aire en su interior.
- la utilización de contenedores muy grandes que dificulten la salida del aire de las zonas más profundas.
- Y la carga inadecuada de las bolsas que dificulte la circulación del aire.

Para asegurar que el aire está siendo desplazado por el vapor y que la temperatura se alcanza en todos los puntos de la cámara, la norma UNE 285 recomienda que se instalen dentro de la cámara de esterilización sensores de temperatura que controle el proceso.

El aire se puede extraer por vacío o por desplazamiento de aire. En este proyecto se opta por un desplazamiento ascendente de aire.

8.1.5 Tipo de envase empleado.

La barrera física constituida por el tipo de bolsas en las que se han depositado los residuos será un factor determinante a la hora de asegurar la efectiva penetración del vapor, e incluso del calor.

Normalmente las bolsas están constituidas de polietileno de baja densidad o de polipropileno, que la impermeabiliza, pero que al someterla a las temperaturas de operación se reblandecen e incluso se pueden llegar a deshacer permitiendo que el vapor alcance a toda la masa del residuo, por este motivo se introducen las bolsas en unas cestas metálicas de acero inoxidable resistentes a las temperaturas de esterilización y que permiten el paso del vapor hasta el interior de la masa residual, evitando que se dispersen los residuos en el caso de que las bolsas se deshagan.

8.1.6 Tipo y densidad del residuo.

Los residuos de baja densidad son más fácilmente tratables que los residuos de alta densidad, para los que se requiere un mayor tiempo de exposición.



El residuo al ser sólido necesita un tiempo de esterilización más elevado para que el calor penetre en todos los intersticios. Los líquidos se esterilizan antes porque el coeficiente de transferencia de calor es mayor.

8.1.7 Configuración de la carga.

Las cargas próximas a la capacidad máxima del esterilizador requieren una prolongación del ciclo de esterilización habitual, a fin de asegurar que toda la masa de residuo ha sido desinfectada.

La configuración de la carga puede ser un impedimento a la libre circulación del vapor en el interior de la cámara, dificultando su capacidad de penetración en toda la masa del residuo, por este motivo, el recipiente se ha diseñado según recomienda la bibliografía con un 20% de espacio libre que permita dicha circulación.

Las dimensiones mínimas del recipiente se han diseñado en función de la distribución de 16 bolsas que se tiene que esterilizar en cada ciclo en 2 filas de 8 y separadas entre sí al menos 1 cm.

A fin de asegurar la correcta descontaminación de la carga introducida, se deben seguir diversas prácticas de control y monitoreo:

- Control continuo de la temperatura y presión de trabajo en el/los punto/s donde se hayan colocado los sensores térmicos y manómetros.
- Colocación sistemática, en los puntos de la cámara de presión del autoclave que se consideren más críticos, de test químicos que tras el proceso de esterilización certifiquen que se han alcanzando las temperaturas de trabajo deseadas.
- Realización periódica de un test biológico en el que se determine la mortalidad de ciertas esporas muy resistentes al calor y la humedad. Por este motivo, se establece el tiempo estándar de los ciclo de trabajo, en función de la mortalidad observada en las esporas *Bacillus Stearothermophilus*.

Finalmente, destacar que la observación de las prácticas de mantenimiento, en especial la limpieza metódica de los filtros biológicos, es fundamental tanto para prolongar la vida útil de aparato como para asegurar la efectividad de los procesos de esterilización.



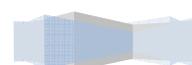
8.1.8 Tiempo y Temperatura de esterilización

El tiempo de esterilización dependerá de muchos factores, la mayoría descritos anteriormente como son:

- Distribución de los residuos dentro de la cámara.
- Temperatura del vapor saturado.
- Microorganismo de control.
- Método de extracción de aire.
- Característica del residuo: hay equipos médicos como sondas y viales en los que la temperatura tarda más tiempo en alcanzar el punto central del “canal o tubería”, por lo que aumenta el tiempo de esterilización.

Los resultados obtenidos en el **Anexo V** para el microorganismo que se ha elegido de referencia, el *Bacillus Stearothermophilus*, son:

- TEMPERATURA DE ESTERILIZACIÓN: 142°C.
- TIEMPO DE ESTERILIZACIÓN: 39 minutos



9 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Se considerará **proceso** al conjunto de fases por las que pasan los Residuos Biosanitarios Especiales, RBSE, desde que se genera en el Centro sanitario hasta que sale de la planta como Residuo Sólido Asimilable a Urbano, RSAU, que son:



Figura 9

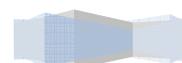
En la **fase de acondicionamiento** participa el centro sanitario y una empresa gestora de residuos peligrosos que será la encargada de trasladarlos a la planta.

La **fase de tratamiento** consistirá en las operaciones que se realizan dentro de la planta desde que se recibe el residuo hasta que se envasa y se prepara para su eliminación.

Estas operaciones se llevarán a cabo en una instalación *centralizada*, la cual consiste en un sistema en el que, el residuo, es procesado en una instalación que no está en su lugar de origen y que será utilizada por varios centros sanitarios.

Se ha preferido un sistema de tratamiento centralizado porque presenta las siguientes ventajas respecto a los sistemas descentralizados:

- Instalación adecuada ya que se tiene asegurado a largo plazo, un suministro de residuos sanitarios elevado que le permite el funcionamiento continuo con rentabilidad económica.
- Optimización de las condiciones técnicas y de recursos humanos, contribuyendo a reducir los costes de personal.
- Costes específicos más favorables.
- Una supervisión más sencilla y mejora de las medidas de control.



- Mayor flexibilidad y garantía de capacidad.

No obstante, también presenta ciertos inconvenientes como son:

- Los mayores costes de inversión inicial de la instalación y los gastos de organización.
- Debe añadirse a esto la necesidad de crear una zona de almacenamiento provisional de los residuos.

La **fase de eliminación** se realiza o bien por los sistemas de recogida municipales de residuos o bien por una empresa autorizada que los transporte hasta el vertedero.

9.1 FASE DE ACONDICIONAMIENTO

9.1.1 Segregación

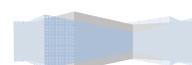
La identificación y segregación de los residuos se realizará por el mismo centro sanitario a partir de las definiciones establecidas en el **Capítulo 4.1**. La segregación en origen es el punto de partida del proceso, la cual asegura un adecuado tratamiento posterior del residuo.

El envasado de los residuos se realizará con los criterios que seguidamente se detallan, teniendo en consideración que cada contenedor alberga un determinado tipo de residuos y estando prohibida la utilización de contenedores para residuos que no sean los especificados.

Las bolsas y contenedores de residuos cuentan con un sistema de identificación que permite conocer el contenido para su posterior tratamiento específico. Tienen colores distintos^{XIII} y una codificación conforme al reglamento interno de cada centro hospitalario para su transporte.

Cada Unidad o Servicio donde se produzca un residuo deberá depositarlo, según la siguiente catalogación y tipo de contenedor.

^{XIII} El color del contenedor puede variar ya que el Plan de Gestión de Residuos del SAS no especifica esta cualidad. En el desarrollo de este proyecto se han tomado como referencia los criterios del Hospital Universitario Puerta del Mar.



Infeciosos, Sangre^{XIV} y Hemoderivados, Vacunas.

Este tipo de residuos se recogen en bolsas de color rojo de polietileno de baja densidad que cumpla la norma *UNE 53-147-85* y con una galga mínima de 400 mg/cm².

A su vez, estas bolsas irán ubicadas en contenedores reutilizables de polietileno de alta densidad de 60 litros de capacidad.

Dichos contenedores estarán elaborados de acuerdo a la norma *DIN V 30 739* y presentarán las siguientes características:

- Recipientes opacos
- Adecuada resistencia a la humedad y a la carga estática
- Sin emisiones tóxicas en el tratamiento de eliminación.
- Construidos de polietileno de alta densidad o similar que garantice su total eliminación
- Rígidos, impermeables, resistentes a agentes químicos y a materiales perforantes y que dispongan de un cierre provisional que garantice su estanqueidad, tanto interna como externa, hasta su llenado y de un cierre hermético definitivo.



^{XIV} Los residuos líquidos se desechan en recipientes cerrados que a su vez van dentro de contenedores, botellas, botes, contenedores pequeños, garrafas, etc., nunca se vierten directamente sobre el contenedor.



Como criterio de seguridad, tanto dentro de los centros de salud, como para su posterior manipulación y tratamiento en las empresas gestoras de residuos se recomienda no llenar los recipientes más del 80% de su volumen.

Agujas y otro material cortante y/o punzante.

Se recogerán, previamente, en contenedores específicos de distintas capacidades y color amarillo con las siguientes características, de acuerdo con la norma *DIN V 30 739*:

- Contenedores contruidos de polietileno de alta densidad o en otros materiales que garanticen la impermeabilidad y estanqueidad tanto interna como externa, que puedan ser eliminados sin problemas medioambientales.
- Recipientes de un solo uso, de estructura rígida y biodegradable con resistencia adecuada a la humedad y a la carga estática.
- Sin generación de emisiones de carácter tóxico durante el tratamiento de eliminación.
- Con asas u otro sistema para su fácil transporte y resistentes a las caídas desde 1,5 m de altura sin abrirse ni romperse.
- Capaces de ser apilados verticalmente y una vez colocados en posición horizontal debe retener en su interior todos los líquidos durante al menos 24 horas.
- Con tapa equipada de un mecanismo adecuado de desactivación de los dispositivos dotados con elementos cortantes o punzantes insertados en forma de lanza o roscadas, y estará equipada con cierre tal que permita abrir y cerrar repetidamente el recipiente hasta su llenado. Cuando se considere que está lleno, una simple presión la debe dejar encajada herméticamente.

Una vez llenos, estos contenedores se cerrarán herméticamente y deberán depositarse en contenedor verde para residuos infecciosos de 60 litros o en otro tipo de contenedor si se ha utilizado el material para aplicar o preparar tratamientos de naturaleza citotóxica o citostática

Los volúmenes de los envases a utilizar pueden ser:

- Contenedores destruibles de 250 c.c.
- Contenedores destruibles de 1 litro
- Contenedores destruibles de 3 litros



- Contenedores destruibles de 5 litros

TABLA RESUMEN			
TIPO	COLOR	VOLUMEN	RESIDUO
Contenedor (Reutilizable) + Bolsa	Verde	60 Litros	Residuos sanitarios. Infecciosos. Sangre y Hemoderivados. Vacunas
	Roja		
Contenedor (Destruible)	Amarillo	¼ Litro 1 Litro 3 Litros 5 Litros	Agujas y otro material cortante o punzante

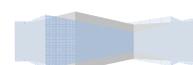
Tabla 20

El contenedor destruible de color amarillo^{xv} incluirá una etiqueta externa indicando el tipo de residuo: *Agujas y otro material cortante y/o punzante.*



Todos los contenedores que contengan residuos con riesgo de infección deberán llevar el pictograma universal de riesgo biológico en su exterior, así como una descripción especificando que tipo de material de riesgo biológico contienen.

^{xv} Aunque es habitual el color amarillo, el color de este tipo de contenedor es variable.





9.1.2 Recogida en centros sanitarios

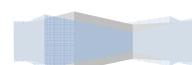
La recogida de los residuos dentro de los centros sanitarios debe atenerse a criterios de segregación, asepsia, inocuidad y economía.

Los residuos peligrosos serán retirados diariamente de las distintas Unidades de Producción de Residuos (UPR's) y tantas veces como las circunstancias lo requieran. Desde las 7:00 am hasta las 21:00 pm, incluido domingos y festivos, el personal de limpieza hace un circuito de retirada de residuos por todos los vertederos del hospital, acompañado de un carro de plástico con ruedas y tapa con una capacidad de adecuada a la producción.

La frecuencia de recogida no podrá excederse el plazo de 48 horas en la recogida de los residuos peligrosos de carácter sanitario RBSE's, salvo para **agujas y material cortante y/o punzante** y para **vacunas vivas o atenuadas** donde podrá ser menor.

Los residuos serán evacuados, inmediatamente, hasta el local destinado a almacenamiento intermedio de residuos peligrosos en el mismo Hospital. Tanto el almacenamiento, como las instalaciones necesarias para el mismo, deben cumplir con la legislación y normas técnicas aplicables y deberán tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Ventilado
- Espacioso
- Bien iluminado
- Debidamente señalizado
- Acondicionado para poder realizar una desinfección y limpieza diaria.
- Situado de manera que no pueda afectar los espacios vecinos.



- Cumplirá con la legislación vigente contra incendios
- Deberá ser accesible para los vehículos de recogida.
- El depósito permanecerá cerrado y señalizado. Únicamente se permitirá el acceso a personal autorizado.
- Protegido de la intemperie, de las temperaturas elevadas y de los animales.

La entrega de este tipo de residuos deberá de realizarse siempre a un **Gestor Autorizado** por la Consejería de Medio Ambiente.

Cualquier entrega de este tipo de residuos ha de estar regulada por un **Documento de Control y Seguimiento**. Mediante la formalización de dicho documento el gestor pasa a convertirse en titular de los residuos tóxicos y peligrosos aceptados. En el documento constarán, como mínimo, los datos identificadores del productor y de los gestores y, en su caso, de los transportistas, así como los referentes al residuo que se transfiere.

Igualmente se han de registrar los respectivos asientos en los libros oficiales de *Producción de Residuos Peligrosos*.

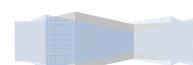
Todos estos registros generarán unos indicadores de comportamiento ambiental que serán enviados periódicamente a los Servicios Centrales del SAS.

Según la ley 10/98, la periodicidad de recogida por la empresa gestora de residuos peligrosos es de entre 48 y 72 horas como máximo^{xvi}, sin embargo, en este estudio se considera una recogida diaria de residuos provenientes del hospital.



Figura 10

^{xvi} Salvo para **agujas y material cortante y/o punzante** y para **vacunas vivas o atenuadas**



9.1.3 Transporte a planta

Los contenedores una vez llenos deben ser cerrados y almacenados en el hospital hasta su transporte para su eliminación.

La recogida y transporte de residuos hospitalarios se realizará por los servicios municipales o por empresas autorizadas conforme a la normativa vigente referente al transporte de mercancías peligrosas.

La carga de residuos en los camiones de transporte tiene que realizarse en condiciones de seguridad e higiene, con los medios y espacios necesarios, y con la preservación del medio ambiente y la salud de las personas.

En lo que concierne a los RBSE, hay que tener en cuenta que:

- No deben ser objeto de compactación.
- No pueden juntarse con los citostáticos, ya que cada uno requiere un tratamiento específico; por esta razón es preciso que los recipientes del uno y del otro se mantengan bien diferenciados. Sin embargo, el hecho que los recipientes de los residuos Biosanitarios y los citostáticos se transporten conjuntamente en el mismo vehículo no representa ningún problema.

Los camiones deberán reunir los siguientes requisitos:

1. Deben estar homologados por la Dirección General de Tráfico para el transporte por carretera de mercancías peligrosas.
2. Su utilización será exclusivamente para el transporte de contenedores de uso de residuos sanitarios.
3. Los camiones deben estar acondicionados en su interior con una caja cerrada para evitar el desplazamiento de la carga y en el caso de que se produjera un accidente evitar que los contenedores puedan dispersarse sobre la calzada.
4. Su interior estará acondicionado para permitir la desinfección periódica de la carga del vehículo.

Tanto los conductores, como el personal auxiliar que sea necesario utilizar para realizar el servicio, deben estar perfectamente informados del tipo de residuos que transportan y manipulan, y deben utilizar permanentemente ropa de trabajo adecuada.



9.2 FASE DE TRATAMIENTO

9.2.1 Recepción en planta

Diariamente llegarán a la planta los RBSE de toda la Bahía de Cádiz que corresponde a los generados por 3122 camas pertenecientes a los principales hospitales y centros de salud, los cuales equivalen aproximadamente a **1320 kg brutos/diarios**.

Esta cantidad se ha sobredimensionado en un 5% debido al crecimiento de población estimado que tendrá lugar en los años de vida útil de la instalación. **Anexo II.**

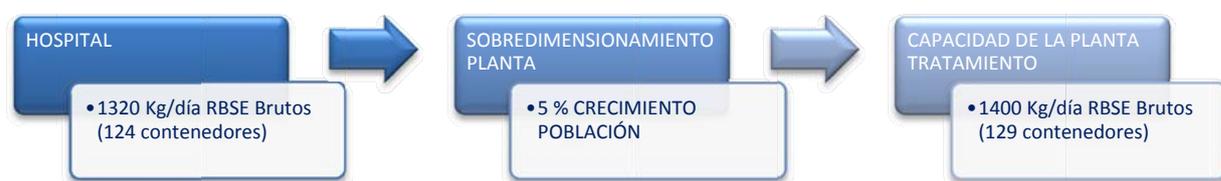
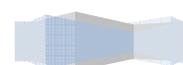


Figura 11

Los camiones llegarán diariamente a la planta con un volumen de RBSE que se muestra en la siguiente tabla:

CORRIENTE DIARIA DE ENTRADA A PLANTA DE RBSE	
RBSE BRUTOS	1400 kg/día
RBSE NETOS	980 kg/día
Nº CONTENEDORES	129 contenedores/día
DENSIDAD DEL RESIDUO NETO	130,33 kg/m ³
PESO MEDIO DE RBSE POR CONTENEDOR	7,87 Kg netos/día

Tabla 21



9.2.2 Almacenamiento en planta

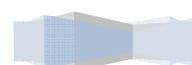
Una vez dentro de la planta, los residuos se trasladarán al almacén en espera de ser esterilizados.

Existirán dos zonas de almacenamiento:

- I. **Almacén de residuos contaminados:** donde se dispondrán los residuos que provengan de los hospitales en sus contenedores correspondientes hasta el momento de su desinfección. Los contenedores pueden apilarse hasta un máximo de dos niveles y podrá albergar los residuos un periodo máximo de 3 días.

Este almacén debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Local impermeabilizado, y diseñado con material y forma para que se facilite su limpieza.
- Protegido de la intemperie y de los animales.
- La superficie tendrá una inclinación dirigida a un de un desagüe conectado a la red general, para realizar operaciones de limpieza.
- Tener una adecuada ventilación e iluminación.
 - Preferentemente se deberá contar de toma de ventilación natural protegida con rejillas, además, es conveniente un sistema un sistema de ventilación forzada, que permitirá la renovación de aire con objeto de evitar la acumulación de vapores peligrosos.
 - La iluminación adecuada, preferentemente mediante equipos de fluorescentes en el interior del recinto, y uno en el exterior sobre la puerta de entrada y con el interruptor fuera del local.
- La altura máxima de apilamiento, de envases apoyados directamente unos sobre otros, vendrá determinada por la resistencia del propio envase y la densidad de los residuos almacenados. En ningún caso se podrán apilar más de 3 envases. Los recipientes estarán protegidos contra los riesgos que provoquen su caída, rotura y derrame del contenido.
- No se utilizará estanterías altas para el almacenamiento de productos peligrosos, por el riesgo que supone una caída accidental.



- Asimismo, las zonas de almacenamiento destinadas a residuos de naturaleza líquida están separadas de la red de saneamiento, mediante cubetos de seguridad u otras formas de separación, para evitar contaminación de eventuales vertidos.
 - Se limitará la cantidad de residuos almacenados, con el fin de evitar riesgos.
 - El almacén permanecerá cerrado y contará con una señalización, en lugares y formas visibles, alusiva al almacenamiento de residuos y a la peligrosidad de los mismos.
 - Únicamente se permitirá el acceso al personal autorizado.
 - El almacén deberá cumplir la legislación vigente de protección contra incendios: detector de incendios, extintores de fácil acceso, etc.
 - Periódicamente, se realizarán observaciones sobre las condiciones de almacenamiento, para detectar la presencia de fugas o emanaciones, que delaten un incorrecto envasado de los residuos.
- II. **Almacén contenedores limpios:** donde se almacenarán los contenedores desinfectados una vez que han salido de la zona de limpieza, en espera a volverse a utilizar o si su vida útil ha llegado a su fin se dispondrán según lo establecido por la **ley 11/1997, de 24 de Abril sobre Envases y Residuos de Envases a un gestor autorizado en condiciones adecuadas para su revalorización, reutilización o reciclado**. Pueden apilarse en los niveles que se desee ya que están limpios y descontaminados. En esta zona se almacenarán conjuntamente los contenedores vacíos y limpios que se utilizarán para el transporte de RSAU.

9.2.3 Separación y limpieza

En esta zona se separan las bolsas de los contenedores y se introducen en unas cestas metálicas para su esterilización.

Los contenedores deberán someterse a un proceso de limpieza y desinfección y una vez secos pasarán al almacén donde se dispondrán para su reutilizado en el hospital o se le entregará a la empresa gestora para que cumpla con los requisitos de la ley 11/1997.

En esta zona se someten también a limpieza y desinfección las cestas metálicas de esterilización y los contenedores de RSAU que se utilizan para transportar el residuo cuando ha finalizado el proceso de trituración.

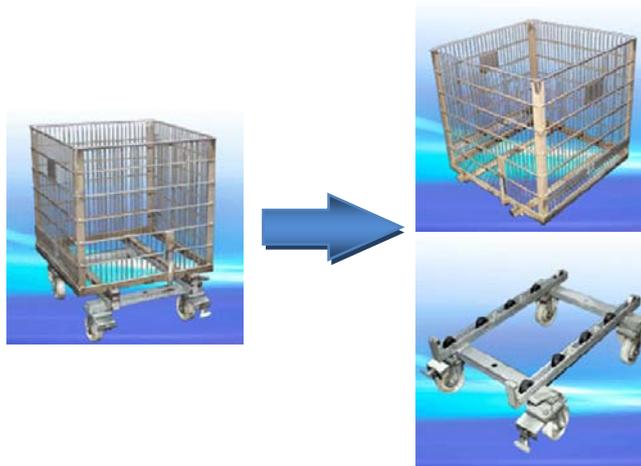


Los residuos se dispondrán en cestas metálicas marca T.S.A. para su esterilización.

Características:

- Dimensiones de 700x750x750 mm
- Formada por una rejilla metálica con orificios de 40x40 mm y varillas de acero inoxidable 316 de 3 mm de diámetro.
- Peso de la cesta 8,74 kg.
- Capacidad será suficiente para albergar cuatro bolsas de residuos.

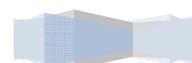
Estas cestas disponen de un sistema móvil de ruedas desmontables para transportar los residuos de manera más fácil, desde la zona contaminada hasta la zona de esterilización tal como se muestra en la figura:



Una vez allí se desmontan las ruedas y se introducen en la cámara mediante un sistema corredizo de placas fijadas a las paredes de la cámara, tal como se muestra en la figura.

La sala cuenta con mangueras de agua a presión que contienen agua, jabón y lejía con las que se desinfectarán los contenedores y se acondicionarán para almacenarlos en el almacén limpio para su posterior reutilización o reciclaje.

El personal deberá estar debidamente equipado con equipos de protección personal, tanto para el riesgo de infección como para el contacto con el producto químico de limpieza y el suelo será antideslizante con desagües para facilitar el proceso de limpieza y evitar la inundación de la sala.



A continuación se muestra el proceso de limpieza:

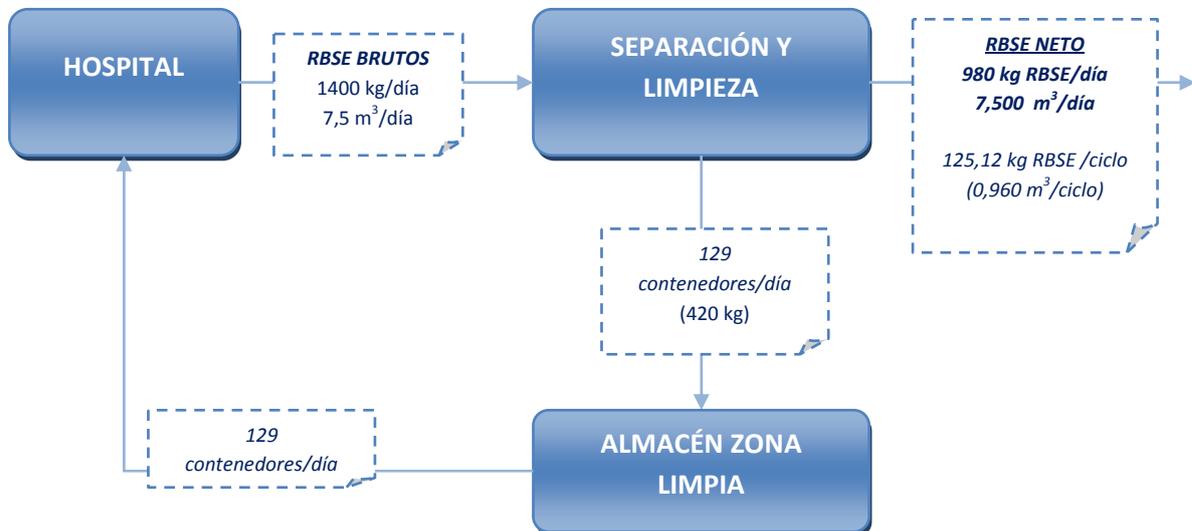


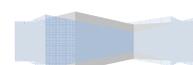
Figura 12: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE SEPARACIÓN Y LIMPIEZA

9.2.4 Esterilización

Los residuos son introducidos a la zona de esterilización por la puerta de acceso de residuos contaminados, envasado en bolsas cerradas sobre los carros de acero inoxidable soportados por ruedas desmontables.

El ciclo de esterilización es un proceso en discontinuo y consta de las siguientes fases:

- **Etapa de carga.** Carga de los residuos. Una vez en la zona de esterilización se trasladan los carros hasta la puerta de la cámara esterilizadora y se introducen los canastos de acero inoxidable hacia el interior del equipo tal como se muestra en la *figura 13*. Se introducen a su vez test químicos y/o biológicos en las zonas más comprometidas de la masa residual.
- **Etapa de esterilización:** que está formada por la *fase de calentamiento*, el *periodo de meseta* y la *fase de enfriamiento*. En esta etapa los residuos sufren una reducción de tamaño debido a la elevada temperatura de la cámara que hace que parte de los residuos líquidos se volatilicen y parte de los residuos sólidos se reblandezcan formando una masa casi irreconocible que posteriormente será triturada y compactada.



- **Etapa de descarga.** Descarga de los residuos y comprobación mediante los test que el proceso de esterilización se ha producido eficazmente.

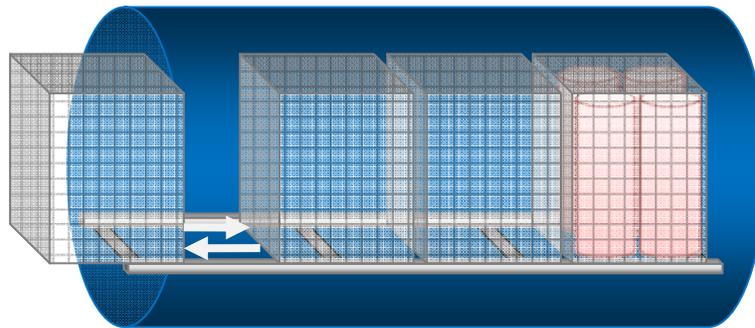
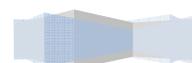
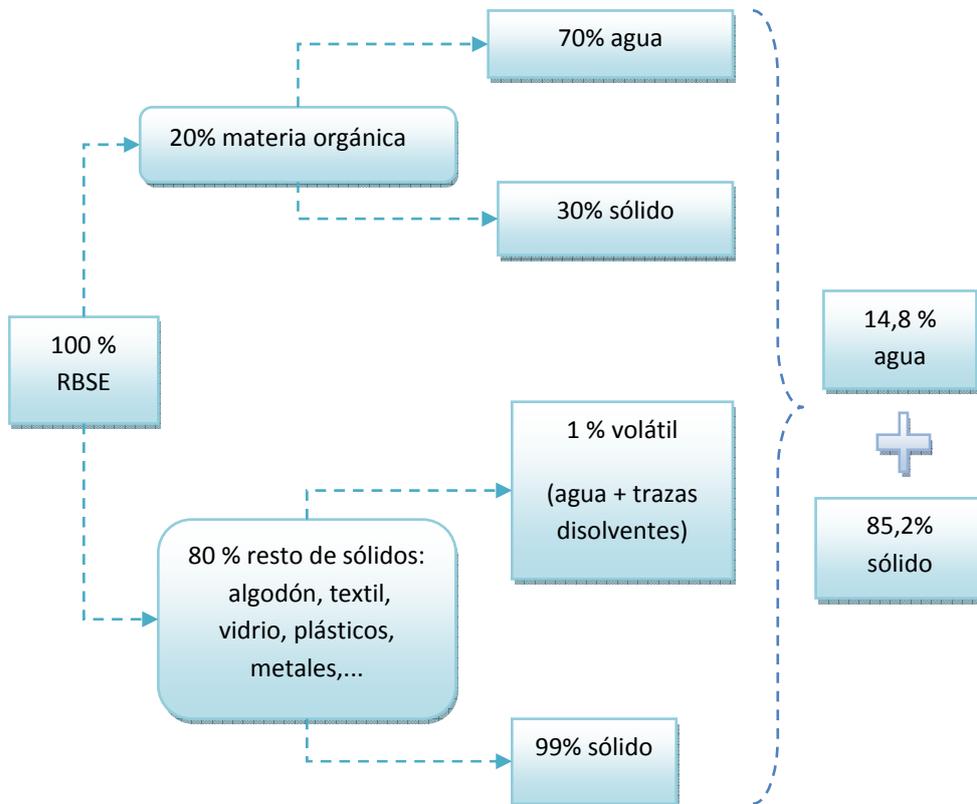


Figura 13: Método de carga y descarga de residuos

La planta está diseñada para esterilizar al día 980 kg de RBSE netos, los cuales están contenidos en 129 bolsas. Se necesitarán 8 ciclos de esterilización diarios para tratar la totalidad del volumen que entra en la planta. En principio se utilizará un solo turno de 8 horas pero si hiciera falta más se usaría el turno de tarde.

Para determinar el grado en que se reducen los RBSE tratados, se va a analizar previamente su composición en peso:



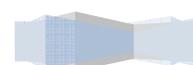


Del total de los residuos a tratar, el 20% corresponderá a materia orgánica formada principalmente por residuos corporales como sangre, hemoderivados, orina, resto de exéresis quirúrgicas, etc. Si se considera que la materia orgánica en general tiene la misma composición que el cuerpo humano, el 70 % de ésta, será agua y el 30% restante materia sólida.

Por otro lado, si se considera que el 80% restante de residuos sólidos, formado principalmente por algodón, textil, plásticos, vidrio, metales, etc., contiene solamente un 1% de materia líquida, formada principalmente por residuos corporales y trazas de algunos disolventes, se puede hacer la consideración de que ese 1% es prácticamente agua.

Despreciando cualquier otra sustancia que se pueda volatilizar por ser ínfima en comparación con el agua correspondiente a la materia orgánica, la disminución del peso-volumen que van a sufrir los RBSE's se va a centrar en la reducción del contenido de agua de los mismos.

Por tanto, del total de los RBSE's que se someterán a esterilización el 15% en peso se reducirá en forma de agua residual y se obtendrá un 85% restante de residuo sólido asimilable a urbano que pasará a la etapa de triturado.



Este porcentaje de agua al tomar contacto con el vapor saturado se volatilizará adquiriendo las mismas condiciones de presión y temperatura en el interior de la cámara uniéndose al volumen de vapor saturado que se deberá condensar posteriormente.

Al terminar el ciclo, el efluente líquido que se obtiene estará formado por el vapor saturado empleado para la esterilización, el 15% de agua proveniente de los RBSE's y el volumen de agua refrigerante.

Se formará una pasta que se introducirá una vez seca en el triturador mediante cestas o contenedores de residuo minimizando así el contacto entre el trabajador y los residuos.

Cuando se finaliza el proceso de esterilización, se debe garantizar que se han eliminado todos los organismos vivos presentes en los residuos mediante test químicos y biológicos.

A continuación se muestra un diagrama de flujo del proceso de esterilización que contiene la cantidad diaria de residuos que se esteriliza diariamente y durante un ciclo de 1 hora de duración.

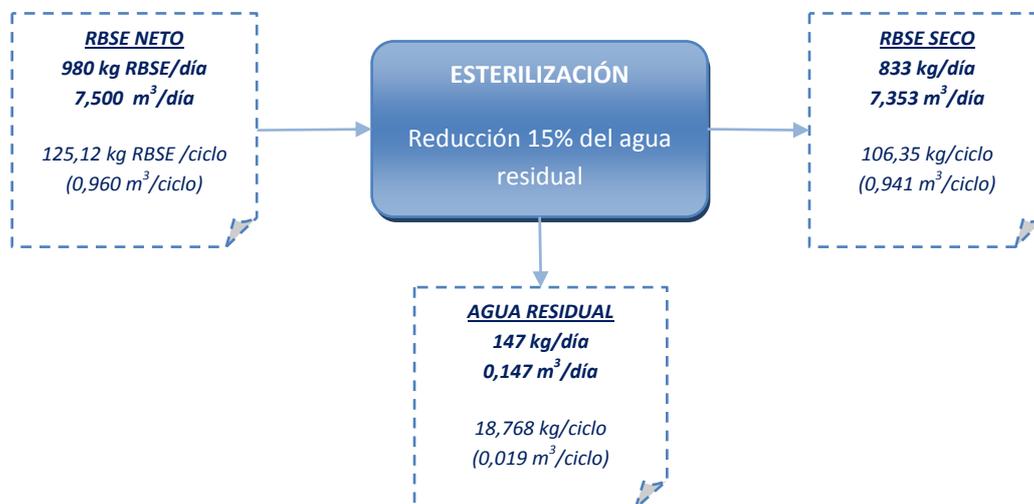
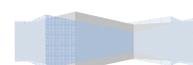


Figura 14: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN

9.2.5 Trituración

Acabada la fase de esterilización, se procede a la trituración para desestructurar la masa residual que ha quedado después del proceso de esterilización.



Se ha optado por la fase de trituración posterior a la de tratamiento porque esta unidad es el punto débil del proceso ya que la mayoría de las averías se producirán aquí, debido a atascos de los metales principalmente. Aunque la eficacia de la esterilización aumentaría y disminuiría el tiempo del ciclo con la etapa de trituración previa, el riesgo de introducir los residuos no esterilizados unido a un posible fallo aumentaría el riesgo de un accidente con contaminación biológica, por lo tanto se ha preferido la opción más segura.

El grado de reducción de los residuos en la trituración depende en gran parte de la naturaleza de éste ya que al ser un residuo tan heterogéneo y diversificado no toda la masa residual se reduce de la misma forma. Se ha fijado en aproximadamente el 55% de reducción y se elegirá el equipo trituración principalmente en función de este requisito.

Una vez triturados, estos residuos se gestionan como asimilables a urbanos, es decir, pueden ser gestionados en las mismas instalaciones de disposición de rechazo.

Se muestra igual que en apartados anteriores el diagrama del proceso de trituración:



Figura 15: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE TRITURACIÓN

Con el proceso combinado de esterilización y trituración se consigue una reducción total del 70%, cumpliendo con el requisito de convertir los residuos en una masa irreconocible por el posible impacto social y además se obtiene un residuo final que puede gestionarse como un Residuo Sólido Urbano al que se le ha eliminado totalmente riesgo de contaminación.

9.2.6 Envasado

Cuando ha finalizado el proceso de trituración el residuo se puede envasar en bolsas y depositar en contenedores de 1100L como Residuos Sólidos Asimilables a Urbanos.

A continuación se muestra el diagrama del proceso de envasado:

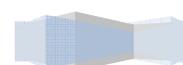
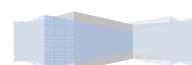




Figura 16: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE TRITURACIÓN



9.3 FASE DE ELIMINACIÓN: DISPOSICIÓN FINAL

Una vez que el proceso ha finalizado, y el residuo ha sido esterilizado, triturado y envasado como RSAU, se procede a la fase de eliminación final del residuo.

Los contenedores de RSAU se trasladan hasta el muelle de carga y descarga, donde son recogidos al final de la jornada por los camiones municipales de residuos los cuales los trasladarán al vertedero controlado más cercano.

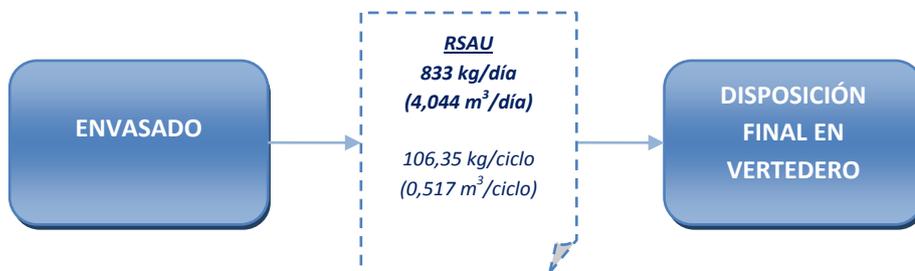
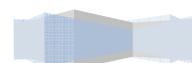
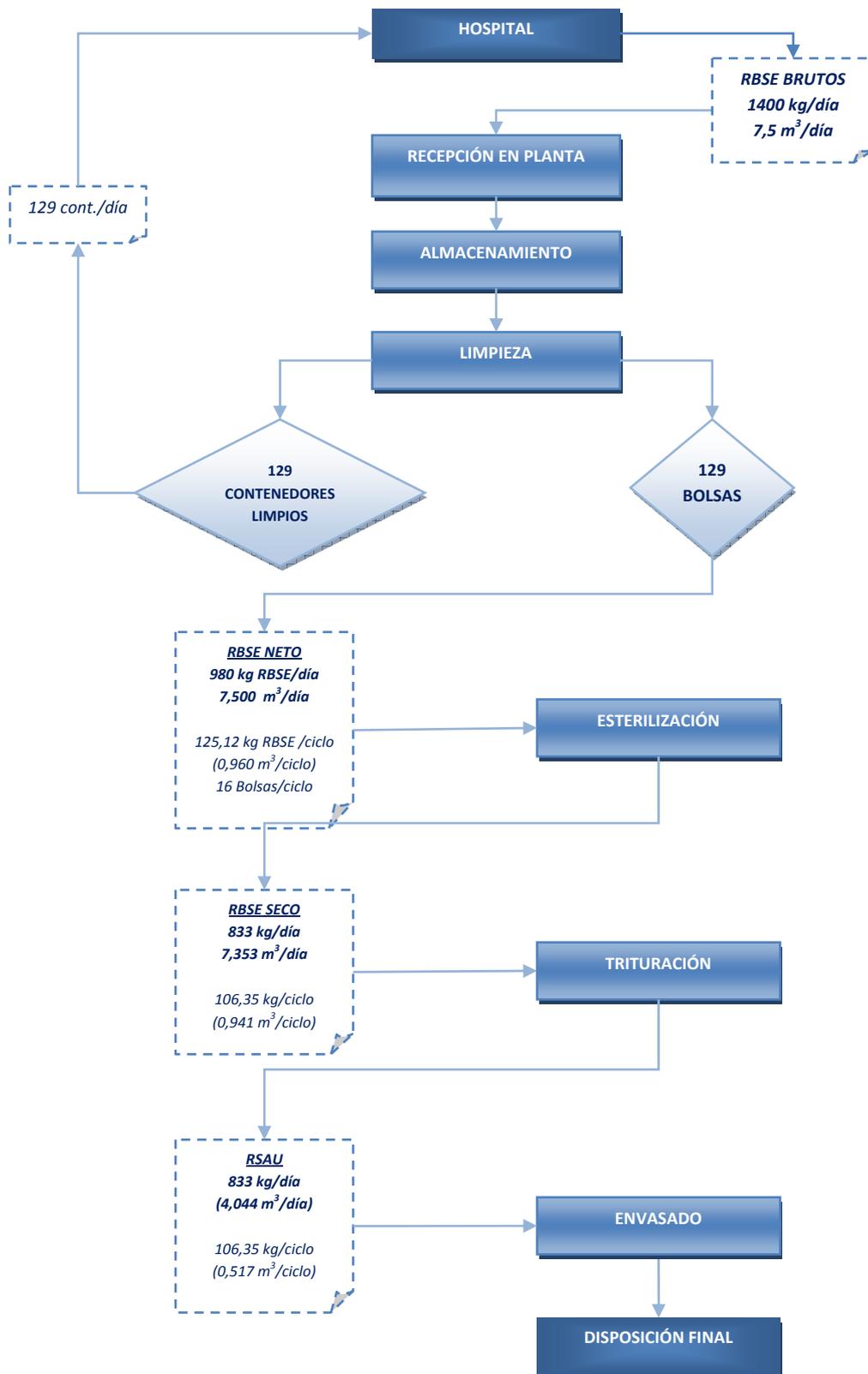


Figura 17: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELIMINACIÓN FINAL



9.4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO GENERAL



10 EQUIPO INDUSTRIAL

Se trata de un sistema de funcionamiento automático que trabaja en un ciclo de desplazamiento de aire.

Para dicho sistema de esterilización se necesitarán los siguientes equipos:

- Recipiente esterilizador.
- Generador de vapor.
- Tanque de alimentación de combustible.
- Tanque de alimentación de agua.
- Compresor de aire.
- Trituradora.
- Equipos auxiliares:
 - Tuberías
 - Accesorios: válvulas, bombas y filtros.

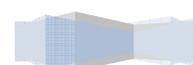
Su distribución será siguiente:

- **Sala de calderas**, compuesta por: Generador de vapor, tanque de almacenamiento de agua, redes de fluidos y compresor.
- **Sala del autoclave**, compuesta por: Recipiente esterilizador y redes de fluidos.

Aunque el depósito de combustible se puede situar en la misma sala, se ha optado por situarlo en el exterior para minimizar el riesgo y para mayor facilidad en su llenado.

En los anexos, se calcularán:

- Las dimensiones necesarias para el recipiente esterilizador y los tanques de almacenamiento de agua y gasoil
- los parámetros necesarios para la elección de los equipos auxiliares que se ofertan el mercado: caudales, materiales, etc.



10.1 RECIPIENTE ESTERILIZADOR

El recipiente esterilizador es la unidad principal del proceso en la cual se va a producir la esterilización de los residuos.

Para el diseño del recipiente, se ha determinado en primer lugar unas dimensiones mínimas que debe cumplir en función de la distribución de las bolsas que se traten en un ciclo de tratamiento, ya que es un factor de gran influencia en el tiempo de esterilización y afecta a la efectividad del proceso.

Según la carga de trabajo calculada, se pretende esterilizar 960 L/ciclo, lo que equivale a 16 bolsas de 60 litros distribuidas en dos filas de 8 bolsas y contenidas en unas cestas metálicas de acero inoxidable con orificios rectangulares de 40X40 mm por las que pasa el vapor hasta el interior de las mismas y separadas por una distancia de al menos 1 cm entre ellas. Ver **ANEXO VII**.

Para estas características se obtiene una capacidad de 1,3 m³ y unas dimensiones mínimas de:

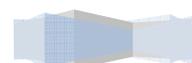
- Diámetro mínimo: 0,828 m.
- Longitud mínima: 2,8 m.
- Volumen mínimo: 1,6 m³.

Teniendo en cuenta lo anterior, se ha optado por diseñar un recipiente cilíndrico horizontal de acero inoxidable ANSI 316 soportado por cunas, que aunque ocupa un mayor espacio facilita la entrada y disposición de los residuos, ya que además proporciona una estructura más resistente al usarse vapor saturado de agua.

Para determinar las dimensiones finales se va a utilizar el algoritmo de cálculo según la adaptación^{xvii} de la especificación ESP-1101-01 de CEPISA (Rev. 1^a, Noviembre 1994). El cual, define las exigencias mínimas requeridas en el diseño de recipientes a presión, de construcción soldada, no sometidos a fuego y contruidos en acero inoxidable.

Para el diseño del recipiente a presión se han seguido los siguientes pasos:

^{xvii} Adaptación para uso docente en la asignatura *Diseño de elementos en la industria química*.



- a) Determinación de las dimensiones definitivas del recipiente sometido a presión interna y cargas externas en unas condiciones de diseño de 162°C y 5,9 kg/cm².
- b) Prueba hidráulica.

Consiste en una cámara metálica con cierre hermético diseñada para soportar presiones y temperatura de trabajo que pueden llegar hasta los 162°C y $P= 5,9 \text{ kg/cm}^2$ y óptimo para la introducción de vapor saturado de agua en unas condiciones de operación de 142°C y 3,9 kg/cm², así como para el drenaje de efluente procedente de agua residual y condensados y estará unida a dos fondos toriesféricos tipo Korbboegen, que son las de más aceptación en la industria, debido a su bajo coste y a que soportan grandes presiones manométricas.

Uno de los fondos actuará de compuerta, que cerrará herméticamente la cámara gracias a una junta de estanqueidad según norma UNE 285.

En las tablas que siguen a continuación se muestran los resultados obtenidos para los fondos y las dimensiones finales del recipiente:

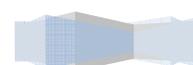
FONDO KORBBOGEN	
	m
r	0,131
Li	0,682
H	0,222
h	0,0175
Lo	0,687
tfondo	0,005
H _T	0,239
Ltotal	4

Tabla 22

Sabiendo las dimensiones de la envolvente y de los fondos se obtienen las dimensiones finales del recipiente:

DIMENSIONES FINALES DEL RECIPIENTE	
Ltotal (m)	4
Do (m)	0,853
Htotal (m)	0,239

Tabla 23



Las dimensiones de la estructura de las cunas sobre las que irá sujeto el recipiente:

A(mm)	764,27
B(mm)	611,5
C(mm)	10
D(mm)	12
E(mm)	241,84
F(mm)	100
G(mm)	150
H(mm)	40

Tabla 24

En el centro superior del recipiente esterilizador se realizarán cuatro aperturas para:

- La purga de aire contaminado en el interior del recipiente.
- La entrada de aire comprimido para la etapa de enfriamiento.
- Entrada de agua refrigerante para la etapa de enfriamiento.
- Alivio de presión.

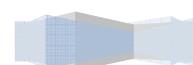
En la zona lateral trasera, habrá una apertura para introducir el vapor saturado, para que al ir ascendiendo dentro de la cámara se favorezca la distribución a través de las bolsas y vaya desplazando al aire hacia el exterior por la zona superior.

En la parte inferior existirá una apertura por donde saldrá el efluente resultante de la esterilización que desembocará directamente a la red del alcantarillado.

Las entradas y salidas tendrán el mismo diámetro nominal que la tubería a la que vayan roscadas.

Además el recipiente va a disponer de un recubrimiento o aislante para evitar una pérdida excesiva de energía, dado que debe mantenerse la una temperatura de esterilización de 142°C durante el ciclo.

Se ha seleccionado como material de aislamiento tanto para el recipiente esterilizador como para las líneas de vapor saturado y aire de purga, *manta de fibra mineral* de densidad 50 kg/m³ adecuada para una temperatura en la cara caliente del recipiente de 100-200°C y en la cara fría 25°C pudiendo llegar hasta una temperatura máxima de trabajo de 250°C.



El equipo deberá disponer al menos de los elementos que a continuación se detallan y estarán conectados a una estación de control automático:

- 2 sensores de temperatura o termopares independientes
- 1 Manómetro-presostato.
- 1 Válvula de alivio de presión.
- 1 Indicador de nivel de agua dentro del esterilizador.
- 5 difusores de acero inoxidable para la introducción de vapor saturado.
- 5 pulverizadores de acero inoxidable para la introducción de agua refrigerante.

10.1.1 Funcionamiento del equipo

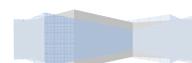
I. FASE DE CALENTAMIENTO: Tiempo de duración 10 minutos

Cuando se inicia la fase de calentamiento, el vapor entra al interior del recipiente a través de V1 y se distribuye por el interior mediante difusores. Se consideran despreciables las resistencias al peso del aire y al rozamiento que encuentra en el interior de la cámara y se distribuye uniformemente desplazando el aire de manera ascendente. El vapor saturado desplazará todo el aire contenido en el recipiente hacia el exterior, facilitando así la transferencia de calor entre el vapor y el residuo.

El aire purgado va a ir saliendo a través de V2 con el mismo caudal que el vapor saturado y a las condiciones de presión y temperatura que existen en el interior del recipiente, las cuales irán aumentando gradualmente hasta alcanzar las condiciones de operación requeridas. Esta operación estará monitoreada por equipos de control (sensores de presión y temperatura, manómetros, termómetros, etc.) que darán orden de cerrar automáticamente la purga de aire mediante V2 cuando se halla alcanzado un rango de temperaturas letales (100°C).

El aire desplazado debe pasar por filtros de contaminación biológica antes de expulsarlo al exterior, ya que existe riesgo de arrastre de patógenos.

Como pueden formarse condensados dentro de la cámara se realizará un purgado cada cierto tiempo a través de V3 que eliminará los condensados que se puedan formar debido al cambio de temperatura entre el vapor y el interior del recipiente.



El vapor sigue penetrando en la cámara a través de V1 para mantener el ambiente que va a producir el tratamiento esterilizador.

II. FASE DE ESTERILIZACIÓN: Tiempo de duración 39 minutos

Una vez que se han alcanzado las condiciones de operación, 142°C y 3,9 kg/cm², se mantienen constantes durante el tiempo de esterilización definido por Ball, t_B . Ver **ANEXO V**.

Durante todo el proceso de esterilización la válvula de suministro de vapor permanecerá abierta y el equipo irá regulando las condiciones de operación automáticamente para que se mantengan constantes a lo largo de todo el proceso, introduciendo vapor a través de V1 o purgando el interior mediante V2 estabilizando las condiciones de saturación.

En el caso de que se detecte un aumento de presión por encima de la presión de diseño, 5,9 kg/cm², la válvula de seguridad situada en la parte superior del recipiente deberá actuar liberando la presión del interior.

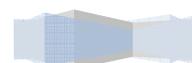
III. FASE DE ENFRIAMIENTO: Tiempo de duración: 10 minutos.

Una vez finalizada la fase de esterilización, el suministro de vapor se cierra y se procede al enfriamiento de la cámara mediante agua líquida a 10°C a través de V5 y en forma de pulverización, que actuará como refrigerante condensando el vapor acumulado en el interior y obteniendo un efluente final a 30°C.

Como la condensación puede producir cambios bruscos de presión, además de comprometer la seguridad y el estado del equipo, los residuos y el efluente pueden burbujear y esparcirse por toda la cámara, situación que puede complicar la retirada de la masa residual.

Por ello, a la vez que se va refrigerando con el agua pulverizada, se introduce aire comprimido a 10°C (la misma temperatura que el refrigerante), para que no se produzca un gradiente térmico, y a la presión de 3,9 kg/cm², (que es la presión del vapor saturado dentro de la cámara), y se irá reduciendo progresivamente a medida que se produzca el enfriamiento hasta llegar a unas condiciones de presión atmosférica.

La introducción de aire debe ser libre de partículas contaminantes, y su efecto sirve también para favorecer el secado de los residuos.



Cuando se haya condensado todo el vapor y se hayan alcanzado una temperatura y presión ambientales, 30°C y 1,033 kg/cm², se cierran V4 y V5 dándose por finalizada la fase de enfriamiento.

Finalmente se libera el recipiente del efluente acuoso a través de V3, que se vierte directamente al alcantarillado ya que se han eliminado todos los contaminantes biológicos.

El ciclo ha terminado con un tiempo total de 59 minutos, la compuerta de la cámara se puede abrir para descargar la masa de residuos asimilables a urbanos con total seguridad.

Los caudales volumétricos y másicos necesarios para que se lleve a cabo el proceso de esterilización en el recipiente se muestran a continuación y su cálculo viene detallado en el

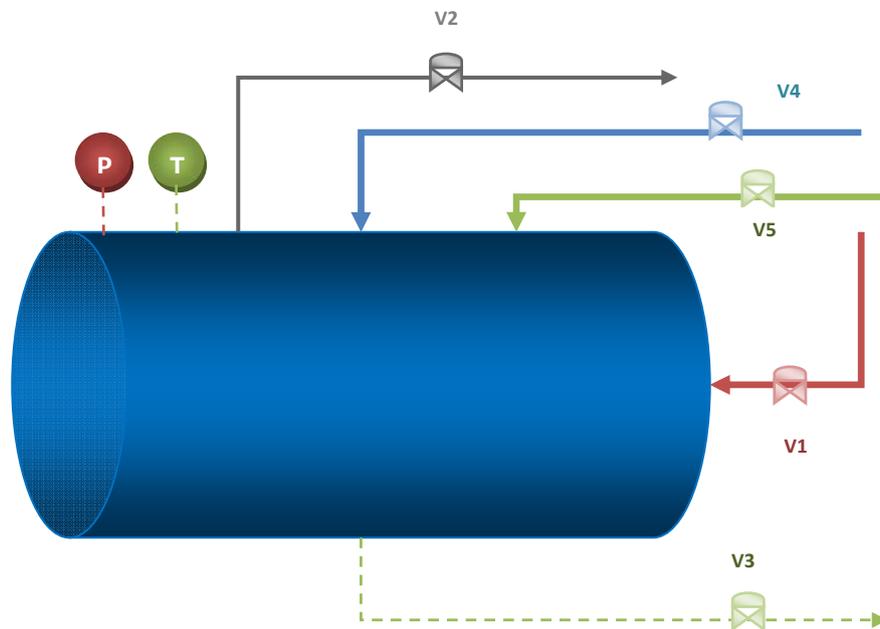
ANEXO IX.

LÍNEA	Q (m ³ /h)	m (kg/h)
Vapor saturado	12	40,92
Aire purga	12	48,32
Aire comprimido	10,22	72,96
Agua enfriamiento	1,72	1718,07
Efluente acuoso	1,78	1777,75

Tabla 25

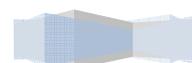


10.1.2 Esquema del equipo esterilizador



LEYENDA

- V1 CORRIENTE ENTRADA VAPOR
- V2 CORRIENTE PURGA AIRE
- V3 CORRIENTE PURGA CONDENSADOS
- V4 CORRIENTE ENTRADA AIRE COMPRIMIDO
- V5 CORRIENTE ENTRADA AGUA REFRIGERANTE
- P CONTROLADORES DE PRESIÓN
- T CONTROLADORES DE TEMPERATURA



10.2 GENERADOR DE VAPOR

El esterilizador va a funcionar con vapor procedente de un suministro externo generado únicamente para el esterilizador.

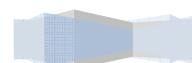
Se necesita un equipo que proporcione unas condiciones mínimas para un funcionamiento normal de la planta de:

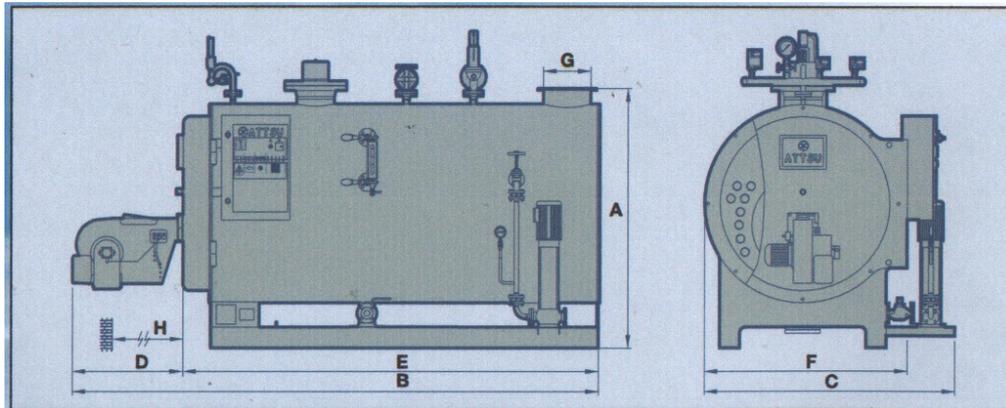
- 40,92 kg vapor saturado/h.
- Presión de operación 3,9 (kg/cm²) y de diseño de 5,9 kg/cm² (5,79 bar).
- Temperatura de operación 142°C y máxima de diseño de 162°C.
- Para la producción de vapor se hará uso de una caldera alimentada de gasóleo, dada su facilidad de empleo y manipulación.

Teniendo en cuenta estos requisitos se ha seleccionado un generador de vapor horizontal pirotubular de tres pasos de humos con inversión de llama y hogar totalmente refrigerado por el agua de la caldera, modelo *ATTSU RL 50* que por sus características comerciales, técnicas y económicas, se adecúa satisfactoriamente a los requisitos buscados.

Características:

- Presiones de trabajo hasta 8 bares.
- Producción mínima de vapor: 50 kg/h
- Potencia térmica útil: 38 KW
- Consumo de combustible (gasóleo): 3,6 L/h
- Consumo de agua: 0,16 m³/h.
- Peso de transporte: 0,6 Tm
- Sobrepresión del hogar: 0,15 KPa.
- Conexiones para accesorios: ½ ''
- Proporciona además ahorro energético, máxima seguridad y fiabilidad, mantenimiento fácil y económico, sencillez de manejo, rapidez de puesta a régimen, respeto al medio ambiente.
- Dimensiones totales: 1.100x1.400x1.250 mm.
- Incluye todos los aparatos de medida y control, como válvulas, presostatos, termostatos, etc.





Se abastece mediante una bomba centrífuga de un tanque de combustible de gasoil ubicado en el exterior del recinto y de un tanque de alimentación de agua tratada para su uso, situado en la misma sala de calderas.

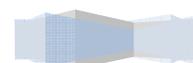
10.3 TRITURADORA

Se necesita un equipo que proporcione unas condiciones mínimas para un funcionamiento normal de la planta de:

- 106,35 kg RBSE seco/h.
- Versatilidad para triturar todo tipo de materiales: plásticos, textil, materia orgánica, metales, etc.
- Fácil operatividad con el objetivo de minimizar el contacto entre el operario y los residuos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se ha seleccionado la trituradora *TRITOTUTTO ISVE modelo 25/66* que consiste en una máquina de tamaño pequeño-mediano polivalente apta para triturar numerosos materiales.

Se puede montar en línea para funcionar de manera continua. Recomendada para triturar trapos, plástico, papel, cartón, embalajes, cintas de polietileno, películas plásticas, botellas de polietileno, etc.





Posición	Descripción
1	Tolva de alimentación
2	Cuerpo máquina
3	Reductor epicicloidal
4	motor
5	Cajón recogida
6	Base
7	Cuadro eléctrico
8	Conexión aspiración (sector madera)

Funcionamiento

Las características principales de una trituradora son su solidez y fiabilidad; esto se aplica a cada una de las partes de la máquina, de la tolva de carga a la unidad de trituración y de descarga.

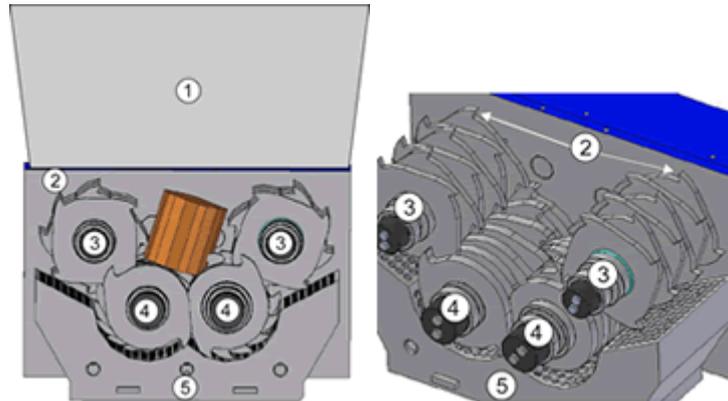
Desde el punto de vista técnico, la trituradora está constituida por una unidad de carga que a menudo tiene las características de una simple tolva (1).

La acción de corte de la trituradora se produce mediante una serie de elementos cortantes que al cruzarse machacan al producto.

Los elementos principales del sistema son unos discos de cantos agudos (3) provistos de garfios (2).

La función de los garfios consiste en agarrar el producto y llevarlo hasta las fresas (4) montadas sobre dos o más ejes motores contra-giratorios, que realizan un corte neto del material.





Para la motorización del grupo de trituración se utiliza en general un motor eléctrico asíncrono de corriente alterna que permite, a través de un motorreductor, aplicar las fuerzas necesarias para la trituración.

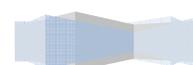
Cuando se acumula entre los discos una cantidad de material excesiva o que no se consigue triturar, un par térmico invierte temporalmente el movimiento de las cuchillas, previniendo así la posible sobrecarga de la estructura o el riesgo de rotura de la máquina.

La salida del producto tiene lugar pasando a través de una criba (5) que permite seleccionar en cada caso el material con la granulometría deseada.

Los trozos de mayor tamaño son recuperados por los garfios y se vuelven a introducir en el ciclo para ser nuevamente triturados; naturalmente, cuanto más pequeño sea el diámetro de la criba, más numerosos serán los pasajes de material a través del grupo de trituración. Queda claro por tanto que la trituradora es una máquina bastante sencilla en su concepción general sin dejar de ser altamente eficaz en cuanto a prestaciones operativas.

Las ventajas mayores que se pueden conseguir con esta máquina se refieren principalmente a la baja velocidad de rotación de los discos. Contrariamente a lo que sucede en los molinos tradicionales, el par de corte disponible es mayor cuanto menor sea la velocidad de rotación de los ejes.

Esta característica permite trabajar con un nivel bajo de absorción de energía eléctrica y un menor nivel de ruido (inferior a 60 decibelios).

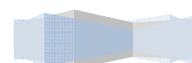


Características del triturador:

- Soporte de chapa de acero soldado eléctricamente de elevado espesor.
- Soportes para rodamientos de rodillos en rótula con sistema de estanqueidad contra polvos y líquidos.
- Ejes de elevado espesor con 13 fresas de acero especial antidesgaste y 13 discos introductores para facilitar el agarre de cuerpos voluminosos.
- Nueva colocación gradual dientes fresas a 22.5° para una mejor toma y progresión de corte.
- 1 reductor epicicloidal con ejes de rotación paralelos al eje de la fresa.
- 1 motor de 5,5 Kw
- Sistema de transmisión en baño de aceite con engranajes y piñones de acero
- Cámara de corte con dimensiones de 250x600 mm.
- Criba intercambiable que determina el tamaño del material triturado (opcional).
- Tolva de chapa soldada eléctricamente con tapa corredera para la carga frontal o desde arriba.
- Base dotada de cajón que puede ser conectad al equipo de aspiración (sector madera) ò n. 3 redes de protección con reja frontal dotada de micro de seguridad.
- Reducción del 70% aproximadamente con un diámetro de criba de 14 mm.

Características del sistema de control:

- Cuadro eléctrico según la norma CEE dotado de limitador de par que invierte el movimiento de las fresas en caso de que la carga de trabajo de la máquina supere el valor programado.
- Tarjeta interna principal para el control de todas las periféricas de la instalación.
- Funciones de control de emergencia para la parada de la instalación en caso de introducción accidental de material ferroso.
- La fabricación de material granulado varía en relación con el tipo de piezas a moler y de las piezas que se desea obtener. En línea de máxima, se puede hipotetizar una producción de 80-150 Kg/hora.
- Ejecución según las normas CE.

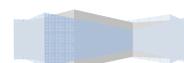


Accesorios:

- Criba intercambiable que determina las medidas del material triturado (14-16-20-25-35 mm).
- Tapa superior tolva corrediza.

ESPECIFICACIONES	TRITURADORA MODELO 25/66
potencia instalada KW	5,5
transmisión	por engranajes
número de ejes fresas	2
número de fresas templadas	13
número de ejes de introducción	2
número de discos de introducción	13
boca mm	250x660
nº de rpm. fresas	25
producción Kg/hora	80/150
peso Kg	700
equipamientos de seguridad	parada de emergencia, contacto de cierre tolva
realización conforme a las normas CE	SI
ACCESORIOS BAJO PEDIDO	Fresas en K2D Discos de introducción de corona o dentados Tolva intercambiable Criba intercambiable Bastidor a medida

Tabla 26



10.4 COMPRESOR DE AIRE

Es el equipo encargado de impulsar el aire para la etapa de secado dentro del esterilizador.

Se necesita un equipo que proporcione unas condiciones mínimas para un funcionamiento normal de la planta de:

- 10,22 m³/h de aire comprimido.
- Presión de diseño de 5,9 kg/cm² (5,79 bar).

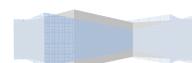
Teniendo en cuenta estos requisitos se ha seleccionado un compresor de aire insonorizado de pistón *CENTRAL AIR* modelo *CA-SILBOX2-50M* que por sus características comerciales, técnicas y económicas, se adecúa satisfactoriamente a los requisitos buscados.

Características:

- Voltaje: 230 V
- Potencia: 1,8 KW
- Depósito de aire: 50 L
- Producción máxima de aire comprimido: 15,6 m³/h.
- Presión máxima de trabajo: 10 bares.
- 2850 rpm
- Dimensiones (L x D x H):107 x 38 x 80 cm
- Peso: 52 Kg.
- Incluye filtros para la purificación del aire.
- Incluye válvula automática de retención.



En el mismo compresor el aire se somete previamente a un proceso de filtración para eliminar el polvo y la suciedad hasta unos niveles mínimos recomendados por las normas EN-UNE 1822 de 25 µm, exento de gotitas de aceite > 2µm.



10.5 TANQUES DE ALIMENTACIÓN

Para el suministro de agua y combustible a los equipos que forman el sistema esterilizador, se ha diseñado dos tanques de almacenamiento para la alimentación de:

- Agua
- Combustible: gasoil.

El tanque de agua estará situado en la misma sala de calderas y se abastece desde una línea de agua a 10°C que llega a la planta, que es la que se distribuye por todas las secciones de la planta.

Debido a los requerimientos de calidad que debe cumplir el agua para trabajar en un circuito de vapor, tanto para el generador de vapor como para el recipiente esterilizador, se deberá tratar previamente antes para evitar que se produzca el deterioro acelerado de los equipos.

En función de las impurezas que traiga el agua, se someterá a diferentes tratamientos, que no son el objeto de este proyecto, pero que se resumen a continuación:

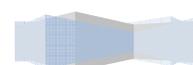
- Dureza
- Gases disueltos
- Ácidos
- Álcalis
- Total de sólidos disueltos

El tanque de combustible estará situado en el exterior del recinto separado de la zona de calderas por un muro de hormigón de 47 cm cumpliendo con la seguridad de los equipos, así como para facilitar el llenado del depósito mediante el camión cisterna.

Como se indica en los anexos, la línea de alimentación del combustible incluye una bomba centrífuga para la alimentación de la caldera desde el tanque exterior.

Ambos tanques serán de forma cilíndrica horizontales con fondos planos soldados de acero inoxidable ANSI 316.

Para determinar las dimensiones y el espesor se han utilizado las secciones II, VIII Div. 1, V y IX del ASME Boiler and Pressure Vessels Code, así como el código ASME/ANSI, los cuales definen



las exigencias mínimas requeridas en el diseño de recipientes a presión, de construcción soldada, no sometidos al fuego y contruidos en acero inoxidable.

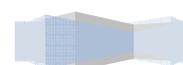
A continuación se resumen los parámetros de cálculo y las dimensiones obtenidas en el **ANEXO VIII** para dichos tanques:

TANQUE AGUA	
Temperatura operación (°C)	10
Presión operación (kg/cm ²)	1,033
Volumen a almacenar (m ³)	3,6
Diámetro (m)	1,4
Altura (m)	2,8
Espesor (mm)	5,4

Tabla 27

TANQUE DE COMBUSTIBLE	
Temperatura operación (°C)	20
Presión operación (kg/cm ²)	1,033
Volumen a almacenar (m ³)	3,6
Diámetro (m)	1,5
Altura (m)	3
Espesor (mm)	5,5

Tabla 28



10.6 EQUIPOS AUXILIARES

Dentro de los equipos auxiliares se van a considerar:

- Tuberías
- Válvulas
- Bombas
- Filtros biológicos

10.6.1 Tuberías

Las tuberías siguen la norma ANSI B 31 3 1984 *Tuberías de Refinerías de Petróleo y Plantas Químicas*.

Las uniones entre las tuberías y los accesorios serán mecánicas desmontables, que aunque aumenta el coste final, son muy fáciles de deshacer y por eso se utiliza en este caso en que es previsible la necesidad de un desmontaje frecuente de la unión en cuestión.

Las roscas utilizadas para conectar con tuberías serán NPT definida por la norma ANSI B1 20 1.

Las uniones en las tuberías se van a hacer mediante accesorios roscados, ya que los valores de los diámetros que se han utilizado son menores a 1 ½ ''

El material seleccionado es acero inoxidable ANSI 316 para todas las tuberías por estar en contacto con el recipiente a presión y alta temperatura, las cuales conducen los siguientes fluidos:

- Vapor saturado de agua.
- Aire contaminado o aire de purga.
- Aire comprimido.
- Agua en servicios normales.
- Efluente acuoso.
- Combustible del generador de vapor: gasoil.

Las juntas de tuberías y uniones deben ser herméticas a la presión y al vacío.



A continuación se incluye una tabla con los datos obtenidos en el anexo: dimensionamiento de las tuberías:

LÍNEA	V _{tipicas} (m/s)	Q (m ³ /h)	D (mm)	DN	Do (mm)
Vapor saturado	30	12	11,9	6	13,7
Aire purga	30	12	11,9	6	13,7
Aire comprimido	20	10,22	13,4	6	13,7
Agua enfriamiento	1,8	1,72	18,4	15	21,3
Efluente acuoso	1,8	1,78	18,7	15	21,3
Gasoil	0,012	0,0036	10,3	15	21,3

Tabla 29

En unidades inglesas:

LÍNEA	DN	Do (in)	t (in)	SCH
Vapor saturado	¼	0,54	0,068	Std
Aire purga	¼	0,54	0,068	Std
Aire comprimido	¼	0,54	0,068	Std
Agua enfriamiento	½	0,840	0,069	Std
Efluente acuoso	½	0,840	0,069	Std
Gasoil	½	0,840	0,069	Std

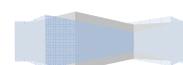
Tabla 30

Aislamiento para tuberías

Es necesario que las líneas que conducen fluidos a altas temperaturas vayan aisladas para:

- Reducir la transmisión de calor al entorno y así permitir un ahorro de energía
- Permitir operaciones seguras de los equipos y de los trabajadores.

Asimismo, las tuberías de agua al estar a 10°C deberían estar también aisladas para evitar la formación de condensación.



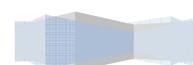
Se ha seleccionado como material de aislamiento para la línea de vapor saturado, aire de purga y agua de enfriamiento manta de fibra mineral de densidad 50 kg/m^3 adecuada para una temperatura en la cara caliente del recipiente de $100\text{-}200^\circ\text{C}$ y en la cara fría 25°C pudiendo llegar hasta una temperatura máxima de trabajo de 250°C .

10.6.2 Uniones

Los accesorios serán del mismo diámetro nominal que la tubería a la que vayan roscados y serán de acero inoxidable ANSI 316. Están clasificadas por la serie 3000 libras, adecuada para tuberías de SCH 40 o menores, que es la usualmente usada.

Se utilizarán:

- **Codos de 90° :** su finalidad es cambiar la dirección de la línea. En la planta se usarán un total de 30, distribuidos en las diferentes líneas de flujo tal como se indica a continuación:
 - 9 codos en la línea de agua de alimentación DN $\frac{1}{2}$ ".
 - 4 codos en la línea de combustible DN $\frac{1}{2}$ ".
 - 5 codos en la línea de aire comprimido DN $\frac{1}{4}$ ".
 - 2 codos en la línea del efluente DN $\frac{1}{2}$ ".
 - 5 codos en la línea del aire de purga DN $\frac{1}{4}$ ".
 - 5 codos en la línea de vapor saturado DN $\frac{1}{4}$ ".
- **Codos 90° reductores:** se utilizan para cambiar el tamaño de la línea. Se utilizará un reductor en la línea de vapor saturado ya que hay que pasar de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{1}{4}$ ".
- **Te:** accesorio utilizado para conectar un ramal perpendicularmente a un colector, pudiendo ser del mismo tamaño o bien el ramal de menor diámetro que el colector. En el primer caso se llaman té iguales, y en el segundo té reductoras. Se usarán un total de 3 té en toda la planta y estarán distribuidas como sigue:
 - 1 te en la línea del agua DN $\frac{1}{2}$ ".
 - 2 té en la línea del efluente a la que ira conectada las líneas de purga de aire comprimido y los condensados del vapor DN $\frac{1}{2}$ ".



10.6.3 Válvulas

Son dispositivos utilizados para interrumpir o regular el flujo de fluidos por las tuberías.

Como las válvulas que van a utilizar van a ir unidas a tuberías menores de 1 ½ '' se unirán por medio de extremos roscados, normalmente hembras, y serán todas de acero inoxidable ANSI 316, igual que las tuberías a las que van roscadas.

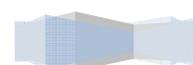
Se utilizarán:

- **Válvulas de globo:** se usará para regulación de flujo y también como elemento de cierre para las presiones muy altas. El movimiento del fluido queda interrumpido por un obturador, que cierra el paso entre los dos lados del cuerpo de la válvula. La estanqueidad queda asegurada por el aro del cuerpo y del obturador. El cuerpo va cubierto por una tapa, roscada o con bridas, según el diámetro, que recibe el sistema de estanqueidad del vástago de maniobra, estando sujeto en la tapa para subir o bajar el obturador.
 - 3 en la línea de agua DN ½''.
- a) **Válvulas de retención de pistón:** se usará para evitar el retorno del fluido en tuberías menores de 1 ½ ''. El flujo levanta el pistón permitiendo el paso, el contraflujo y el peso hace que se cierre. Tienen la ventaja de que el momento que hay que aplicar para su operación es mucho menor que en las de macho. Ofrecen una excelente estanqueidad, posibilidad de regulación, y pérdida de carga reducida cuando están totalmente abiertas.
 - 1 en la línea de agua, DN ½''.
 - 1 en la línea de combustible, DN ½''.
- **Válvulas de macho:** se utilizarán para cierre de la línea y en algunos casos para regulación de la misma. Están constituidos por un cuerpo recubierto de teflón en el que un elemento cónico o esférico, llamado macho, que lleva una abertura, al girar obtura o descubre el paso del fluido. El macho es solidario de un cuadrado externo que permite su maniobra abriendo o cerrando con un mínimo esfuerzo en un cuarto de vuelta del macho. Introducen una pérdida de carga mínima en el flujo y dan mayor seguridad de cierre que las de compuerta. Debido al bajo coeficiente de rozamiento



del teflón no es necesario utilizar lubricante (que siempre contamina en alguna medida al fluido), ni desplazar verticalmente el macho en la válvula antes de cada operación. Aptas para funcionar hasta temperaturas de 450°F (232°C).

- *1 en la línea de condensado de aire de purga, DN ¼''.*
- **Válvulas de seguridad o de alivio de presión:** se usará para proteger el recipiente esterilizador en un exceso de presión, para lo cual estas válvulas, que están normalmente cerradas por la acción de un muelle, se abren cuando la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la válvula alcanza un cierto valor previamente establecido. Se abrirá total e instantáneamente cuando en el interior del equipo que protegen se alcanza la presión de disparo de la válvula y no vuelven a cerrar hasta que la presión ha disminuido un determinado porcentaje, en cualquier caso no menor del 2%.
 - *1 instalada en la parte superior del recipiente esterilizador, con DN según fabricante para presión máxima de 6 Kg/cm².*
- **Válvulas de control o regulación automática:** son válvulas automáticas que están diseñadas para ejercer un ajuste perfecto de regulación y monitoreo del flujo dentro de un sistema de tuberías. La válvula que se va a utilizar para este control es la de globo, aunque se pueden utilizar otros tipos, la de globo resulta más efectiva para la función aquí descrita. La válvula de control recibe una señal eléctrica, neumática o hidráulica para ejercer la regulación o limitar la presión.
 - *5 instaladas en las zonas superior, inferior y posterior del recipiente esterilizador de DN ½'' y DN ¼''.*
- **Purgador mecánico:** el purgador es el elemento que crea una zona de separación entre el vapor y el condensado. Su objetivo descargar el condensado sin permitir el escape del vapor. El condensado producido en la red debe eliminarse a través de purgadores adecuados, de lo contrario se acumularía en las zonas bajas de la tubería pudiendo llegar a obturar el paso del vapor.



Un purgador mecánico esta constituido por los siguientes elementos:

- a) Una válvula termostática, abierta cuando está fría, que sirve para eliminar el aire durante la puesta en marcha hasta la llegada del vapor y condensado que la calientan y cierran.
- b) Una cámara donde va instalada la válvula de flotador que abre cuando el condensado en el interior de la cámara alcanza el nivel prefijado.

- *Se usará 1 purgador en la línea de vapor, DN ¼''.*

Excepto las válvulas del recipiente esterilizador cuya posición dependerá de la etapa de esterilización en la que se encuentren, todas las demás válvulas estarán abiertas en el sistema de redes de fluidos para que trabaje de forma automática y evitar riesgos de accidente por avería de los equipos, excepto cuando se realicen trabajos de mantenimiento correctivo y preventivo.

10.6.4 Bombas

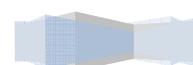
La instalación dispondrá de 2 bombas, una para la impulsión del agua que alimentará a la caldera y al recipiente esterilizador y otra para alimentar de combustible a la caldera.

I. **Bomba de alimentación de agua al recipiente esterilizador y a la caldera:**

En el **Anexo IX** se determinan las perdidas de carga de la línea de fluido y los parámetros que deben cumplir las bombas y su elección se hará en función de ellos:

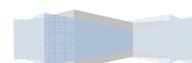
- Caudal mínimo deberá cubrir las necesidades de alimentación del esterilizador 1720 L/h y del generador de vapor 160 L/h haciendo un total de 1880 L/h
- NPSH: 28,92 m
- Potencia mínima de la bomba de 87,05 W.

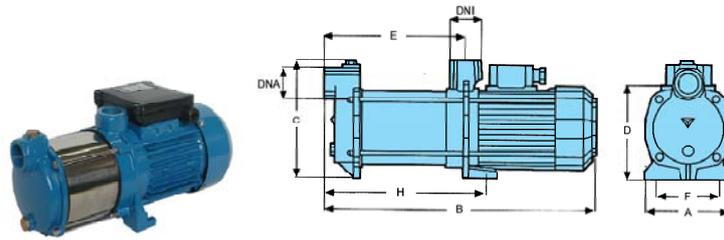
Se ha seleccionado una bomba marca HASA serie NIZA 60/3 M que consiste en una electrobomba silenciosa y apropiada para pequeños grupos de presión.



Características:

- Bomba monobloc.
- Potencia hasta 0,37 KW.
- Dimensiones: 155x350x158 mm.
- DN para conexiones 1''.
- Refrigeración por ventilación externa.
- Protector térmico incorporado.
- Motor cerrado con ventilación externa.
- Aislamiento clase B.
- Eje en acero inoxidable AISI 316.
- Tapa de aspiración y cuerpo unión en fundición gris.
- Turbinas y camisa en acero inoxidable AISI 304.
- Difusores en policarbonato con fibra de vidrio.
- Cierre mecánico de alta calidad.
- Temperatura máxima del agua 40º C.





**Electrobombas centrífugas
monobloc horizontal serie Niza turbina inox**

CURVAS DE CAUDAL

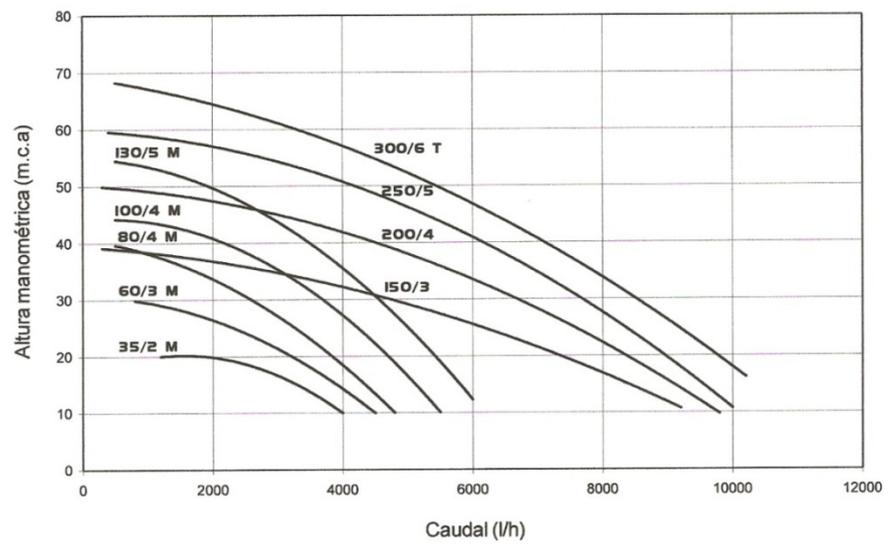
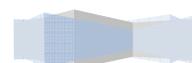


Figura 18



II. Bomba de alimentación de gasoil a la cadera para el generador de vapor.

Los datos calculados en el **Anexo IX** para esta bomba, muestran unas pérdidas de carga mínimas así como una potencia necesaria para la bomba muy pequeña, por lo que se podría suministrar el combustible directamente por gravedad desde el tanque, sin embargo, se ha optado por instalar de manera adicional una bomba pequeña como soporte a las necesidades mínimas de alimentación.

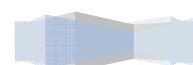
La elección se hace en función de los siguientes requisitos:

- Caudal mínimo de 3,6 L/h
- NPSH: 12 m

Se ha seleccionado una bomba centrífuga de la marca PLASTOMECH modelo P0201 especialmente diseñada para trasiego de líquidos en industrias.

Características:

- Bomba centrífuga de arrastre magnético.
- Uso de núcleos magnéticos de segmentos multipolos, fabricados con imanes de tierras raras de última generación como son el Neodimio, el Samario y otros componentes.
- Alto par magnético con muy poco peso.
- No precisan cierre ni estopada y son estancas sin posibilidad de fugas.
- Gran robustez y fiabilidad hacen posible el funcionamiento durante largos periodos sin necesidad de recambios.
- El mantenimiento es fácilmente realizable dadas las pocas piezas que componen una bomba y que permiten el fácil montaje y desmontaje de la misma.
- Dimensiones LxOxN: 398x185x144 mm.
- Diámetro aspiración: 1 ½ ''.
- Diámetro impulsión: 1''.
- Potencia 0,55 KW.



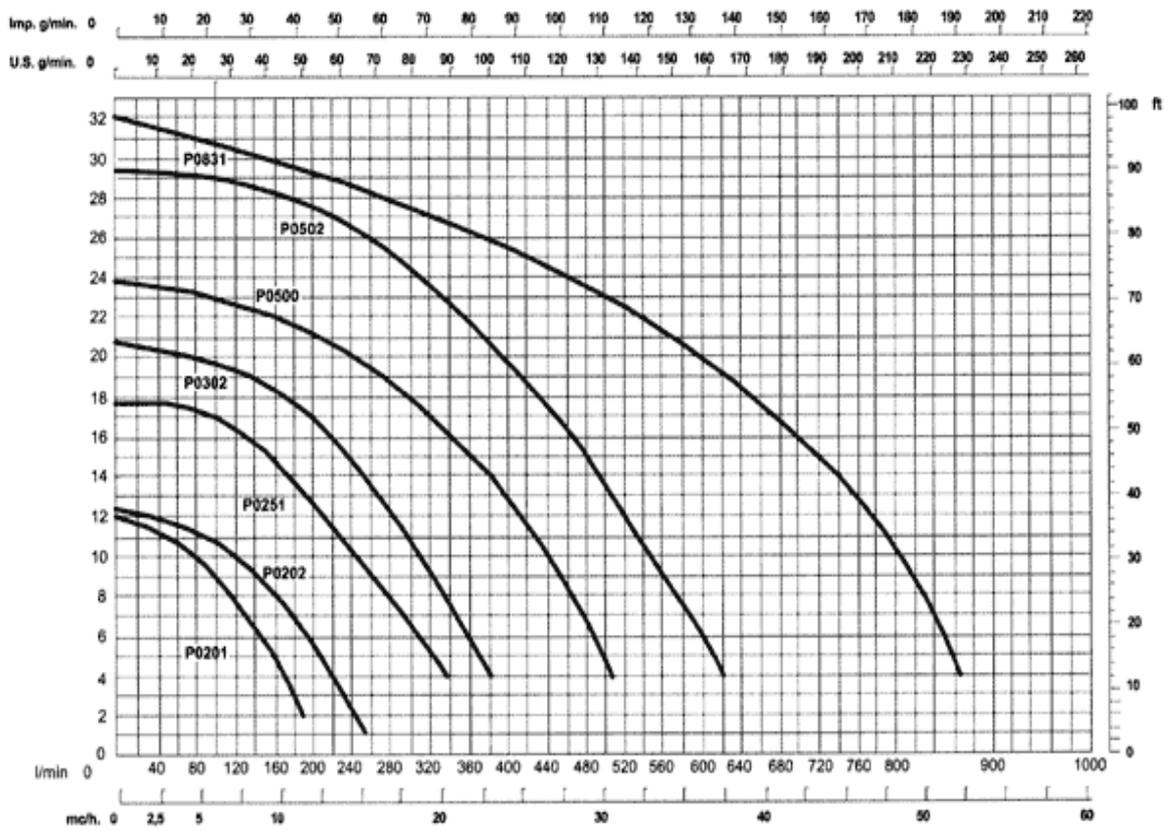
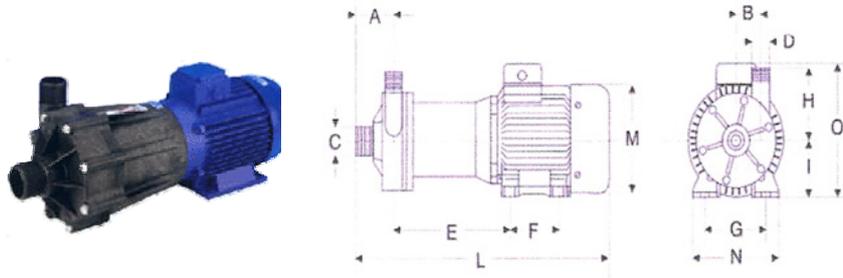
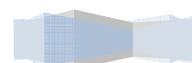


Figura 19



10.6.5 Filtro biológico

Como el ciclo de esterilización requiere la retirada de aire en la cámara del esterilizador, el aire debe salir a través de un filtro resistente a la corrosión y a la biodegradación.

El filtro debe ser conforme con la clase H14, de acuerdo con la norma EN 1822, o superior, y el tamaño de la mayoría de las partículas que pasen debe ser de 0,3 μm o menor, cuando el filtro se ensaye de acuerdo con dicha norma.

El filtro estará accesible, será fácilmente sustituible y estará montado fuera de la cámara del esterilizador.



11 MANTENIMIENTO

El mantenimiento es uno de los factores indispensables para el buen funcionamiento y desarrollo de cualquier planta de tratamiento residuos. Si se realiza convenientemente, la planta podrá explotarse al máximo rendimiento con el mínimo tiempo perdido en paradas no programadas.

Las averías se suelen producir en momentos totalmente imprevisibles y frecuentemente inoportunos, causando grandes perjuicios a la instalación. Por eso es recomendable planificar y programar los trabajos de mantenimiento, evitando así que se produzcan accidentes que pudieran provocar daños a la salud de las personas.

De forma general, el mantenimiento se puede definir como el conjunto de técnicas y sistemas que actuando sobre los medios de producción permiten:

- Reparar las averías que se presenten.
- Prever estas averías mediante revisiones y otras técnicas más complejas como técnicas estadísticas, y seguimiento y diagnóstico de máquinas.
- Especificar las normas de manipulación y buen funcionamiento de los operadores de las máquinas.

11.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Existen cuatro tipos básicos de mantenimiento:

- **Mantenimiento Correctivo:** Se reparan todos aquellos defectos que han ocurrido o que se sabe que han ocurrido.
- **Mantenimiento Preventivo:** Consiste en la realización de rondas de supervisión o de sustitución en periodos fijos de tiempo.
- **Mantenimiento Funcional:** Consiste en la búsqueda de fallos no evidentes, fallos que normalmente afectan a los sistemas de protección y consiste en verificar periódicamente que estos funcionan.
- **Mantenimiento Predictivo:** Consiste en el análisis de parámetros de funcionamiento cuya evolución permite detectar un fallo antes de que este tenga consecuencias más graves. En general, el mantenimiento predictivo consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para determinar en que periodo de tiempo ese fallo va a tomar una relevancia importante, con el fin de



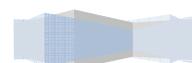
planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves. Una de las características más importantes de este tipo de mantenimiento es que no debe alterar el funcionamiento normal de la planta mientras se está aplicando. La inspección de los parámetros se puede realizar de forma periódica o de forma continua, dependiendo de diversos factores como son: el tipo de planta, los tipos de fallos a diagnosticar y la inversión que se quiera realizar.

11.2 MANTENIMIENTO GENERAL

Engloba todas aquellas actividades que permiten preservar y aumentar la vida útil de los equipos de la instalación, así como realizar las reparaciones necesarias.

Las actividades comunes de mantenimiento consisten en:

- **Control de vibraciones y ruidos.** Debe controlarse toda la presencia de vibraciones y ruidos, lo cual determina las condiciones de la maquinaria.
- **Conexiones entre equipos.** Deben corregirse los fallos presentes en conectores, accesorios, válvulas y todo el sistema de tuberías, relacionadas con fisuras, roturas, fugas y deterioros de los mismos; dependiendo de la magnitud de los daños se debe evaluar si es más conveniente cambiar totalmente el sistema de estudio.
- **Control y sobrecalentamiento de partes eléctricas.** El sistema eléctrico y el tablero de controles deben estar bien protegidos, limpios y secos. Es indispensable medir y controlar fallos por altas temperaturas de los sistemas eléctricos, lo cual induce a trabajar forzosamente los equipos. Es necesario tener en cuenta que la temperatura es la que determina la seguridad en el aislamiento.
- **Control de fugas.** Debe realizarse continuamente una inspección visual y/o por medio de equipos técnicos de todo el sistema de operación, tanto en tuberías, accesorios, válvulas y conexiones, como en los equipos de proceso.
- **Revisión de instrumentos y controladores:** Debe presentarse especial atención a los elementos de control, ya que son aparatos muy sensibles y tienden a descalibrarse fácilmente. Se debe realizar una calibración con respecto a un elemento patrón por medio del cual se puedan hacer medidas para conocer la exactitud de la calibración; dado el caso que los datos obtenidos no logren ser veraces, debe realizarse una elevación para examinar el fallo, si es necesario, se reemplazará el aparato.



- **Pruebas de aislamiento.** Debe realizarse un control sobre las conexiones de equipos eléctricos, tales como motores, compresores y medidores, revisando que se encuentren en perfecto estado para evitar cortocircuitos. Debe revisarse que todos los equipos, elementos y aparatos metálicos y eléctricos se encuentren conectados al polo a tierra para protección y descargas eléctricas de los mismos.

En general, comprobar el buen funcionamiento de todos los elementos que forman parte de las instalaciones.

11.3 MANTENIMIENTO ESPECÍFICO.

En este punto se detallan las actividades de mantenimiento que se deben realizar a cada uno de los equipos constituyentes de la instalación.

- **Depósitos de almacenamiento:** es necesario un vaciado ocasional para una adecuada limpieza.
- **Filtros Biológicos:** revisión periódica y sustitución del filtro al final de su vida útil.
- **Bombas:** comprobación periódica del estado en que se encuentran las bombas.
- **Compresor y filtro de aire:** el compresor de aire tiene incorporado un filtro para limpiar el aire de partículas y polvo. Este filtro está diseñado para retener partículas sólidas y al ser recambiable debe reemplazarse periódicamente puesto que se va saturando. El mantenimiento del compresor se basa en la revisión periódica de las condiciones de operación, revisión de partes mecánicas y sustitución de partes deterioradas.
- **Trituradora:** hay que hacer especial hincapié en este equipo ya que es el punto débil del proceso, al estar sometido a frecuentes averías por atascamientos entre los rodillos del material metálico a triturar.
- **Generador de vapor:** revisión periódica y pruebas de presión interna. Revisión de las partes que pueden estar sometidos a averías y revisión del cuadro de control eléctrico.
- **Accesorios:** se incluyen elementos no descritos anteriormente como sensores, válvulas, etc. Su mantenimiento implicará limpieza de equipos, comprobación de conexiones, comprobación del funcionamiento de los equipos de control.



12 PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE

Se realizará un análisis para la Identificación de los riesgos laborales en cumplimiento de la ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y de las medidas preventivas a adoptar teniendo en cuenta los riesgos comunes y los riesgos específicos para el personal de la planta.

El riesgo asociado a los residuos no determina sólo su clasificación, sino que también condiciona las prácticas internas y externas de gestión.

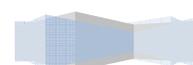
12.1 RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS.

Las medidas de protección y actuación contra este tipo de contaminantes están recogidas en el REAL DECRETO 664/1997, de 12 de mayo *Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo*.

A efectos de lo dispuesto en él, los agentes biológicos se clasifican, en función del riesgo de infección, en cuatro grupos:

- **Agente biológico del grupo 1:** Aquél que resulta poco probable que cause una enfermedad en el hombre.
- **Agente biológico del grupo 2:** Aquél que puede causar una enfermedad en el hombre y puede suponer un peligro para los trabajadores, siendo poco probable que se propague a la colectividad y existiendo generalmente profilaxis o tratamiento eficaz.
- **Agente biológico del grupo 3:** Aquél que puede causar una enfermedad grave en el hombre y presenta un serio peligro para los trabajadores, con riesgo de que se propague a la colectividad y existiendo generalmente una profilaxis o tratamiento eficaz
- **Agente biológico del grupo 4:** Aquél que causando una enfermedad grave en el hombre supone un serio peligro para los trabajadores, con muchas probabilidades de que se propague a la colectividad y sin que exista generalmente una profilaxis o un tratamiento eficaz.

El concepto de agente biológico incluye, pero no está limitado, a bacterias, hongos, virus, rickettsias, clamidias, endoparásitos humanos o de animales, y los agentes biológicos potencialmente infecciosos que estas células puedan contener, priones y otros agentes infecciosos.



AGENTES BIOLÓGICO DEL GRUPO DE RIESGO	RIESGO INFECCIOSO	RIESGO DE PROPAGACIÓN A LA COLECTIVIDAD	PROFILAXIS O TRATAMIENTO EFICAZ
1	Poco probable que cause enfermedad	No	Innecesario
2	Pueden causar una enfermedad y constituir un peligro para los trabajadores	Poco Probable	Posible generalmente
3	Puede provocar una enfermedad grave y constituir un serio peligro para los trabajadores	Probable	Posible generalmente
4	Provocan una enfermedad grave y constituyen un serio peligro para los trabajadores	Elevado	No conocido en la actualidad

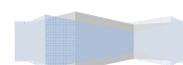
Figura 20

Identificados uno o más riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, se procederá, para aquellos que no hayan podido evitarse, a evaluar los mismos determinando la naturaleza, el grado y duración de la exposición de los trabajadores. Cuando se trate de trabajos que impliquen la exposición a varias categorías de agentes biológicos, los riesgos se evaluarán basándose en el peligro que supongan todos los agentes biológicos presentes.

Esta evaluación deberá repetirse periódicamente y, en cualquier caso, cada vez que se produzca un cambio en las condiciones que pueda afectar a la exposición de los trabajadores a agentes biológicos. Asimismo se procederá a una nueva evaluación del riesgo cuando se haya detectado en algún trabajador una infección o enfermedad que se sospeche que sea consecuencia de una exposición a agentes biológicos.

Se efectuará teniendo en cuenta toda la información disponible y en particular:

- La naturaleza de los agentes biológicos a los que estén o puedan estar expuestos los trabajadores y el grupo a que pertenecen. En caso de duda entre dos grupos deberá considerarse el de peligrosidad superior.



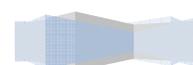
- Las recomendaciones de las autoridades sanitarias sobre la conveniencia de controlar el agente biológico a fin de proteger la salud de los trabajadores que estén o puedan estar expuestos ha dicho agente en razón de su trabajo.
- El riesgo adicional para aquellos trabajadores especialmente sensibles en función de sus características personales o estado biológico conocido, debido a circunstancias tales como patologías previas, medicación, trastornos inmunitarios, embarazo o lactancia.

Se deben considerar también los posibles efectos inmuno-alérgicos y tóxicos de los agentes biológicos como riesgo adicional a los mismos:

- Conocimiento de los modos de transmisión: aerosoles, por contacto directo e indirecto, lesiones, vectores, huéspedes intermediarios, etc.
- Vías de entrada: respiratoria, digestiva, a través de la piel o mucosas, por heridas, parenteral, etc.
- Cantidad, volumen o concentración del agente en el material que se maneja.
- Datos epidemiológicos: presencia y grado de propagación del agente, frecuencia de infecciones, inmunización de la población y papel de los reservorios.
- Conocimiento de enfermedades que puedan ser contraídas como consecuencia de la actividad laboral, así como en concreto las enfermedades detectadas en el trabajo directamente relacionado con él, o la inclusión de dichas enfermedades en la lista de Enfermedades Profesionales.
- Resistencia del agente biológico, supervivencia en las condiciones ambientales de trabajo.
- Posibilidad de presentación de cepas multirresistentes.
- Posibilidad de desinfección.

En el caso de la manipulación de RBSE, la evaluación de riesgos será relativamente simple, porque las características de los microorganismos utilizados son conocidas ya que los contenedores son identificados con el tipo de residuo que contiene, los procedimientos de utilización están bien determinados, así como los riesgos de exposición.

Estos residuos conllevan un riesgo de contaminación biológica por contener agentes biológicos vivos y productos derivados de los mismos, ya que ambos pueden generar una enfermedad



como consecuencia de la exposición a tales agentes. Se considera que contienen agentes biológicos pertenecientes a los grupos de riesgo 2, 3 y 4.

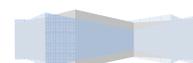
El riesgo que presentan los Residuos Biosanitarios Especiales es, básicamente, por exposición directa, en especial a los residuos punzantes o cortantes, ya que éstos pueden crear fácilmente una puerta de entrada a los gérmenes patógenos. Además, hay que tener presente que éste es el factor más limitante en la cadena de transmisión de infecciones.

Las medidas preventivas a adoptar se detallarán a continuación:

1. Reducción de riesgos:

Se reducirá el riesgo de exposición al nivel más bajo posible para garantizar adecuadamente la seguridad y la salud de los trabajadores afectados teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- Establecimiento de procedimientos de trabajo adecuados y utilización de medidas técnicas apropiadas para evitar o minimizar la liberación de agentes biológicos en el lugar de trabajo.
- Reducción, al mínimo posible, del número de trabajadores que estén o puedan estar expuestos.
- Adopción de medidas seguras para la recepción, manipulación y transporte de los agentes biológicos dentro del lugar de trabajo.
- Adopción de medidas de protección colectiva o, en su defecto, de protección individual, cuando la exposición no pueda evitarse por otros medios.
- Utilización de medio seguro para la recogida, almacenamiento y evacuación de residuos por los trabajadores, incluido el uso de recipientes seguros e identificables, previo tratamiento adecuado si fuese necesario.
- Utilización de medidas de higiene que eviten o dificulten la dispersión del agente biológico fuera de lugar de trabajo.
- Utilización de una señal de peligro biológico como la indicada en el anexo III de este Real Decreto, así como de otras señales de advertencia pertinentes.
- Establecimiento de planes para hacer frente a accidentes de los que puedan derivarse exposiciones a agentes biológicos.
- Verificación, cuando sea necesaria y técnicamente posible, de la presencia de los agentes biológicos utilizados en el trabajo fuera del confinamiento físico primario.



2. **Medidas higiénicas:**

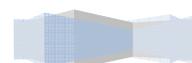
Se deberán adoptar las medidas necesarias para:

- Prohibir que los trabajadores coman, beban o fumen en las zonas de trabajo en las que exista dicho riesgo.
- Proveer a los trabajadores equipos de protección individual apropiados.
- Disponer de retretes y cuartos de aseo apropiados y adecuados para uso de los trabajadores, que incluyan productos para la limpieza ocular y antisépticos para la piel.
- Disponer de un lugar determinado para el almacenamiento adecuado de los equipos de protección y verificar que se limpian y se comprueba su buen funcionamiento, si fuera posible con anterioridad y, en todo caso, después de cada utilización, reparando o sustituyendo los equipos defectuosos antes de un nuevo uso.

Los trabajadores dispondrán, dentro de la jornada laboral, de diez minutos para su aseo personal antes de la comida y otros diez minutos antes de abandonar el trabajo.

Al salir de la zona de trabajo, el trabajador deberá quitarse las ropas de trabajo y los equipos de protección personal que puedan estar contaminados por agentes biológicos y deberá guardarlos en lugares que no contengan otras prendas.

3. **Vigilancia de la salud de los trabajadores:** Se garantizará una vigilancia adecuada y específica de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos por exposición a agentes biológicos, realizada por personal sanitario competente, según determinen las autoridades sanitarias en las pautas y protocolos que se elaboren, de conformidad con lo dispuesto en el apartado 3 del artículo 37 del Real Decreto 39/1997 de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
4. **Formación e información de los trabajadores:** Se tomarán las medidas apropiadas para garantizar que los trabajadores reciban una formación suficiente y adecuada e información precisa basada en todos los datos disponibles, en particular en forma de instrucciones, en relación con:
 - Los riesgos potenciales para la salud.
 - Las precauciones que deberán tomar para prevenir la exposición.



- Las disposiciones en materia de higiene.
- La utilización y empleo de ropa y equipos de protección individual.
- Las medidas que deberán adoptar los trabajadores en el caso de incidentes y para la prevención de éstos.

Dicha formación deberá impartirse cuando el trabajador se incorpore a un trabajo que suponga un contacto con agentes biológicos y deberá adaptarse a la aparición de nuevos riesgos y a su evolución.

12.1.1 PRECAUCIONES UNIVERSALES.

Las denominadas **precauciones universales** constituyen la estrategia fundamental para la prevención del riesgo laboral para todos los microorganismos vehiculizados por la sangre.

Su principio básico es que la sangre y otros fluidos corporales deben considerarse potencialmente infecciosos.

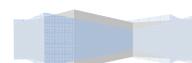
Debe aceptarse que no existen pacientes de riesgo sino maniobras o procedimientos de riesgo, por lo que se han de adoptar precauciones utilizando las barreras protectoras adecuadas en todas las maniobras o procedimientos en los que exista la posibilidad de contacto con la sangre y/o fluidos corporales a través de la piel o las mucosas.

Es de especial importancia que:

- todo el personal esté informado de dichas precauciones,
- todo el personal conozca las razones por las que debe proceder de la manera indicada y se promueva el conocimiento y la utilización adecuados.

Se pueden distinguir las siguientes precauciones universales:

- a. Vacunación (inmunización activa).
- b. Normas de higiene personal.
- c. Elementos de protección de barrera.
- d. Cuidado con los objetos cortantes.
- e. Esterilización y desinfección correcta de instrumentales y superficies.



I. Vacunación (inmunización activa)

La comunidad trabajadora está sometida a numerosos riesgos biológicos, producidos por bacterias, hongos, virus, etc., frente a los cuales se dispone de vacunas que hacen posible su prevención y, a veces, su tratamiento.

La inmunización activa frente a enfermedades infecciosas ha demostrado ser, junto con las medidas generales de prevención, una de las principales formas de proteger a los trabajadores.

Deberá vacunarse todo el personal que desarrolle su labor en ambientes que tengan contacto, tanto directo como indirecto, con la sangre u otros fluidos biológicos infectados.

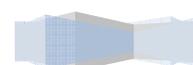
Asimismo, se recomienda la vacunación de los trabajadores:

- Cuando la evaluación demuestre la existencia de un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores por exposición a agentes biológicos contra los que existan vacunas eficaces, se deberá ofrecer dicha vacunación.
- Deberá informarse a los trabajadores sobre las ventajas e inconvenientes tanto de la vacunación como de la no vacunación.
- La vacunación ofrecida a los trabajadores no acarreará a éstos gasto alguno.
- Podrá elaborarse un certificado de vacunación que se expedirá al trabajador referido y, cuando así se solicite, a las autoridades sanitarias.

II. Normas de higiene personal:

A continuación se resumen un conjunto de normas de higiene personal a seguir por los trabajadores:

- El lavado de manos debe realizarse al comenzar y terminar la jornada y después de realizar cualquier técnica que puede implicar el contacto con material infeccioso. Dicho lavado se realizará con agua y jabón líquido.
- En situaciones especiales se emplearán sustancias antimicrobianas. Tras el lavado de las manos éstas se secarán con toallas de papel desechables o corriente de aire.



- No comer, beber ni fumar en el área de trabajo.

III. Elementos de protección de barrera:

Todos los trabajadores en contacto con agentes biológicos deben utilizar rutinariamente los elementos de protección de barrera apropiados cuando deban realizar actividades que los pongan en contacto con objetos infectados.

Dentro de los elementos de protección de barrera podemos distinguir los siguientes:

1. Guantes y botas anticortes.
2. Mascarillas filtrantes de agentes biológicos y protección ocular: Se emplearán en aquellos casos en los que, por la índole del procedimiento a realizar, se prevea la producción de salpicaduras de sangre u otros fluidos corporales que afecten las mucosas de ojos, boca o nariz.
3. Batas y/o monos de trabajo: Deberían utilizarse en las situaciones en las que pueda darse un contacto con la sangre u otros fluidos orgánicos, que puedan afectar las propias vestimentas del trabajador.

IV. Cuidado con los objetos cortantes y punzantes:

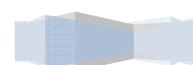
Se deben tomar todas las precauciones necesarias para reducir al mínimo las lesiones producidas en el personal por pinchazos y cortes.

V. Desinfección y esterilización correcta de instrumentales y superficies:

El empleo de productos químicos permite desinfectar a temperatura ambiente los instrumentos y superficies que no resisten el calor seco o la temperatura elevada.

Para llevar a cabo una desinfección del tipo que sea, es necesario tener en cuenta:

- a. La actividad desinfectante del producto.
- b. La concentración que ha de tener para su aplicación.
- c. El tiempo de contacto con la superficie que se ha de descontaminar.
- d. Las especies y el número de gérmenes que se han de eliminar.



El producto desinfectante debe tener un amplio espectro de actividad y una acción rápida e irreversible, presentando la máxima estabilidad posible frente a ciertos agentes físicos, no debiendo deteriorar los objetos que se han de desinfectar ni tener un umbral olfativo alto ni especialmente molesto.

Una correcta aplicación de los desinfectantes será, en general, aquella que permita un mayor contacto entre el desinfectante y la superficie a desinfectar.

El producto desinfectante se debe poder aplicar de tal manera que no presente toxicidad aguda o crónica para los animales y el hombre que puedan entrar en contacto con él.

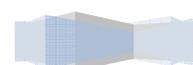
Debe tenerse en cuenta que por su propia función, destrucción de microorganismos, muchos desinfectantes tienen características de toxicidad importantes para el hombre, por lo que se deberán adoptar las medidas de protección y prevención adecuadas y seguir siempre las instrucciones para su aplicación, contenidas en la etiqueta y en las fichas de seguridad.

Los desinfectantes que se utilicen deben estar adecuadamente etiquetados según la normativa correspondiente (R.D. 1078/1993, R.D. 363/1995 y R.D. 1893/1996), tanto si se han adquirido comercialmente, como si son de preparación propia.

Al adquirir productos químicos, debe exigirse siempre la entrega de la ficha de seguridad correspondiente.

En función de los microorganismos manipulados, se redactarán las instrucciones de desinfección en las que consten los desinfectantes y las diluciones a las que se deban emplear.

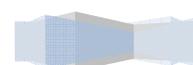
Hay que tener en cuenta que las fórmulas de los productos desinfectantes comerciales presentan grandes diferencias, por lo que es esencial seguir las indicaciones del fabricante.



12.1.2 PLAN DE EMERGENCIA FRENTE A EXPOSICIÓN A LOS RBSE

Según la *Guía técnica para la evaluación y prevención de riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos* publicada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene, se presenta un plan de emergencia tipo que ha de adaptarse según las circunstancias. Se deben prever procedimientos operativos que contemplen:

- Evaluación de riesgos biológicos.
- Medidas aplicables en caso de exposición accidental y descontaminación.
- Tratamiento médico de emergencia para las personas expuestas y lesionadas.
- Vigilancia médica de las personas expuestas.
- Identificación precisa de agentes biológicos ya sean tóxicos o infecciosos.
- Localización de zonas de riesgo elevado.
- Identificación del personal con riesgo.
- Identificación de recursos humanos y de sus responsabilidades: inspector de bioseguridad, personal de seguridad, servicios locales de salud, médicos, microbiólogos, veterinarios, epidemiólogos, servicio de bomberos y policía. Como inspector de bioseguridad se entiende al técnico de prevención que conoce a fondo el tema de la bioseguridad.
- Lista de las instalaciones donde puedan recibir asistencia las personas expuestas.
- Transporte de personas expuestas.
- Lista de depositarios de suero inmune, vacunas, medicamentos necesarios, material y suministros especiales.
- Provisión y ubicación del material de emergencia: ropa de protección, desinfectantes, equipos de desinfección, etc. El plan de actuación debe estar junto al protocolo científico de trabajo y ser conocido con realización, en su caso, de ejercicios de ensayo.



12.2 RIESGOS RELACIONADOS CON LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD.

De acuerdo con el Artículo 6 de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales, serán las normas reglamentarias las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de las normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores.

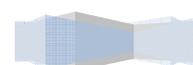
Entre estas normas se encuentran las destinadas a garantizar la seguridad y salud en los lugares de trabajo de manera que, de su utilización, no se deriven riesgos para los trabajadores.

La Directiva 89/654/CEE, de 30 de noviembre, cuya transposición es el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Los lugares de trabajo, en cuanto a su diseño y características constructivas, ofrecen seguridad frente a los riesgos de: resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos, derrumbamientos o caídas de materiales sobre los trabajadores. Así mismo, facilitan el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitan, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

Las vías de circulación de los lugares de trabajo, tanto exteriores como interiores, incluidas las puertas, pasillos, escaleras, escalas fijas, rampas, son adecuadas al número potencial de usuarios y a las características de la actividad.

- Las vías y salidas de evacuación, el sistema de protección contra incendios y la instalación eléctrica, se ajustan a lo dispuesto en su normativa específica.
- La señalización de la planta cumple con el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril.
- La iluminación se adapta a las características de la actividad que se efectúe en el lugar de trabajo, por lo que se han tenido en cuenta los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad y las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.



12.2.1 Circuitos

A fin de no deteriorar la higiene de la planta, es preciso crear circuitos apropiados para el transporte de los residuos, manteniendo los circuitos residuos contaminados y esterilizados separados y bien diferenciados.

Se indicará mediante señalización adecuada, tanto de zonas como horarios, de recogida y transporte.

El transporte de los residuos desde la zona del almacén de residuos contaminados, se realizará siguiendo trayectos lo más cortos posibles y en el medio de transporte destinado para tal fin.

Existirá un responsable del circuito que supervise las siguientes tareas:

- Asegurar que los contenedores estén situados de forma permanente en los lugares previamente establecidos.
- Transportar las cestas de residuos llenas, desde la zona de almacén hasta la zona de tratamiento.

12.2.2 Seguridad estructural

Se debe dimensionar la sala de calderas y la sala de esterilización de tal forma que la sala de calderas, compuesta por:

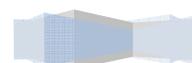
- Generador de vapor.
- Tanque de almacenamiento de agua.
- Redes de fluidos.
- Compresor.

Y la sala de esterilización, compuesta por:

- Recipiente esterilizador.
- Redes de fluidos.

Recipiente esterilizador

Cumpliendo con la categoría B de la ITC-MIE-AP1, estará separado de otros locales y vías públicas y por las distancias de seguridad indicada en los PLANOS y los muros de protección serán de hormigón armado de un espesor de 47 cm.



Estará prohibido todo trabajo no relacionado con las operaciones de esterilización y en sus puertas constará la prohibición expresa de entrada de personal ajeno a la misma.

Dispondrá de una sala propia en donde sólo podrán instalarse las máquinas y aparatos correspondientes a su servicio, así como los elementos productores o impulsores de los fluidos necesarios para su funcionamiento y siempre que no supongan un aumento de riesgo y sean manejados por el mismo personal encargado de las operaciones.

Generador de vapor

Cumpliendo con la categoría C, estará situado en la sala de calderas y el espacio necesario para sus servicios de mantenimiento se encontrará debidamente delimitado por cerca metálica o cadena, con el fin de impedir el acceso de personal ajeno al servicio de las mismas. Podrán situarse a una distancia mínima de 0,2 metros de las paredes, siempre y cuando no oculten elementos de seguridad ni se impida su manejo y mantenimiento.

Se situarán en la misma sala las máquinas y aparatos correspondientes a su servicio, así como los elementos productores e impulsores de los fluidos necesarios para el funcionamiento de la industria a la cual pertenezca el generador de vapor, siempre que no supongan un aumento de riesgo y sean manejados por el mismo personal encargado del generador de vapor, pero no se permitirá ninguna otra clase de actividad.

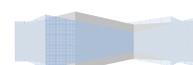
Aunque el depósito de combustible se puede situar en la misma sala, se ha optado por situarlo en el exterior para minimizar el riesgo y para mayor facilidad en su llenado.

Haciendo uso de la ITC-MIE-AP1, la distancia de seguridad existente entre la caldera y el recipiente a presión entraña un riesgo 2, por lo que se dejara un mínimo de 1,5 m de separación.

12.2.3 Prevención y protección contra incendios en la planta.

El riesgo de incendio y explosión en la planta se puede producir por:

- Operaciones con recipientes a presión y altas temperaturas cercanas a un depósito de gasoil.
- Por producirse un cortocircuito en zonas de riesgo eléctrico, como los cuadros eléctricos.



Ambos riesgos se consideran de nivel bajo ya que en ambos casos las protecciones estructurales de protección por muros de hormigón armado y el cumplimiento de los requisitos de seguridad para contactos eléctricos reducen los riesgos al mínimo.

Se deberán instalar extintores móviles, para fuegos tipos A, B y C. y en las zonas de riesgo eléctrico como en los cuadros eléctricos se situarán extintores de CO₂.

Los extintores se revisarán periódicamente, de acuerdo con la legislación vigente y recomendaciones del fabricante, y como mínimo una vez al año. Se mantendrá un libro de registro actualizado con las pruebas realizadas.

Se dispondrá de puestos para el accionamiento de la alarma consistente en pulsadores manuales con sirena asociada y perfectamente audible en toda la zona y de tono distinto de los usados para otros fines. Se establecerán normas de evacuación para evitar el bloqueo de los accesos cuando suene la alarma y existirá un teléfono que permita la comunicación con el cuerpo de bomberos.

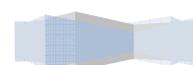
En las zonas de mayor riesgo se dispondrá además de bocas de incendio equipadas (BIE's). Se instalarán con una distancia máxima entre ellas de 30m.

Cada BIE constará de una vitrina que lleve bien visible el letrero *Equipo de protección contra incendios* y contendrá una manguera de 45 mm de diámetro y una longitud de 15 m de uso exclusivo contra incendios.

Se disponer también de equipos auxiliares como:

- Manta ignífuga.
- Estación de agua para la ducha y lavaojos.
- Botiquín de primeros auxilios.

Otros equipos como las bocas de incendio equipadas y el plan de emergencia contra incendios quedarán integrados y especificados dentro del sistema de protección contra incendios de la propia planta.



12.3 RIESGOS DERIVADOS DE LA ORGANIZACIÓN DE LA CARGA DE TRABAJO.

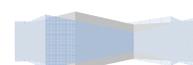
De forma general se define la carga de trabajo como *los efectos sobre el organismo del peso que el hombre lleva sobre sus hombros, tanto en sentido real como figurado, con ocasión del trabajo que realiza.*

Es evidente que a exigencias de trabajo iguales pudieran corresponder cargas de trabajo distintas, debidas fundamentalmente a las diferencias en la capacidad de las personas, los métodos de trabajo realizados, etc. de tal forma que la carga de trabajo no puede deducirse directamente de las exigencias del trabajo, puesto que dependerá de la interacción entre el sujeto y las exigencias del medio donde se desarrolle la acción.

Por tanto, una vez puesta en funcionamiento la planta, se realizará una evaluación y control de los riesgos derivados de la organización de la carga de trabajo.

Los factores de riesgo derivados de la organización del trabajo son:

- **La monotonía, o falta de interés por el trabajo.** Este factor es muy importante pues provoca un aumento en las enfermedades coronarias, autodepresión y una reacción menos eficaz ante situaciones de emergencia.
Medidas preventivas: Evitar descomponer el trabajo en tareas cortas y repetitivas, y promover más alternancia en diferentes tareas.
- **El trabajo por turnos.** Puede desembocar en serias alteraciones del equilibrio físico, psíquico o social de la persona.
Medidas preventivas: El horario se diseña adaptándose lo más posible a las exigencias del funcionamiento de la planta y a las necesidades personales de los trabajadores.
- **La autonomía.** La capacidad para poder decidir sobre las medidas a adoptar sobre cualquier inconveniente que pueda aparecer.
Medidas preventivas: Los empleados deben adquirir la responsabilidad y la capacidad de toma de decisión adecuadas al puesto de trabajo que ocupen.
- **El contenido del trabajo.** La posibilidad de poder aplicar los conocimientos y habilidades en el puesto de trabajo.
Medidas preventivas: El trabajo con contenido hace que el empleado se sienta útil en el conjunto del proceso en el que se desarrolla y para la sociedad en general.



- **Futuro incierto.** La inestabilidad en el empleo genera en la persona una pérdida de concentración en su tarea que lo hace ser menos eficaz.
Medidas preventivas: Fomentar trabajos estables y seguros. En el caso de los trabajos con contratos temporales se deberá notificar con antelación cualquier variación o ampliación del contrato a la persona interesada para que pueda prever con suficiente tiempo las medidas a adoptar para garantizar su estabilidad económica.
- **Las relaciones personales.** Comunicación directa con sus compañeros y superiores.
Medidas preventivas: Organizar un sistema que favorezca las relaciones interpersonales (zonas de descanso comunes, proximidad de trabajadores, etc.). El trabajador debe sentirse participe en el grupo.

12.4 RIESGOS ESPECÍFICOS.

Además de los mencionados anteriormente, el personal de la planta puede estar sometido a otros tipos de riesgos como:

- Riesgo del uso de máquinas y herramientas.
- Atrapamiento con las partes móviles de la trituradora.
- Estés térmico al descargar los residuos esterilizados de la cámara.
- Quemaduras con partes de tuberías que estén a alta temperatura y cuyo aislamiento no se encuentre en buen estado.
- Estrés físico por manipulación y elevación de cargas.
- Riesgo eléctrico por manipulación de los equipos conectados a la corriente eléctrica.
- Golpes y cortes con elementos de la planta.



13 DEFINICIONES

A efectos de la ley 10/98 de Residuos se entiende por:

Residuo: cualquier sustancia u objeto perteneciente a alguna de las categorías que figuran en el anejo de esta ley del cual su poseedor se desprenda o del que tenga la intención u obligación de desprenderse. En todo caso, tendrán esta consideración los que figuren en el Catálogo Europeo de Residuos (CER), aprobado por las Instituciones Comunitarias.

Residuos urbanos o municipales: los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades.

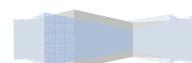
Tendrán también la consideración de residuos urbanos los siguientes:

- Residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas.
- Animales domésticos muertos, así como muebles, enseres y vehículos abandonados.
- Residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria.

Residuos peligrosos: aquéllos que figuren en la lista de residuos peligrosos, aprobada en el R.D. 952/1997, así como los recipientes y envases que los hayan contenido. Los que hayan sido calificados como peligrosos por la normativa comunitaria y los que pueda aprobar el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa europea o en convenios internacionales de los que España sea parte.

Prevención: el conjunto de medidas destinadas a evitar la generación de residuos o a conseguir su reducción, o la de la cantidad de sustancias peligrosas o contaminantes presentes en ellos.

Productor: cualquier persona física o jurídica cuya actividad, excluida la derivada del consumo doméstico, produzca residuos o que efectúe operaciones de tratamiento previo, de mezcla, o de otro tipo que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de esos residuos.



Tendrá también carácter de productor el importador de residuos o adquirente en cualquier Estado miembro de la Unión Europea.

Poseedor: el productor de los residuos o la persona física o jurídica que los tenga en su poder y que no tenga la condición de gestor de residuos.

Gestor: la persona o entidad, pública o privada, que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos, sea o no el productor de los mismos.

Gestión: la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluida la vigilancia de estas actividades, así como la vigilancia de los lugares de depósito o vertido después de su cierre.

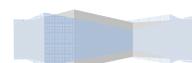
Reutilización: el empleo de un producto usado para el mismo fin para el que fue diseñado originariamente.

Reciclado: la transformación de los residuos, dentro de un proceso de producción, para su fin inicial o para otros fines incluido el compostaje y la biometanización, pero no la incineración con recuperación de energía.

Valorización: todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente. En todo caso, estarán incluidos en este concepto los procedimientos enumerados en el anexo II B Decisión de la Comisión (96/350/CE) de 24 mayo 1996, así como los que figuren en una lista que, en su caso, apruebe el Gobierno.

Eliminación: todo procedimiento dirigido bien al vertido de los residuos o bien a su destrucción total o parcial, realizado sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente. En todo caso, estarán incluidos en este concepto los procedimientos enumerados en el anexo II A Decisión de la Comisión (96/350/CE) de 24 mayo 1996, así como los que figuren en una lista que, en su caso, apruebe el Gobierno.

Recogida: toda operación consistente en recoger, clasificar, agrupar o preparar residuos para su transporte.



Recogida selectiva: el sistema de recogida diferenciada de materiales orgánicos fermentables y de materiales reciclables, así como cualquier otro sistema de recogida diferenciada que permita la separación de los materiales valorizables contenidos en los residuos.

Almacenamiento: el depósito temporal de residuos, con carácter previo a su valorización o eliminación, por tiempo inferior a 2 años o a 6 meses si se trata de residuos peligrosos, a menos que reglamentariamente se establezcan plazos inferiores.

No se incluye en este concepto el depósito temporal de residuos en las instalaciones de producción con los mismos fines y por periodos de tiempo inferiores a los señalados en el párrafo anterior.

Estación de transferencia: instalación en la cual se descargan y almacenan los residuos para poder posteriormente transportarlos a otro lugar para su valorización o eliminación, con o sin agrupamiento previo.

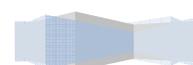
Vertedero: instalación de eliminación que se destine al depósito de residuos en la superficie o bajo tierra.

Suelo contaminado: todo aquél cuyas características físicas, químicas o biológicas han sido alteradas negativamente por la presencia de componentes de carácter peligroso de origen humano, en concentración tal que comporte un riesgo para la salud humana o el medio ambiente, de acuerdo con los criterios y estándares que se determinen por el Gobierno.

A efectos del Manual de buenas prácticas ambientales en las familias profesionales en la sanidad se entiende por:

Buenas prácticas ambientales: actuaciones individuales, tanto en la actividad profesional como en otros ámbitos vitales, realizadas a partir de criterios de respeto hacia el medio ambiente.

Contaminación: acción y efecto de introducir cualquier tipo de impureza, materia o influencias físicas (ruido, radiación, calor, vibraciones, etc.), en un determinado medio y en niveles mas altos de los normal, que puede ocasionar un daño en el sistema ecológico, apartándolo de su equilibrio.



Citostático: medicamento que frena la proliferación celular, por lo que se usa en tratamientos antitumorales. Se trata de elementos altamente peligrosos para la salud.

Desarrollo sostenible: desarrollo que satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas.

Formaldehído: disolución empleada normalmente para la conservación de piezas anatómicas.

Galga: unidad de medida para el grosor del film de las bolsas para residuos.

Impacto ambiental: efectos que una acción humana produce en el medio ambiente.

Legionella: tipo de bacteria causante de enfermedades y problemas respiratorios.

Mercurio: metal líquido de alta toxicidad usado en numerosos equipos sanitarios.

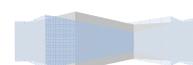
Residuos sanitarios: cualquier sustancia u objeto generado por las actividades sanitarias de las que se desprende o tenga la intención u obligación de desprenderse su poseedor.

Subproducto: en cualquier proceso de fabricación, producto que se obtiene a partir del principal y que suele ser de menor valor que éste. La utilización de subproductos es una alternativa a la generación de residuos. Estos se gestionan a través de las “bolsas de subproductos”.

Herramientas y Utillajes: Tubos de ensayo, buretas, pipetas, hojas de bisturí, guantes de látex, estetoscopios, escalpelos, placas de Petri, mecheros, jeringuillas, fonendoscopio, termómetro, linterna de exploración, pinzas, goteros, etc.

Maquinaria y Equipos: Mobiliario de laboratorio, armario para reactivos, vitrinas para vidrio, balanzas de precisión, centrifugas, microscopios, equipos informáticos, camillas, sábanas, botellas de oxígeno, sondas, tensiómetros, material para curas, equipos de inmovilización, aparato de rayos x, equipos de resonancia magnética, electrocardiógrafo, etc.

Materias primas y de consumo: Energía eléctrica, agua, papel, bolígrafos, rotuladores, agujas, medicamentos, medios de cultivo, disolventes, reactivos químicos, gases, muestras, grapas para heridas, antiinflamatorios, antibióticos, algodón, antisépticos, pañales, vendas, guantes estériles, desinfectantes, etc.



Instalaciones y otros: Hospitales, clínicas, sanatorios, consultas, farmacias y dispensarios que necesitan de sistemas de climatización, iluminación, instalaciones eléctricas para conexión de equipos, sistemas e cableado para redes, sistemas de comunicación, estructuras de aislamiento e insonorización, redes de desinfección, equipos electromédicos, etc.

Según criterios internos de algunos hospitales de la Bahía de Cádiz se entiende por:

Actividad Sanitaria: La correspondiente a los Centros Sanitarios dependientes del Servicio Andaluz de Salud cualquiera que sea el objeto de la misma.

Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE's): Aparatos que necesitan para funcionar corriente eléctrica o campos electromagnéticos, destinados a ser utilizados con una tensión nominal no superior a 1.000 V en corriente alterna y 1.500 V en corriente continua, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos.

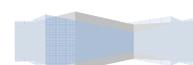
Aparato que contiene PCB: Cualquier aparato (transformadores y condensadores principalmente) que no haya sido descontaminado por debajo de 0,005 por 100 en peso de PCB (50 ppm); o bien, cualquier aparato que por razones de fabricación, utilización o mantenimiento pueda derivarse tal circunstancia, salvo que por su historial se deduzca lo contrario o se acredite que su concentración es inferior a 0,005 por 100 en peso de PCB.

Aspectos ambientales: Elemento de las actividades o servicios del Hospital Universitario Puerta del Mar que puede interactuar con el medio ambiente.

Gestión de Residuos: Es el conjunto de medidas necesarias con garantías técnicas, de prevención de riesgos, económicas y ambientales para la identificación, segregación, envasado, almacenamiento transporte y tratamiento de los desechos producidos en los Centros Sanitarios. Es necesario tener siempre presente el criterio de minimización de residuos como punto de partida de cualquier proceso encaminado a la gestión de los mismos.

No obstante, en el contexto de este procedimiento operativo, el término gestión se aplica al conjunto de actividades anteriormente mencionadas que internamente efectúa el Hospital Universitario Puerta del Mar para dar un destino final a los residuos.

Gestión Intracentro: Hace referencia a aquella parte de la Gestión de Residuos que se lleva a cabo específicamente en el interior del Hospital Universitario Puerta del Mar y demás Centros



dependientes. Esta Gestión ha de estar basada en criterios de protección de la salud de trabajadores, pacientes y usuarios.

Minimización: Acciones tendentes a reducir o suprimir la producción de residuos, o que posibiliten el reciclado o la reutilización en los propios focos de producción, hasta niveles económicos y técnicamente factibles.

Residuo de Naturaleza Sanitaria: Residuos de carácter Peligrosos y No Peligrosos, generados como consecuencia de la Actividad Asistencial.

Residuo de Naturaleza No Sanitaria: Residuos de carácter Peligroso y No Peligroso, generados como consecuencia de la Actividad No Asistencial (administrativa, hostelería, mantenimiento... actividades de apoyo)

Restos Anatómicos No Identificables: Residuos anatómicos con excepción de los regulados por el Reglamento de policía sanitaria mortuoria. Se incluyen en este grupo: resto de exéresis quirúrgicas, placentas, piezas anatómicas, etc.

Según el R.D. 664/1997 sobre exposición a agentes biológicos se entiende por:

Agentes biológicos: microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad.

Microorganismo: toda entidad microbiológica, celular o no, capaz de reproducirse o de transferir material genético.

Cultivo celular: el resultado del crecimiento in vitro de células obtenidas de organismos multicelulares.

Según las normas UNE consultadas en este estudio se entiende por:

Desinfección: consiste en la destrucción, inhibición o eliminación de, al menos, los microorganismos que pueden causar enfermedad. El principal objetivo es destruir patógenos potenciales, aunque la desinfección también reduce significativamente la población microbiana total. Los *desinfectantes* son agentes, normalmente químicos, empleados para desinfectar y se emplean normalmente sobre objetos inanimados. Un desinfectante no



esteriliza necesariamente un objeto porque pueden permanecer esporas y algunos microorganismos viables.

Antiseptia: Cuando es necesario controlar los microorganismos sobre tejidos vivos con agentes químicos, que es la prevención de una infección o sepsis, y se realiza con *antisépticos*. Son agentes químicos que se aplican sobre los tejidos para prevenir una infección, destruyendo o inhibiendo el crecimiento de agentes patógenos; también reducen la carga microbiana en general.



14 BIBLIOGRAFÍA

AENOR. *NORMAS UNE*.

Bautista, C. (1998). *Residuos*. Ediciones Mundi-Prensa.

C.Silvestre, L. F. (2000). *Sterilisation*. . Pamplona: Servicio de Medicina Preventiva y Gestión de Calidad del Hospital de Navarra.

Castells, X. E. (2005). *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Fundación iberoamericana.: Díaz de Santos.

ÇENGEL, Y. A. (2007). *Transferencia de calor y masa*. Mexico: McGraw Hill, 3^o Edición.

Deng Na, Z. Y.-f. (Mayo 2007). *Thermogravimetric analysis and kinetic study on pyrolysis of representative medical waste composition*. Tianjin, China: School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University.

Eusko jaurlaritz. Gobierno vasco. *Residuos sanitarios*.

Green, P. &. (2001). *MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO, vol I, II, III y IV*. Madrid: McGraw Hill, 7^a Edición.

Henry, J. G., & Heinke, G. W. (1999). *Ingeniería ambiental*. Mexico: Prentice Hall.

IDAE. (1988). *Uso eficiente de energía en calderas y redes de fluidos*. Madrid.

J.G. Brennan, J. B. (1998). *Las operaciones de la Ingeniería de los alimentos*. Zaragoza: Acribia.

Joaquin Ocon García, G. T. (1970). *Problemas de Ingeniería Química, Vol. I y II*. Madrid: Aguilar.

Juan M. Lema Rodicio, E. R. (Madrid 1998). *Ingeniería Bioquímica. Departamento de Ingeniería Química*. Universidad de Santiago de Compostela: Síntesis.

Mafart, P. (1991). *Ingeniería industrial alimentaria Volumen I: procesos físicos de conservación*. Zaragoza: Acribia.

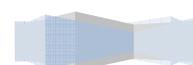
Mapfre, F. (1994). *Implicación ambiental de la incineración de residuos urbanos, hospitalarios e industriales*. Madrid: Itsemap Ambiental.

Prescott, H. y. (2002). *Microbiología*. McGraw Hill.

Simpson, D. H. *Thermal procesing of packaged food*. Springer.

Thermal sterilization of food.

World Health Organization. (1999). *Safe management of wastes from health-care Activities*. Geneva: A. Prüss, E. Giroult, P. Rushbrook.



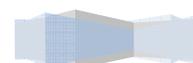
15 DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS

- http://www.ecoportal.com.ar/articulos/alter_resi.htm
- <http://www.cadizayto.es>
- <http://www.dipucadiz.es>
- <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente>
- <http://www.juntadeandalucia.es/salud>
- <http://www.mma.es>
- http://noticias.juridicas.com/base_datos/
- <http://www.construmática.com>
- <http://www.mtas.es/insht/>
- <http://www.athisa.es>
- <http://www.csic.es>
- <http://www.tecnociencia.es>
- <http://www.healthcarewaste.org>
- <http://www.who.int>



ANEXOS

ANEXO I: ESTUDIO DE LOS RESIDUOS BIOSANITARIOS ESPECIALES A TRATAR
ANEXO II: SOBREDIMENSIONAMIENTO Y CAPACIDAD MÁXIMA DE LA PLANTA
ANEXO III: CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS
ANEXO IV: DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LOS CONTENEDORES Y BOLSAS
ANEXO V: ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE ESTERILIZACIÓN
ANEXO VI: DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES MÍNIMAS DEL RECIPIENTE
ANEXO VII: DISEÑO DEL RECIPIENTE SOMETIDO A PRESIÓN INTERNA Y CARGAS EXTERNAS SOPORTADO POR CUNAS
ANEXO VIII: DISEÑO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO
ANEXO IX: ESTUDIO HIDRODINÁMICO



16 ANEXO I: ESTUDIO DE LOS RESIDUOS BIOSANITARIOS ESPECIALES A TRATAR

En este apartado se va a determinar la cantidad de RBSE's que se genera en los principales hospitales de la Bahía de Cádiz al día para poder dimensionar la planta y los equipos necesarios para su tratamiento.

En primer lugar se va a determinar la cantidad de RBSE's generados por un Hospital General^{xviii} expresado en **gramos por cama y por día** que es la forma más extendida de expresar el volumen de residuos que genera un centro hospitalario, ya que con esta expresión se pueden hacer comparativas entre los diversos centros de salud, independientemente de las especialidades que posea y del tamaño de los mismos, con el fin de calcular el volumen de manera proporcional a cada centro y obtener un total respecto a toda la Bahía.

16.1.1 RBSE'S generados por un hospital general:

Con la autorización del Hospital Universitario Puerta del Mar, se ha obtenido de dicha base de datos la cantidad de RBSE generados en un año, los cuales se muestran a continuación:

RESIDUOS BIOSANITARIOS GENERADOS POR EL HOSPITAL PUERTA DEL MAR EN UN AÑO				
MES	Nº Contenedores diarios	Cantidad residuos brutos diarios ^{xix} (Kg brutos/día)	Cantidad residuos netos diarios (Kg netos/día)	Peso neto del residuo por contenedor (Kg netos/cont.)
ENERO	27,5	300,9	207,5	7,56
FEBRERO	29,8	323,7	222,4	7,46
MARZO	31	349,2	244	7,89
ABRIL	23,2	264	185,2	7,99
MAYO	33,5	368,3	254,7	7,62
JUNIO	33,5	368,3	254,7	7,39
JULIO	31,1	337,6	232,1	7,48
AGOSTO	27,2	312	226,1	8,32
SEPTIEMBRE	28,8	323,4	234	8,14
OCTUBRE	32,6	367,7	257,1	7,91
NOVIEMBRE	29	330,3	231,9	8,00
DICIEMBRE	25,6	294,3	207,4	8,12
MEDIA TOTAL	29,4	328,4	229,8	7,82

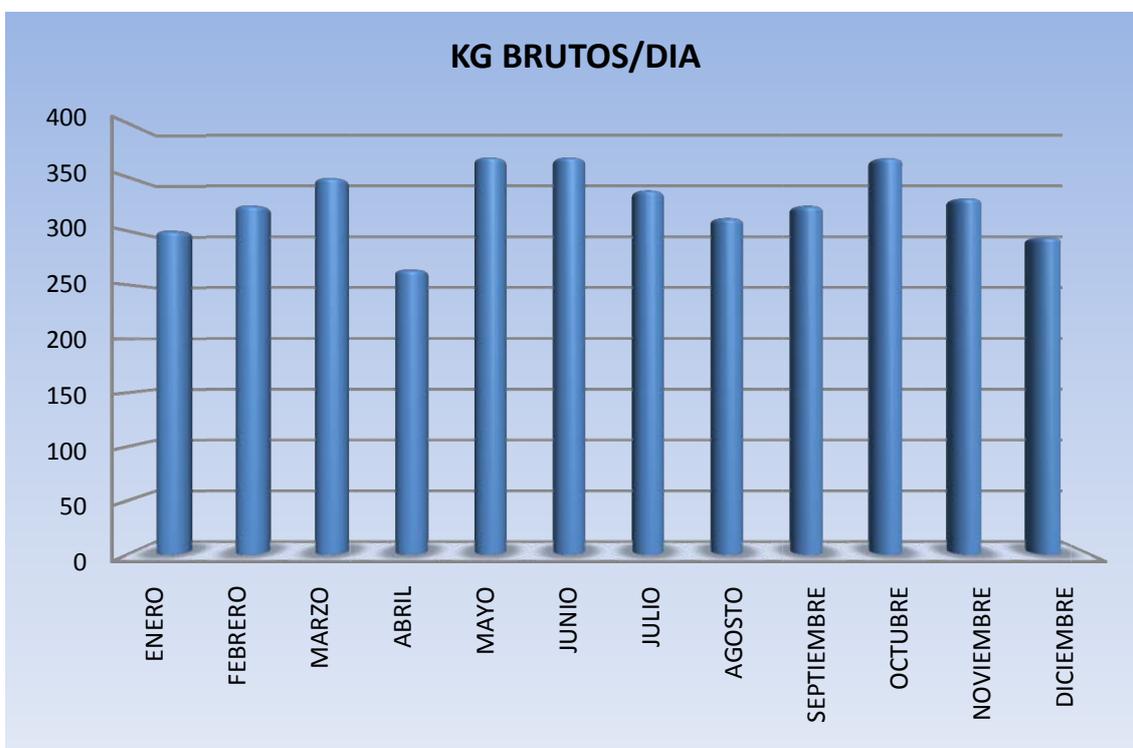
Tabla 31

^{xviii} Las características de un Hospital General vienen especificadas en el apartado *Definiciones*.

^{xix} Peso incluyendo los contenedores

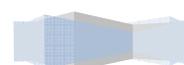


Se puede observar la tendencia de generación a lo largo del año en la siguiente gráfica:



Grafica 3

Como se ha tomado como referencia el Hospital Universitario Puerta del Mar, que cuenta con 777 camas, la cantidad de residuos en gramos que se generan por cama y día se obtendrá dividiendo el valor de 328,3 Kg Brutos/día entre el número de camas y multiplicando por el factor de conversión a gramos, obteniéndose un valor final de 423 g brutos/cama· día, que será utilizado como base de cálculo.



16.1.2 RBSE generados por los principales Hospitales de la Bahía de Cádiz

El siguiente paso, es determinar la cantidad diaria a tratar por los hospitales seleccionados de la Bahía, para ello se han tenido en cuenta los RBSE se generan en todos los centros sanitarios, independientemente del tamaño y especialidades médicas^{xx} de cada uno, en la misma cantidad de RBSE por día y cama.

Para ello se extrapolarán el resultado anteriormente obtenido del HUPM a 3122 camas que es el total de camas a considerar.

Con los datos del apartado anterior se puede calcular la cantidad de RBSE brutos en kilogramos que entran al día en la planta:

$$423 \left(\frac{g \text{ brutos}}{\text{cama} \cdot \text{día}} \right) 3122 (\text{camas}) \left(\frac{1 \text{ kg}}{1.000 \text{ g}} \right) = 1319,51 \text{ kg brutos/día}$$

Redondeando:

$$\text{Residuos brutos diarios} = 1320 \text{ Kg/día}$$

Haciendo una sencilla regla de tres, se puede determinar la cantidad de residuos netos diarios y número de contenedores y bolsas que producen diariamente en todos los hospitales:

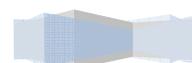
$$\frac{423 \text{ kg brutos}}{296 \text{ kg netos}} = \frac{1320}{x}$$

$$x = 923,7 \rightarrow 924 \text{ kg Netos diarios}$$

$$\frac{777 \text{ camas HUPM}}{30 \text{ cont/día}} = \frac{3122 \text{ camas}}{x}$$

$$x = 121 \text{ cont/día}$$

^{xx} El SAS clasifica los centros sanitarios en: Hospitales generales, hospitales especializados, hospitales de media y larga estancia.



16.1.3 Determinación del crecimiento de la población

Como se mencionó en la Memoria Descriptiva, se necesita estimar la población existente en el año 2023 para así hacer un promedio de crecimiento en la generación de residuos en los 15 años de vida estimada para la planta y sobredimensionar la planta para que cubra las necesidades futuras.

Según el Instituto de Estadística de Andalucía (IEA), en su informe publicado *Proyección de la población de Andalucía por ámbitos subregionales 1998-2016* se puede observar las siguientes estimaciones:

AÑO	EFFECTIVO DE LA POBLACIÓN EN MILES DE HABITANTES ZONA BAHÍA DE CÁDIZ-JEREZ
1998	571,4
2001	574,1
2006	581,1
2011	590,6
2016	599,8

Tabla 32

En dicho informe, en el cual se tienen en cuenta aspectos como mortalidad, fecundidad, migraciones, emigraciones externas a la provincia, emigración intraprovincial e inmigración, se prevé que a partir de 2011 el crecimiento seguirá un rango de acción moderado.

En la gráfica podemos observar que en los últimos años existe un crecimiento lineal respecto al crecimiento en miles de habitantes, y obtenemos la ecuación de la gráfica siguiente:

$$y = 1,732x - 2892; R^2 = 0,995$$

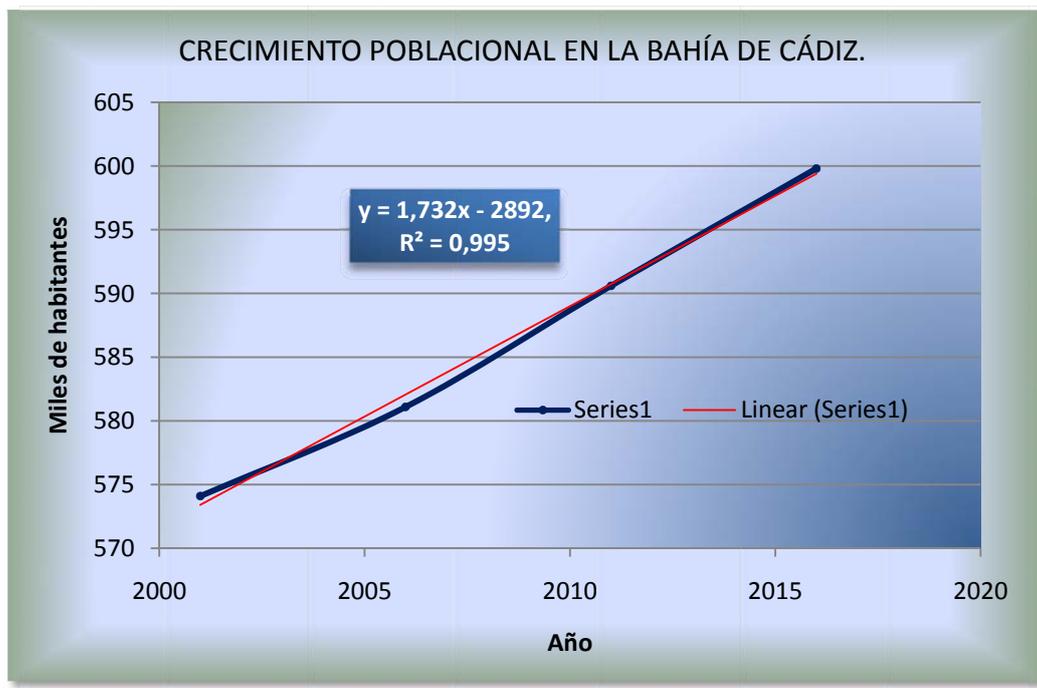
Si utilizamos esta ecuación para extrapolar los datos hasta el año 2023 obtenemos el siguiente resultado:

$$\text{habitantes estimados en 2023} = 611.836$$

El aumento de población en estos 15 años será de:

$$\frac{611.836 \text{ Habitantes en 2023} - 585.856 \text{ habitantes en 2008}}{585.856 \text{ habitantes en 2008}} = 4,46 \approx 5$$





Grafica 4



17 ANEXO II: SOBREDIMENSIONAMIENTO Y CAPACIDAD MÁXIMA DE LA PLANTA

La planta se sobredimensionará en un 5 %, obtenido en el **Anexo: crecimiento de población** de forma que a la cantidad de residuos brutos que genera diariamente se le suma la cantidad extra que generaría la población en el año 2023:

$$1320 \left(\frac{\text{kg brutos}}{\text{día}} \right) \cdot 5\% = 66 \text{ kg brutos/día}$$

La planta sobredimensionada tendrá un volumen de entrada de:

$$1320 + 66 = 1386 \frac{\text{kg brutos}}{\text{día}}$$

$$\text{Sobredimensionamiento de planta} = 1386 \text{ kg brutos/día}$$

La capacidad máxima de la planta se puede aproximar a:

$$\text{Capacidad máxima} = 1400 \text{ kg brutos/día}$$

Para el dimensionamiento del equipo de tratamiento es necesario trabajar con residuos netos, ya que los contenedores no se someten al proceso esterilizador.

Haciendo una sencilla regla de tres, obtenemos la cantidad de residuos netos que corresponden a la capacidad máxima de la planta:

$$\frac{1320 \text{ kg Residuos Brutos}}{924 \text{ kg Residuos netos}} = \frac{1400}{x} \rightarrow x = 980 \text{ kg netos}$$

Y de la misma manera, calculamos el número de contenedores que contendrían los residuos:

$$\frac{1320 \text{ kg Residuos Brutos}}{121 \text{ contenedores}} = \frac{1400}{x} \rightarrow x = 128,3 \approx 129 \text{ contenedores}$$

En unidades de volumen:

$$\text{Caudal volumetrico residuo} = \frac{\text{caudal másico del residuo}}{\text{densidad del residuo}}$$



$$\text{Caudal volumetrico residuo} = \frac{980 \text{ kg netos/día}}{130,33 \text{ kg/m}^3} = 7,5 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Caudal volumetrico residuo} \approx 7,5 \text{ m}^3/\text{día}$$



18 ANEXO III: CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS

18.1.1 Densidad del residuo

Para calcular la densidad del residuo, se van a utilizar los datos obtenidos en los anexos anteriores y se van a sustituir en la siguiente expresión:

$$\rho_{RES} = \frac{\text{peso neto residuo por cada contenedor}}{\text{volumen ocupado en la bolsa}}$$

El peso neto del residuo por cada contenedor se ha calculado en el **Anexo I** y el valor del volumen ocupado por la bolsa en el **Anexo IV**:

peso neto del residuo por cada contenedor (Kg)	7,82
volumen ocupado por la bolsa (m ³)	0,060

Tabla 33

Sustituyendo:

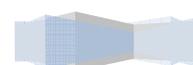
$$\rho_{RES} = \frac{7,82 \text{ Kg}}{0,060 \text{ m}^3} \rightarrow \rho_{RES} = 130,33 \text{ kg/m}^3$$

18.1.2 Difusividad térmica aproximada de los residuos

La difusividad térmica de un material se obtiene con la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{K}{C_p \cdot \rho} = \frac{\text{Conductividad térmica}}{\text{Capacidad calorífica} \cdot \text{Densidad}}$$

En la tabla que se adjunta al final del anexo, se muestran las propiedades térmicas de los compuestos que tienen los residuos y se ha hallado una difusividad térmica media englobándolos en *tipos de materiales*: como plásticos, textiles, vidrio, etc. (ÇENGEL, 2007)



Se ha considerado la bolsa de residuos a esterilizar como una masa de dimensión cilíndrica formada por distintas composiciones de elementos, como se ha mostrado anteriormente, en la que rige la transmisión de calor por conducción únicamente.

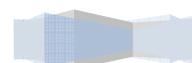
La difusividad térmica orientativa para el residuo se va a estimar utilizando la siguiente expresión:

$$\alpha = \sum x_i \cdot \alpha_i = \sum \text{composición} \cdot \text{difusividad térmica media de cada material}$$

$$\alpha = x_{plast} \cdot \alpha_{plast} + x_{punz/cort} \cdot \alpha_{punz/cort} + x_{punz/cort} \cdot \alpha_{punz/cort} + x_{textil} \cdot \alpha_{textil} \\ + x_{papel} \cdot \alpha_{papel} + x_{mat.org} \cdot \alpha_{mat.org} + x_{huecos} \cdot \alpha_{huecos}$$

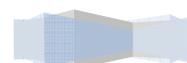
$$\alpha = \sum 0,2 \cdot 1,81 \cdot 10^{-7} + 0,02 \cdot 6,46 \cdot 10^{-7} + 0,05 \cdot 7,78 \cdot 10^{-6} + 0,28 \cdot 5,77 \cdot 10^{-7} + 0,05 \\ \cdot 1,44 \cdot 10^{-7} + 0,2 \cdot 8,08 \cdot 10^{-8} + 0,2 \cdot 2,07 \cdot 10^{-5} = 4,77 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\alpha = 4,77 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$



MATERIAL	Composición xi	Conductividad K (W/m K)	Capacidad Calorífica Cp. (J/Kg K)	Densidad D (kg/m ³)	Difusividad térmica α (m ² /s)	Difusividad térmica α media (m ² /s)
PLÁSTICOS						
Polietileno HD	0,2	0,485	2303	961	2,19E-07	1,81E-07
Polietileno LD		0,329	2303	929	1,54E-07	
polipropileno (300K)		0,12	1925	910	6,85E-08	
PVC (300 K)		0,1	840	1470	8,10E-08	
PUNZANTES/ CORTANTES						
vidrio pírex (300K)	0,02	1,2	835	2225	6,46E-07	6,46E-07
aluminio (300K)	0,05	194	887	2754	7,94E-05	7,77506E-06
acero inoxidable (300k)		14,4	476,25	8042,75	3,76E-06	
titanio (300k)		21,9	522	4500	9,32E-06	
ALGODÓN/GASAS/TEXTIL (300K)						
	0,28	0,06	1300	80	5,77E-07	5,77E-07
PAPEL						
	0,05	0,18	1340	930	1,44E-07	1,44E-07
MATERIA ORGÁNICA						
líquidos corporales (incluido sangre)	0,2	0,618	4180	998	1,48E-07	8,08E-08
tejidos-músculos humanos		0,21	3565	1060	5,56E-08	
HUECOS						
aire (20°C)	0,2	0,02514	1007	1,204	2,07E-05	2,07E-05

Tabla 34



19 ANEXO IV: DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LOS CONTENEDORES Y LAS BOLSAS

Aunque existen contenedores de diferentes formas y tamaños, en este proyecto se va a considerar que las dimensiones del contenedor se aproximan a un paralelepípedo, tal como se muestra en la figura:



El volumen de un paralelepípedo es:

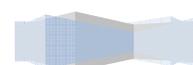
$$\text{Vol. paralelepípedo} = \text{Ancho} \cdot \text{Alto} \cdot \text{Profundo}$$

$$\text{Vol. paralelepípedo} = 30 \cdot 30 \cdot 66,7 = 60030 \text{ cm}^3 \approx 60 \text{ litros}$$

DIMENSIONES CONTENEDOR		
Contenedor al 100%	(cm)	Litros
Ancho	30	60
Profundo	30	
Alto	66,7	
Peso (kg)	3,4	

Tabla 35

Los contenedores consisten en un volumen de 60 litros, los cuales llevarán en su interior bolsas de la misma capacidad.



Mientras la bolsa está en el interior de los contenedores adopta las dimensiones del paralelepípedo, sin embargo, cuando la bolsa se extrae del contenedor, se aproxima a la forma de un cilindro, y teniendo en cuenta que la altura y el volumen se mantienen constantes, se determina la base para conocer las dimensiones de la misma.

El volumen del cilindro será:

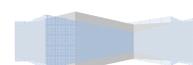
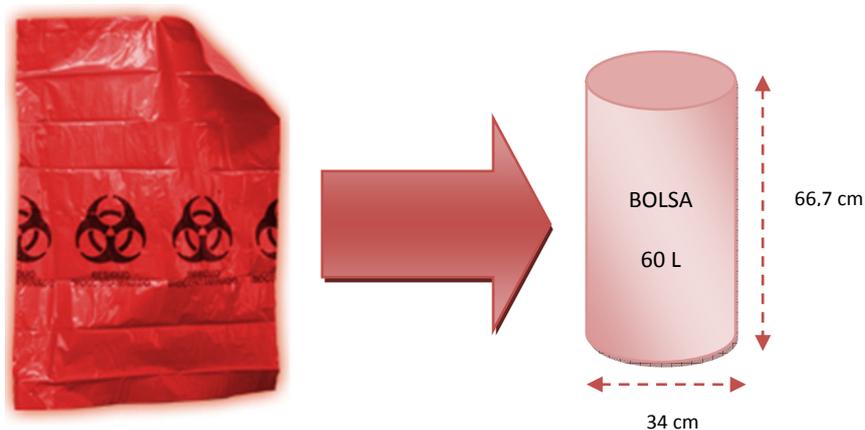
$$V = \pi \cdot R^2 \cdot L$$

Y el radio se obtiene mediante:

$$R = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot L}} = \sqrt{\frac{60030 \text{ cm}^3}{\pi \cdot 66,7 \text{ cm}}} = 16,93 \approx 17 \text{ cm}$$

DIMENSIONES BOLSA		
	(cm)	Litros
Altura	66,7	60
Radio	17	

Tabla 36



20 ANEXO V: ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE ESTERILIZACIÓN

Para la determinación de un ciclo de esterilización adecuado de los Residuos Biosanitarios Especiales, se ha tenido en cuenta fuentes bibliográficas basadas en la Microbiología, en la Ingeniería Bioquímica y en la Ingeniería Alimentaria^{XXI} ya que los principios de la esterilización son los mismos en todos los casos, y concretamente en la industria alimentaria está ampliamente desarrollado.

20.1.1 Influencia del tiempo de tratamiento

Una población microbiana no se destruye instantáneamente cuando se expone a un agente letal. La muerte de una población, al igual que su crecimiento, es generalmente exponencial o logarítmica, es decir, la población se reduce en niveles iguales a intervalos constantes.

Mediante ensayos en los que diversas suspensiones de esporas contenidas en capilares se sumergen en baños termostatados, durante tiempo variables, numerosos autores han demostrado experimentalmente que existe una relación lineal entre el logaritmo del número de células vegetativas o de esporas supervivientes y la duración t del tratamiento térmico.

Si se representa el logaritmo del número de microorganismos que permanece viable frente al tiempo de exposición del agente, se obtiene una recta. (fig.21)

Siendo N el número de células supervivientes, y N_0 la tasa de la población inicial, la ecuación de la recta equivale a:

$$\log N = -\frac{t}{D} + \log N_0 \quad (1)$$

Donde D se denomina **tiempo reducción decimal**, que es el tiempo necesario para destruir el 90% de los microorganismos o esporas en una muestra, a una temperatura específica.

En una gráfica semi-logarítmica en la que se representa la población superviviente frente al tiempo de exposición al calor, el valor D es el tiempo necesario para que disminuya la población en un logaritmo (10 veces).

^{XXI} Microbiología, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería industrial alimentaria, Propiedades físicas de los alimentos y los sistemas de procesado; Thermal procesing in packaged foods, etc.



$$\log\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\frac{t}{D} = -n \quad (3)$$

De donde:

$$\frac{N}{N_0} = 10^{-n} \quad \rightarrow \quad \log\left(\frac{N}{N_0}\right) = -n \quad (4)$$

A n se le denomina **exponente de reducción**, de forma que el tratamiento reduce la concentración de microorganismos por un factor de 10^n .

Pudiendo obtener la siguiente ecuación a una temperatura de referencia dada:

$$-\frac{t}{D} = -n \quad \rightarrow \quad t_{T^a_{ref}} = n \cdot D_{T^a_{ref}} \quad (5)$$

De la ecuación (4) se deduce que, como N sólo puede igualarse a cero cuando t se haga infinito, es imposible esterilizar por completo una suspensión de esporas. Si la concentración de una cepa dada de bacterias o esporas bacterianas en un producto, se reduce por debajo de cierto valor N_0 , lo suficientemente bajo como para que presente un riesgo de deterioro comercialmente aceptable, se dice que el producto es **comercialmente estéril** con respecto a aquel microorganismo.

Este concepto de **esterilidad comercial** es el que se va a tener en cuenta en este proyecto, ya que no se puede saber de forma teórica el número de microorganismos que forman la población inicial, por este motivo se tomará como nivel de reducción estándar el de uso común en las industrias:

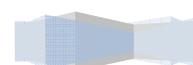
$$n = 12 \quad \rightarrow \quad t = 12D$$

20.1.2 Efecto de la temperatura de tratamiento

Existen infinitas combinaciones tiempo-temperatura que producen el mismo grado de destrucción térmica.

Se ha demostrado experimentalmente que, para una tasa de destrucción dada, el tiempo de tratamiento y la temperatura están relacionados por una ley del tipo:

$$\log t = aT + b \quad (6)$$



Así pues, todas las combinaciones tiempo-temperatura pertenecientes a la recta representada en la *fig.22* corresponden a un tratamiento térmico equivalente.

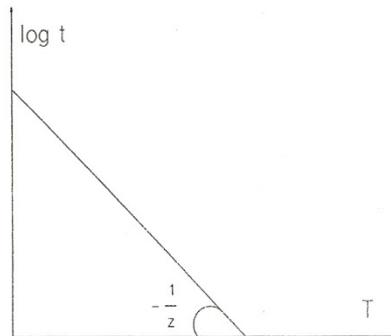


Figura 22: Influencia de la temperatura sobre el tiempo de tratamiento térmico necesario para alcanzar cierta tasa de destrucción.

Sea una combinación tiempo y temperatura de referencia (T_{ref} , t_{ref}) perteneciente a dicha recta, la ecuación se escribirá:

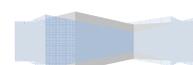
$$\log t_{ref} = aT_{ref} + b \quad (7)$$

Combinando las ecuaciones (6) y (7) obtenemos:

$$\log \left(\frac{t}{t_{ref}} \right) = -a (T - T_{ref}) \quad (8)$$

Siendo: $a = 1/z$

Se denomina z , a la **diferencia o aumento de temperatura** necesario para reducir D a un décimo (1/10) su valor o en un logaritmo, cuando se representa $\log D$ frente a la temperatura. (*fig.23*)



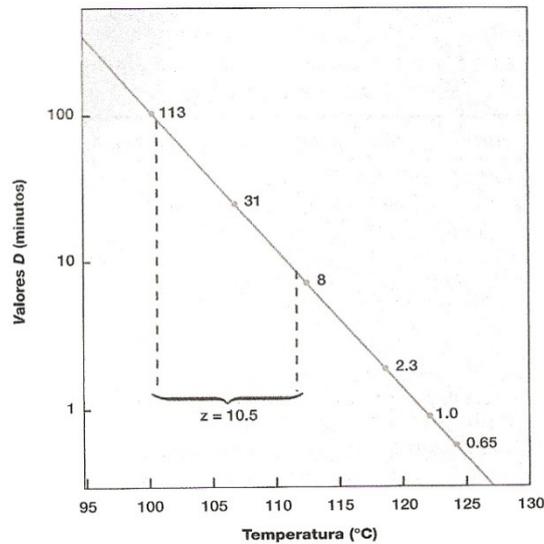


Figura 23: Valor z utilizado para calcular la relación entre el tiempo y la temperatura en la supervivencia de un determinado microorganismo, tomando como base el valor de D a una temperatura dada. Para este ejemplo en concreto, el valor $z=10,5^{\circ}\text{C}$ significa que requiere un cambio de temperatura de $10,5^{\circ}\text{C}$ para modificar el valor de D diez veces.

Por tanto, z es un parámetro de termo-resistencia característico de cada microorganismo. Sus valores, menos fluctuantes que los de D , son generalmente del orden de 4 a 7°C para las formas vegetativas y de 10°C para las esporas. Sin embargo, pueden observarse desviaciones importantes según las condiciones de calentamiento.

La ecuación (8) se convierte en:

$$t = t_{ref} \cdot 10^{-\left(\frac{T-T_{ref}}{z}\right)} \quad (9)$$

La ecuación anterior se aplica igualmente a D , así pues, los valores de D a la temperatura T están relacionados con el valor D_{ref} a la temperatura T_{ref} por la ley:

$$D = D_{ref} \cdot 10^{-\left(\frac{T-T_{ref}}{z}\right)} \quad (10)$$

El número de unidades acumuladas en una gráfica a lo largo del tratamiento define el **valor de esterilización** o **Tiempo de Muerte Térmica (TMT)**, representado por F , que caracteriza el tiempo mas corto necesario para destruir todos los organismos de una suspensión microbiana, a una temperatura específica y en condiciones definidas.



Así, el valor de esterilización de un tratamiento de t minutos a T_{ref} es:

$$F_{T_{ref}} = t_{ref} \quad \rightarrow \quad F_{T_{ref}} = n \cdot D_{T_{ref}} \quad (11)$$

Si se desea realizar un tratamiento térmico equivalente a $F_{T_{ref}} = 1$, a una temperatura T_{ref} el tiempo necesario para lograr dicho objetivo es:

$$F_{ref} = t_{ref} = 1 \text{ minuto}$$

Sustituyendo en (9), resulta en minutos:

$$t = 1 \cdot 10^{\frac{T-T_{ref}}{z}} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{t} = 10^{\frac{T-T_{ref}}{z}}$$

Si a una temperatura T , se le aplica 1 minuto de tratamiento: $t = 1 \text{ min}$,

Sustituyendo en (9), el valor de esterilización obtenido será:

$$t_{ref} = 1 \cdot 10^{\frac{T-T_{ref}}{z}} = F_{T_{ref}}$$

Por tanto:

$$F_{T_{ref}} = \frac{1}{t} \quad y \quad F_{T_{ref}} = L_T \cdot t_{ref}$$

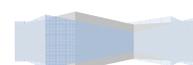
Este valor de esterilización obtenido a la temperatura T , durante 1 minuto, es por definición, el **Valor de Destrucción Biológica (VDB)** o también denominado **Letalidad**, asociado a la temperatura T .

Se representa generalmente como L_T , escribiendo:

$$L_T = 10^{\frac{T-T_{ref}}{z}}$$

20.1.3 Parámetros de referencia en la industria.

Según el ámbito de aplicación se emplean diversas escalas arbitrarias para cuantificar los tratamientos térmicos. Una combinación estándar de tiempo-temperatura ampliamente utilizada en los procesos de esterilización como unidad de tratamiento es:



$$T_{ref} = 121 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad y \quad z \approx 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Cuando el valor F esta referido simultáneamente a 121°C y z=10°C se le pone el subíndice cero:

$$F_T^z = F_{121^{\circ}\text{C}}^{10^{\circ}\text{C}} = F_0$$

El valor más utilizado y que se toma como referencia en la industria es el de 121°C porque mantiene la estabilidad del medio en el que se encuentran los microorganismos: propiedades organolépticas de los alimentos, medios de cultivo en microbiología, estabilidad de los envases, etc.

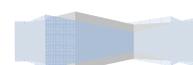
En el caso de la esterilización de residuos, por el contrario, no es importante mantener las propiedades de los mismos, sino que es habitual emplear temperaturas superiores de esterilización por dos motivos:

1. Porque a mayor temperatura de esterilización, menor será el tiempo requerido de tratamiento.
2. Para que las bolsas y envases en los que están contenidos los residuos se reblandezcan y agrieten hasta un cierto grado, dejando así que el vapor penetre hasta su centro geométrico para lograr la esterilización completa de los mismos.

Por este motivo, el diseño del ciclo se realizará para temperaturas superiores a 121,1°C que permitan que el ciclo de esterilización no exceda de los 60 minutos.

Para la esterilización por calor húmedo en autoclave el microorganismo que se utiliza como control biológico es el *Bacillus Stearotherophilus* debido a sus características: elevada termo-resistencia, valor de z cercano a 10, no es patógeno ni tóxico y es fácil de conservar.

Por razones de seguridad, el valor de esterilización que debe aplicarse se elegirá en función del organismo patógeno más resistente, por ello, este estudio se enfoca hacia la destrucción del microorganismo *Bacillus Stearotherophilus*, que se va a usar como microorganismo de referencia para el diseño del ciclo.



20.1.4 Método de Ball

Existen diferentes métodos de optimización: empíricos, semi-analíticos, directos, indirectos, basados en la temperatura más baja y otros en la temperatura media, entre otros. De todos ellos, el que más se ajusta a las necesidades de cálculo es el método de Ball por los siguientes motivos:

1. Es un método semi-analítico que permite calcular el tiempo de esterilización de un envase sin aportar previamente datos experimentales.
2. Aunque actualmente existen métodos de estimación por ordenador muy avanzados, este método clásico sigue usándose ampliamente en la industria y es la base de los métodos desarrollados posteriormente.

Como se pretende optimizar al máximo la duración del ciclo de esterilización, se va a utilizar el método desarrollado por Ball (1923) y modificado posteriormente por Ball & Olson (1957), que permite determinar el tiempo de residencia que debe estar un objeto dentro de la cámara de esterilización para destruir todos los microorganismos existentes en un nivel aceptable asegurando que la temperatura requerida en la esterilización llegue a todos los puntos del mismo.

Consiste en calcular el tiempo de muerte térmica, F , mediante un cambio de variable, basándose en la ecuación de penetración de calor cuando rige la transferencia por conducción:

$$\log g = \left(-\frac{t}{fh}\right) + \log[j(T_{\infty} - T_o)] \quad (\text{ecuación A})$$

Donde:

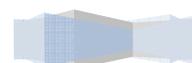
T es la temperatura del punto más tardío del envase en un momento dado, t .

T_{∞} es la temperatura de operación del autoclave.

T_o es la temperatura inicial del punto más tardío del envase.

g es la diferencia de temperaturas al final del calentamiento ($T_{\infty}-T$)

t es el tiempo en minutos.



f_h se denomina **parámetro de respuesta de temperatura** en la curva de calentamiento y es el tiempo necesario para que la curva de penetración atraviese un ciclo logarítmico. Es un parámetro de penetración de calor.

j denominado **factor de latencia o de retraso**, describe el tiempo que transcurre para que el punto más tardío del envase llegue a alcanzar la zona lineal de respuesta a la temperatura de f_h . Depende de la posición del objeto. Para un cilindro finito, depende de los valores altura-diámetro.

El ciclo calentamiento-enfriamiento presenta cuatro fases (fig.24) y viene representada por la ecuación:

$$\log \frac{T_{\infty} - T_0}{T_{\infty} - T} = f(t)$$

- 1) Fase de latencia curvilínea de calentamiento,
- 2) Fase lineal de calentamiento según la ecuación (A)
- 3) Fase de latencia curvilínea de enfriamiento,
- 4) Fase lineal de enfriamiento.

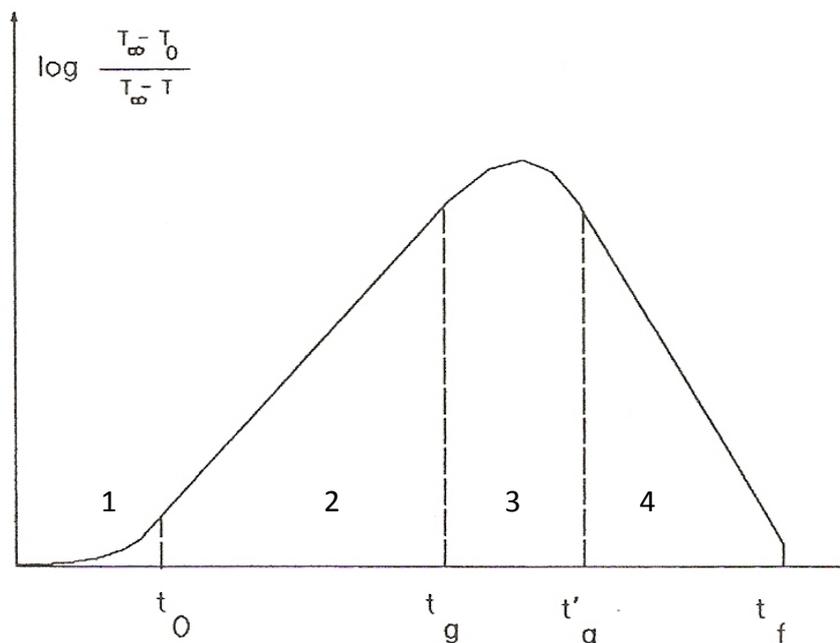
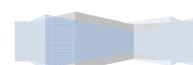


Figura 24: Zonas curvilíneas y lineales de calentamiento y enfriamiento consideradas en el método de Ball.



La primera fase puede ser despreciada pues corresponde a una zona de temperaturas no letales (menores a 100°C). Por lo tanto, quedan tres fases y se pueden expresar:

$$F = \int_{t_0}^{t_g} L(T) dt + \int_{t_g}^{t'_g} L(T) dt + \int_{t'_g}^{t_f} L(T) dt$$

O de forma general:

$$F = \int_0^t 10^{(T-T_{ref})/z} dt \quad \text{ecuación (B)}$$

Como la fase de latencia curvilínea de enfriamiento, que une las dos fases lineales, no obedece a la ecuación (A), Ball ajusta esta fase a una hipérbola definiendo una temperatura adimensional de valor:

$$V = \frac{T_{\infty} - T}{T_{\infty} - T_0}$$

Si se representa gráficamente el logaritmo de V en función del tiempo, se observa, casi siempre, que la curva resultante se hace asintótica a una línea recta, (fig.25). Esta asíntota se puede definir por medio del factor de retraso j, y la pendiente f.

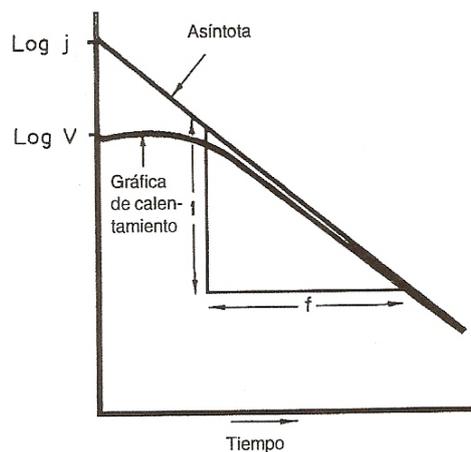
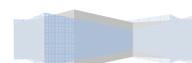


Figura 25: Asíntota lineal a la gráfica de calentamiento y parámetros de la misma.



La ecuación de la asíntota proporciona una relación entre **T** y **t** que puede usarse en la ecuación (B). Sustituyendo la ecuación (A) en la ecuación (B) e integrando (Ball & Olson 1957) se obtiene:

$$F_h = M f e^{\left(\frac{T_\infty - T_{ref}}{M \cdot z}\right)} \left\{ -Ei\left(-\frac{g}{M \cdot z}\right) \right\} \quad \text{ecuación (C)}$$

En la que $M = \log e = 0,4343$ y Ei es la integral exponencial:

$$-Ei(-x) = \int_x^\infty \frac{e^{-t}}{t} dt$$

Al integrar se asume que puede ignorarse el límite inferior de la integración, correspondiente a los valores iniciales de calentamiento por tener un valor despreciable.

Usando otra expresión hiperbólica para la parte de enfriamiento de la curva y combinándola con la ecuación (C), Ball tras desarrollar y simplificar el proceso matemático^{XXII}, obtiene su clásica ecuación para todo el proceso de calentamiento-enfriamiento, en la cual la letalidad total del proceso viene dada finalmente por:

$$F = f \cdot L_1 \cdot e^{-2,303 g/z} \cdot C$$

Si escribimos: $F_1 = \frac{1}{L_1}$ y $U = F \cdot F_1$ entonces:

$$\frac{f}{U} = \frac{e^{2,303 g/z}}{C}$$

Siendo:

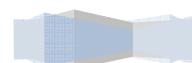
C un término derivado por Ball en tablas en función de **g, z y m**^{XXIII}.

F₁ es el tiempo de muerte térmica a **T_∞** para un organismo cuyo valor **F** es la unidad.

U es el tiempo de muerte térmica a 121°C para un organismo cuyo tiempo de muerte térmica es **F** minutos.

^{XXII} Para mas información sobre el desarrollo matemático del método consultar *Thermal process in packaged foods*.

^{XXIII} Diferencia de temperatura entre la máxima alcanzada en el producto al final del calentamiento, **T_g** y la temperatura de enfriamiento del agua.



Las tablas para f/U frente a g fueron definidas por Ball & Olson y corregidas por Stumbo para diferentes valores de z y j , las cuales vienen adjuntas al final del anexo.

Finalmente el tiempo del proceso de Ball, t_B , tiene la forma:

$$t_B = f_h \cdot \{ \log[j(T_\infty - T_0)] - \log g \}$$

El método tiene en cuenta el hecho de que los autoclaves tienen un tiempo para alcanzar su temperatura de operación por ello sugiere utilizar un t_B' dado por:

$$t_B' = t_B + 0,42 \cdot CUT$$

Siendo:

t_B el tiempo durante el cual el autoclave esta a la temperatura de operación.

CUT (Come Up Time), tiempo en el que el autoclave alcanza su temperatura de operación contado a partir del momento en que se abre la válvula de vapor de calefacción. Normalmente es del orden de 10 minutos. (fig.26).

t_B' es el tiempo efectivo de esterilización, en el cual los microorganismos están siendo sometidos a destrucción térmica al encontrarse dentro de temperaturas letales (mayores a 100°C).

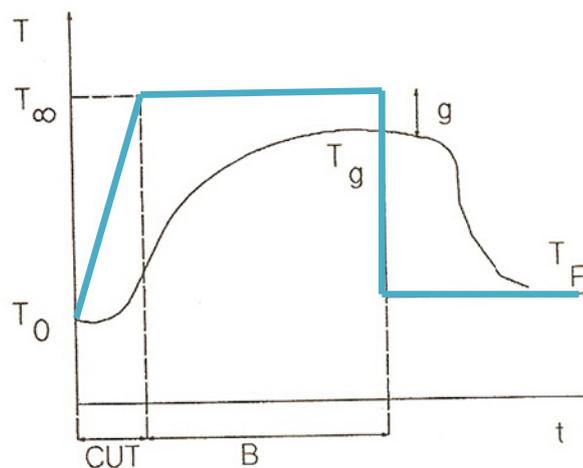


Figura 26: Donde T_∞ es la temperatura del proceso y T_g es la temperatura en el centro del producto en el momento en que se detiene el calentamiento.



20.1.5 Procedimiento de cálculo:

Una vez expuesto el fundamento del método, así como el punto de partida, se ofrecerán los detalles de cálculo, para ello, se tendrán en cuenta tres hipótesis de partida:

- El factor de latencia tiene un valor de: $j = 1,41$
- f_h es constante e igual a f_c , (inversa de la pendiente en el enfriamiento)
- La meseta del autoclave se alcanza enseguida, en el tiempo $t=0$, la temperatura del autoclave es T_∞ .
- El tiempo de calentamiento y enfriamiento son iguales: $CUT=10$ minutos

Nos interesa determinar el tiempo t_B de calentamiento, fijando F , para ello se seguirá la siguiente secuencia:

1. Determinación de F_0 para una reducción **12D**.
2. Determinación del valor de f_h para un cilindro finito.
3. Determinación de la función U .
4. Determinación del valor f_h/U
5. Con ayuda de la tabla de Stumbo que se adjunta al final del anexo, se obtendrá el valor de $\log g$ para $z=10^\circ\text{C}$, $j=1,41$ y el valor de f_h calculado anteriormente.
6. Y finalmente, con todos los datos anteriores, se podrá determinar el tiempo t_B y t_B' .

I. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE MUERTE TÉRMICA DE REFERENCIA: F_0 (a 121°C y $z=10^\circ\text{C}$).

Sabiendo que el valor de D para el microorganismo *Bacillus Stearothermophilus* para una temperatura estándar de $121,1^\circ\text{C}$ y $z=10^\circ\text{C}$ es de:

$$D_{121,1^\circ\text{C}} = 3 \text{ minutos}^{\text{XXIV}}$$

Y utilizando el método biológico propuesto por Michelis (1972) resultante de la combinación de las ecuaciones (1) y (11) obtenemos el tiempo mínimo de esterilización requerido:

$$F_{121,1^\circ\text{C}} = n \cdot D_{121,1^\circ\text{C}} = 12 \cdot 3 = 36 \rightarrow F_0 = 36 \text{ minutos}$$

^{XXIV} Fuente: INGENIERÍA INDUSTRIAL ALIMENTARIA, Pierre Mafart



Es decir, que el tiempo necesario para destruir este microorganismo hasta un nivel de reducción de 10^{-12} a 121°C es de 36 minutos.

II. DETERMINACIÓN DEL FACTOR f_h

El valor f_h para el producto se define como el tiempo necesario para que la temperatura de aproximación atraviese un ciclo logarítmico. Por consiguiente, conforme f_h disminuye las tasas de penetración de calor aumentan.

Para sistemas donde la transferencia de calor se produce solo por conducción, el valor f_h está relacionado con la difusividad térmica, el tamaño y las dimensiones del envase; y está calculado en el punto más frío del envase tal como se muestra en la *fig.27*.

Para un cilindro finito puede estimarse del modo siguiente:

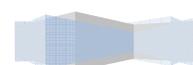
$$fh = \frac{0,398}{\alpha \left(\frac{1}{a^2} + \frac{0,427}{b^2} \right)} \quad (min)$$

Donde:

$a = R =$ Radio del cilindro (cm)= 0,170 m

$b=2L=$ Altura del punto medio del cilindro (cm)= 0,297 m

$\alpha =$ Difusividad térmica= $4,77 \cdot 10^{-6}$ m²/s.



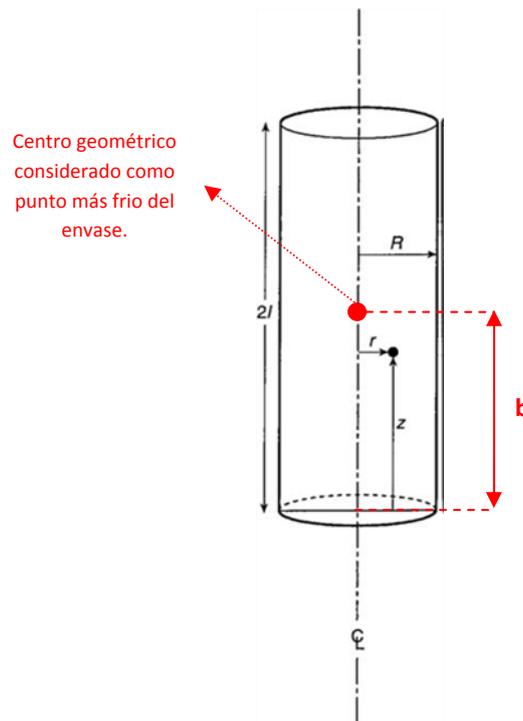


Figura 27: Sistema de coordenadas para un envase cilíndrico de altura $2l$ y radio R

Sustituyendo en la ecuación:

$$fh = \frac{0,398}{4,77 \cdot 10^{-6} \left(\frac{1}{0,170^2} + \frac{0,427}{0,297^2} \right)} = 38,84 \text{ minutos}$$

III. ESTIMACIÓN DE LA FUNCIÓN U

Ball define la función U , obtenida de la ecuación (9), como el valor F a la temperatura del autoclave mediante la expresión:

$$U = \frac{F_0}{L} \quad \rightarrow \quad U = F_0 \cdot 10^{(T_{ref}-T)/z}$$

$$U = 36(\text{min}) \cdot 10^{(121-142)/10} = 0,293 \text{ minutos}$$



IV. ESTIMACIÓN DE f_h/U

Sustituyendo los datos anteriores:

$$\frac{f_h}{U} = \frac{38,84}{0,293} = 132,41$$

V. ESTIMACIÓN DE g :

Para determinar g ($^{\circ}\text{C}$), se usa la tabla de Stumbo adjunta al final del anexo o en el anexo "tablas y gráficos".

A partir de los datos:

$$\frac{f_h}{U} = 132,41$$

$$z = 10^{\circ}\text{C}$$

$$j = 1,41$$

Tabla Stumbo



$$g = 15,253$$

VI. ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE BALL

Suponiendo que la temperatura ambiente a la que están los envases de residuos inicialmente es $T_0=30^{\circ}\text{C}$ y sustituyendo los datos obtenidos en los apartados anteriores en la ecuación, obtenemos:

$$t_B = 132,41 \cdot \{\log[1,41(142 - 30)] - \log 15,253\} = 39,42 \text{ minutos}$$

$$t_B' = 38,17 + 0,42 \cdot 10 = 43,62 \text{ minutos}$$

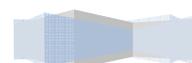
VII. ESTIMACIÓN DEL TIEMPO TOTAL

El tiempo total será la suma del tiempo de calentamiento del autoclave, mas el tiempo requerido para el procesado del residuo, más 10 minutos de margen para el enfriamiento, descompresión y vaciado de la cámara.

$$t_{Total} = CUT + t_B + t_E = 10 + 39,42 + 10 = 59,42 \text{ minutos}$$

$$t_{Total} \approx 60 \text{ minutos} \quad \rightarrow \quad t_{Total} \approx 1 \text{ hora}$$

El tiempo aproximado de duración del ciclo es de una hora.



20.1.6 Estimación de la temperatura de operación.

Se elegirá una temperatura de operación como mínimo de 121°C, que es la temperatura de referencia utilizada a partir de la cual es efectiva la esterilización, hasta una temperatura que permita que el ciclo de esterilización dure una hora.

Se parte de los datos que se muestran a continuación:

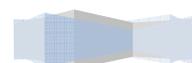
- $CUT = 10$ minutos
- $z = 10^\circ C$
- $T_0 = 30^\circ C$
- $t_e = 10$ minutos

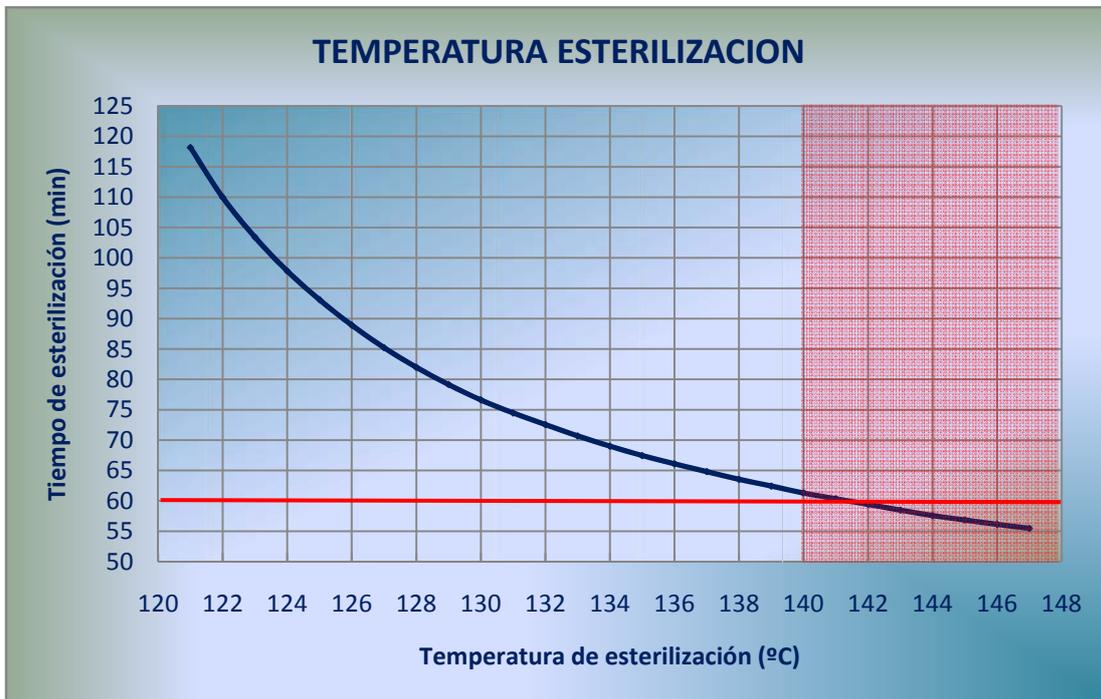
A partir de los valores de f_h/U obtenemos de la tabla de Stumbo mediante interpolación, los valores de g y a continuación los tiempos finales de calentamiento y el tiempo total.

Para elegir la temperatura óptima de esterilización se ha estudiado los valores del tiempo de tratamiento desde los 121°C que es el tiempo de referencia del microorganismo hasta alrededor de los 148°C.

Se pretende que el tiempo de esterilización del ciclo no sobrepase la hora, por tanto se acota a valores de tiempo, menores o iguales a 60 minutos.

Tal como se muestra en la gráfica, a partir de 142°C se obtienen ciclos de una hora o menores, por lo que se podría elegir cualquier temperatura superior a esta.





Grafica 5

Sin embargo, a partir de 140°C aproximadamente, algunos de los plásticos de los que están compuestos los residuos empiezan a reblandecerse, por lo que para asumir una situación de compromiso entre la duración del tiempo de esterilización que se pretende que sea una hora como máximo y un grado aceptable de estabilidad del material se va a aceptar como temperatura de operación 142°C, a la cual se diseñará el recipiente a presión.

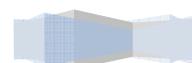


TABLA DE STUMBO

PARA $\alpha = 10^\circ\text{C}$

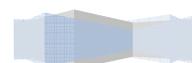
en el enfriamiento iguales a:

f_H/U	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
0,20	3,02 · 10 ⁻⁵	3,20 · 10 ⁻⁵	3,39 · 10 ⁻⁵	3,58 · 10 ⁻⁵	3,76 · 10 ⁻⁵
0,30	1,41 · 10 ⁻³	1,48 · 10 ⁻³	1,55 · 10 ⁻³	1,63 · 10 ⁻³	1,7 · 10 ⁻³
0,40	9,50 · 10 ⁻³	1,00 · 10 ⁻²	1,06 · 10 ⁻²	1,11 · 10 ⁻²	1,16 · 10 ⁻²
0,50	2,99 · 10 ⁻²	3,17 · 10 ⁻²	3,34 · 10 ⁻²	3,52 · 10 ⁻²	3,69 · 10 ⁻²
0,60	6,44 · 10 ⁻²	6,83 · 10 ⁻²	7,28 · 10 ⁻²	7,67 · 10 ⁻²	8,06 · 10 ⁻²
0,70	0,112	0,119	0,127	0,134	0,142
0,80	0,171	0,182	0,194	0,205	0,217
0,90	0,254	0,271	0,287	0,303	0,320
1,00	0,312	0,333	0,354	0,376	0,397
2,00	1,15	1,23	1,30	1,38	1,45
3,00	2,60	2,74	2,89	3,04	3,19
4,00	3,17	3,35	3,53	3,71	3,89
5,00	3,67	3,88	4,08	4,28	4,48
6,00	4,12	4,34	4,57	4,80	5,03
7,00	4,51	4,76	5,01	5,26	5,52
8,00	4,86	5,13	5,41	5,68	5,96
9,00	5,18	5,48	5,77	6,07	6,37
10,00	5,48	5,84	6,23	6,63	7,03
15,00	6,44	7,37	8,32	9,27	10,2
20,00	7,37	8,67	9,17	9,72	10,2
25,00	8,11	9,33	9,89	10,5	11,1
30,00	8,72	9,28	9,89	10,5	11,1
35,00	9,28	9,89	10,5	11,1	11,8
40,00	9,72	10,4	11,1	11,7	12,4
45,00	10,2	10,8	11,6	12,2	12,9
50,00	10,6	11,3	12,0	12,7	13,4
60,00	11,8	12,6	13,4	14,2	15,0
70,00	12,3	13,2	14,0	14,8	15,6
80,00	12,8	13,7	14,5	15,3	16,2
90,00	13,3	14,1	15,0	15,8	16,7
100,00	14,9	15,8	16,9	17,7	18,7
150,00	17,1	18,0	19,1	20,1	21,2
200,00	17,7	18,7	19,8	20,9	22,1
250,00	18,2	19,4	20,6	21,7	22,8
300,00	18,7	19,9	21,1	22,3	23,5
350,00	19,2	20,4	21,6	22,9	24,1
400,00	19,6	20,8	22,1	23,4	24,7
450,00	20,2	21,6	22,9	24,2	25,6
500,00	20,8	22,2	23,6	24,9	26,3
600,00	21,3	22,7	24,2	25,6	27,0
700,00	21,8	23,2	24,7	26,1	27,6
800,00	22,2	23,7	25,2	26,6	28,1
900,00	22,2	23,7	25,2	26,6	28,1
1 000,00	22,2	23,7	25,2	26,6	28,1

TABLA DE STUMBO

Valores de g ($^\circ\text{C}$) en función de los valores de f_H/U para valores de j

f_H/U	0,40	0,60	0,80	1,00
0,20	2,27 · 10 ⁻⁵	2,46 · 10 ⁻⁵	2,64 · 10 ⁻⁵	2,83 · 10 ⁻⁵
0,30	1,12 · 10 ⁻³	1,19 · 10 ⁻³	1,26 · 10 ⁻³	1,33 · 10 ⁻³
0,40	7,39 · 10 ⁻³	7,94 · 10 ⁻³	8,44 · 10 ⁻³	9,00 · 10 ⁻³
0,50	2,28 · 10 ⁻²	2,46 · 10 ⁻²	2,63 · 10 ⁻²	2,81 · 10 ⁻²
0,60	4,83 · 10 ⁻²	5,24 · 10 ⁻²	5,67 · 10 ⁻²	6,06 · 10 ⁻²
0,70	8,33 · 10 ⁻²	9,06 · 10 ⁻²	9,78 · 10 ⁻²	0,105
0,80	0,126	0,137	0,148	0,159
0,90	0,174	0,190	0,206	0,222
1,00	0,227	0,248	0,269	0,291
2,00	0,850	0,922	1,00	1,07
3,00	1,46	1,58	1,69	1,81
4,00	2,01	2,15	2,30	2,41
5,00	2,47	2,64	2,82	3,00
6,00	2,86	3,07	3,27	3,47
7,00	3,21	3,43	3,66	3,89
8,00	3,49	3,75	4,00	4,26
9,00	3,76	4,03	4,31	4,58
10,00	4,05	4,28	4,58	4,88
15,00	4,05	5,24	5,64	6,04
20,00	5,46	5,94	6,42	6,89
25,00	5,94	6,50	7,06	7,56
30,00	6,39	6,94	7,56	8,11
35,00	6,72	7,39	8,00	8,61
40,00	7,11	7,72	8,39	9,06
45,00	7,39	8,11	8,78	9,44
50,00	7,67	8,39	9,11	9,83
60,00	8,22	8,94	9,72	10,5
70,00	8,67	9,44	10,2	11,1
80,00	9,06	9,89	10,7	11,6
90,00	9,44	10,7	11,2	12,0
100,00	9,78	10,7	11,6	12,4
150,00	11,2	12,1	13,1	14,0
200,00	12,1	13,1	14,1	15,1
250,00	12,7	13,8	14,8	15,9
300,00	13,2	14,3	15,4	16,6
350,00	13,6	14,8	15,9	17,1
400,00	13,9	15,1	16,3	17,5
450,00	14,2	15,4	16,7	17,9
500,00	14,4	15,7	17,0	18,3
600,00	14,9	16,2	17,6	18,9
700,00	15,3	16,7	18,1	19,4
800,00	15,6	17,1	18,5	19,9
900,00	15,9	17,4	18,9	20,3
1 000,00	16,3	17,7	19,2	20,7



21 ANEXO VI: DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES MÍNIMAS DEL RECIPIENTE

Como uno de los factores que afectan a la eficiencia de la esterilización es la distribución de la carga, no es recomendable que las bolsas se apilen unas encima de otras desordenadamente ya que esto dificulta la circulación del vapor hasta el centro de la masa residual.

Por este motivo, el procedimiento utilizado para calcular el volumen del recipiente ha sido evaluar el número de bolsas que será necesario esterilizar a lo largo de una jornada laboral, ya que por el riesgo de contaminación biológica que presentan estos residuos no se deben sacar de las bolsas antes de su esterilización.

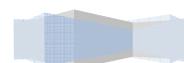
Se trabajara cinco días a la semana de lunes a viernes con una jornada laboral de 8 horas en turno intensivo de mañana, pudiéndose ampliar a turno de tarde, si el volumen de tratamiento lo requiere o a turno de mañana de lunes a sábados y sabiendo que la duración total del ciclo de esterilización, incluyendo carga y descarga, es de 1 hora:

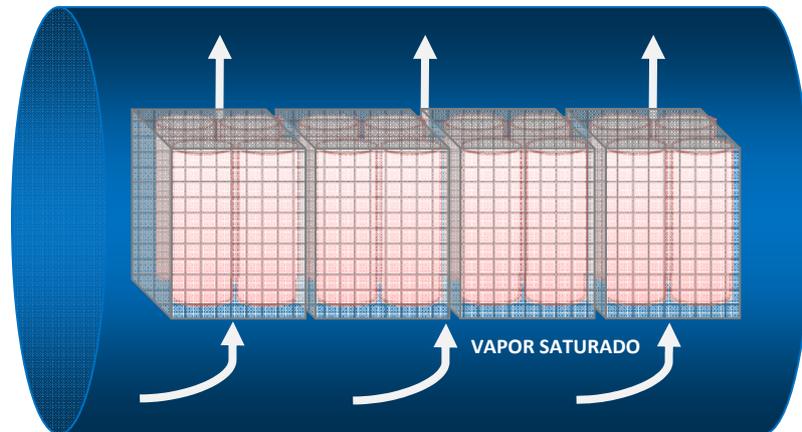
$$\frac{\text{Nº bolsas}}{\text{ciclo}} = \frac{(\text{Nº bolsas/día})}{(\text{Nº horas/jornada laboral})} = \frac{129}{8} = 16,125 \approx 16$$

16 bolsas por cada ciclo

Redondeamos a la baja porque es preferible que no se apelmace el interior de la cámara y hacer un ciclo más a lo largo de la jornada laboral a que la esterilización se haga ineficazmente. Las bolsas se distribuirán en una cesta metálica de acero inoxidable definidas en el anexo anterior para la entrada del vapor, distribuidas en dos filas de 8 bolsas, con una separación mínima de al menos 1 cm entre las mismas para dejar que el vapor circule entre la masa residual y se alcancen las condiciones de esterilización en el centro de la misma.

En la figura que se muestra a continuación se refleja un esquema de la distribución de la carga:





El volumen total que ocuparán los residuos dentro del recipiente será:

Dimensiones paralelepípedo incluyendo espacios entre bolsas				
Espacio entre bolsas (m)	Alto (m)	Largo (m)	Profundo (m)	V (m ³)
0,01	0,667	2,79	0,69	1,3

Tabla 37

Por tanto:

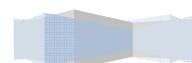
$$\text{Volumen Recipiente} = \text{Volumen ocupado} + 20\% \text{ sobredimensionamiento}$$

$$\text{Volumen ocupado por residuos} = 1,3 \text{ m}^3$$

$$20\% \text{ de sobredimensionamiento (espacio libre)} = 0,26 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen recipiente} = 1,56 \text{ m}^3 \approx 1,6 \text{ m}^3$$

El radio se calculará más adelante en el **Anexo VII**, ya que las dimensiones del radio irán en función del tipo de material y de la carga sometida a presión según la norma ASME.



Para que exista un espacio libre del 20% el radio mínimo que tiene que tener el recipiente será:

$$D_{recip} = H_{res} + 0,2 \cdot H_{res} = 0,69 + 2 \cdot 0,69 = 0,828 \text{ m}$$

En resumen, el recipiente deberá de cumplir unas dimensiones mínimas de:

Dimensiones requeridas del recipiente	
Volumen mínimo (m ³)	1,6
Longitud mínima (m)	2,8
Diámetro mínimo (m)	0,828

Tabla 38



22 ANEXO VII: DISEÑO RECIPIENTE SOMETIDO A PRESIÓN INTERNA Y CARGAS EXTERNAS SOPORTADO POR CUNAS

Para determinar las dimensiones de un recipiente horizontal soportado por cunas se va a utilizar el algoritmo de cálculo según la adaptación^{xxv} de la especificación ESP-1101-01 de CEPISA (Rev. 1^a, Noviembre de 1994).

Esta especificación complementa los códigos y normas de referencia indicados a continuación:

- Reglamento de Aparatos a Presión y Normas Españolas.
- Secciones II, VIII Div. 1, V y IX del ASME Boiler and Pressure Vessels Code.
- ASME/ANSI Code.

Define las exigencias mínimas requeridas en el diseño de recipientes a presión, de construcción soldada, no sometidos al fuego y contruidos en acero inoxidable.

Partimos de los siguientes datos:

- Temperatura de operación: $T_{op} = 142^{\circ}\text{C}$
- Material de construcción: Acero inoxidable ANSI 316.

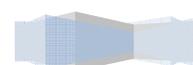
1. Cálculo de la Temperatura de diseño: T_D

El valor de la temperatura de diseño debe ser superior a la temperatura máxima que se produzca durante la operación, y es habitual adoptar el valor de:

$$T_D = T \text{ máxima operación} + 20^{\circ}\text{C}$$

$$T_D = 162^{\circ}\text{C}$$

^{xxv} Adaptación de la ESP-1101-01 para uso docente en la asignatura *Diseño de elementos en la industria química*.



2. Cálculo de la presión de diseño: P_D

La presión de operación se ha obtenido de la tabla del vapor saturado que se adjunta en anexos, dada la temperatura de operación 142°C.

La presión de diseño debe ser en todo caso mayor a la máxima de operación o servicio. Su valor se puede fijar como el mayor de los siguientes:

- $P \geq 1,1 P \text{ máxima operación } kg/cm^2 \rightarrow P = 1,033 \text{ Kg}/cm^2$
- $P \geq P \text{ máxima operación } + 2 \text{ kg}/cm^2 \rightarrow P = 3,033 \text{ kg}/cm^2$
- $P \geq 3,50 \text{ kg}/cm^2$

El mayor es:

$$P_D = 3,50 \text{ kg}/cm^2$$

3. Eficiencia de la soldadura

Tanto para la envolvente como para los fondos se considerará la situación más desfavorable, que es la utilización de una junta tipo 1 sin radiografiar, descrita en la tabla **Tipo de juntas soldadas** adjunta al final del anexo.

La eficiencia de la soldadura en la envolvente se considerará la misma para esfuerzos tanto longitudinales como circunferenciales.

$$E_{\phi} = E_x = E = 0,7$$

4. Propiedades físicas del material

El material elegido para la construcción del depósito será el acero inoxidable austenítico o acero de alta aleación con una composición química de 16 Cr 12 Ni 2 Mo, tal como recomienda la norma **UNE-EN-556** para la fabricación de esterilizadores de vapor grandes ya que soporta la corrosión y la temperatura de operación de 142°C, que se necesita en este caso.

El ASTM denomina a este material como ANSI 316 y equivale a los aceros austeníticos tipo 8 de las normas EN.



De la tabla UHA-23 que se adjunta en el anexo, se obtienen las propiedades físicas que serán necesarias para el algoritmo de cálculo:

PROPIEDAD	SÍMBOLO	VALOR
Límite elástico	σ_F	$30 \cdot 10^3$ psi
Carga de rotura	ϵ	$75 \cdot 10^3$ psi
Tensión máxima admisible	S	$18,329 \cdot 10^3$ psi
Densidad del acero	ρ	7,85 kg/dm ³
Factores A y B	GRAFICA UHA.28.2	

Figura 28

5. Corrosión: C

El código ASME considera que para los aceros inoxidables el factor de corrosión oscila entre:

$$0,8 - 1,5 \text{ mm}$$

Se tendrá en cuenta el factor más restrictivo que en este caso es:

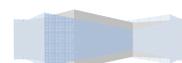
$$C = 1,5 \text{ mm}$$

6. Cálculo del volumen del recipiente

Se considera un recipiente horizontal formado por una envolvente cilíndrica y dos fondos toriesféricos tipo Korbbogen el cual estará soportado por dos cunas y cuyas dimensiones mínimas obtenidas en el *anexo: Calculo de las dimensiones del recipiente* se muestran a continuación:

- Volumen mínimo del recipiente: $V_{\text{mín}} = 1,6 \text{ m}^3$
- Longitud mínima del recipiente: $L_{\text{mín}} = 2,8 \text{ m}$
- Diámetro mínimo del recipiente: $D_{\text{mín}} = 0,84 \text{ m}$

Para obtener el valor del volumen que debe tener el recipiente según la norma, se utiliza la *gráfica para determinar el tamaño óptimo del recipiente* adjunta al final del anexo, para la cual hará falta los valores **F** y **D**:



$$F = \frac{P_D}{C \cdot S \cdot E}$$

Siendo:

P_D= Presión de diseño en psi.

C= factor de corrosión.

E= eficiencia de la soldadura en la envolvente.

S= Tensión máxima admisible del Acero inoxidable.

Sustituyendo en la ecuación:

$$F = 0,111$$

Y el diámetro en unidades inglesas:

$$D = 0,84 \text{ m} \rightarrow D = 2,8 \text{ pies}$$

Haciendo uso de esta gráfica se obtiene el volumen del recipiente en unidades inglesas:

$$V = 70 \text{ pie}^3 \rightarrow V = 1,982 \text{ m}^3 \approx 2000 \text{ litros}$$

El diámetro interno vendrá dado por la siguiente fórmula:

$$D_i = D + 2C = 840 + 2 \cdot 1,5 = 843 \text{ mm}$$

$$D_i = 843 \text{ mm} \rightarrow D_i = 33,189 \text{ in}$$

Siendo:

D_i= diámetro interno del recipiente en contacto con el fluido, teniendo en cuenta el sobredimensionamiento debido a la corrosión.

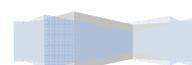
C= factor de corrosión.

Y el radio vendrá dado por la siguiente expresión:

$$R = \frac{D_i}{2}$$

Sustituyendo se obtiene:

$$R_i = 421,5 \text{ mm} \rightarrow R_i = 16,594 \text{ in}$$



Siendo:

R= radio interno del recipiente

Di= diámetro interno del recipiente con el sobredimensionamiento debido a la corrosión.

7. Espesor mínimo de pared para recipientes sometidos a presión interna según especificación.

El espesor se obtiene eligiendo el mayor de los siguientes valores:

- Según el código ASME: $t_m = 2,5 + C \text{ (mm)} \rightarrow t_m = 4 \text{ mm}$
- Según la formula: $t_m = \frac{D}{1000} + 2,54 + C \text{ (mm)} \rightarrow t_m = 5 \text{ mm}$
- Para acero inoxidable: $t_m = 3 \text{ mm}$

Siendo:

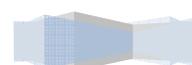
t_m= espesor mínimo de la envolvente.

D= Diámetro del recipiente, obtenido mediante la gráfica.

C= factor de corrosión.

El espesor mayor es:

$$t_m = 5 \text{ mm} \rightarrow t_m = 0,197 \text{ in}$$



22.1.1 Algoritmo de cálculo para recipientes horizontales soportados por cunas y sometidos a presión interna.

1) CÁLCULO DEL ESPESOR MÍNIMO DE LA ENVOLVENTE:

Hay que calcular los espesores mínimos teniendo en cuenta las deformaciones circunferenciales y tangenciales.

La tabla *fórmulas generales para recipientes*, adjunta en anexos, especifican las fórmulas para el cálculo de espesores de pared para la virola y para los cabezales.

a) Circunferencial:

Haciendo uso de la tabla, obtenemos que en función del diámetro interno del casco y con las deformaciones circunferenciales el espesor viene dado por la fórmula:

$$t_{\phi} = \frac{P_D \cdot R_i}{SE - 0,6 P_D} + C$$

Siendo:

t_{ϕ} = espesor de la envolvente teniendo en cuenta los esfuerzos circunferenciales.

P_D = Presión de diseño en psi

R_i = Radio interno en in

S = Tensión máxima admisible

E = eficiencia de la soldadura

C = factor de corrosión

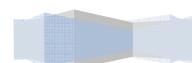
Sustituyendo:

$$t_{\phi} = 0,168 \text{ in}$$

b) Longitudinal:

Al igual que en el caso anterior haciendo uso de la tabla, obtenemos que en función del diámetro interno del casco y con las deformaciones longitudinales el espesor viene dado por la fórmula:

$$t_{\phi} = \frac{P_D \cdot R_i}{2SE + 0,4 P_D} + C$$



Siendo:

t_x = espesor de la envolvente teniendo en cuenta los esfuerzos longitudinales.

PD = Presión de diseño en psi

R_i = Radio interno en in

S = Tensión máxima admisible

E = eficiencia de la soldadura

C = factor de corrosión

Sustituyendo:

$$t_x = 0,113 \text{ in}$$

Se elige el mayor valor de los dos obtenidos:

$$\text{Mayor valor de } |t_\phi; t_x| = t_\phi = t$$

$$t = 0,168 \text{ in}$$

c) Comprobación del espesor:

Con el espesor que hemos obtenido calculamos el radio exterior de la envolvente que viene dado por la expresión:

$$R_o = R_i + t$$

Siendo:

R_o = radio exterior de la envolvente.

R_i = radio interior de la envolvente.

t = espesor de la envolvente

$$R_o = 16,763 \text{ in}$$

Una vez obtenido el R_o se calcula el factor A que viene dado por:

$$A = \frac{0,125}{\left(\frac{R_o}{t}\right)}$$

Sustituyendo:

$$A = 0,00125$$



Con el valor que se ha obtenido de A y la $T_D = 323,6^{\circ}\text{F}$, se utiliza la gráfica UHA.28.2 y se obtienen los valores del factor B y el módulo de elasticidad E_L :

$$\text{Factor } B = 9500$$

$$E_L = 26,4 \cdot 10^6 \text{ psi}$$

Como el valor del factor B es menor que la tensión máxima admisible S, el espesor de la envolvente no es correcto, por lo que hay que aumentarlo.

Para ello, se toma $B = S$ y se recalcula el factor A, que se denominará A' y con ello el espesor de pared.

$$B = S \rightarrow B = \frac{A E_L}{2} = S \rightarrow A' = \frac{2 S}{E_L}$$

Sustituyendo:

$$A' = 0,00139$$

Recalculando el espesor:

$$t = \frac{A' \cdot R_o}{0,125} \rightarrow t = \mathbf{0,186 \text{ in}}$$

d) Espesor final de la envolvente:

Se elige el mayor de los obtenidos mediante especificación y por esfuerzos en la envolvente:

$$\text{Mayor valor de } |t_{\text{especificación}}; t_{\text{esfuerzos}}| = t_{\text{especificación}} = t_{\text{envolvente}}$$

$$t_{\text{env}} = \mathbf{0,197 \text{ in}}$$

Con el valor definitivo del espesor de la envolvente, se puede recalculer el valor del radio exterior definitivo:

$$R_o = R_i + t \rightarrow R_o = \mathbf{16,791 \text{ in}}$$

Y con el valor de R_o se obtiene D_o :



$$D_o = D_i + 2 \cdot t_{env}$$

Siendo:

D_o = Diámetro externo de la envolvente

D_i = Diámetro interno en la envolvente

t_{env} = espesor de pared de la envolvente.

Sustituyendo:

$$D_o = 33,583 \text{ in} \rightarrow D_o = 853 \text{ mm}$$

2) CÁLCULO DEL ESPESOR MÍNIMO DE LOS CABEZALES

En cuanto a la geometría de los fondos se ha elegido dos fondos Korbogen cuyas características se adjuntan en la tabla STD-RP-008 al final del anexo y con las cuales se va a dimensionar el fondo así como su espesor:

$$L_i = 0,8 \cdot D_o \rightarrow L_i = 26,866 \text{ in}$$

$$r = 0,154 \cdot D_o \rightarrow r = 5,171 \text{ in}$$

$$H = 0,26 \cdot D_o \rightarrow H = 8,731 \text{ in}$$

$$L_o = L_i + t_{env} \rightarrow L_o = 27,063 \text{ in}$$

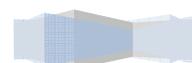
El espesor de los fondos viene dado en la tabla *formulas generales para recipientes* teniendo en cuenta que el radio interior y el cabezal toriesférico cumplen:

$$\frac{L}{r} = \frac{27,063}{5,171} = 5,23 < 16,66$$

La ecuación del espesor vendrá dada por:

$$t_F = \frac{P_D \cdot L_i \cdot M}{2 \cdot SE - 0,2 \cdot P_D} + C$$

$$M = 0,25 \left(3 + \sqrt{\frac{L_i}{r}} \right) = 0,25 \left(3 + \sqrt{\frac{0,8 \cdot D_o}{0,154 \cdot D_o}} \right) = 1,32$$



Siendo:

t_F = espesor del fondo.

P_D = Presión de diseño en psi

L_i = Radio interno en in

S = Tensión máxima admisible

E = eficiencia de la soldadura en el fondo.

C = factor de corrosión

Sustituyendo:

$$t_F = 0,140 \text{ in}$$

Como el espesor del fondo es menor que el espesor de la envolvente existen dos opciones:

- se iguala el espesor del fondo al espesor de la envolvente.
- se añade una pieza de transición.

Se ha elegido la opción *a*) porque la soldadura queda perfecta y además es menos costoso.

$$t_F = t_{env} = t = 0,197 \text{ in}$$

Con el valor de t_F se obtiene la altura de la faldilla para el dimensionamiento del fondo:

$$h = 3,5 \cdot t_F \rightarrow h = 0,689 \text{ in}$$

3) CALCULO DE PESOS

3.1) Peso de la envolvente:

De la expresión del volumen del cilindro y con el valor ya conocido del diámetro exterior se calcula la longitud:

$$V_{cilindro} = \pi \cdot R^2 \cdot L = \pi \cdot \left(\frac{D_o}{2}\right)^2 \cdot L$$

Despejando L, se obtiene la longitud del cilindro:

$$L = \frac{V \cdot 4}{\pi D_o^2}$$

Sustituyendo se obtiene la longitud definitiva que tendrá el recipiente:



$$L = 3,5 \text{ m}$$

Con la densidad del acero que se ha obtenido de la bibliografía y el volumen del cilindro, se obtiene el peso correspondiente a la envolvente:

$$P_{env} = \rho_{acero} \cdot (V_o - V_i) = \frac{\rho \cdot \pi \cdot L}{4} (D_o^2 - D_i^2)$$

Sustituyendo los valores:

$$P_{env} = 362,694 \text{ kg}$$

3.2) Peso de los fondos:

De la gráfica STD-RP-008 con el dato de $D_o=853 \text{ mm}$, se obtienen los siguientes valores:

Kg fondo/mm espesor	7,048
----------------------------	--------------

Por tanto, el peso de un fondo vendrá dado por:

$$7,048 \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm de espesor}} \right) \cdot 5 \text{ mm espesor fondo}$$

Sustituyendo:

$$P_{1\text{fondo}} = 35,24 \text{ kg}$$

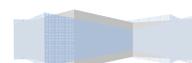
3.3) Peso del contenido almacenado en la envolvente del recipiente:

1.-Peso de los residuos almacenados:

$$m_{res} = \rho_{res} \cdot V_{res}$$

El volumen de los residuos que se tiene en cuenta, corresponde únicamente al volumen que ocupan las 16 bolsas dentro del recipiente.

$$V_{res} = 60 \frac{\text{L}}{\text{bolsa}} \cdot 16 \text{ bolsas} = 960 \text{ L}$$



En cuanto a la densidad del residuo, se toma el valor obtenido en el anexo: caracterización de los RBSE:

$$\rho_{res} = 130,33 \text{ kg/m}^3$$

Sustituyendo:

$$P_{res} = 0,130 \left(\frac{\text{kg}}{\text{L}} \right) \cdot 960 \text{ L} = 125,12 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{P_{res} = 125,12 \text{ kg}}$$

2.-Peso de las cestas:

Cada cesta tiene un peso de 8,74 kg, como hay que tener en cuenta 4 cestas:

$$P_{cestas} = 8,74 \text{ kg} \cdot 4 \text{ cestas} = 34,96 \text{ kg}$$

3.- Peso del vapor en la envoltente:

Se ha considerado que el vapor va a ocupar todo el volumen del recipiente, ya entre los residuos existirán intersticios y huecos que serán ocupados también por el mismo.

Conociendo la temperatura de diseño que en este caso es 162°C y con las tablas del vapor saturado de agua, obtenemos iterando el valor del volumen específico del vapor saturado, v'' :

$$v'' = 0,293 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Por tanto, la densidad del vapor a la temperatura de operación será:

$$\rho_{vap} = \frac{1}{v''} = \frac{1}{0,293 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)} = 3,412 \text{ kg/m}^3$$

$$m_{vap} = \rho_{vap} \cdot V_{recipiente}$$

$$m_{vap} = 3,412 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot 2 \text{ m}^3 = 6,764 \text{ kg}$$

$$\mathbf{P_{vap,env} = 6,764 \text{ kg}}$$

4.- Peso del agua refrigerante:



Corresponde a la cantidad de agua empleada en la fase de enfriamiento de duración 10 minutos para un caudal calculado en el **Anexo IX**, de valor 1,72 m³/h, lo que equivale a 286,34 kg.

3.- Peso total almacenado en la envolvente:

$$P_{total\ contenido\ env} = P_{res} + P_{cestas} + P_{vap,env} + P_{agua\ refriger} =$$

$$P_{total\ contenido\ env} = 125,12\ kg + 34,96\ kg + 6,764\ kg + 286,34\ kg = 452,24\ kg$$

$$P_{Tcont,env} = 453,24\ kg$$

3.4) Peso del vapor en el fondo bombeado:

De la gráfica STD-RP-008 con el dato de $Do=853\ mm$ se obtiene iterando que a este tipo de fondo le corresponden el siguiente volumen de fondo:

Volumen (m ³)	0,08037
---------------------------	---------

Por tanto, el peso del vapor contenido en el fondo vendrá dado por:

$$m_{vap} = \rho_{vapor} \cdot V_{fondo}$$

$$P_{vap\ 1\ fondo} = 3,412 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \cdot 0,08037\ (m^3) = 0,274\ kg$$

$$P_{Tvap, 2\ fondos} = 0,549\ kg$$

3.5) Peso total almacenado en el recipiente completo:

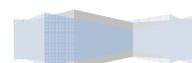
$$P_{Talm,recip} = P_{Talm,env} + P_{Tvap\ 2\ fondos}$$

$$P_{Talm,recip} = 453,24\ kg + 0,549\ kg = 453,79\ kg$$

$$P_{Talm,recip} = 453,79\ kg$$

3.6) Cálculo total de pesos:

Se tiene en cuenta el peso de la estructura completa, incluyendo el peso de la envolvente, el peso de los 2 fondos, y el peso total de lo que está almacenado en su interior que son los residuos, las cestas y el vapor:



$$P_T = P_{env} + 2 \cdot P_{fondo} + P_{Tcont,recip}$$

$$P_T = 362,69 + 2 \cdot 35,24 + 453,79 = 886,96 \text{ kg}$$

$$P_T = \mathbf{886,96 \text{ kg}}$$

4) CÁLCULO DE LA REACCIÓN QUE PROVOCA EL PESO TOTAL EN CADA CUNA

Viene dada por la expresión:

$$Q = \frac{P_T}{N^{\circ} \text{ cunas}}$$

$$Q = \frac{886,96 \text{ kg}}{2} = 443,48 \text{ kg} \rightarrow Q = \mathbf{443,48 \text{ kg}}$$

5) CÁLCULO DEL ANGULO DE CONTACTO CON LA CUNA

En principio se van a situar las cunas con un ángulo de 120°, si tras la comprobación se observa que este ángulo no sirve, se aumentará a 150°.

$$\theta = 120^{\circ} \rightarrow A = \frac{Ro}{2}$$

$$A = \frac{Ro}{2} = \frac{0,426 \text{ m}}{2} = 0,213 \text{ m} \rightarrow A = \mathbf{0,213 \text{ m}}$$

$$\frac{A}{L} = \frac{0,213 \text{ m}}{3,5 \text{ m}} = 0,061 \rightarrow \frac{A}{L} = \mathbf{0,061}$$

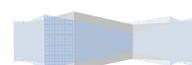
Para que el ángulo sirva debe cumplir dos requisitos:

$$a) A \leq 0,2 \cdot L \rightarrow 0,213 \leq 0,694$$

$$b) 0 \leq \frac{A}{L} \leq 0,2 \rightarrow 0 \leq 0,061 \leq 0,2$$

Como cumple los dos requisitos el $\theta = 120^{\circ}$ es adecuado. Con el valor de 120° obtenemos de la gráfica *Valores de la constante K* los valores de las constantes:

$\theta = 120^{\circ}$	
K1	0,335



K3	0,319
K4	1,171
K5	0,88
K7	0,015
K8	0,401
K9	0,76

Tabla 39

6) CÁLCULO DE TENSIONES:

6.1) Cálculo de tensiones en la envolvente debido a la flexión longitudinal.

a) En la Zona de apoyo

$$\sigma_1 = \mp \frac{Q \cdot A \cdot \left(1 - \left(1 - \frac{\frac{A}{L} + \frac{R^2 - H^2}{2 \cdot A \cdot L}}{1 + \frac{4}{3} \cdot \frac{H}{L}} \right) \right)}{K_1 \cdot R^2 \cdot (t - C)} \text{ kg/cm}^2$$

Siendo:

σ_1 = tensión sobre la envolvente en la zona de apoyos (kg/cm²)

Q= Carga debida al peso (Kg)

A= Factor A

L=longitud entre líneas de tangencia (cm)

R=Ro= radio exterior (cm)

H= altura del fondo (cm)

K1= constante obtenida a partir del ángulo 120º

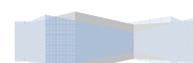
t= espesor de la envolvente (cm)

C= factor de corrosión (cm)

Sustituyendo se obtiene un valor de:

$$\sigma_1 = 2,33 \text{ kg/cm}^2$$

a) En el centro del vano:



$$\sigma_2 = \bar{\tau} \frac{Q \cdot L \cdot \left[\frac{\left(1 + 2 \cdot \frac{R^2 - H^2}{L^2}\right)}{\left(1 + \frac{4}{3} \cdot \frac{H}{L}\right)} - 4 \frac{A}{L} \right]}{4\pi \cdot R^2 \cdot (t - C)} \text{ kg/cm}^2$$

Siendo:

σ_2 = tensión sobre la envolvente en la zona del centro del vano (kg/cm^2)

Q = Carga debida al peso (Kg)

A = Factor A

L = Longitud entre líneas de tangencia (cm)

$R=R_o$ = radio exterior (cm)

H = Altura del fondo (cm)

t = Espesor de la envolvente (cm)

C = factor de corrosión (cm)

Sustituyendo se obtiene un valor de:

$$\sigma_2 = 13,54 \text{ kg/cm}^2$$

Se elige el mayor de ambos valores σ_1 y σ_2 :

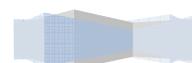
$$\sigma = \text{Mayor valor de } |\sigma_1; \sigma_2| = \sigma_2$$

$$\sigma = 13,54 \text{ kg/cm}^2$$

6.2) Cálculo de tensiones en la envolvente debidas a la presión interior.

a) *Por tensión circunferencial:*

En función del diámetro interior:



$$\sigma_{PC} = \frac{P_D \cdot D_o - 0,8 \cdot P_D \cdot (t - C)}{2 \cdot E \cdot (t - C)} \text{ kg/cm}^2$$

Siendo:

σ_{PC} = Tensión circunferencial debidas a la presión interior (kg/cm²)

D_o = Diámetro exterior (cm)

t = Espesor de la envolvente (cm)

C = factor de corrosión (cm)

P_D = Presión de diseño (kg/cm²)

Sustituyendo:

$$\sigma_{PC} = 1024,72 \text{ kg/cm}^2$$

Como:

$$\sigma_{PC} < S \quad \rightarrow \quad 1024,72 < 1288,4$$

t envolvente correcto

a) *Por tensión longitudinal:*

En función del diámetro interior:

$$\sigma_{PL} = \frac{P_D \cdot (D_o + 2 \cdot C)}{4 \cdot (t - C)} \text{ kg/cm}^2$$

Siendo:

σ_{PL} = Tensión circunferencial debidas a la presión interior (kg/cm²)

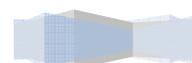
D_o = Diámetro exterior (cm)

t = Espesor de la envolvente (cm)

C = factor de corrosión (cm)

P_D = Presión de diseño (kg/cm²)

Sustituyendo:

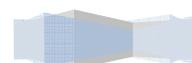


$$\sigma_{PL} = 361,1 \text{ kg/cm}^2$$

Como:

$$\sigma_{PL} < S \quad \rightarrow \quad 361,1 < 1288,4$$

t envolvente correcto



7) CÁLCULO DE TENSIONES COMBINADAS

Debidas a la presión interior y a la flexión longitudinal:

7.1) A tracción:

Con el dato de σ calculamos $\sigma + \sigma_{PL}$:

$$\sigma + \sigma_{PL} = 13,54 \text{ kg/cm}^2 + 361,1 \text{ kg/cm}^2 = 374,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma + \sigma_{PL} = 374,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$S \cdot E = 1288,4 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) \cdot 0,7 = 901,88 \text{ kg/cm}^2$$

$$S \cdot E = 901,88 \text{ kg/cm}^2$$

Como:

$$\sigma + \sigma_{PL} < S \cdot E \rightarrow 374,65 < 901,88$$

***t* envolvente correcto**

7.2) A compresión:

Para que el espesor de la envolvente sea correcto, σ debe cumplir dos condiciones:

1. Ser menor que el *factor de compresión*, X :

$$X = \frac{E_L}{29} \cdot \frac{(t - c)}{R} \cdot \left(2 - \frac{200}{3} \cdot \frac{(t - c)}{R} \right)$$

Sustituyendo:

$$X = 763,97 \text{ kg/cm}^2$$

2. Ser menor que la mitad del límite elástico:

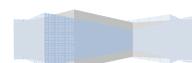
$$\sigma \leq \frac{1}{2} \cdot \sigma_F$$

Siendo:

X =factor de compresión (kg/cm^2)

t = Espesor de la envolvente (cm)

C = factor de corrosión (cm)



$R=R_o$ = radio exterior (cm)

E_L =módulo de elasticidad (kg/cm²)

σ_F =límite elástico (kg/cm²)

De las ecuaciones anteriores:

$$\sigma < X \quad \rightarrow \quad 13,54 < 763,97$$

$$\sigma \leq \frac{1}{2} \cdot \sigma_F \quad \rightarrow \quad 13,54 < 1054,39$$

Como se cumple:

$$\sigma < X \quad y \quad \sigma \leq \frac{1}{2} \cdot \sigma_F$$

***t* correcto**

Por tanto, como el espesor de la envolvente es correcto no hace falta instalar un anillo rigidizador ni aumentar el espesor.

8) CÁLCULO DE TENSIONES EN LA ENVOLVENTE DEBIDAS A LOS ESFUERZOS CORTANTES:

Se plantean tres casos:

a) $\sigma > X$

b) $A/R_o > 0,5$

c) $A/R_o \leq 0,5$

Se toma la opción c) que es el correspondiente a una envolvente rigidizada por fondos.

La tensión viene dada por la siguiente expresión:

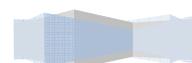
$$\sigma_6 = k_5 \cdot \frac{Q}{R_o \cdot (t - c)}$$

Siendo:

σ_6 = Tensión en la envolvente debida a los esfuerzos cortantes (kg/cm²)

Q = Carga debida al peso (Kg)

A = Factor A



$R=R_o$ = radio exterior (cm)

K_5 = Constante obtenida a partir del ángulo 120°.

t = Espesor de la envolvente (cm)

C = factor de corrosión (cm)

Sustituyendo se obtiene un valor de:

$$\sigma_6 = 26,14 \text{ kg/cm}^2$$

σ_6 debe de cumplir:

$$\sigma_6 < 0,8 \cdot S = 1030,72 \text{ kg/cm}^2$$

$$26,14 < 1030,72$$

t correcto

9) CÁLCULO DE TENSIONES EN LOS FONDOS KORBBOGEN

Utilizando la medida más restrictiva que corresponde al radio exterior del fondo, L_o :

$$\sigma_{PCF} = \frac{1,32 \cdot P_D \cdot L_o - 1,12 \cdot P_D \cdot (t_F - C)}{2 \cdot E \cdot (t_F - C)}$$

Siendo:

σ_{PCF} = Tensión debida a la presión interior (kg/cm²)

L_o =Radio exterior del fondo (cm)

t_F = Espesor del fondo (cm)

C = factor de corrosión (cm)

P_D = Presión de diseño (kg/cm²)

E = Eficiencia de la junta en los fondos

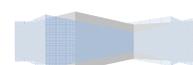
Sustituyendo obtenemos:

$$\sigma_{PCF} = 1088,89 \text{ kg/cm}^2$$

Como:

$$\sigma_{PCF} \leq S \quad \rightarrow \quad 1088,89 < 1288,41$$

t correcto



10) CÁLCULO DE TENSIONES EN LOS FONDOS KORBBOGEN DEBIDOS A ESFUERZOS CORTANTES

En el caso de envolvente rigidizada por los fondos:

$$\frac{A}{R_0} \leq 0,5$$

10.1) Esfuerzos cortantes tangenciales:

$$\sigma_5 = k_5 \cdot \frac{Q}{R_0 \cdot (t - c)}$$

Siendo:

σ_5 = Tensión en el fondo debida a los esfuerzos cortantes (kg/cm²)

Q = Carga debida al peso (Kg)

$R=R_0$ = Radio exterior (cm)

K_5 = Constante obtenida a partir del ángulo 120°

t = Espesor de los fondos (cm)

C = factor de corrosión (cm)

Sustituyendo se obtiene un valor de:

$$\sigma_5 = 26,14 \text{ kg/cm}^2$$

σ_5 debe de cumplir:

$$\sigma_5 < 0,8 \cdot S = 1030,72 \text{ kg/cm}^2$$

Como:

$$26,14 < 1030,72$$

t correcto

10.2) Esfuerzos cortantes horizontales combinados con los debidos a la presión interior:

$$\sigma_8 = k_8 \cdot \frac{Q}{R_0 \cdot (t - c)}$$

Siendo:



σ_8 = Tensión en el fondo debida a los esfuerzos cortantes (kg/cm^2)

Q = Carga debida al peso (Kg)

$R=R_0$ = Radio exterior (cm)

K_8 = Constante obtenida a partir del ángulo 120°

t = Espesor de los fondos (cm)

C = factor de corrosión (cm)

Sustituyendo se obtiene un valor de:

$$\sigma_8 = 11,91 \text{ kg/cm}^2$$

Se debe de cumplir:

$$\sigma_8 + \sigma_{PCF} < 0,25 \cdot S$$

Sustituyendo:

$$\sigma_8 + \sigma_{PCF} = 1100,81 \text{ kg/cm}^2$$

$$1,25 \cdot S = 1610,51 \text{ kg/cm}^2$$

Como:

$$1100,81 < 1620,95$$

t correcto



11) CÁLCULO DE TENSIONES CIRCUNFERENCIALES EN EL EXTREMO DE LA CUNA.

Se pueden presentar dos casos:

$$a) \frac{L}{R_o} \geq 8 \quad y \quad b) \frac{L}{R_o} < 8$$

Como:

$$\frac{L}{R_o} = 8,21 \geq 8$$

La expresión de la tensión viene dada por:

$$\sigma_7 = - \frac{Q}{4 \cdot (t - c) [b + 1,56\sqrt{R \cdot (t - c)}]} - k_7 \frac{3 \cdot Q}{2 \cdot (t - c)^2}$$

Siendo:

σ_7 = Tensión circunferencial en el extremo de la cuna (kg/cm²)

Q = Carga debida al peso (Kg)

R = R_o = Radio exterior (cm)

K₇ = Constante obtenida a partir del ángulo 120°

t = Espesor de los fondos (cm)

C = factor de corrosión (cm)

b = Ancho de la cuna

El ancho de la cuna **b**, viene dada por la siguiente expresión:

$$b = G + 25 + 25 \text{ (mm)}$$

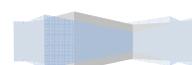
De la grafica STD-RP-003 con el dato de Do=853 mm se obtiene el valor de G:

G (mm)	150
---------------	------------

Se obtiene:

$$b = 150 + 25 + 25 = 200 \text{ (mm)}$$

Sustituyendo en σ_7 :



$$\sigma_7 = -93,62 \text{ kg/cm}^2$$

Debe cumplir:

$$|\sigma_7| < 1,25 \cdot S$$

Como:

$$93,62 < 1610,51$$

t correcto

12) CÁLCULO DE TENSIONES DE COMPRESIÓN DEBIDAS A LA REACCIÓN DE LA CUNA

Como no existe placa de refuerzo la tensión viene dada por la expresión:

$$\sigma_9 = k_9 \frac{Q}{(t - c) [b + 1,56\sqrt{R \cdot (t - c)}]}$$

Siendo:

σ_9 =Tensión circunferencial en el extremo de la cuna (kg/cm²)

Q= Carga debida al peso (Kg)

R=Ro=Radio exterior (cm)

K₉= Constante obtenida a partir del ángulo 120º

t= Espesor de los fondos (cm)

C= factor de corrosión (cm)

b= Ancho de la cuna

Sustituyendo se obtiene un valor de:

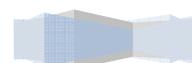
$$\sigma_9 = 37 \text{ kg/cm}^2$$

Debe cumplir:

$$\sigma_9 < \frac{1}{2} \cdot \sigma_F$$

Como:

$$37 < 1054,39$$



t correcto

Una vez finalizado el algoritmo, se puede asegurar que el espesor elegido tanto para la envolvente como para los fondos es correcto.

22.1.2 Prueba hidráulica

Todo recipiente sometido a presión debe ser comprobado antes de su puesta en operación en la envolvente y en los fondos.

I. EN LA ENVOLVENTE:

Se adopta el valor el mayor de los requeridos por el recipiente, en este caso, el valor de la presión de prueba hidráulica en la parte superior del recipiente y medida en su posición de servicio.

Se determinará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$P_H = 1,5 \cdot P \cdot \left(\frac{S_H}{S_D} \right) \left(\frac{t_{env}}{t_{env} - C} \right)$$

Siendo:

P_H =Presión de prueba hidráulica

P_D = Presión de diseño

S_H = tensión máxima admisible del material a la temperatura de prueba

S_D =tensión máxima admisible del material a la temperatura de diseño

t = espesor total del recipiente incluido el sobreespesor para corrosión

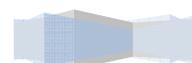
C = sobreespesor de corrosión.

Limitaciones:

- a) Para el cociente que se muestra a continuación, se tomará el de la sección del recipiente que dé un valor mas bajo, pero nunca superará a 1,2.

$$\left(\frac{t_{env}}{t_{env} - C} \right) = \left(\frac{5 \text{ mm}}{5 \text{ mm} - 1,5 \text{ mm}} \right) = 1,43 > 1,2$$

Como no puede ser superior a **1,2** se toma dicho valor:



$$\left(\frac{t_{env}}{t_{env} - C}\right) = 1,2$$

- b) Se considera que la temperatura de prueba va a ser igual a la temperatura de diseño, por lo que la tensión máxima admisible a la temperatura de prueba es igual que a la temperatura de diseño:

$$T_{prueba} = T_{diseño} = 162^{\circ}C \rightarrow \left(\frac{S_H}{S_D}\right) = 1$$

Sustituyendo en la ecuación principal, se obtiene un valor de:

$$P_H = 1,5 \cdot 5,91 \cdot 1 \cdot 1,2 = 10,63 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_H = 10,63 \text{ kg/cm}^2$$

De la expresión que se utilizó para calcular el espesor de la envolvente sometida a esfuerzos circunferenciales, sustituimos el valor de P_H y obtenemos el valor de la tensión máxima admisible para la presión de prueba hidráulica S_p :

$$t = \frac{P_H \cdot R_o}{S_p E + 0,4 P_D}$$

Despejando S_p :

$$S_p = \frac{\left(\frac{P_H \cdot R_o}{t_{env}}\right) - 0,4 P_H}{E}$$

Sustituyendo se obtiene un valor de:

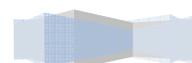
$$S_p = 1289,32 \text{ kg/cm}^2$$

Se comprueba que la máxima tensión admisible de trabajo, S_p , producida en el material del recipiente durante la prueba no alcanza el límite admisible del 90% del límite elástico.

Así:

$$S_p < 0,9 \cdot \sigma_F \rightarrow 1289,32 < 1897,90$$

t correcto



II. EN LOS FONDOS

Se utiliza la misma expresión que en el apartado anterior, sólo que esta vez referida al espesor de los fondos:

$$P_H = 1,5 \cdot P \cdot \left(\frac{S_H}{S_D}\right) \left(\frac{t_{\text{fondo}}}{t_{\text{fondo}} - C}\right)$$

Se utiliza del mismo modo las limitaciones anteriores, por tanto llegamos al mismo valor de presión hidráulica P_H :

$$P_H = 10,63 \text{ kg/cm}^2$$

De la expresión que se utilizó para calcular el espesor del fondo Korbogen sometida a esfuerzos circunferenciales, sustituimos el valor de P_H y obtenemos el valor de la tensión máxima admisible para la presión de prueba hidráulica S_p :

$$t_F = \frac{P_H \cdot L_o \cdot 1,32}{2 \cdot SE + (M - 0,2) \cdot P_H}$$

Despejando S_p :

$$S_p = \frac{\frac{P_H \cdot L_o \cdot M}{t_F} - P_H(M - 0.2)}{2 \cdot E}$$

Sustituyendo:

$$S_p = 1369,46 \text{ kg/cm}^2$$

Se comprueba que la máxima tensión admisible de trabajo, S_p , producida en el material del recipiente durante la prueba no alcanza el límite admisible del 90% del límite elástico.

Así:

$$S_p < 0,9 \cdot \sigma_F \quad \rightarrow \quad 1369,46 < 1897,90$$

t correcto



22.1.3 Tablas utilizadas

TABLA A. 8
Propiedades termodinámicas del vapor de agua saturado
(Entrada por presiones)

Presión de saturación Kg/cm ² <i>p</i>	Temperatura de saturación °C <i>t</i>	Volumen específico del vapor satur. m ³ /Kg <i>v''</i>	Entropía Kcal/Kg·°K		Entalpía Kcal/Kg	
			Del líquido <i>s'</i>	Del vapor <i>s''</i>	Del líquido <i>h'</i>	Del vapor <i>h''</i>
0,01	6,70	131,7	0,0243	2,1447	6,73	600,1
0,015	12,74	89,64	0,0457	2,1096	12,78	602,8
0,02	17,20	68,27	0,0612	2,0847	17,24	604,8
0,025	20,78	55,28	0,0735	2,0655	20,80	606,4
0,03	23,77	46,53	0,0836	2,0499	23,79	607,7
0,04	28,64	35,46	0,0998	2,0253	28,65	609,8
0,05	32,55	28,73	0,1126	2,0064	32,55	611,5
0,06	35,82	24,19	0,1232	1,9908	35,81	612,9
0,08	41,16	18,45	0,1402	1,9664	41,14	615,2
0,10	45,45	14,95	0,1538	1,9478	45,41	617,0
0,12	49,06	12,60	0,1650	1,9326	49,01	618,5
0,15	53,60	10,21	0,1790	1,9140	53,54	620,5
0,20	59,67	7,795	0,1974	1,8903	59,61	623,1
0,25	64,56	6,322	0,2120	1,8718	64,49	625,1
0,30	68,68	5,328	0,2241	1,8567	68,61	626,8
0,35	72,24	4,614	0,2345	1,8436	72,17	628,2
0,40	75,42	4,069	0,2437	1,8334	75,36	629,5
0,50	80,86	3,301	0,2592	1,8150	80,81	631,6
0,60	85,45	2,783	0,2721	1,8001	85,41	633,4
0,70	89,45	2,409	0,2832	1,7874	89,43	634,9
0,80	92,99	2,125	0,2930	1,7767	92,99	636,2
0,90	96,18	1,904	0,3018	1,7673	96,19	637,4
1,0	99,09	1,725	0,3096	1,7587	99,12	638,5
1,1	101,76	1,578	0,3168	1,7510	101,81	639,4
1,2	104,25	1,455	0,3235	1,7440	104,32	640,3
1,3	106,56	1,350	0,3297	1,7375	106,66	641,2
1,4	108,74	1,259	0,3354	1,7315	108,85	642,0
1,5	110,79	1,180	0,3408	1,7260	110,92	642,8
1,6	112,73	1,111	0,3459	1,7209	112,89	643,5
1,8	116,33	0,9952	0,3554	1,7115	116,54	644,7
2,0	119,62	0,9016	0,3638	1,7029	119,87	645,8
2,2	122,65	0,8246	0,3715	1,6952	122,9	646,8
2,4	125,46	0,7601	0,3786	1,6884	125,8	647,8
2,6	128,08	0,7052	0,3853	1,6819	128,5	648,7
2,8	130,55	0,6578	0,3914	1,6759	131,0	649,5
3,0	132,88	0,6166	0,3973	1,6703	133,4	650,3
3,2	135,08	0,5804	0,4028	1,6650	135,6	650,9
3,4	137,18	0,5483	0,4081	1,6601	137,8	651,6
3,6	139,18	0,5196	0,4130	1,6557	139,8	652,2
3,8	141,09	0,4939	0,4176	1,6514	141,8	652,8
4,0	142,92	0,4706	0,4221	1,6474	143,6	653,4
4,5	147,20	0,4213	0,4326	1,6380	148,0	654,7
5,0	151,11	0,3816	0,4422	1,6297	152,1	655,8
5,5	154,71	0,3489	0,4510	1,6195	155,8	656,9
6,0	158,08	0,3213	0,4591	1,6151	159,3	657,8
6,5	161,15	0,2980	0,4666	1,6088	162,6	658,7
7,0	164,17	0,2778	0,4737	1,6029	165,6	659,4

Tabla 40: PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DEL VAPOR SATURADO



Table UHA-23

SECTION VIII — DIVISION 1

TABLE UHA-23 (CONT'D)
 MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES IN TENSION FOR HIGH-ALLOY STEEL
 (CAUTION: See UW-12 for vessels constructed under Part UW)

Nominal Composition	P- No.	Group No.	Product Form	Spec. No.	Grade	Notes	Specified Min. Yield, ksi	Specified Min. Tensile, ksi	Maximum Allowable Stress, ksi (Multiply by 1000 to Obtain psi), for Metal Temp., °F, Not Exceeding						
									-20 to 100	200	300	400	500	600	650
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Plate	SA-240	316	(1)(8)(10)	30.0	75.0	18.8	18.8	18.4	18.1	18.0	17.0	16.7
18Cr-13Ni-3Mo	8	1	Plate	SA-240	317	(1)(8)(10)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Smls. Tb.	SA-213	TP316	(1)(8)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Smls. Tb.	SA-213	TP316H	(1)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Smls. Pp.	SA-312	TP316	(1)(8)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Smls. Pp.	SA-312	TP316H	(1)									
18Cr-13Ni-3Mo	8	1	Smls. Pp.	SA-312	317	(1)(8)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Smls. Pp.	SA-376	TP316	(1)(8)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Smls. Pp.	SA-376	TP316H	(1)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Cast Pp.	SA-452	TP316H	(1)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Forg.	SA-182	F316	(1)(8)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Forg.	SA-182	F316H	(1)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Bar	SA-479	316	(1)(8)(10)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Plate	SA-240	316	(8)(10)	30.0	75.0	18.8	16.2	14.6	13.4	12.5	11.8	11.6
18Cr-13Ni-3Mo	8	1	Plate	SA-240	317	(8)(10)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Smls. Tb.	SA-213	TP316	(8)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Smls. Tb.	SA-213	TP316H	(8)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Smls. Pp.	SA-312	TP316	(8)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Smls. Pp.	SA-312	TP316H	(8)									
18Cr-13Ni-3Mo	8	1	Smls. Pp.	SA-312	TP317	(8)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Smls. Pp.	SA-376	TP316	(8)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Smls. Pp.	SA-376	TP316H	(8)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Cast. Pp.	SA-452	TP316H	(8)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Forg.	SA-182	F316	(8)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Forg.	SA-182	F316H	(8)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Bar	SA-479	316	(8)(10)									
18Cr-13Ni-3Mo	8	1	Plate	SA-240	317L	(1)	30.0	75.0	18.8	18.8	18.4	18.1	18.0	17.0	16.7
18Cr-13Ni-3Mo	8	1	Plate	SA-240	317L	(1)	30.0	75.0	18.8	16.2	14.6	13.4	12.5	11.8	11.6
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Wld. Tb.	SA-249	TP316	(1)(4)(8)	30.0	75.0	16.0	16.0	15.6	15.4	15.3	14.5	14.2
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Wld. Tb.	SA-249	TP316H	(1)(4)									
18Cr-13Ni-3Mo	8	1	Wld. Tb.	SA-249	TP317	(1)(4)(8)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Wld. Pp.	SA-312	TP316	(1)(4)(8)									
16Cr-12Ni-2Mo	8	1	Wld. Pp.	SA-312	TP316H	(1)(4)									
18Cr-13Ni-3Mo	8	1	Wld. Pp.	SA-312	TP317	(1)(4)(8)									
18Cr-13Ni-3Mo	8	1	Wld. Tb.	SA-688	TP316	(1)(4)(8)									
18Cr-18Ni-2Si	8	1	Wld. Tb.	SA-312	XM-15	(1)(4)									
18Cr-18Ni-2Si	8	1	Plate	SA-240	XM-15	(1)	30.0	75.0	18.8	17.7	16.6	16.1	15.9	15.9	15.9
18Cr-18Ni-2Si	8	1	Plate	SA-240	XM-15	(1)	30.0	75.0	18.8	15.6	14.0	12.9	12.1	11.4	11.2
18Cr-18Ni-2Si	8	1	Smls. Tb.	SA-213	XP-15	(1)	30.0	75.0	18.8	17.7	16.6	16.1	15.9	15.9	15.9
18Cr-18Ni-2Si	8	1	Smls. Tb.	SA-213	XP-15	(1)	30.0	75.0	18.8	15.6	14.0	12.9	12.1	11.4	11.2
18Cr-18Ni-2Si	8	1	Wld. Tb.	SA-249	XM-15	(1)(11)	30.0	75.0	15.9	15.1	14.1	13.7	13.5	13.5	13.5
18Cr-18Ni-2Si	8	1	Wld. Tb.	SA-249	XM-15	(4)	30.0	75.0	15.9	13.3	11.9	11.0	10.3	9.7	9.5

Tabla 41: PROPIEDADES FÍSICAS DEL ACERO DE ALTA ALEACIÓN



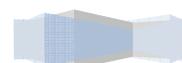
TABLES

Table UHA-23

TABLE UHA-23 (CONT'D)
 MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES IN TENSION FOR HIGH-ALLOY STEEL
 (CAUTION: See UW-12 for vessels constructed under Part UW)

Maximum Allowable Stress, ksi (Multiply by 1000 to Obtain psi), for Metal Temp., °F, Not Exceeding																Spec. No.	Ext. Press. Chart Fig. No.	
700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450			1500
16.3	16.1	15.9	15.7	15.5	15.4	15.3	14.5	12.4	9.8	7.4	5.5	4.1	3.1	2.3	1.7	1.3	SA-240 SA-240 SA-213 SA-213 SA-312 SA-312 SA-312 SA-376 SA-376 SA-452 SA-162 SA-162 SA-479	UHA-28.2 UHA-28.2 (1E)
11.3	11.2	11.0	10.9	10.8	10.7	10.6	10.5	10.3	9.3	7.4	5.5	4.1	3.1	2.3	1.7	1.2	SA-240 SA-240 SA-213 SA-213 SA-312 SA-312 SA-312 SA-376 SA-376 SA-452 SA-162 SA-162 SA-479	UHA-28.2 UHA-28.2 (1E)
16.3	16.1	15.9	15.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-240	UHA-28.4
11.3	11.2	11.0	10.9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-240	UHA-28.4
13.9	13.7	13.5	13.4	13.2	13.1	13.0	12.3	10.6	8.4	6.3	4.7	3.5	2.6	1.9	1.5	1.1	SA-249 SA-249 SA-249 SA-312 SA-312 SA-312 SA-688	UHA-28.2
9.4	9.2	8.9	8.8	8.6	8.4	8.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-312	UHA-28.2
15.9	15.5	15.1	14.9	14.6	14.3	13.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-240	UHA-28.2
11.0	10.8	10.5	10.3	10.1	9.9	9.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-240	UHA-28.2
15.9	15.5	15.1	14.9	14.6	14.3	13.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-213	UHA-28.2
11.0	10.8	10.5	10.3	10.1	9.9	9.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-213	UHA-28.2
13.5	13.2	12.9	12.6	12.4	12.2	11.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-249	UHA-28.2
9.4	9.2	8.9	8.8	8.6	8.4	8.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-249	UHA-28.2

Tabla 42: PROPIEDADES FÍSICAS DEL ACERO DE ALTA ALEACIÓN (CONTINUACIÓN)



APPENDIX 5—MANDATORY

Figs. 5-UHA-28.2-S-UHA-28.3

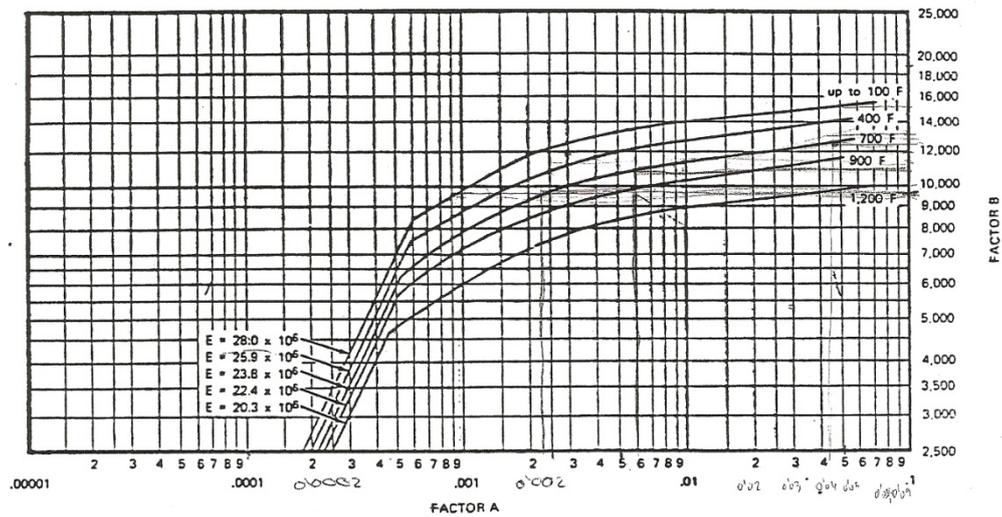
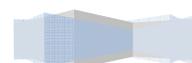


FIG. 5-UHA-28.2 CHART FOR DETERMINING SHELL THICKNESS OF CYLINDRICAL AND SPHERICAL VESSELS UNDER EXTERNAL PRESSURE WHEN CONSTRUCTED OF AUSTENITIC STEEL [18Cr-8Ni-Mo, TYPE 316; 18Cr-8Ni-Ti, TYPE 321; 18Cr-8Ni-Cb, TYPE 347; 25Cr-12Ni, TYPE 309 (THROUGH 1100°F ONLY); 25Cr-20Ni, TYPE 310; AND 17Cr, TYPE 430B STAINLESS STEEL (THROUGH 700°F ONLY)] [NOTE (8)]

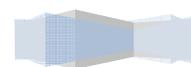
ac inoxidable

Tabla 43: PROPIEDADES FÍSICAS DEL ACERO DE ALTA ALEACIÓN (FIN)



TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS				
TIPOS NORMA UW-12	EFICIENCIA DE LA JUNTA, E Cuando la junta es:			
		a. Radiogra- fiada total- mente	b. Examinada por zonas	c. No Examinada
<p>1</p> 	<p>Junta a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura.</p>	1.00	0.85	0.70
<p>2</p>  <p>En juntas circunferenciales únicamente</p>	<p>Junta a tope de un solo cordón con tira de respaldo que queda en su lugar después de soldar</p>	0.90	0.80	0.65
<p>3</p> 	<p>Junta a tope de un solo cordón sin tira de respaldo</p>	—	—	0.60
<p>4</p> 	<p>Junta a traslape de doble filete completo</p>	—	—	0.55
<p>5</p> 	<p>Junta a traslape de un solo filete completo con soldaduras de tapón</p>	—	—	0.50
<p>6</p> 	<p>Junta a traslape de un solo filete completo sin soldaduras de tapón</p>	—	—	0.45

Tabla 44: TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS



Fórmulas generales para recipientes

Parte	Fórmula del esfuerzo	Espesor, t		Presión, P		Esfuerzo, S	
		Diámetro interior	Diámetro exterior	Diámetro interior	Diámetro exterior	Diámetro interior	Diámetro exterior
Casco							
Longitudinal [Sección UG-27(c)(2)]*	$\sigma_x = \frac{PR_m}{2t}$	$\frac{PR_i}{2SE + .4P}$	$\frac{PR_o}{2SE + 1.4P}$	$\frac{2SE}{R_i - .4t}$	$\frac{2SE}{R_o - 1.4t}$	$\frac{P(R_i + .4t)}{2Et}$	$\frac{P(R_o - 1.4t)}{2Et}$
Circunferencial [Sección UG-27(c)(1); Sección 1-1 (a)(1)]*	$\sigma_\theta = \frac{PR_m}{t}$	$\frac{PR_i}{SE - .6P}$	$\frac{PR_o}{SE + .4P}$	$\frac{SE}{R_i + .6t}$	$\frac{SE}{R_o - .4t}$	$\frac{P(R_i + .6t)}{Et}$	$\frac{P(R_o - .4t)}{Et}$
Cabezales							
Semiesférico [Sección 1-1(a)(2); Sección UG-27(d)]*	$\sigma_x = \sigma_\theta = \frac{PR_m}{2t}$	$\frac{PR_i}{2SE - .2P}$	$\frac{PR_o}{2SE + .8P}$	$\frac{2SE}{R_i + .2t}$	$\frac{2SE}{R_o - .8t}$	$\frac{P(R_i + .2t)}{2Et}$	$\frac{P(R_o - .8t)}{2Et}$
Elipsoidal [Sección 1-4(c)]*	Véase PROCEDIMIENTO 2	$\frac{PD_iK}{2SE - .2P}$	$\frac{PD_oK}{2SE + 2P(K - .1)}$	$\frac{2SE}{KD_i + .2t}$	$\frac{2SE}{KD_o - 2t(K - .1)}$	Véase PROCEDIMIENTO 2	Véase PROCEDIMIENTO 2
2:1 SE [Sección UG-32(d)]*	"	$\frac{PD_i}{2SE - .2P}$	$\frac{PD_o}{2SE + 1.8P}$	$\frac{2SE}{D_i + .2t}$	$\frac{2SE}{D_o - 1.8t}$	"	"
100% - 6% Torisférica [Sección UG-32(e)]*	"	$\frac{.885PL_i}{SE - .1P}$	$\frac{.885PL_o}{SE + .8P}$	$\frac{SE}{.885L_i + .1t}$	$\frac{SE}{.885L_o - .8t}$	"	"
Torisférica $L_i < 16.66$ [Sección 1-4(d)]*	"	$\frac{PL_M}{2SE - .2P}$	$\frac{PL_M}{2SE + P(M - .2)}$	$\frac{2SE}{L_M + .2t}$	$\frac{2SE}{L_M - t(M - .2)}$	"	"
Cono							
Longitudinal	$\sigma_x = \frac{PR_m}{2t \cos \alpha}$	$\frac{PD_i}{4 \cos \alpha(SE + .4P)}$	$\frac{PD_o}{4 \cos \alpha(SE + 1.4P)}$	$\frac{4SEt \cos \alpha}{D_i - .8t \cos \alpha}$	$\frac{4SEt \cos \alpha}{D_o - 2.8t \cos \alpha}$	$\frac{P(D_i - .8t \cos \alpha)}{4Et \cos \alpha}$	$\frac{P(D_o - 2.8t \cos \alpha)}{4Et \cos \alpha}$
Circunferencial [Sección 1-4(e); Sección UG-32(g)]*	$\sigma_\theta = \frac{PR_m}{t \cos \alpha}$	$\frac{PD_i}{2 \cos \alpha(SE - .6P)}$	$\frac{PD_o}{2 \cos \alpha(SE + .4P)}$	$\frac{2SEt \cos \alpha}{D_i + 1.2t \cos \alpha}$	$\frac{2SEt \cos \alpha}{D_o - .8t \cos \alpha}$	$\frac{P(D_i + 1.2t \cos \alpha)}{2Et \cos \alpha}$	$\frac{P(D_o - .8t \cos \alpha)}{2Et \cos \alpha}$

* ASME Boiler and Pressure Vessel Code, sección VIII, división 1, edición de 1983, American Society of Mechanical Engineers.

Tabla 45: FORMULAS GENERALES PARA RECIPIENTES



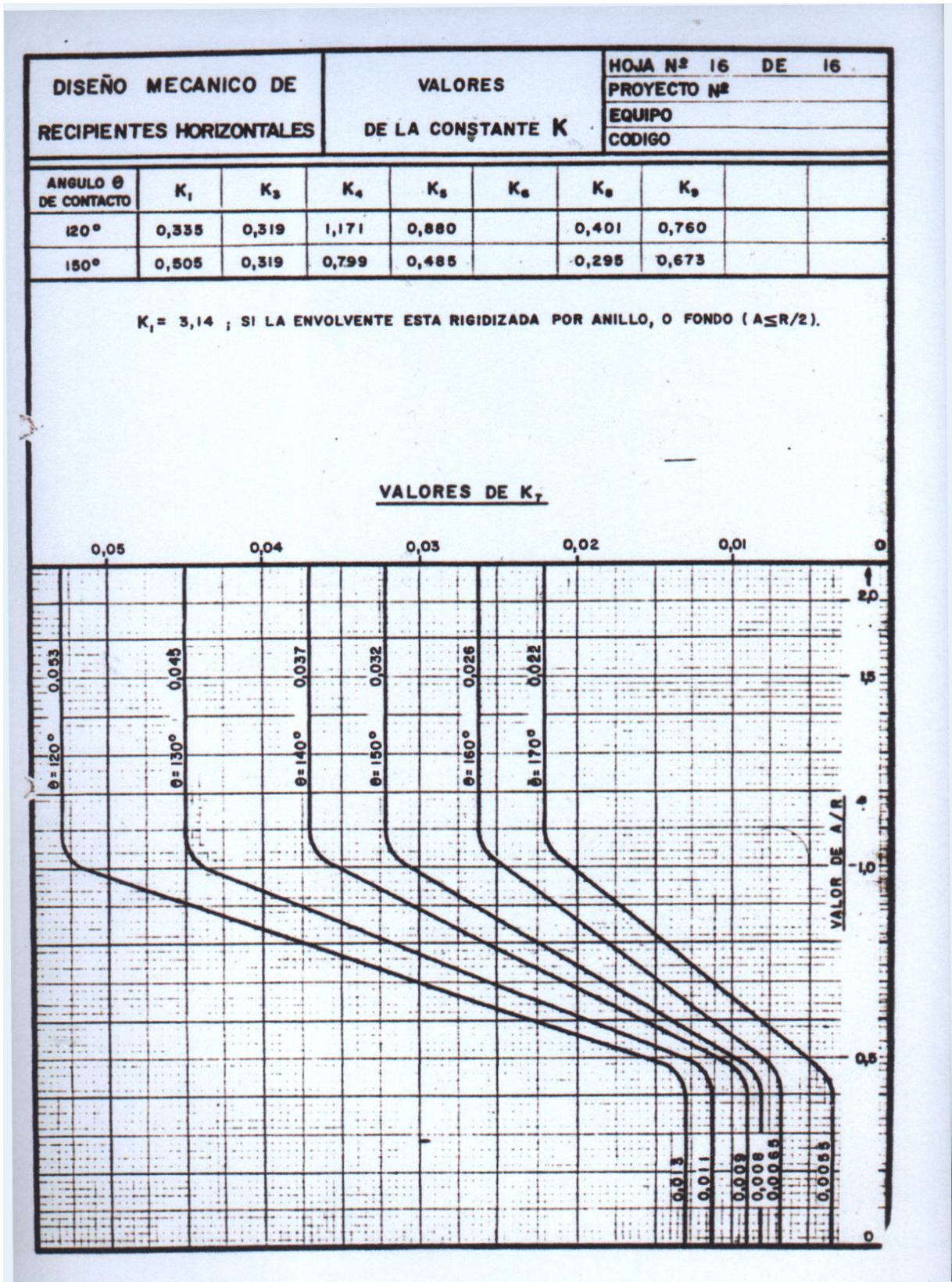
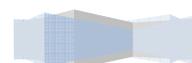
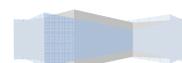


Tabla 46: VALORES DE LA CONSTANTE K



REVISION	FECHA	APROBADO	CUNAS						STD-RP-003		
0	11.7.79		- RECIPIENTES HORIZONTALES -						HOJA 2 DE 2		
<p>NOTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - PARA RECIPIENTES DE DIAMETRO INTERMEDIO USAR LAS DIMENSIONES DE LA CUNA CORRESPONDIENTE AL DEL DIAMETRO INMEDIATO SUPERIOR. - MATERIAL DEFINIDO EN EL PLANO DEL RECIPIENTE. - BASES, FIJA Y DESLIZANTE DEFINIDAS EN EL PLANO DEL RECIPIENTE. - EL TALADRO DE VENTILACION EN LA CHAPA DE REFUERZO SE TAPARA CON PRODUCTO DESPUES DE LA PRUEBA HIDRAULICA. - DIMENSIONES EN mm., EXCEPTO LAS QUE SE INDICAN. 											
Ø EXT. RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H	Ø PERNO	Ø AGUJERO	PESOS 2 CUNAS
600	545	485	10	12	170	100	150	40	3/4"	25	
750	675	560	10	12	213	100	150	40	3/4"	25	
900	805	635	10	12	255	100	150	40	3/4"	25	
1100	980	710	10	12	330	100	150	40	3/4"	25	
1200	1065	785	10	12	375	100	150	40	3/4"	25	
1400	1240	865	12	16	460	130	200	45	7/8"	28	
1500	1325	940	12	16	500	130	200	45	7/8"	28	
1700	1500	1015	12	16	590	130	200	45	7/8"	28	
1800	1585	1090	12	16	630	130	200	45	7/8"	28	
2000	1760	1170	12	16	720	130	200	45	7/8"	28	
2100	1845	1245	12	16	760	130	200	45	7/8"	28	
2300	2020	1320	12	16	850	130	200	45	7/8"	28	
2400	2105	1395	16	20	890	150	250	55	1"	32	
2600	2280	1475	16	20	980	150	250	55	1"	32	
2700	2365	1550	16	20	1020	150	250	55	1"	32	
2900	2540	1625	16	20	1110	150	250	55	1"	32	
3000	2625	1700	16	20	1150	150	250	55	1"	32	
3200	2800	1780	16	20	1240	150	250	55	1"	32	
3400	2970	1855	16	20	1325	150	250	55	1"	32	
3500	3060	1930	16	20	1370	150	250	55	1"	32	
3700	3230	2005	16	20	1450	150	250	55	1"	32	

Tabla 47: TABLA STD-RP-003



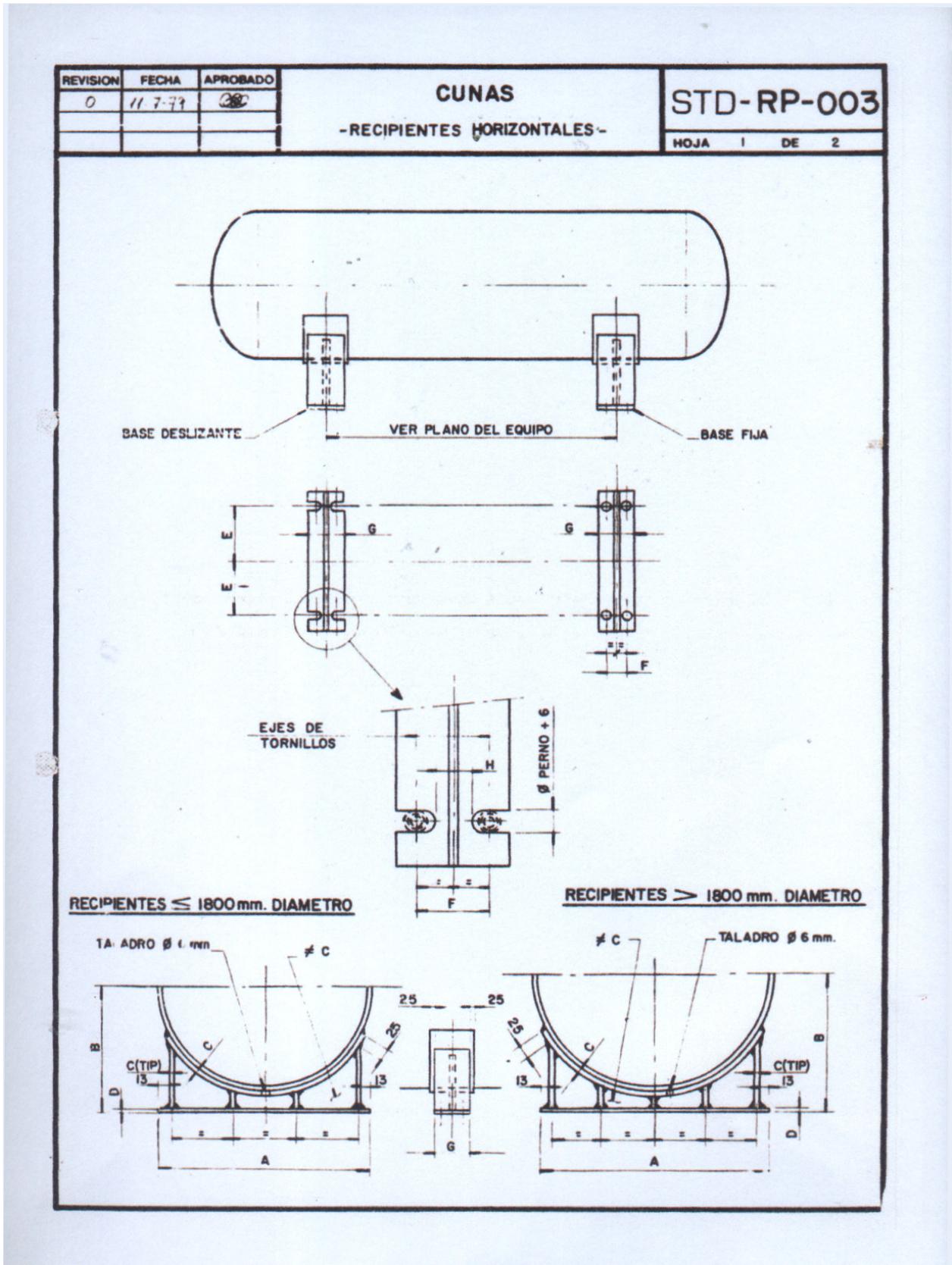
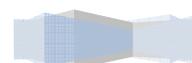


Tabla 48: TABLA STD-RP-003 CONTINUACIÓN



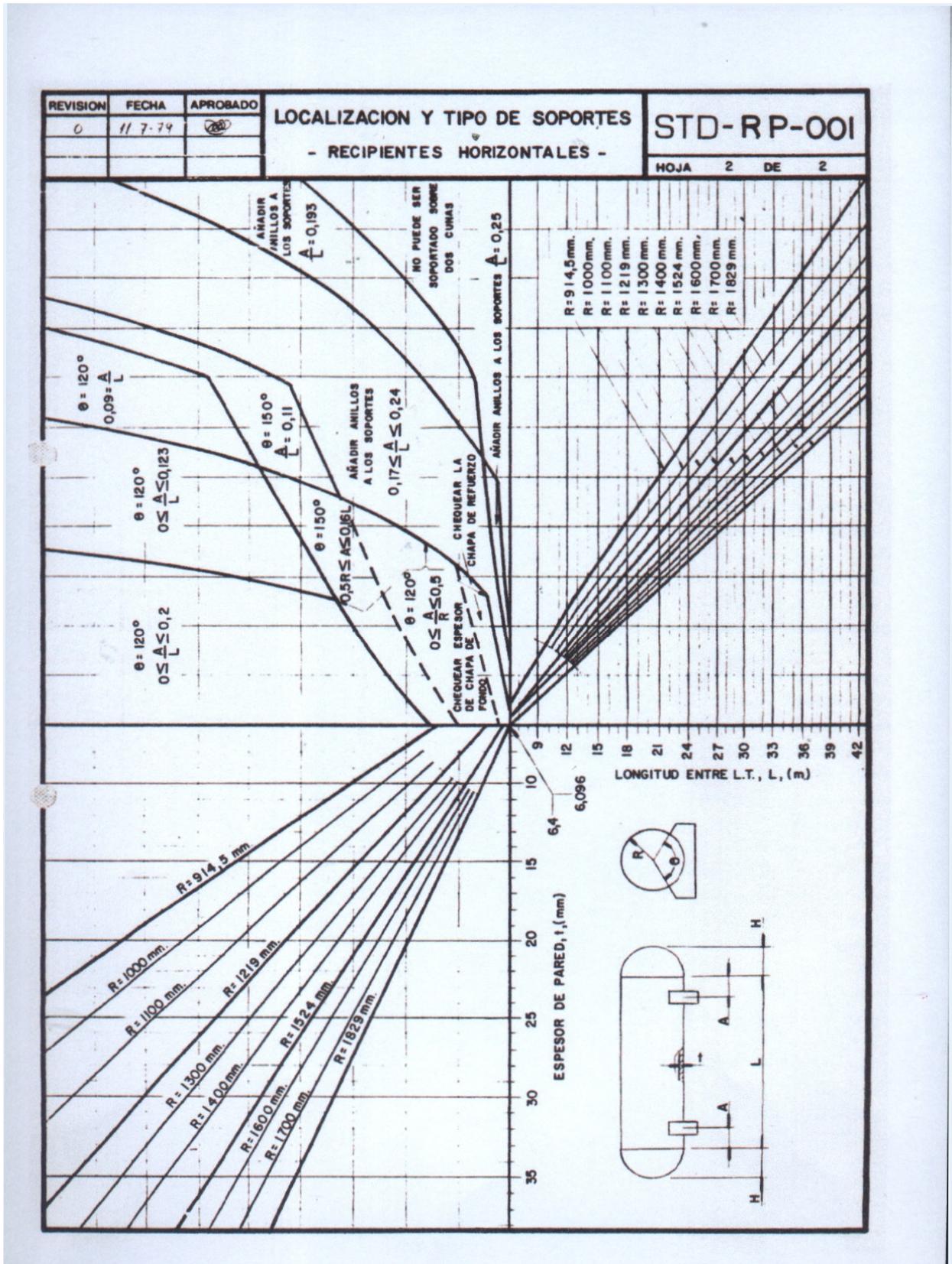
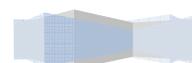


Tabla 49: TABLA STD-RP-001



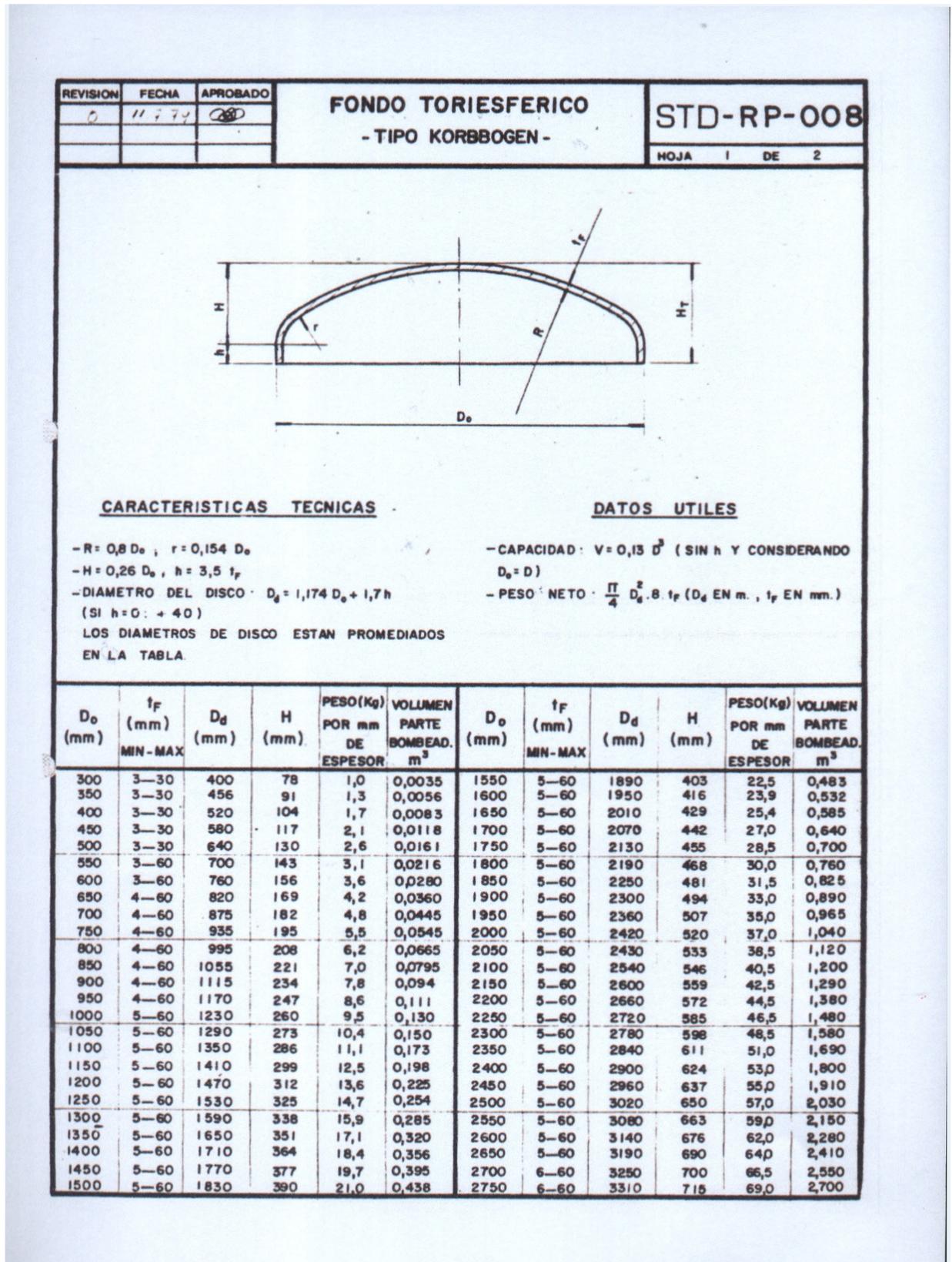
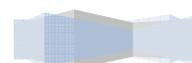
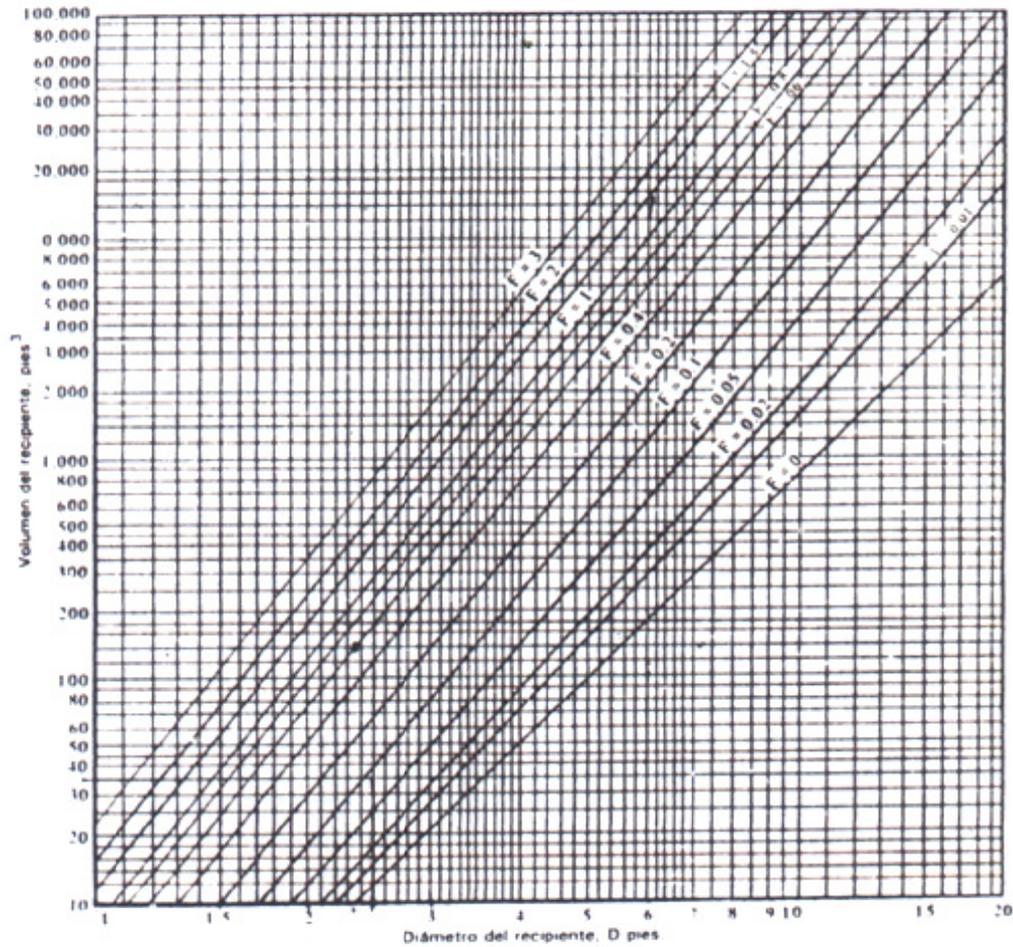


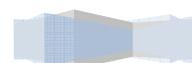
Tabla 50: TABLA STD-RP-008





GRAFICA PARA DETERMINAR EL TAMAÑO OPTIMO DEL RECIPIENTE

(Tomado de: "Nomographs Gives Optimum Vessel Size," por K. Abakians, publicado originalmente en HYDROCARBON PROCESSING, Copyright por Gulf Publishing Company, Houston).



23 ANEXO VIII: TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Se van a diseñar dos tanques de almacenamiento para la alimentación de:

- Agua
- Combustible

Ambos tanques serán de forma cilíndrica horizontales con fondos planos soldados de acero inoxidable 316.

Para determinar las dimensiones y el espesor se utilizarán las secciones II, VIII Div. 1, V y IX del ASME Boiler and Pressure Vessels Code, así como el código ASME/ANSI, los cuales definen las exigencias mínimas requeridas en el diseño de recipientes a presión, de construcción soldada, no sometidos al fuego y contruidos en acero inoxidable.

23.1.1 Tanque de agua.

Partimos de los siguientes datos:

- Temperatura de operación: $T_{op}=10^{\circ}\text{C}$
- Presión de operación: $P_{op}= 1,033 \text{ kg/cm}^2$
- Material de construcción: Acero inoxidable ANSI 316.

El tanque de agua tiene que alimentar tanto al recipiente esterilizador como a la caldera e irá conectado a la red de suministro de agua de la planta por lo que se ha proyectado su volumen para una jornada de trabajo de 8 horas.

$$V = V_{autoclave} + V_{caldera} = 0,29 + 0,16 = 0,45 \text{ m}^3 \text{ por ciclo de trabajo}$$

Para 8 ciclos que tiene una jornada laboral de 8 horas:

$$V = 3,6 \text{ m}^3$$

Para asegurarnos de un suministro adecuado, se le va a sobredimensionar con un 20%:

$$V = 3,6 + 3,6 \cdot 0,2 = 4,3 \text{ m}^3$$

Se va a tomar una relación comúnmente usada para tanques verticales de:

$$\frac{H}{D} = 2$$



Y conociendo el volumen del cilindro:

$$V_{cilindro} = \pi \cdot R^2 \cdot H$$

Combinando las dos ecuaciones obtenemos un valor para D y H de:

$$D = 1,4 \text{ m}$$

$$H = 2,8 \text{ m}$$

El espesor se obtiene eligiendo el mayor de los siguientes valores:

- Según el código ASME: $t_m = 2,5 + C \text{ (mm)} \rightarrow t_m = 4 \text{ mm}$
- Según la formula: $t_m = \frac{D}{1000} + 2,54 + C \text{ (mm)} \rightarrow t_m = 5,4 \text{ mm}$
- Para acero inoxidable: $t_m = 3 \text{ mm}$

Siendo:

t_m = espesor mínimo de la envolvente.

D = Diámetro del recipiente, obtenido mediante la gráfica.

C = factor de corrosión.

El espesor mayor es:

$$t_m = 5,4 \text{ mm}$$

23.1.2 Tanque de combustible.

El tanque de combustible tiene que alimentar a la caldera y se repostará dos veces al mes ya que es más económico y el consumo de la caldera es pequeño ($0,0036 \text{ m}^3/\text{h}$).

Se ha proyectado su volumen para una jornada de trabajo de 8 horas durante 15 días, lo que equivale a:

$$V_{comb} = 0,0036 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 8 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 15 \text{ días} = 4,32 \text{ m}^3$$

$$V_{comb} = 4,32 \text{ m}^3$$

Para asegurarnos de un suministro adecuado, se le va a sobredimensionar con un 20%:

$$V = 4,32 + 4,32 \cdot 0,2 = 5,184 \text{ m}^3$$



Utilizando el mismo procedimiento de cálculo que para el tanque de almacenamiento de agua se obtiene un tanque de acero inoxidable ANSI 316 con dos fondos planos soldados y cuyas dimensiones son:

$$D = 1,5 \text{ m}$$

$$H = 3 \text{ m}$$

$$t_m = 5,5 \text{ mm}$$



24 ANEXO IX: ESTUDIO HIDRODINÁMICO

24.1.1 Caudales

Los caudales se han calculado para las condiciones de operación que corresponden con 142°C y una presión de 3,9 kg/cm², excepto en el caso del agua refrigerante que estará a 10°C, y 1,033 kg/cm².

I. VAPOR SATURADO, Q_v:

El caudal de vapor se ha estimado en función de la demanda máxima de vapor que sería cuando éste ocupase toda la cámara del recipiente.

Para ese caso, se necesita expulsar todo el aire contenido en la cámara del esterilizador en el tiempo de calentamiento *CUT* de 10 minutos definido por Ball:

$$Qv = \frac{V_{recip}}{CUT} = \frac{2000L}{10 \text{ min}} = 200 \frac{L}{min}$$

$$Qv = 200 \frac{L}{min} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 L} = 12 \text{ m}^3/h$$

$$Qv = 12 \text{ m}^3/h$$

Multiplicando por la densidad del vapor saturado 3,41 kg/m³, a la temperatura de operación de 142°C y presión de operación 3,9kg/cm², se obtiene el caudal másico:

$$m_v = 40,92 \text{ m}^3/h$$

II. AIRE PURGA, Q_{AP}:

Para el caudal del aire de purga se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

1. El diámetro de salida del aire de purga es igual al diámetro de entrada de vapor,
2. Se supone que la resistencias que encuentra el vapor a su paso entre otras (peso de la masa de aire mayor al peso de la masa de vapor, rozamiento con las paredes del recipiente) son despreciables frente a la masa de vapor que asciende por lo que se puede decir que el aire es desplazado a la misma velocidad que entra el vapor,



Por tanto el caudal de aire es:

$$Q_{ap} = 12 \text{ m}^3/h$$

La densidad del aire contaminado a 142°C y 3,9 kg/cm², se obtiene mediante la ecuación de gas ideal:

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

Siendo:

P = Presión del gas (atm).

R = Constante de los gases igual a 0,082.

T = Temperatura del gas (K)

Sustituyendo los valores:

$$P_{op} = 3,9 \text{ kg/cm}^2$$

$$T = 415 \text{ K}$$

$$Pm \text{ aire} = 29$$

Se obtiene:

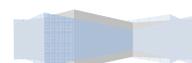
$$\rho_{ap} = 4,64 \text{ kg/m}^3$$

Como se va a ir mezclando con el vapor saturado que hay en el interior de la cámara, se ha hecho un promedio con la densidad del vapor.

$$\rho_{promedio} = 4,03 \text{ kg/m}^3$$

Multiplicando el caudal volumétrico por la densidad obtenida se obtiene el valor del caudal másico:

$$m_{ap} = 48,32 \text{ m}^3/h$$



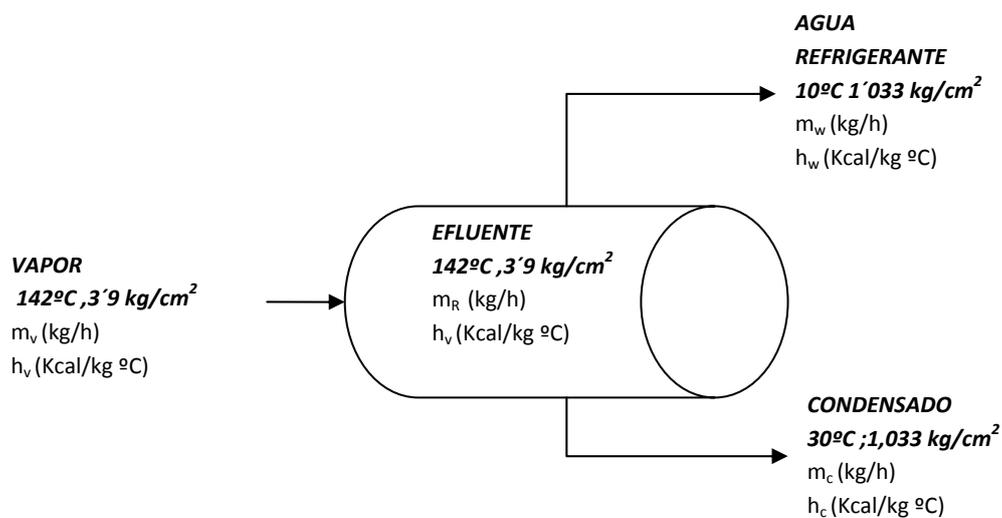
III. AGUA REFRIGERANTE: Q_w

El agua refrigerante se va a calcular considerando que el equipo en el enfriamiento actúa como un condensador de vapor tipo mezcla.

El sistema consiste en mezclar el vapor con agua mas fría de tal forma que el vapor pueda transferir su calor latente al líquido, elevando la temperatura del mismo. Éste es el principio según el cual funcionan los condensadores de mezcla. En este caso el líquido refrigerante es agua fría y no existe “salida de refrigerante”, sino solamente agua caliente.

La presión del condensado será la correspondiente a la temperatura de saturación del vapor entrante, por lo que las entalpías para vapor y líquido condensado se extraerán de las tablas de vapor saturado a la temperatura de operación, 142°C.

La forma de mezclar o poner en contacto el vapor y el agua será en forma de pulverización.



BALANCE DE MATERIA VAPOR-AGUA

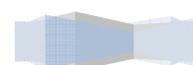
$$m_v + m_w + m_R = m_c$$

BALANCE DE ENERGÍA VAPOR-AGUA

$$m_v \cdot h_v + m_w \cdot h_w + m_R \cdot h_v = m_c \cdot h_c$$

Donde:

$$h_c = h_c' + h_c''$$



Siendo:

m_v = Caudal másico del vapor saturado en kg/h.

m_w = Caudal másico del agua refrigerante en kg/h.

m_r = Caudal másico que se obtiene de la reducción acuosa del 15% del volumen de los residuos en kg/h.

m_c = Caudal másico del total de agua condensada en kg/h.

h_v = Entalpía del vapor entrante en Kcal/kg.

h_w = Entalpía del agua refrigerante a 10°C en Kcal/kg.

h_c' = Entalpía del líquido saturado en Kcal/kg.

h_c'' = Diferencia de entalpía del agua al pasar del líquido a la temperatura de condensación de 142°C a la temperatura ambiente de 30°C en Kcal/kg.

h_c = Entalpía del agua condensada final a 30°C.

Sustituyendo la primera ecuación en la segunda y despejando m_a se obtiene^{xxvi}:

$$m_w = \frac{(m_v + m_R) \cdot (h_c - h_v)}{(h_w - h_c)}$$

Las entalpías h_w y h_c se obtienen por la expresión:

$$h = Cp \int_{T_o}^{T_f} dT$$

Donde:

Cp = Capacidad calorífica en Kcal/kg °C

T_o = Temperatura en el estado inicial en °C

T_f = Temperatura en el estado final en °C.

Y las entalpías h_v y h_c' se han obtenido de la tabla de vapor saturado de agua.

Sustituyendo los valores:

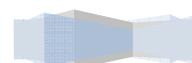
$$m_v = 40,92 \text{ kg/h}$$

$$m_R = 18,792 \text{ kg/h}$$

$$h_v = 653,4 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$h_w = 10 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

^{xxvi} Fuente: *Uso eficiente de energía en calderas y redes de fluidos*, IDAE.



$$h_{c'} = 143,6 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$h_{c''} = -112 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$h_c = 31,6 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

Finalmente:

$$m_w = 1718,07 \text{ kg/h}$$

Multiplicando por la densidad del agua 10^{-3} kg/m^3 a 30°C , se obtiene el caudal:

$$Q_w = 1,72 \text{ m}^3/\text{h}$$

Igualmente para el agua condensada:

$$m_c = 1777,75 \text{ kg/h}$$

$$Q_c = 1,78 \text{ m}^3/\text{h}$$

I. AIRE COMPRIMIDO, Q_{AC} :

Al usarse el aire comprimido para regular la presión interior del recipiente tendrá un caudal variable, de acuerdo con las necesidades de operación, por ello el caudal calculado será el máximo que podrá usarse para la etapa de enfriamiento.

El aire comprimido deberá ocupar el volumen que deja libre el condensado que incluye el vapor, el líquido refrigerante y el residuo acuoso.

Por tanto, vendrá dado por la expresión:

$$V_{ac} = V_{RECIP} - (V_c' + V_w + V_R) = V_{RECIP} - V_c$$

Siendo:

V_{RECIP} = Volumen del recipiente correspondiente a 2 m^3 .

V_c = Volumen del condensado. Tomando como referencia 10 minutos que es el tiempo de enfriamiento, el volumen corresponde a $0,215 \text{ m}^3$.

V_c' = Volumen correspondiente al condensado de vapor a 30°C .

V_w = Volumen del agua refrigerante en los 10 minutos de enfriamiento.

V_R = Volumen del agua residual perdida a 30°C



Sustituyendo:

$$V_{ac} = 1,7 \text{ m}^3$$

El caudal tiene un valor de:

$$Q_{ac} = 10,22 \text{ m}^3/\text{h}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación del gas ideal:

$$P_{op} = 3,9 \text{ kg/cm}^2$$

$$T = 283 \text{ K}$$

$$Pm \text{ aire} = 29$$

Se obtiene la densidad del aire comprimido:

$$\rho_{ac} = 7,14 \text{ kg/m}^3$$

Finalmente:

$$m_{ac} = 72,96 \text{ kg/h}$$

Se instalara un sensor de nivel en el recipiente que actuara automáticamente cuando el agua supere un 10% del volumen total del tanque.

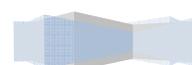
24.1.2 Dimensionamiento de tuberías

Para reducir la formación de condensación, las tuberías de agua fría deberían estar aisladas.

Las tuberías siguen la norma ANSI B31 3 1984 *Tuberías de Refinerías de Petróleo y Plantas Químicas*.

El material seleccionado es acero inoxidable ANSI 316 para todas las tuberías por estar en contacto con el recipiente a presión y alta temperatura, las cuales conducen los siguientes fluidos:

- Vapor saturado de agua.
- Aire contaminado o aire de purga.



- Aire comprimido.
- Agua en servicios normales.
- Efluente acuoso.
- Combustible: Gasoil.

I. Vapor saturado de agua

Se determina el diámetro por la formula:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}$$

Siendo:

Q = Caudal del fluido en (m^3/h)

v = Velocidad típica del fluido (m/s)

Sustituyendo los valores:

$$Q_v = 12 \text{ m}^3/h$$

$$v_v = 30 \text{ m/s}$$

Se obtiene:

$$D = 11,9 \text{ mm} \rightarrow D = 0,540 \text{ in}$$

Utilizando la tabla de diámetros nominales adjunta al final del anexo, se elige el diámetro nominal inmediatamente superior que en este caso es:

$$D_N = 6 \text{ mm} \quad \text{ó} \quad D_N = 1/4 \text{ in}$$

Para obtener el número de cédula o SCHEDULE, se determina el espesor de tubería mediante la ecuación:

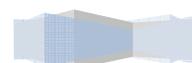
$$t_m = \left[\frac{P \cdot D_o}{2(SE - PY)} + C \right] M$$

Siendo:

t_m = Espesor mínimo de la tubería en pulgadas.

P =Presión interna de diseño (psi), en este caso 84 psi.

D = Diámetro externo de la tubería en pulgadas.



S= Coeficiente básico de trabajo o tensión admisible del material a la temperatura de diseño, para el acero inoxidable a 162°C corresponde a 18329,2 psi.

E= Es el factor de eficiencia de la soldadura (en tuberías soldadas), o factor de calidad. Este valor viene indicado para cada tipo de tubería, en la norma ANSI B 31 3, que para este caso corresponde a 0,85.

Y= Es el coeficiente que depende del material de la tubería y de la temperatura. Los valores de dicho coeficiente vienen dados asimismo en la norma ANSI B 31 3, que para este caso corresponde a 0,4.

M= Tolerancia de fabricación 12,5% para tuberías de acero sin costura.

C= Tolerancia de corrosión en pulgadas. Para acero inoxidable 1,5 mm.

Sustituyendo:

$$t_m = \left[\frac{84 \text{ (psi)} \cdot 0,540 \text{ (in)}}{2(18329,2 \text{ (psi)} \cdot 0,85 - 84 \text{ (psi)} \cdot 0,4)} + 0,059 \right] 1,125 = 0,068 \text{ in}$$

$$t_m = 0,068 \text{ in}$$

Con el espesor de tubería y el diámetro nominal, haciendo uso de la gráfica se obtiene el número de cédula SCH, que corresponde a **Std**.

II. Aire purga

Con los valores de:

$$Q_{AP} = 10,22 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v_{AP} = 30 \text{ m/s}$$

Y siguiendo el mismo procedimiento anterior, se obtiene:

$$D_N = 1/4 \text{ in}$$

$$t_m = 0,068 \text{ in}$$

$$SCH = Std$$

III. Aire comprimido

Con los valores de:

$$Q_{AC} = 12 \text{ m}^3/\text{h}$$



$$v_{AC} = 20 \text{ m/s}$$

Y siguiendo el mismo procedimiento anterior, se obtiene:

$$D_N = 1/4 \text{ in}$$

$$t_m = 0,068 \text{ in}$$

$$SCH = Std$$

IV. Agua en servicios normales

Con los valores de:

$$Q_W = 1,72 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v_W = 1,8 \text{ m/s}$$

Y siguiendo el mismo procedimiento anterior, se obtiene:

$$D_N = 1/2 \text{ in}$$

$$t_m = 0,069 \text{ in}$$

$$SCH = Std$$

V. Efluente acuoso o condensados

Con los valores de:

$$Q_C = 1,78 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v_C = 1,8 \text{ m/s}$$

Y siguiendo el mismo procedimiento anterior, se obtiene:

$$D_N = 1/2 \text{ in}$$

$$t_m = 0,074 \text{ in}$$

$$SCH = Std$$

24.1.3 Pérdidas de carga

La pérdida de carga en una tubería, es la pérdida de energía dinámica del fluido debida a la fricción de las partículas entre sí y contra las paredes de la tubería por la que circulan.

En este apartado se van a calcular las pérdidas de carga correspondientes a las líneas de agua y combustible, ya que son necesarias para una correcta selección de los equipos de bombeo.



En el caso de la línea de vapor saturado y aire comprimido, no se van a determinar porque se han seleccionado los equipos en función de los parámetros calculados en apartados anteriores y ambos equipos, generador de vapor y compresor, sobrepasan ampliamente la presión de operación requerida de forma que se puede asegurar la compensación de cualquier pérdida de carga que pueda existir.

Distinguiamos dos tipos:

- **Pérdidas mayores:** las que se producen en los tramos de tuberías.
- **Pérdidas menores:** las que provoca el paso del fluido por los accesorios del sistema de tuberías (uniones, codos, válvulas, etc.)

I. Cálculo de las pérdidas de carga mayores:

Para el cálculo de las pérdidas de carga producidas por el flujo del fluido en los tramos rectos de tuberías utilizamos la ecuación de Fanning:

$$h_f = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

h_f = Pérdida de carga (m)

L = Longitud del tramo recto de tubería más longitud equivalente de los accesorios (m)

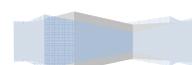
D = Diámetro interno del tubo (m)

v = Velocidad de paso del fluido (m/s)

g = Constante de la gravedad (m/s²)

$(4f)$ = factor de fricción de Darcy. Es adimensional y depende del número de Reynolds y de la rugosidad del tubo.

Si el número de Reynolds es menor a 2000 el flujo es laminar y el factor de fricción sólo es función de éste, y puede ser calculado por la expresión:



$$(4f) = \frac{64}{Re}$$

Donde Re representa al número de Reynolds, que a su vez es:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

Siendo:

ρ =Densidad del fluido (kg/m³)

v =Velocidad de paso del fluido (m/s)

D = Diámetro interno del tubo (m)

μ =Viscosidad del fluido (kg/m·s)

Para números de Reynolds mayores de 2000, el régimen es turbulento y se calculará el factor de fricción mediante el diagrama de Moody, que representa los valores del factor de fricción de Darcy en función de rugosidad relativa, ϵ/D y Reynolds, Re. Ver tablas adjuntas al final del anexo.

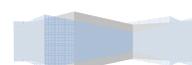
II. Cálculo de las pérdidas de carga menores:

Para el cálculo de las pérdidas de carga en los accesorios, se utilizarán ábacos de los cuales se obtiene la longitud equivalente.

$$L_{eq} = \sum L_{eq \text{ accesorio}} \cdot N^{\circ} \text{ accesorios}$$

Di	(in)	½"
	(mm)	21,3
codo 90		1,5
Te paso recto		1,5
válvula de retención		1,8
válvula de globo		2
válvula de macho		4
purgador		4
codo 90 reducción		1,8
válvula automática regulación		2

Tabla 51



Para conocer los accesorios utilizados en el presente proyecto analizaremos cada línea de fluido.

Línea de agua:

La línea de agua que se usará para la alimentación de la caldera y como agua refrigerante para el recipiente esterilizador esta compuesta por:

- DN ½ ''.
- Longitud en horizontal de la tubería: 16,025 m
- Longitud en vertical de la tubería: z= 2,75 m
- 1 Te de paso recto
- 1 válvula de regulación automática.
- 3 válvulas de globo roscadas
- 1 válvula de retención roscada
- 9 codos de 90° de paso recto roscados.

Para régimen turbulento, la longitud equivalente para esta línea es:

$$L_{eq} = 24,8 \text{ m}$$

La pérdida de carga calculada es:

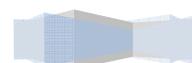
$$h_f = 15,84 \text{ m}$$

Línea de combustible:

La línea de combustible, se usará para la alimentación de la caldera desde un tanque de gasoil situado en el exterior del recinto y suministrado a través de bomba .Ver **PLANOS**.

La línea está compuesta por:

- Longitud en horizontal de la tubería: 6,7 m.
- Longitud en vertical de la tubería: z=0,5 m.
- 1 válvula de globo.
- 1 válvula de retención (bola).
- 4 codos de 90° roscados.
- DN ½ ''.



Para régimen laminar, la longitud equivalente para esta línea es:

$$L_{eq} = 9,8 \text{ m}$$

La pérdida de carga calculada es:

$$h_f = 0,007 \text{ m}$$

24.1.4 Selección de las bombas

En este anexo se determinan las bombas que son necesarias para la impulsión del agua y del combustible.

I. **Bomba de alimentación del agua de la caldera y del recipiente esterilizador:**

Se dispone una bomba centrífuga para impulsar el caudal necesario desde el tanque de almacenamiento de agua hasta la caldera y hasta el recipiente esterilizador.

El agua viene suministrada por la red a 15°C y se almacena en un depósito de 4,3 m³. La bomba proporciona agua a la caldera para generar vapor saturado y al recipiente esterilizador en la etapa de enfriamiento.

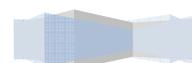
Para la determinación del tipo de bomba es preciso conocer como mínimo los siguientes datos:

- Altura útil, H_u .
- Altura neta de succión positiva, NSPH.
- Potencia necesaria.

a) Altura útil, H_u .

La altura útil o altura efectiva que proporciona una bomba es igual a la altura teórica menos las pérdidas internas, en las que habrá que incluir pérdidas debidas a la conducción y perdidas debidas a la misma bomba.

Aplicando la ecuación de *Bernoulli* entre los puntos de aspiración y descarga de la bomba, tendremos, que la altura efectiva es:



$$H_u = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_f$$

Donde;

H_u = Altura efectiva o útil.

$P_2 - P_1$ = Diferencia de presiones entre el punto de descarga y aspiración=0.

$z_2 - z_1$ = Diferencia de cotas entre el punto de descarga y aspiración.

$v_2^2 - v_1^2$ = Diferencia de velocidades entre la descarga y la aspiración = 0

h_f = Pérdidas de carga totales exteriores a la bomba.

Como la diferencia de presiones y la diferencia de velocidades son cero porque son constantes, se simplifica:

$$H_u = (z_2 - z_1) + h_f$$

Por tanto, para determinar la altura útil se debe calcular la pérdida de carga total más la diferencia de altura en los puntos donde se vaya a medir la pérdida de carga, que en este caso será desde la salida de la bomba hasta la entrada el punto más alto al que tiene que llegar el fluido en la línea.

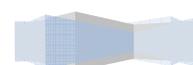
Las pérdidas de carga se calculan en el anexo: pérdidas de carga, y los resultados se muestran a continuación:

Por tanto la altura útil es:

$$H_u = 2,75 + 15,84 = 18,59 \text{ m}$$

b) Altura Neta de succión positiva: NSPH.

Las bombas centrífugas tienen una altura de aspiración limitada, se llama altura neta de succión positiva (NPSH, por sus siglas en ingles). Corresponde a la presión mínima por debajo de la cual se produce cavitación en la bomba. Entendemos por cavitación el fenómeno por el que la bomba impulsa burbujas de gas, además del líquido, por haber disminuido la presión por debajo de su presión de saturación.



El concepto de altura neta positiva de aspiración, NSPH, debe diferenciarse muy claramente en dos, el NSPH requerido y el NSPH disponible:

- **NPSH requerida:** La altura de aspiración requerida (NSPH_r), es una característica de la bomba dependiente del diseño de la misma, y es proporcionada por el fabricante. Representa la energía necesaria para llenar la parte de aspiración, y vencer las pérdidas por rozamientos y aumento de la velocidad desde la conexión de aspiración de la bomba hasta el punto donde se incrementa la energía.
- **NPSH disponible:** es una característica del circuito de aspiración, debe superar a la requerida en un orden de 0,5 m. Es la energía del líquido en el punto de aspiración de la bomba, por encima de la energía del líquido debida a su presión de vapor. Representa la máxima energía por unidad de peso que el fluido puede perder sin convertirse en vapor.

$$NPSH_d = \frac{P_a - P_v}{\rho \cdot g} + (z_e - z_a) + h_{asp}$$

Donde:

P_e = Presión de entrada a la bomba. En este caso igual a la presión atmosférica: 101300 Pa.

P_{sat} = Presión de saturación del líquido. Para el agua a 10°C: 103,46 Pa.

z_e-z_a= Diferencia de altura entre el punto de succión de la bomba y el punto más alto al que llega la tubería.

h_{asp}= Pérdida de carga en el conducto de aspiración.

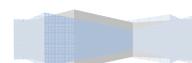
Sustituyendo:

$$NPSH_d = 28,92 \text{ m}$$

c) Cálculo de la potencia necesaria

Es la potencia que realizará la bomba al impulsar el caudal de fluido necesario a la altura útil. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$W = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H_u$$



Donde:

$W = \text{Potencia necesaria (W)}$

$Q = \text{Caudal volumétrico (m}^3/\text{s)}$

$\rho = \text{Densidad del fluido (kg/m}^3\text{)}$.

$g = \text{Aceleración de la gravedad (m/s}^2\text{)}$

$H_u = \text{Altura útil (m)}$

Sustituyendo los datos:

$$\text{Potencia} = 87,05 \text{ W}$$

II. Bomba de alimentación de Gasoil:

Utilizando el mismo procedimiento que en el apartado anterior, se calcula la altura útil, la altura neta de succión positiva y la potencia para la bomba de combustible obteniéndose los siguientes datos:

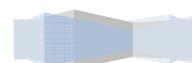
$$H_u = 0,51 \text{ m}$$

$$NPSH_d = 11,96 \text{ m}$$

$$\text{Potencia} = 0,004 \text{ W}$$

Como se puede observar, no existen prácticamente pérdidas de carga en esta línea debidas a las conducciones y la potencia que ha resultado para la instalación de la bomba es muy pequeña ya que también se une el hecho de que la diferencia entre los puntos verticales inicial y final es bastante pequeña.

Se podría suministrar el combustible directamente por gravedad desde el tanque, sin embargo, se ha optado por instalar de manera adicional una bomba pequeña como soporte a las necesidades mínimas de alimentación.



24.1.5 Tablas utilizadas en el estudio hidrodinámico:

TABLA 1-1 Tamaños de tubo y espesores de pared nominales generalmente disponibles

Tamaño nominal del tubo	Diámetro exterior (in)	Unidades convencionales								
		Cédula o designación								
		5S	10S	Std	40	XS	80	120	160	XXS
1/8	0.405	0.035	0.049	0.068	0.068	0.095	0.095			
1/4	0.540	0.049	0.065	0.088	0.088	0.119	0.119			
3/8	0.675	0.065	0.065	0.091	0.091	0.126	0.126			
1/2	0.840	0.065	0.083	0.109	0.109	0.147	0.147			
3/4	1.050	0.065	0.083	0.113	0.113	0.154	0.154		0.187	0.294
1	1.315	0.065	0.109	0.133	0.133	0.179	0.179		0.218	0.308
1 1/4	1.660	0.065	0.109	0.140	0.140	0.191	0.191		0.250	0.358
1 1/2	1.900	0.065	0.109	0.145	0.145	0.200	0.200		0.281	0.382
2	2.375	0.065	0.109	0.154	0.154	0.218	0.218		0.281	0.400
2 1/2	2.875	0.083	0.120	0.203	0.203	0.276	0.276		0.344	0.436
3	3.500	0.083	0.120	0.216	0.216	0.300	0.300		0.375	0.552
3 1/2	4.000	0.083	0.120	0.226	0.226	0.318	0.318		0.438	0.600
4	4.500	0.083	0.120	0.237	0.237	0.337	0.337	0.438	0.531	0.674
5	5.563	0.109	0.134	0.258	0.258	0.375	0.375	0.500	0.625	0.750
6	6.625	0.109	0.134	0.280	0.280	0.432	0.432	0.562	0.719	0.864
8	8.625	0.109	0.148	0.322	0.322	0.500	0.500	0.594	0.906	0.875
10	10.75	0.134	0.165	0.365	0.365	0.500	0.594	0.719	1.125	1.000
12	12.75	0.156	0.165	0.375	0.406	0.500	0.688	0.844	1.312	1.000
14	14.00	0.156	0.250	0.375	0.438	0.500	0.750	1.094	1.406	
16	16.00	0.165	0.250	0.375	0.500	0.500	0.844	1.219	1.594	
18	18.00	0.165	0.188	0.375	0.562	0.500	0.938	1.375	1.781	
20	20.00	0.188	0.250	0.375	0.594	0.500	1.219	1.500	1.969	
24	24.00	0.218	0.250	0.375	0.688	0.500	1.219	1.812	2.344	
>24				0.375		0.500				

Número del diámetro	Diámetro exterior (mm)	Cédula o designación								
		5S	10S	Std	40	XS	80	120	160	XXH
3	10.3	0.089	1.24	1.73	1.73	2.41	2.41			
6	13.7	1.24	1.65	2.24	2.24	3.02	3.02			
10	17.1	1.65	1.65	2.31	2.31	3.20	3.20			
15	21.3	1.65	2.11	2.77	2.77	3.73	3.73		4.87	7.47
20	26.7	1.65	2.11	2.87	2.87	3.91	3.91		5.56	7.82
25	33.4	1.65	2.77	3.38	3.38	4.55	4.55		6.35	6.35
30	42.2	1.65	2.77	3.56	3.56	4.85	4.85		6.35	9.70
40	48.3	1.65	2.77	3.68	3.68	5.08	5.08		7.14	10.15
50	60.3	1.65	2.77	3.91	3.91	5.54	5.54		8.74	11.07
65	73.0	2.11	3.05	5.16	5.16	7.01	7.01		9.53	14.02
80	88.9	2.11	3.05	5.49	5.49	7.62	7.62		11.13	15.24
90	101.6	2.11	3.05	5.74	5.74	8.08	8.08			16.15
100	114.3	2.11	3.05	6.02	6.02	8.56	8.56	11.13	13.49	17.12
125	141.3	2.77	3.40	6.55	6.55	9.53	9.53	12.70	15.88	19.05
150	168.3	2.77	3.40	7.11	7.11	10.97	10.97	14.27	18.26	21.95
200	219.1	2.77	3.76	8.18	8.18	12.70	12.70	18.26	23.10	22.23
250	273.0	3.04	3.96	9.27	9.27	12.70	15.09	21.44	28.58	25.40
300	323.8	3.96	3.96	9.53	10.31	12.70	17.48	25.40	33.23	25.40
350	355.6	3.96	6.35	9.53	11.13	12.70	19.05	25.40	35.71	
400	406.4	3.96	6.35	9.53	12.70	12.70	21.44	30.96	40.49	
450	457	3.96	6.35	9.53	14.27	12.70	23.83	34.93	45.24	
500	508	4.78	6.35	9.53	15.09	12.70	26.19	38.10	50.01	
600	601	5.54	6.35	9.53	17.48	12.70	30.96	46.02	59.54	
>600				9.53		12.70				

Tabla 52: TAMAÑOS DE TUBO Y ESPESORES DE PARED



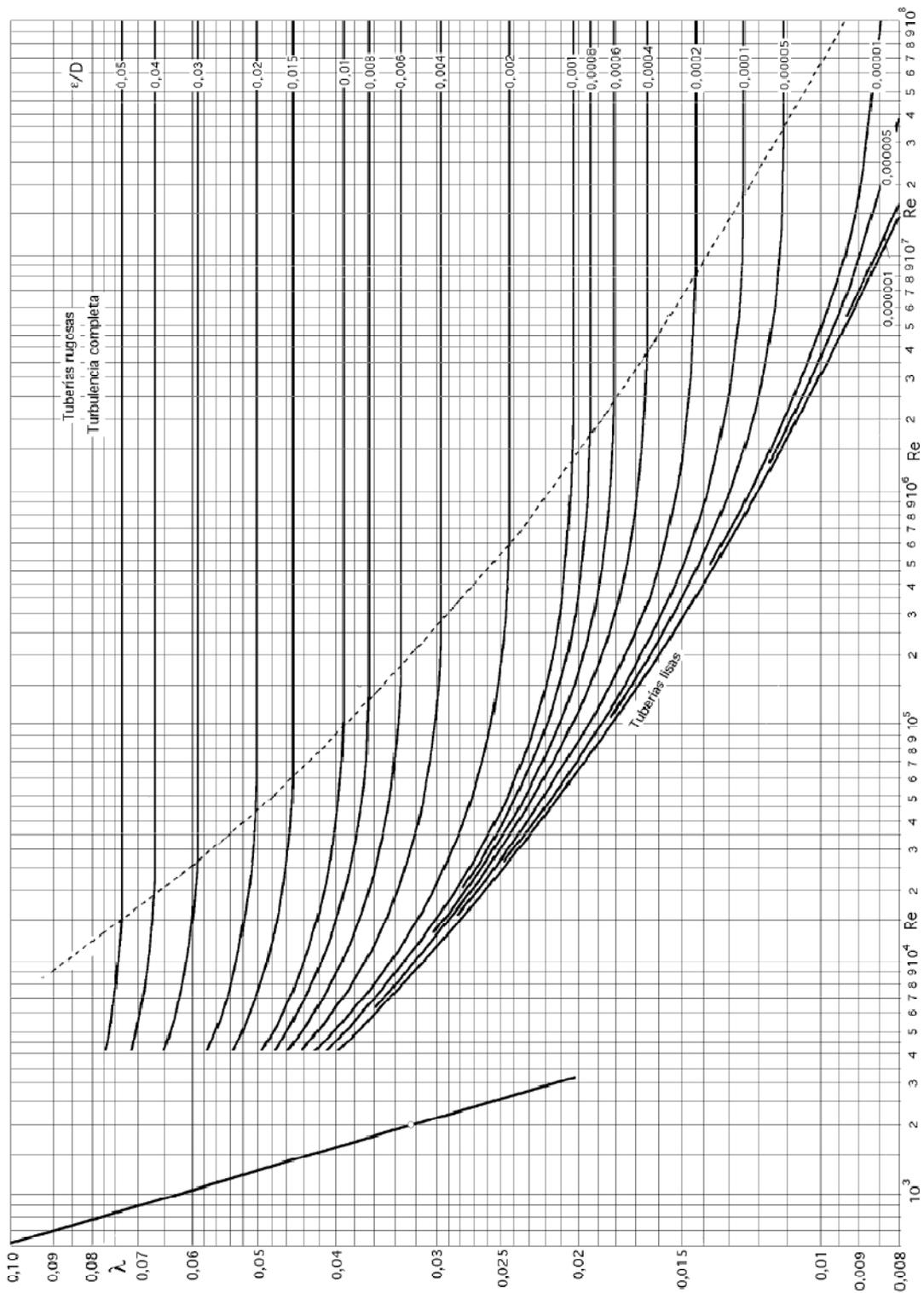
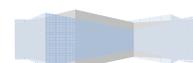
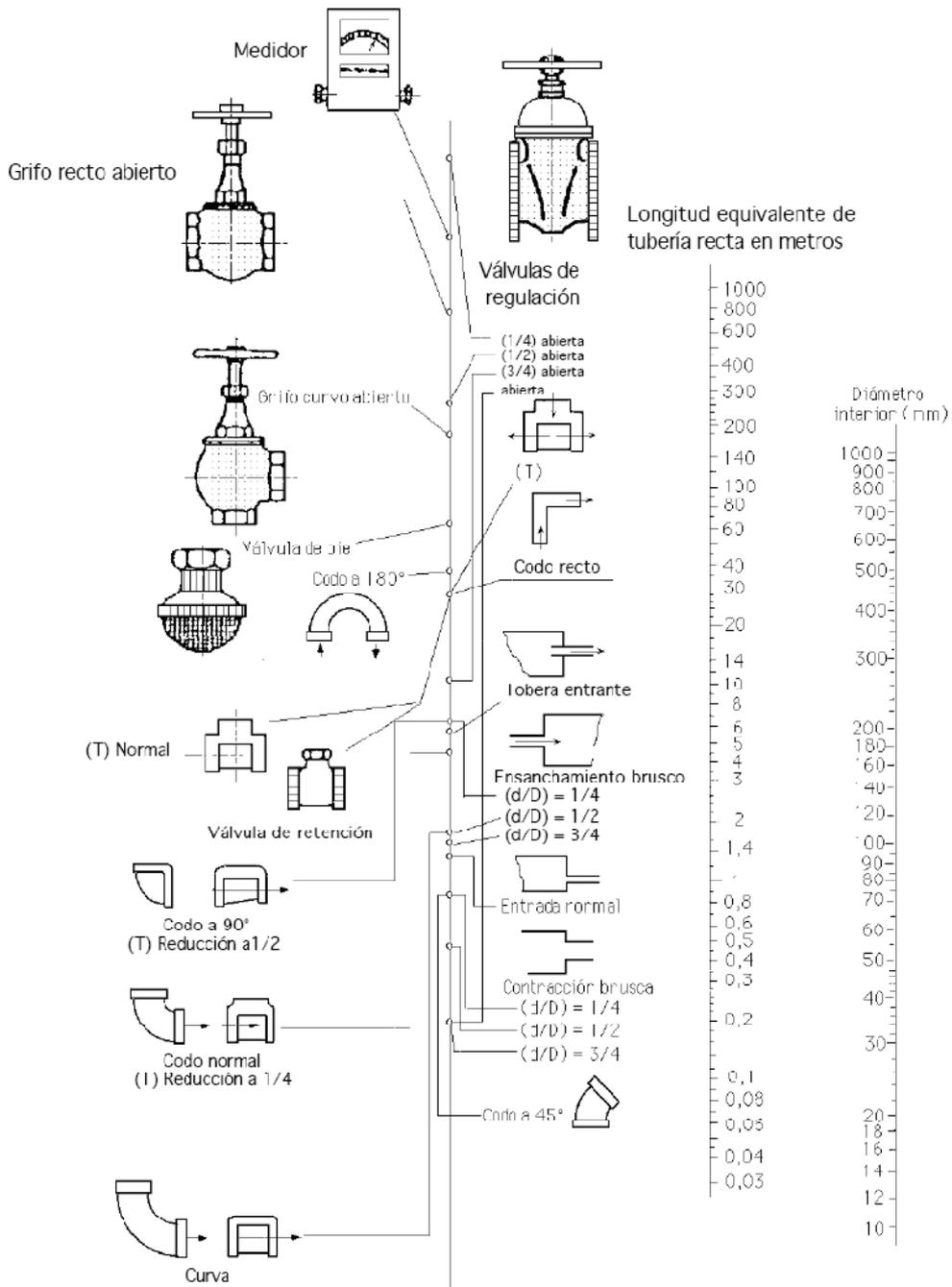


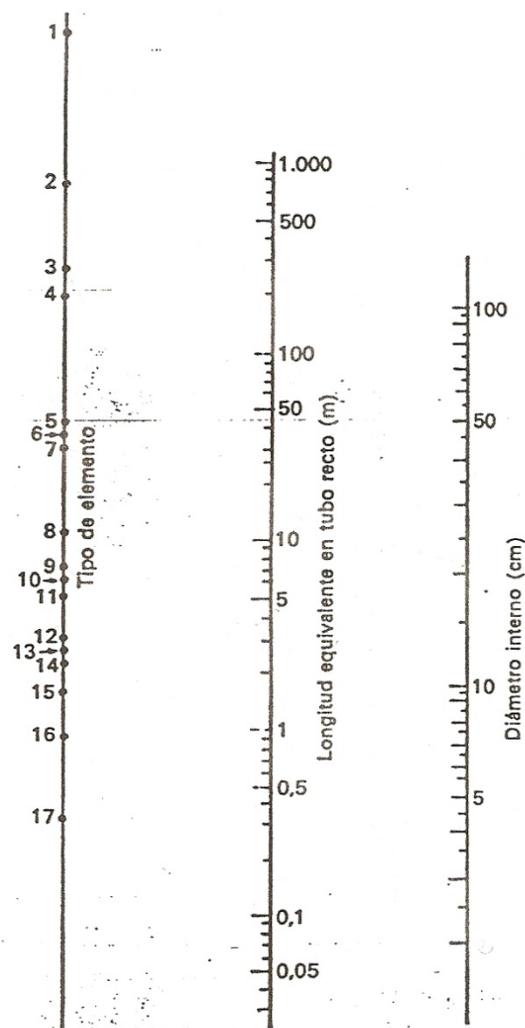
Fig IX.3.- Diagrama de Moody



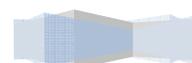
ABACO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PERDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS
en metros de longitud de tubería equivalente



1. Válvula de compuerta 3/4 cerrada.
2. Válvula de asiento abierta.
3. Válvula de compuerta 1/2 cerrada.
4. Válvula en ángulo abierta.
5. Válvula de retención abierta.
6. Curvatura en U de retorno.
7. Codo angular o conexión en T.
8. Válvula de compuerta 1/4 cerrada.
9. Codo de 90° de radio pequeño, o reducción de 1/2, o ensanchamiento brusco con $D_j/D_d = 1/4$.
10. Entrada encañonada.
11. Codo de 90° de radio medio o reducción de 1/4.
12. Codo de 90° de radio grande o T estándar.
13. Ensanchamiento brusco con $D_j/D_d = 1/2$.
14. Entrada de cantos vivos.
15. Contracción brusca con $D_j/D_d = 1/4$ o codo de 45°.
16. Contracción brusca con $D_j/D_d = 1/2$.
17. Contracción brusca con $D_j/D_d = 3/4$, o válvula de compuerta toda abierta.



Pérdidas menores: ábaco de estimación de longitudes equivalentes.



PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....

Capítulo 1 APLICACIÓN DEL PLIEGO, DEFINICIÓN DE LAS OBRAS Y ADJUDICACIÓN

Capítulo 2 DESARROLLO DEL CONTRATO, CONDICIONES ECONÓMICAS Y LEGALES

Capítulo 3 DESARROLLO DE LAS OBRAS. CONDICIONES TÉCNICO-ECONÓMICAS

PLIEGO DE CONDICIONES LEGALES.....



25 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

25.1 Capítulo 1 APLICACIÓN DEL PLIEGO, DEFINICIÓN DE LAS OBRAS Y ADJUDICACIÓN

Artículo 1 OBJETO DEL PLIEGO

El presente pliego tiene por objeto la ordenación, con carácter general, de las condiciones facultativas y económicas que han de regir en los concursos y contratos destinados a la ejecución de los trabajos de obra civil, siempre que expresamente se haga mención de este pliego en los particulares de cada una de las obras.

En este último supuesto, se entiende en Contratista Adjudicatario de la obra se compromete a aceptar íntegramente todas y cada una de las cláusulas del presente Pliego General.

Artículo 2 PROYECTO

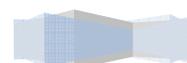
2.1.- En general, el Proyecto podrá comprender los siguientes documentos:

2.1.1.- Una Memoria que considerará las necesidades a satisfacer y los factores de carácter general a tener en cuenta. En ella se incluirán unos Anexos a la Memoria, en los que se expondrán todos los cálculos realizados, modelos empleados en ellos, simplificaciones de los modelos, así como las suposiciones que se han tenido en cuenta a la hora de efectuar los cálculos pertinentes.

2.1.2.- Los Planos de conjunto y detalle necesarios para que la planta quede perfectamente definida.

2.1.3.- El cuadro de precios, en el que se incluyen precios de la instalación, materias primas, mantenimiento de la instalación, y posibles ingresos de productos.

2.1.4.- El Pliego Particular de Condiciones Técnicas y Económicas, que incluirá la descripción de las obras e instalaciones, especificaciones de los materiales y elementos constitutivos y normas para la ejecución de los trabajos, así como las bases económicas y legales que regirán en esa obra. Las condiciones de este Pliego Particular serán preceptivas y prevalecerán sobre las del Pliego General en tanto las modifiquen o contradigan.



Artículo 3 CONCURSO

La licitación de la obra se hará por Concurso Restringido, en el que la EMPRESA convocara a las Empresas Constructoras que estime oportuno.

Los concursantes enviaran sus ofertas por triplicado, en sobre cerrado y lacrado, según se indique en la carta de petición de ofertas, a la dirección de la EMPRESA.

No se considerarán válidas las ofertas presentadas que no cumplan los requisitos citados anteriormente, así como los indicados en la Documentación Técnica enviada.

Artículo 4 RETIRADA DE DOCUMENTACIÓN DE CONCURSO

4.1.- Los Contratistas, por sí o a través de sus representantes, podrán retirar dicha documentación de las oficinas de la EMPRESA cuando ésta no les hubiese sido enviada previamente.

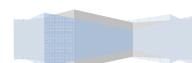
4.2.- La EMPRESA, se reserva el derecho de exigir para la retirada de la documentación, un depósito que será reintegrado en su totalidad a los Contratistas que no hubiesen resultado adjudicatarios de la obra, previa devolución de dicha documentación.

Artículo 5 ACLARACIONES A LOS LICITADORES

Antes de transcurrido la mitad del plazo estipulado en las bases del Concurso, los Contratistas participantes podrán solicitar por escrito a la EMPRESA las oportunas aclaraciones, en el caso de encontrar discrepancias, errores u omisiones en los Planos, Pliegos de Condiciones o en otros documentos de Concurso, o si se les presentase dudas en cuanto a su significado.

La EMPRESA, estudiará las peticiones de aclaración e información recibidas y las contestará mediante una nota que remitirá a todos los presuntos licitadores, si estimase que la aclaración solicitada es de interés general.

Si la importancia y repercusión de la consulta así lo aconsejara, la EMPRESA podrá prorrogar el plazo de presentación de ofertas, comunicándolo así a todos los interesados.



Artículo 6 PRESENTACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DE LA OFERTA

Las Empresas que oferten en el Concurso presentarán obligatoriamente los siguientes documentos en original y dos copias:

6.1.- Cuadro de Precios nº1, consignando en letra y cifra los precios unitarios asignados a cada unidad de obra cuya definición figura en dicho cuadro. Estos precios deberán incluir el % de Gastos Generales, Beneficio Industrial y el IVA que facturarán independientemente. En caso de no coincidir las cantidades expresadas en letra y cifra, se considerará como válida la primera. En el caso de que existiese discrepancia entre los precios unitarios de los Cuadros de Precios Números 1 y 2, prevalecerá el del Cuadro nº1.

6.2.- Cuadro de Precios nº2, en el que se especificará claramente el desglose de la forma siguiente:

6.2.1.- Mano de obra por categorías, expresando el número de horas invertido por categoría y precio horario.

6.2.2.- Materiales, expresando la cantidad que se precise de cada uno de ellos y su precio unitario.

6.2.3.- Maquinaria y medios auxiliares, indicando tipo de máquina, número de horas invertido por máquina y precio horario.

6.2.4.- Transporte, indicando en las unidades que lo precisen el precio por tonelada y kilómetro.

6.2.5.- Varios y resto de obra que incluirán las partidas directas no comprendidas en los apartados anteriores.

6.2.6.- Porcentajes de Gastos Generales, Beneficios Industrial e IVA.

6.3.- Presupuesto de Ejecución Material, obtenido al aplicar los precios unitarios a las mediciones del Proyecto. En caso de discrepancia entre los precios aplicados en el Presupuesto y los del Cuadro de Precios nº1, obligarán los de este último.



Este Presupuesto vendrá desglosado, de acuerdo a lo establecido en el artículo 2.1.3 en dos presupuestos: a) Presupuesto de Obra características y b) Presupuestos de Obra Complementarios, que en los sucesivos artículos de este Pliego recibirán esta denominación.

Las nuevas unidades de obra que aparezcan durante la ejecución de la misma con el carácter establecido se incorporarán previa aplicación de los precios correspondientes, al Presupuesto de Obras Complementarias.

6.4.- Presupuesto Total, obtenido al incrementar el Presupuesto de Ejecución Material en sus dos apartados con el % de IVA.

6.5.- Relación del personal técnico adscrito a la obra y organigrama general del mismo durante el desarrollo de la obra.

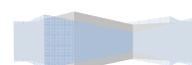
6.6.- Relación de maquinaria adscrita a la obra, expresando tipo de máquina, características técnicas fundamentales, años de uso de la máquina y estado general; asimismo relación de máquinas de nueva adquisición que se asignarán a la obra en de resultar adjudicatario. Cualquier sustitución posterior de la misma debe ser aprobada por la EMPRESA. Deberá incluirse asimismo un plan de permanencia de toda la maquinaria en obra.

6.7.- Baremos horarios de mano de obra por categorías y de maquinaria para trabajos por administración. Estos precios horarios incluirán el % de Gastos Generales y Beneficio Industrial y el IVA que facturarán independientemente.

6.8.- Plan de obra detallado, en el que se desarrollarán en el tiempo las distintas unidades de obra a ejecutar, haciendo mención de los rendimientos medios a obtener.

6.9.- Las empresas que oferten en el Concurso, deberán presentar una fianza en euros, como garantía de mantenimiento de la oferta durante el plazo establecido en cada caso de acuerdo con el Art.9.2. Es potestativo de la EMPRESA la sustitución de la fianza en metálico por un AVAL bancario.

6.10.- Las propuestas económicas y documentación complementaria deberán venir firmadas por el representante legal o apoderado del ofertante quien, a petición de la EMPRESA, deberá probar esta extremo con la presentación del correspondiente poder acreditativo.



6.11.- Además de la documentación reseñada anteriormente y que el Contratista deberá presentar con carácter obligatorio, la EMPRESA podrá exigir en cada caso, cualquier otro tipo de documentación, como pueden ser referencias, relación de obras ejecutadas, balances de la sociedad, etc.

Artículo 7 CONDICIONES LEGALES QUE DEBE REUNIR EL CONTRATISTA PARA PODER OFERTAR

7.1.-Capacidad para concurrir las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras que se hallen en plena posesión de su capacidad jurídica y de obrar.

No obstante, serán de aplicación a las Empresas extranjeras las normas de ordenación de la industria y las que regulen las inversiones de capital extranjero, así como las que dicte el Gobierno sobre concurrencia de dichas empresas, antes de la licitación de estas obras.

7.2.-Documentación justificativa para la admisión previa

7.2.1.- Documento oficial o testimonio notarial del mismo que acredite la personalidad del solicitante.

7.2.2.- Documento notarial justificativo de la representación ostentada por el firmante de la propuesta, así como documento oficial acreditativo de su personalidad.

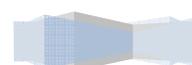
7.2.3.- Documento que justifique haber constituido la fianza provisional en las formas que se determinan en el artículo 7 del Pliego General de Condiciones.

7.2.4.- Carnet de "Empresa con Responsabilidad".

7.2.5.- Documento acreditativo de que el interesado está al corriente en el pago del impuesto industrial en su modalidad de cuota fija o de

Licencia Fiscal, (ò compromiso, en su caso, de su matriculación en este, si resultase adjudicatario de las obras).

7.2.6.- Documento oficial acreditativo de hallarse al corriente de pago de las cuotas de la Seguridad Social y, concretamente, el de cobertura de riesgo de accidentes de trabajo.



Artículo 8 VALIDEZ DE LAS OFERTAS

No se considerará válida ninguna oferta que se presente fuera del plazo señalado en la carta de invitación, ò anuncio respectivo, ò que no conste de todos los documentos que se señalan en el artículo 7.

Los concursantes se obligan a mantener la validez de sus ofertas durante un periodo mínimo de 90 días a partir de la fecha tope de recepción de ofertas, salvo en la documentación de petición de ofertas se especifique otro plazo.

Artículo 9 CONTRADICCIONES Y OMISIONES EN LA DOCUMENTACIÓN

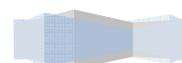
Lo mencionado en el Pliego General de Condiciones de cada obra y omitido en los Planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviese expuesto en ambos documentos. En caso de contradicción entre los Planos y alguno de los mencionados Pliegos de Condiciones, prevalecerá lo escrito en estos últimos.

Las omisiones en los Planos y Pliegos de Condiciones o las descripciones erróneas de los detalles de la obra que deban ser subsanadas para que pueda llevarse a cabo el espíritu o intención expuesto en los Planos y Pliegos de

Condiciones o que, por uso y costumbres, deben ser realizados, no sólo no exime al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si se hubiera sido completa y correctamente especificados en los Planos y Pliegos de Condiciones.

Artículo 10 PLANOS PROVISIONALES Y DEFINITIVOS

10.1.- Con el fin de poder acelerar los trámites de licitación y adjudicación de las obras y consecuente iniciación de las mismas, la EMPRESA, podrá facilitar a los contratistas, para el estudio de su oferta, documentación con carácter provisional. En tal caso, los planos que figuren en dicha documentación no serán válidos para construcción, sino que únicamente tendrán el carácter de informativos y servirán para formar ideas de los elementos que componen la obra, así como para obtener las mediciones aproximadas y permitir el estudio de los precios que sirven de base para el presupuesto de la oferta. Este carácter de planos de



información se hará constar expresamente y en ningún caso podrán utilizarse dichos planos para la ejecución de ninguna parte de la obra.

10.2.- Los planos definitivos se entregaran al CONTRATISTA con antelación suficiente a fin de no retrasar la preparación y ejecución de los trabajos.

Artículo 11 ADJUDICACIÓN DEL CONCURSO

11.1.- La EMPRESA procederá a la apertura de las propuestas presentadas por los licitadores y las estudiará en todos sus aspectos. La EMPRESA tendrá alternativamente la facultad de adjudicar el Concurso a la propuesta más ventajosa, sin atender necesariamente al valor económico de la misma, o declarar desierto el concurso. En este último caso la EMPRESA, podrá libremente suspender definitivamente la licitación de las obras o abrir un nuevo concurso pudiendo introducir las variaciones que estime oportunas, en cuanto al sistema de licitación y relación de Contratistas ofertantes.

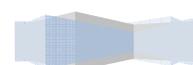
11.2.- Transcurriendo el plazo indicado en el Art. 9.2 desde la fecha límite de presentación de oferta, sin que la EMPRESA, hubiese comunicado la resolución del concurso, podrán los licitadores que lo deseen, proceder a retirar sus ofertas, así como las fianzas depositadas como garantía de las mismas.

11.3.- La elección del adjudicatario de la obra por parte de la EMPRESA es irrevocable y, en ningún caso, podrá ser impugnada por el resto de los contratistas ofertantes.

11.4.- La EMPRESA comunicará al ofertante seleccionado la adjudicación de las obras, mediante una carta de intención. En el plazo máximo de un mes a partir de la fecha de esta carta, el CONTRATISTA a simple requerimiento de la EMPRESA se prestará a formalizar en contrato definitivo. En tanto no se firme este y se constituya la fianza definitiva, la EMPRESA, retendrá la fianza provisional depositada por el CONTRATISTA, a todos los efectos dimanantes del mantenimiento de la oferta.

Artículo 12 DEVOLUCIÓN DE PLANOS Y DOCUMENTACIÓN

12.1.- Los Planos, Pliegos de Condiciones y demás documentación del concurso, entregado por la EMPRESA a los concursantes, deberá ser devuelto después de la adjudicación del concurso,



excepto por lo que respecta al ADJUDICATARIO, que deberá conservarla sin poder reclamar la cantidad abonada por dicha documentación.

12.2.- El plazo para devolver la documentación será de 30 días, a partir de la notificación a los concursantes de la adjudicación del concurso y su devolución tendrá lugar en las mismas oficinas de donde fue retirada

12.3.- La EMPRESA, a petición de los concursantes no adjudicatarios, devolverá la documentación correspondiente a las ofertas en un plazo de 30 días, a partir de haberse producido dicha petición.

12.4.- La no devolución por parte de los contratistas no adjudicatarios de la documentación del concurso dentro del plazo, lleva implícita la pérdida de los derechos de la devolución del depósito correspondiente a la referida documentación, si lo hubiese.

Artículo 13 PERMISOS A OBTENER POR LA EMPRESA

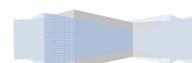
13.1.- será responsabilidad de la EMPRESA, la obtención de los permisos oficiales que más adelante se relacionan, siendo a su cargo todos los gastos que se ocasionen por tal motivo.

- Concesión de Aprovechamientos.
- Autorización de Instalaciones.
- Aprobación de Proyectos de Replanteo.
- Declaración de Utilidad Pública.
- Declaración de Urgente Ocupación.

13.2.- Autorizaciones especiales para la construcción y montaje de la instalación.

- Licencia Municipal de Obras.
- Licencia de Apertura, Instalación y Funcionamiento.
- Autorización para vallas.
- Permiso de Obras Públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación. (podrá ser responsabilidad del Contratista si así lo estipulase el contrato).
- Solicitud de Puesta en Servicio.

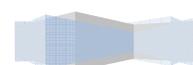
13.3.- Autorizaciones especiales para la construcción y montaje de líneas.



- Licencia municipal.
- Autorizaciones para cruces de carreteras, cauces públicos, cañadas, líneas telefónicas y telegráficas, montes públicos y, en general, cuanto dependa de los Organismos Oficiales.
- Permisos de propietarios de fincas afectadas.
- Permiso de Obras Públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación. (podrá ser responsabilidad del Contratista si así lo estipulase el contrato).
- Solicitud de Puesta en Servicio.

13.4.- Autorizaciones especiales para la construcción y montaje.

- Apertura del Centro de trabajo. (Igual responsabilidad incumbe al Contratista, por lo que a él respecta).
- Licencia Municipal de Obras.
- Autorización del Servicio de Pesca, cuando se prevea alteración en el curso de las aguas.
- Enlace de pistas definitivas con carreteras con la aprobación de las Jefaturas de Obras Públicas ò Diputaciones.
- Aprobación de Proyectos de Sustitución de Servidumbres.
- Autorizaciones que deban ser concedidas por Confederaciones Hidrográficas, Comisaría de Aguas, Servicio de Vigilancia de Presas, Servicio Geológico, MOPU y restantes Organismos Oficiales en relación directa con el Proyecto.
- Tramitación de expropiaciones de terrenos ocupados por las instalaciones y obras definitivas.
- En el caso en que la EMPRESA, así lo estimase oportuno, podrá tramitar la expropiación de los terrenos necesarios para las instalaciones provisionales del contratista, siendo de cuenta de este los gastos que tales expropiaciones originen.
- Reconocimiento final de la obra y puesta en marcha mediante Acta que levantaran conjuntamente los representantes de Industria y Obras Públicas.
- Alta en Contribución Urbana y Licencia Fiscal.



- Permiso de Obras Públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación. (podrá ser responsabilidad del Contratista si así lo estipulase el contrato).

Artículo 14 PERMISOS A OBTENER POR EL CONTRATISTA

Serán a cuenta y cargo del Contratista, además de los permisos inherentes a su condición de tal, la obtención de los permisos que se relacionan:

- Apertura del Centro del Trabajo.
- Permiso para el transporte de obreros.
- Autorización de barracones, por Obras Públicas ò Diputación, siempre que se encuentren en la zona de influencia de carreteras y, en cualquier caso la licencia municipal.
- Autorización para la instalación y funcionamiento de escuelas, botiquines y economatos.
- Alta de talleres en Industria y Hacienda.
- Autorización de Industria para las instalaciones Eléctricas provisionales.
- Permiso de Obras Públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación. (podrá ser responsabilidad del Contratista si así lo estipulase el contrato).

25.2 Capítulo 2 DESARROLLO DEL CONTRATO, CONDICIONES ECONÓMICAS Y LEGALES

Artículo 15 CONTRATO

15.1.- A tenor de lo dispuesto en el artículo 12.4 el CONTRATISTA, dentro de los treinta días siguientes a la comunicación de la adjudicación y a simple requerimiento de la EMPRESA, depositará la fianza definitiva y formalizará el Contrato en el lugar y fecha que se le notifique oficialmente.

15.2.- El Contrato, tendrá carácter de documento privado, pudiendo ser elevado a público, a instancias de una de las partes, siendo en este caso a cuenta del CONTRATISTA los gastos que ello origine.

15.3.- Una vez depositada la fianza definitiva y firmado el Contrato, la EMPRESA procederá, a petición del interesado, a devolver la fianza provisional, si la hubiera.



15.4.- Cuando por causas imputables al CONTRATISTA, no se pudiera formalizar el Contrato en el plazo, la EMPRESA podrá proceder a anular la adjudicación, con incautación de la fianza provisional.

15.5.- A efectos de los plazos de ejecución de las obras, se considerará como fecha de comienzo de las mismas la que se especifique en el Pliego Particular de Condiciones y en su defecto la de la orden de comienzo de los trabajos. Esta orden se comunicará al CONTRATISTA en un plazo no superior a 90 días a partir de la fecha de la firma del contrato.

15.6.- El Contrato, será firmado por parte del CONTRATISTA, por su representante legal o apoderado, quien deberá poder probar este extremo con la presentación del correspondiente poder acreditativo.

Artículo 16 GASTOS E IMPUESTOS

Todos los gastos e impuestos de cualquier orden, que por disposición del Estado, Provincia o Municipio se deriven del contrato, y estén vigentes en la fecha de la firma del mismo, serán por cuenta del contratista con excepción del IVA.

Las modificaciones tributarias establecidas con posterioridad al contrato afectarán al sujeto pasivo directo, sin que las partes puedan repercutirlas entre si. En ningún caso podrá ser causa de revisión de precios la modificación del sistema tributario vigente a la firma del contrato.

Artículo 17 FIANZAS PROVISIONAL, DEFINITIVA Y FONDO DE GARANTÍA

17.1.- Fianza provisional. La fianza provisional del mantenimiento de la ofertas se constituirá por los contratistas ofertantes por la cantidad que se fije en las bases de licitación.

Esta fianza se depositará al tomar parte en el concurso y se hará en efectivo.

Por lo que a plazo de mantenimiento, alcance de la fianza y devolución de la misma se refiere, se estará a lo establecido en los artículos 6, 8 y 11 del presente Pliego General.

17.2.- Fianza definitiva. A la firma del contrato, el CONTRATISTA deberá constituir la fianza definitiva por un importe igual al 5% del Presupuesto Total de adjudicación.

En cualquier caso la EMPRESA se reserva el derecho de modificar el anterior porcentaje, estableciendo previamente en las bases del concurso el importe de esta fianza.



La fianza se constituirá en efectivo ò por Aval Bancario realizable a satisfacción de la EMPRESA. En el caso de que el Aval Bancario sea prestado por varios Bancos, todos ellos quedarán obligados solidariamente con la EMPRESA y con renuncia expresa a los beneficios de división y exclusión.

El modelo de Aval Bancario será facilitado por la EMPRESA debiendo ajustarse obligatoriamente el CONTRATISTA a dicho modelo.

La fianza tendrá carácter de irrevocable desde el momento de la firma del contrato, hasta la liquidación final de las obras y será devuelta una vez realizada esta.

Dicha liquidación seguirá a la recepción definitiva de la obra que tendrá lugar una vez transcurrido el plazo de garantía a partir de la fecha de la recepción provisional. Esta fianza inicial responde del cumplimiento de todas las obligaciones del contratista, y quedará a beneficio de la EMPRESA en los casos de abandono del trabajo o de rescisión por causa imputable al CONTRATISTA.

17.3.- Fondo de garantía. Independientemente de esta fianza, la EMPRESA retendrá el 5% de las certificaciones mensuales, que se irán acumulando hasta constituir un fondo de garantía.

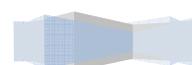
Este fondo de garantía responderá de los defectos de ejecución o de la mala calidad de los materiales, suministrados por el CONTRATISTA, pudiendo la EMPRESA realizar con cargo a esta cuenta las reparaciones necesarias, en caso de que el CONTRATISTA no ejecutase por su cuenta y cargo dicha reparación.

Este fondo de garantía se devolverá, una vez deducidos los importes a que pudiese dar lugar el párrafo anterior, a la recepción definitiva de las obras.

Artículo 18 ASOCIACIÓN DE CONSTRUCTORES

18.1.- Si las obras licitadas se adjudicasen en común a un grupo ò asociación de constructores, la responsabilidad será conjunta y solidaria, con relación al compromiso contraído por el grupo o asociación.

18.2.- Los componentes del grupo o asociación delegarán en uno de ellos, a todos los efectos, la representación ante la EMPRESA. Esta delegación se realizará por medio de un



representante responsable provisto de poderes, tan amplios como proceda, para actuar ante la EMPRESA en nombre del grupo o asociación.

18.3.- La designación de representante, para surtir efecto, deberá ser aceptada y aprobada por la EMPRESA por escrito.

Artículo 19 SUBCONTRATISTAS

El CONTRATISTA podrá subcontratar o destajar cualquier parte de la obra, previa autorización de la Dirección de la misma, para lo cual deberá informar con anterioridad a esta, del alcance y condiciones técnico-económicas del Subcontrato.

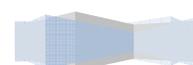
La EMPRESA, a través de la Dirección de la Obra, podrá en cualquier momento requerir del CONTRATISTA la exclusión de un Subcontratista por considerar al mismo incompetente, o que no reúne las necesarias condiciones, debiendo el CONTRATISTA tomar las medidas necesarias para la rescisión de este Subcontrato, sin que por ello pueda presentar reclamación alguna a la EMPRESA.

En ningún caso podrá deducirse relación contractual alguna entre los Subcontratistas o destajistas y la EMPRESA, como consecuencia de la ejecución por aquellos de trabajos parciales correspondientes al Contrato principal, siendo siempre responsable el CONTRATISTA ante la EMPRESA de todas las actividades del Subcontratista y de las obligaciones derivadas del cumplimiento de las condiciones expresadas en este Pliego.

Los trabajos específicos que requieran una determinada especialización y que no estuviesen incluidos en el Presupuesto del Contrato, bien por que aún estando previstos en la Memoria y/o Planos de Concurso, no se hubiese solicitado para ellos oferta económica, bien por que su necesidad surgiese a posteriori durante la ejecución del Contrato, podrán ser adjudicados por la EMPRESA ELÉCTRICA directamente a la Empresa que libremente elija, debiendo el CONTRATISTA prestar las ayudas necesarias para la realización de los mismos.

Artículo 20 RELACIONES ENTRE LA EMPRESA Y EL CONTRATISTA Y ENTRE LOS DIVERSOS CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS

20.1.- El CONTRATISTA está obligado a suministrar, en todo momento, cualquier información relativa a la realización del contrato, de la que la EMPRESA ELÉCTRICA juzgue necesario tener



conocimiento. Entre otras razones por la posible incidencia de los trabajos confiados al CONTRATISTA, sobre los de otros Contratistas y suministradores.

20.2.- El CONTRATISTA debe ponerse oportunamente en relación con los demás contratistas y suministradores, a medida que estos sean designados por la EMPRESA, con el fin de adoptar de común acuerdo las medidas pertinentes para asegurar la coordinación de los trabajos, el buen orden de la obra, y la seguridad de los trabajadores.

20.3.- Cuando varios contratistas y suministradores utilicen las instalaciones generales pertenecientes a uno de ellos, se pondrán de acuerdo sobre su uso suplementario y el reparto de los gastos correspondientes. Repartirán también entre ellos, proporcionalmente a su utilización, las cargas relativas a los caminos de acceso.

20.4.- La EMPRESA deberá estar permanentemente informada de los acuerdos tomados al amparo del párrafo anterior, para en el caso de presentarse dificultades o diferencias, tomar la resolución que proceda, o designar el árbitro a quien haya de someterse dichas diferencias. La decisión del árbitro designado por la EMPRESA es obligatorio para los interesados. En ningún caso en la EMPRESA deberá encontrarse durante los trabajos, en presencia de una situación de hecho que tuviese lugar por falta de información por parte del CONTRATISTA.

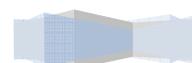
20.5.- Cuando varios contratistas trabajen en la misma obra, cada uno de ellos es responsable de los daños y perjuicios de toda clase que pudiera derivarse de su propia actuación.

Artículo 21 DOMICILIOS Y REPRESENTACIONES

21.1.- El CONTRATISTA está obligado, antes de iniciarse la obras objeto del contrato a constituir un domicilio en la proximidad de las obras, dando cuenta a la EMPRESA del lugar de ese domicilio.

21.2.- Seguidamente a la notificación del contrato, la EMPRESA comunicará al CONTRATISTA su domicilio a efectos de la ejecución del contrato, así como nombre de su representante.

21.3.- Antes de iniciarse las obras objeto del contrato, el CONTRATISTA designará su representante a pie de obra y se lo comunicará por escrito a la EMPRESA especificando sus poderes, que deberán ser lo suficientemente amplios para recibir y resolver en consecuencia



las comunicaciones y órdenes de la representación de la EMPRESA. En ningún caso constituirá motivo de excusa para el CONTRATISTA la ausencia de su representante a pie de obra.

21.4.- El CONTRATISTA está obligado a presentar a la representación de la EMPRESA antes de la iniciación de los trabajos, una relación comprensiva del personal facultativo responsable de la ejecución de la obra contratada y a dar cuenta posteriormente de los cambios que en el mismo se efectúen, durante la vigencia del contrato.

21.5.- La designación del representante del CONTRATISTA, así como la del personal facultativo, responsable de la ejecución de la obra contratada, requiere la conformidad y aprobación de la EMPRESA quien por motivo fundado podrá exigir el CONTRATISTA la remoción de su representante y la de cualquier facultativo responsable.

Artículo 22 OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA EN MATERIA SOCIAL

El CONTRATISTA estará obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral, de seguridad social y de seguridad e higiene en el trabajo.

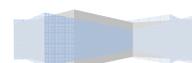
En lo referente a las obligaciones del CONTRATISTA en materia de seguridad e higiene en el trabajo, estas quedan detalladas de la forma siguiente:

22.1.- El CONTRATISTA es responsable de las condiciones de seguridad e higiene en los trabajos, estando obligado a adoptar y hacer aplicar, a su costa, las disposiciones vigentes sobre estas materias, en las medidas que dicte la Inspección de Trabajo y demás organismos competentes, así como las normas de seguridad complementarias que correspondan a las características de las obras contratadas.

22.2.- A tal efecto el CONTRATISTA debe establecer un Plan de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios que especifique con claridad las medidas prácticas que, para la consecución de las precedentes prescripciones, estime necesario tomar en la obra.

Este Plan debe precisar las formas de aplicación de las medidas complementarias que correspondan a los riesgos de la obra con el objeto de asegurar eficazmente:

- La seguridad de su propio personal, del de la EMPRESA y de terceros.
- La Higiene y Primeros Auxilios a enfermos y accidentados.
- La seguridad de las instalaciones.



El Plan de seguridad así concebido debe comprender la aplicación de las Normas de Seguridad que la EMPRESA prescribe a sus empleados cuando realizan trabajos similares a los encomendados al personal del CONTRATISTA, y que se encuentran contenidas en las Prescripciones de Seguridad y Primeros Auxilios redactadas por U.N.E.S.A.

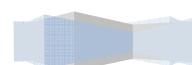
El Plan de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios deberá ser comunicado a la EMPRESA en el plazo de tres meses a partir de la firma del contrato. El incumplimiento de este plazo puede ser motivo de resolución del contrato.

La adopción de cualquier modificación o ampliación al plan previamente establecido, en razón de la variación de las circunstancias de la obra, deberá ser puesta inmediatamente en conocimiento de la EMPRESA.

22.3.- Los gastos originados por la adopción de las medidas de seguridad, higiene y primeros auxilios son a cargo del CONTRATISTA y se considerarán incluidos en los precios del contrato.

Quedan comprendidas en estas medidas, sin que su enumeración las limite:

- La formación del personal en sus distintos niveles profesionales en materia de seguridad, higiene y primeros auxilios, así como la información al mismo mediante carteles, avisos o señales de los distintos riesgos que la obra presente.
- El mantenimiento del orden, limpieza, comodidad y seguridad en las superficies o lugares de trabajo, así como en los accesos a aquellos.
- Las protecciones y dispositivos de seguridad en las instalaciones, aparatos y maquinas, almacenes, polvorines, etc., incluidas las protecciones contra incendios.
- El establecimiento de las medidas encaminadas a la eliminación de factores nocivos, tales como polvos, humos, gases, vapores, iluminación deficiente, ruidos, temperatura, humedad, y aireación deficientes, etc.
- El suministro a los operarios de todos los elementos de protección personal necesarios, así como de las instalaciones sanitarias, botiquines, ambulancias, que las circunstancias hagan igualmente necesarias. Asimismo, el CONTRATISTA debe proceder a su costa al establecimiento de vestuarios, servicios higiénicos, servicio de comedor y menaje, barracones, suministro de agua, etc., que las características en cada caso de la obra y la reglamentación determinen.



22.4.- Los contratistas que trabajan en una misma obra deberán agruparse en el seno de un Comité de Seguridad, formado por los representantes de las empresas, Comité que tendrá por misión coordinar las medidas de seguridad, higiene y primeros auxilios, tanto a nivel individual como colectivo.

De esta forma, cada contratista debe designar un representante responsable ante el Comité de Seguridad. Las decisiones adoptadas por el Comité se aplicarán a todas las empresas, incluso a las que lleguen con posterioridad a la obra.

Los gastos resultantes de esta organización colectiva se prorratearán mensualmente entre las empresas participantes, proporcionalmente al número de jornales, horas de trabajo de sus trabajadores, o por cualquier otro método establecido de común acuerdo.

El CONTRATISTA remitirá a la representación de la EMPRESA, con fines de información copia de cada declaración de accidente que cause baja en el trabajo, inmediatamente después de formalizar la dicha baja. Igualmente por la Secretaría del Comité de Seguridad previamente aprobadas por todos los representantes.

El incumplimiento de estas obligaciones por parte del CONTRATISTA o la infracción de las disposiciones sobre seguridad por parte del personal técnico designado por él, no implicará responsabilidad alguna para la EMPRESA.

Artículo 23 GASTOS DE CARÁCTER GENERAL A CUENTA DEL CONTRATISTA

23.1.- Se entiende como tales los gastos de cualquier clase ocasionados por la comprobación del replanteo de la obra, los ensayos de materiales que deba realizar por su cuenta el CONTRATISTA; los de montaje y retirada de las construcciones auxiliares, oficinas, almacenes y cobertizos pertenecientes al CONTRATISTA; los correspondientes a los caminos de servicio, señales de tráfico provisionales para las vías públicas en las que se dificulte el tránsito, así como de los equipos necesarios para organizar y controlar este en evitación de accidentes de cualquier clase; los de protección de materiales y la propia obra contra todo deterioro, daño o incendio, cumpliendo los reglamentos vigentes para el almacenamiento de explosivos y combustibles; los de limpieza de los espacios interiores y exteriores; los de construcción, conservación y retirada de pasos, caminos provisionales y alcantarillas; los derivados de dejar tránsito a peatones y vehículos durante la ejecución de las obras; los de desviación de



alcantarillas, tuberías, cables eléctricos y, en general, de cualquier instalación que sea necesario modificar para las instalaciones provisionales del CONTRATISTA; los de construcción, conservación, limpieza y retirada de las instalaciones sanitarias provisionales y de limpieza de los lugares ocupados por las mismas; los de retirada al fin de la obra de instalaciones, herramientas, materiales, etc., y limpieza general de la obra.

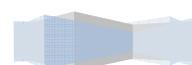
23.2.- Salvo que se indique lo contrario, será de cuenta del CONTRATISTA el montar, conservar y retirar las instalaciones para el suministro del agua y de la energía eléctrica necesaria para las obras y la adquisición de dichas aguas y energía.

23.3.- Serán de cuenta del CONTRATISTA los gastos ocasionados por la retirada de la obra, de los materiales rechazados, los de jornales y materiales para las mediciones periódicas para la redacción de certificaciones y los ocasionados por la medición final; los de pruebas, ensayos, reconocimientos y tomas de muestras para las recepciones parciales y totales, provisionales y definitivas, de las obras; la corrección de las deficiencias observadas en las pruebas, ensayos, etc., y los gastos derivados de los asientos o averías, accidentes o daños que se produzcan en estas pruebas y la reparación y conservación de las obras durante el plazo de garantía.

23.4.- además de los ensayos a los que se refiere los apartados 23.1 y 23.3 de este artículo, serán por cuenta del CONTRATISTA los ensayos que realice directamente con los materiales suministrados por sus proveedores antes de su adquisición e incorporación a la obra y que en su momento serán controlados por la EMPRESA para su aceptación definitiva. Serán así mismo de su cuenta aquellos ensayos que el CONTRATISTA crea oportuno realizar durante la ejecución de los trabajos, para su propio control.

23.5.- Por lo que a gastos de replanteo se refiere y a tenor de lo dispuesto en el artículo 37 "Replanteo de las obras", serán por cuenta del CONTRATISTA todos los gastos de replanteos secundarios necesarios para la correcta ejecución de los trabajos, a partir del replanteo principal definido en dicho artículo 36 y cuyos gastos correrán por cuenta de la EMPRESA.

23.6.- En los casos de resolución del Contrato, cualquiera que sea la causa que lo motive, serán de cuenta del CONTRATISTA los gastos de jornales y materiales ocasionados por la liquidación de las obras y los de las Actas Notariales que sean necesario levantar, así como los de retirada de los medios auxiliares que no utilice la EMPRESA o que le devuelva después de utilizados.



Artículo 24 GASTOS DE CARÁCTER GENERAL POR CUENTA DE LA EMPRESA

Serán por cuenta de la EMPRESA los gastos originados por la inspección de las obras del personal de la EMPRESA o contratados para este fin, la comprobación o revisión de las certificaciones, la toma de muestras y ensayos de laboratorio para la comprobación periódica de calidad de materiales y obras realizadas, salvo los indicados en el artículo 23, y el transporte de los materiales suministrados por la EMPRESA, hasta el almacén de obra, sin incluir su descarga ni los gastos de paralización de vehículos por retrasos en la misma. Así mismo, serán a cargo de la EMPRESA los gastos de primera instalación, conservación y mantenimiento de sus oficinas de obra, residencias, poblado, botiquines, laboratorios, y cualquier otro edificio e instalación propiedad de la EMPRESA y utilizados por el personal empleado de esta empresa, encargado de la dirección y vigilancia de las obras.

Artículo 25 INDEMNIZACIONES POR CUENTA DEL CONTRATISTA

Será de cuenta del CONTRATISTA la reparación de cualquier daño que pueda ocasionar sus instalaciones y construcciones auxiliares en propiedades particulares; los producidos por la explotación de canteras, la extracción de tierras para la ejecución de terraplenes; los que se originen por la habilitación de caminos y vías provisionales y, finalmente, los producidos en las demás operaciones realizadas por el CONTRATISTA para la ejecución de las obras.

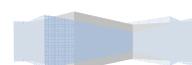
Artículo 26 PARTIDAS PARA OBRAS ACCESORIAS

Las cantidades calculadas para obras accesorias, que como consecuencia de su escasa o nula definición, figuren en el presupuesto general con una partida alzada, no se abonará por su monto total.

En consecuencia estas obras accesorias se abonarán a los precios unitarios del Contrato y conforme a las unidades y medidas que se obtengan de los proyectos que se realicen para ellas y de su medición final.

Artículo 27 PARTIDAS ALZADAS

Las partidas alzadas consignadas en los presupuestos para obras o servicios se abonarán por su importe una vez realizados totalmente dichos trabajos.



Quedan excluidas de este sistema de abono, las obras accesorias que se liquidarán conforme a lo indicado en el artículo 26.

Artículo 28 REVISIÓN DE PRECIOS

28.1.- La EMPRESA adopta para las revisiones de los precios el sistema de fórmulas polinómicas vigentes para las obras del Estado y Organismos Autónomos, establecido por el Decreto-Ley 2/1964 de 4 de febrero (B.O.E. de 6-II-64), especialmente en lo que a su artículo 4º se refiere.

28.2.- En el Pliego Particular de Condiciones de la obra, se establecerá la fórmula o fórmulas polinómicas a emplear, adoptando de entre todas las reseñadas en el Decreto-Ley 3650/1970 de 19 de diciembre (B.O.E. 29-XII-70) la que más se ajuste a las características de la obra contratada.

Si estas características así lo aconsejan, la EMPRESA se reserva el derecho de establecer en dicho Pliego nuevas fórmulas, modificando los coeficientes o las variables de las mismas.

28.3.- Para los valores actualizados de las variables que inciden en la fórmula, se tomarán para cada mes los que faciliten el Ministerio de Hacienda una vez publicados en el B.O.E. Los valores iniciales corresponderán a los del mes de la fecha del Contrato.

28.4.- Una vez obtenido el índice de revisión mensual, se aplicará al importe total de la certificación correspondiente al mes de que se trate, siempre y cuando la obra realizada durante dicho periodo, lo haya sido dentro del programa de trabajo establecido.

En el caso de que las obras se desarrollen con retraso respecto a dicho programa, las certificaciones mensuales producidas dentro del plazo se revisarán por los correspondientes índices de revisión hasta el mes previsto para la terminación de los trabajos. En este momento, dejarán de actualizarse dicho índice y todas las certificaciones posteriores que puedan producirse, se revisarán con este índice constante.

28.5.- Los aumentos de presupuesto originados por las revisiones de precios oficiales, no se computarán a efectos de lo establecido en el artículo 35, "Modificaciones del proyecto".



28.6.- Si las obras a realizar fuesen de corta duración, la EMPRESA podrá prescindir de la cláusula de revisión de precios, debiéndolo hacer constar así expresamente en las bases del Concurso.

Artículo 29 RÉGIMEN DE INTERVENCIÓN

29.1.- Cuando el CONTRATISTA no de cumplimiento, sea a las obligaciones o disposiciones del Contrato, sea a las órdenes de servicio que les sean dadas por la EMPRESA, esta le requerirá a cumplir este requisito de órdenes en un plazo determinado, que, salvo en casos de urgencia, no será nunca menor de 10 días a partir de la notificación de requerimiento.

29.2.- Pasado este plazo, si el CONTRATISTA no ha ejecutado las disposiciones dadas, la EMPRESA podrá ordenar a título provisional el establecimiento de un régimen de intervención general o parcial por cuenta del CONTRATISTA.

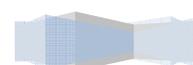
29.3.- Se procederá inmediatamente, en presencia del CONTRATISTA, o habiéndole convocado debidamente, a la comprobación de las obras ejecutadas, de los materiales acopiados así como al inventario descriptivo del material del CONTRATISTA, y a la devolución a este de la parte de materiales que no utilizara la EMPRESA para la terminación de los trabajos.

29.4.- La EMPRESA tiene por otra parte, la facultad, sea de ordenar la convocatoria de un nuevo concurso, en principio sobre petición de ofertas, por cuenta y riesgo del CONTRATISTA incumplidor, sea de ejercitar el derecho de rescisión pura y simple del contrato, sea de prescribir la continuación de la intervención.

29.5.- Durante el periodo de Régimen de intervención, el CONTRATISTA podrá conocer la marcha de los trabajos, sin que pueda, de ninguna manera, entorpecer o dificultar las órdenes de la EMPRESA.

29.6.- El CONTRATISTA podrá, por otra parte, ser liberado del régimen de intervención si justifica su capacidad para volver a hacerse cargo de los trabajos y llevarlos a buen fin.

29.7.- Los excedentes de gastos que resulte de la intervención o del nuevo contrato serán deducidos de las sumas, que puedan ser debidas al CONTRATISTA, sin perjuicios de los derechos a ejercer contra él en caso de ser insuficientes.



29.8.- Si la intervención o el nuevo contrato supone, por el contrario una disminución de gastos, el CONTRATISTA no podrá pretender beneficiarse en ninguna parte de la diferencia, que quedará a favor de la EMPRESA.

Artículo 30 RESCISIÓN DEL CONTRATO

30.1.- Cuando a juicio de la EMPRESA el incumplimiento por parte del CONTRATISTA de alguna de las cláusulas del Contrato, pudiera ocasionar graves trastornos en la realización de las obras, en el cumplimiento de los plazos, o en su aspecto económico, la EMPRESA podrá decidir la resolución del Contrato, con las penalidades a que hubiera lugar. así mismo, podrá proceder la resolución con pérdida de fianza y garantía suplementaria si la hubiera, de producirse alguno de los supuestos siguientes.

30.1.1.- Cuando no se hubiese efectuado el montaje de las instalaciones y medios auxiliares o no se hubiera aportado la maquinaria relacionada en la oferta o su equivalente en potencia o capacidad en los plazos previstos incrementados en un 25%, o si el CONTRATISTA hubiese sustituido dicha maquinaria en sus elementos principales sin la previa autorización de la EMPRESA.

30.1.2.- Cuando durante un periodo de tres meses consecutivos y considerados conjuntamente, no se alcanzase un ritmo de ejecución del 50% del programa aprobado para la Obra característica.

30.1.3.- Cuando se cumpla el plazo final de las obras y falte por ejecutar más del 20% de presupuesto de Obra característica tal como se define en el artículo 6.3. La imposición de las multas establecidas por los retrasos sobre dicho plazo, no obligará a la EMPRESA a la prórroga del mismo, siendo potestativo por su parte elegir entre la resolución o la continuidad del Contrato.

30.2.- será así mismo causa suficiente para la rescisión, alguno de los hechos siguientes:

30.2.1.- La quiebra, fallecimiento o incapacidad del CONTRATISTA. En este caso, la EMPRESA podrá optar por la resolución del Contrato, o por que se subroguen en el lugar del CONTRATISTA los indicios de la quiebra, sus causa habitantes o sus representantes.



30.2.2.- La disolución, por cualquier causa, de la sociedad, si el CONTRATISTA fuera una persona jurídica.

30.2.3.- Si el CONTRATISTA es una agrupación temporal de empresas y alguna de las integrantes se encuentra incluida en alguno de los supuestos previstos en alguno de los apartados 31.2. la EMPRESA estará facultada para exigir el cumplimiento de las obligaciones pendientes del Contrato a las restantes empresas que constituyen la agrupación temporal o para acordar la resolución del Contrato. Si la EMPRESA optara en ese momento por la rescisión, esta no producirá pérdida de la fianza, salvo que concurriera alguna otra causa suficiente para declarar tal pérdida.

30.3.- Procederá asimismo la rescisión, sin pérdida de fianza por el CONTRATISTA, cuando se suspenda la obra comenzada, y en todo caso, siempre que por causas ajenas al CONTRATISTA, no sea posible dar comienzo a la obra adjudicada, dentro del plazo de 3 meses, a partir de la fecha de adjudicación.

30.4.- En el caso de que se incurriese en las causas de resolución del Contrato conforme a las cláusulas de este Pliego General de Condiciones, o del Particular de la obra, la EMPRESA se hará cargo de las obras en la situación en que se encuentren, sin otro requisito que el del levantamiento de un Acta Notarial o simple, si ambas partes prestan su conformidad, que refleje la situación de la obra, así como de acopios de materiales, maquinaria y medios auxiliares que el CONTRATISTA tuviese en ese momento en el emplazamiento de los trabajos. Con este acto de la EMPRESA el CONTRATISTA no podrá poner interdicto ni ninguna otra acción judicial, a la que renuncie expresamente.

30.5.- Siempre y cuando el motivo de la rescisión sea imputable al CONTRATISTA, este se obliga a dejar a disposición de la EMPRESA hasta la total terminación de los trabajos, la maquinaria y medios auxiliares existentes en la obra que la EMPRESA estime necesario, pudiendo el CONTRATISTA retirar los restantes.

La EMPRESA abonará por los medios, instalaciones y maquinas que decida deben continuar en obra, un alquiler igual al estipulado en el baremo para trabajos por administración, pero descontando los porcentajes de gastos generales y beneficio industrial del CONTRATISTA.



30.6.- El CONTRATISTA se compromete como obligación subsidiaria de la cláusula anterior, a conservar la propiedad de las instalaciones, medios auxiliares y maquinaria seleccionada por la EMPRESA o reconocer como obligación preferente frente a terceros, la derivada de dicha condición.

30.7.- La EMPRESA comunicará al CONTRATISTA, con treinta días de anticipación, la fecha en que desea reintegrar los elementos que venía utilizando, los cuales dejará de devengar interés alguno a partir de su devolución, o a los 30 días de la notificación, si el CONTRATISTA no se hubiese hecho cargo de ellos.

En todo caso, la devolución se realizará siempre a pie de obra, siendo por cuenta del CONTRATISTA los gastos de su traslado definitivo.

30.8.- En los contratos rescindidos, se procederá a efectos de garantías, fianzas, etc. a efectuar las recepciones provisionales y definitivas de todos los trabajos ejecutados por el CONTRATISTA hasta la fecha de la rescisión.

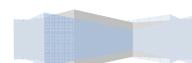
Artículo 31 PROPIEDAD INDUSTRIAL Y COMERCIAL

31.1.- Al suscribir el Contrato, el CONTRATISTA garantiza a la EMPRESA contra toda clase de reclamaciones que se refieran a suministros y materiales, procedimientos y medios utilizados para la ejecución de las obras y que procedan de titulares de patentes, licencias, planos, modelos, marcas de fábrica o comercio.

En el caso de que fuera necesario, corresponde al CONTRATISTA la obtención de las licencias o a utilidades precisas y soportar la carga de los derechos e indemnizaciones correspondientes.

31.2.- En caso de acciones dirigidas contra la EMPRESA por terceros titulares de licencias, autorizaciones, planos, modelos, marcas de fábrica o de comercio utilizadas por el CONTRATISTA para la ejecución de los trabajos, el CONTRATISTA responderá ante la EMPRESA del resultado de dichas acciones estando obligado además a prestarle su plena ayuda en el ejercicio de las excepciones que competan a la EMPRESA.

Artículo 32 DISPOSICIONES LEGALES



- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (O.M. 9-III-71).
- Comités de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Decreto 432/71 de 11-III-71).
- Reglamento de Seguridad e Higiene en la Industria de la construcción (O.M. 20-V-52).
- Reglamento de los Servicios Médicos de Empresa (O.M. 21-XI-59).
- Ordenanza de Trabajo de la construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-VIII-70).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (O.M. 20-IX-73).
- Reglamento de líneas Aéreas de Alta Tensión (O.M. 28-XI-68).
- Normas Para Señalización de Obras en las Carreteras (O.M. 14-III-60).
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción y Estatuto de los Trabajadores.
- Obligatoriedad de la Inclusión de un Estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo en los Proyectos de Edificación y Obras Públicas (Real Decreto 555/1986, 21-II-86).
- Cuantas disposiciones legales de carácter social, de protección a la industria nacional, etc., rijan en la fecha en que se ejecuten las obras.
- Reglamento sobre Condiciones técnicas y garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones Eléctricas y Centros de Transformación (real Decreto 3275/1982 de 12-XI-82).
- Viene también obligado al cumplimiento de cuanto la Dirección de Obra le dicte encaminado a garantizar la seguridad de los obreros y de la obra en general. En ningún caso dicho cumplimiento eximirá de responsabilidad al CONTRATISTA.

Artículo 33 TRIBUNALES

El CONTRATISTA renuncia al fuero de su propio domicilio y se compromete a sustanciar cuantas reclamaciones origine el Contrato ante los tribunales.

25.3 Capítulo 3 DESARROLLO DE LAS OBRAS. CONDICIONES TÉCNICO-ECONÓMICAS

Artículo 34 MODIFICACIONES DEL PROYECTO

34.1.- La EMPRESA podrá introducir en el proyecto, antes de empezar las obras o durante su ejecución, las modificaciones que sean precisas para la normal construcción de las mismas, aunque no se hayan previsto en el proyecto y siempre que no varíen las características principales de las obras.



También podrá introducir aquellas modificaciones que produzcan aumento o disminución y aún supresión de las unidades de obra marcadas en el presupuesto, o sustitución de una clase de fábrica por otra, siempre que esta sea de las comprendidas en el contrato.

Cuando se trate de aclarar o interpretar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o dibujos, las órdenes o instrucciones se comunicarán exclusivamente por escrito al CONTRATISTA, estando obligado este a su vez a devolver una copia suscribiendo con su firma el enterado.

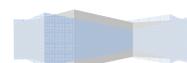
34.2.- Todas estas modificaciones serán obligatorias para el CONTRATISTA, y siempre que, a los precios del Contrato, sin ulteriores omisiones, no alteren el Presupuesto total de Ejecución Material contratado en más de un 35%, tanto en más como en menos, el CONTRATISTA no tendrá derecho a ninguna variación en los precios ni a indemnización de ninguna clase.

Si la cuantía total de la certificación final, correspondiente a la obra ejecutada por el CONTRATISTA, fuese a causa de las modificaciones del Proyecto, inferior al Presupuesto Total de Ejecución Material del Contrato en un porcentaje superior al 35%, el CONTRATISTA tendrá derecho a indemnizaciones.

Para fijar su cuantía, el contratista deberá presentar a la EMPRESA en el plazo máximo de dos meses a partir de la fecha de dicha certificación final, una petición de indemnización con las justificaciones necesarias debido a los posibles aumentos de los gastos generales e insuficiente amortización de equipos e instalaciones, y en la que se valore el perjuicio que le resulte de las modificaciones introducidas en las previsiones del Proyecto. Al efectuar esta valoración el CONTRATISTA deberá tener en cuenta que el primer 35% de reducción no tendrá repercusión a estos efectos.

Si por el contrario, la cuantía de la certificación final, correspondiente a la obra ejecutada por el CONTRATISTA, fuese, a causa de las modificaciones del Proyecto, superior al Presupuesto Total de Ejecución Material del Contrato y cualquiera que fuere el porcentaje de aumento, no procederá el pago de ninguna indemnización ni revisión de precios por este concepto.

34.3.- No se admitirán mejoras de obra más que en el caso de que la Dirección de la Obra haya ordenado por escrito, la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados.



Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, o salvo que la Dirección de Obra, ordene también por escrito la ampliación de las contratadas. Se seguirá el mismo criterio y procedimiento, cuando se quieran introducir innovaciones que supongan una reducción apreciable en las unidades de obra contratadas.

Artículo 35 MODIFICACIONES DE LOS PLANOS

35.1.- Los planos de construcción podrán modificar a los provisionales de concurso, respetando los principios esenciales y el CONTRATISTA no puede por ello hacer reclamación alguna a la EMPRESA.

35.2.- El carácter complejo y los plazos limitados de que se dispone en la ejecución de un Proyecto, obligan a una simultaneidad entre las entregas de las especificaciones técnicas de los suministradores de equipos y la elaboración de planos definitivos de Proyecto.

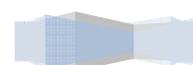
Esta simultaneidad implica la entrega de planos de detalle de obra civil, relacionada directamente con la implantación de los equipos, durante todo el plazo de ejecución de la obra.

La EMPRESA tomará las medidas necesarias para que estas modificaciones no alteren los planos de trabajo del CONTRATISTA entregando los planos con la suficiente antelación para que la preparación y ejecución de estos trabajos se realice de acuerdo con el programa previsto.

El CONTRATISTA por su parte no podrá alegar desconocimiento de estas definiciones de detalle, no incluidas en el proyecto base, y que quedará obligado a su ejecución dentro de las prescripciones generales del Contrato.

35.3.- El CONTRATISTA deberá confrontar, inmediatamente después de recibidos, todos los planos que le hayan sido facilitados, debiendo informar por escrito a la EMPRESA en el plazo máximo de 15 días y antes de proceder a su ejecución, de cualquier contradicción, error u omisión que lo exigiera técnicamente incorrectos.

Artículo 36 REPLANTEO DE LAS OBRAS



36.1.- La EMPRESA entregará al CONTRATISTA los hitos de triangulación y referencias de nivel establecidos por ella en la zona de obras a realizar. La posición de estos hitos y sus coordenadas figurarán en un plano general de situación de las obras.

36.2.- Dentro de los 15 días siguientes a la fecha de adjudicación el CONTRATISTA verificará en presencia de los representantes de la EMPRESA el plano general de replanteo y las coordenadas de los hitos, levantándose el Acta correspondiente.

36.3.- La EMPRESA precisará sobre el plano de replanteo las referencias a estos hitos de los ejes principales de cada una de las obras.

36.4.- El CONTRATISTA será responsable de la conservación de todos los hitos y referencias que se le entreguen. Si durante la ejecución de los trabajos, se destruyese alguno, deberá reponerlos por su cuenta y bajo su responsabilidad.

El CONTRATISTA establecerá en caso necesario, hitos secundarios y efectuará todos los replanteos precisos para la perfecta definición de las obras a ejecutar, siendo de su responsabilidad los perjuicios que puedan ocasionarse por errores cometidos en dichos replanteos.

Artículo 37 ACCESOS A LAS OBRAS

37.1.- Los caminos y accesos provisionales a los diferentes tajos de obra, serán construidos por el CONTRATISTA por su cuenta y cargo.

37.2.- Para que la EMPRESA apruebe su construcción en el caso de que afecten a terceros interesados, el CONTRATISTA habrá debido llegar a un previo acuerdo con estos.

37.3.- Los caminos y accesos estarán situados en la medida de lo posible, fuera del lugar de emplazamiento de las obras definitivas. En el caso de que necesariamente hayan de transcurrir por el emplazamiento de obras definitivas, las modificaciones posteriores, necesarias para la ejecución de los trabajos, serán a cargo del CONTRATISTA.

37.4.- Si los mismos caminos han de ser utilizados por varios Contratistas, estos deberán ponerse de acuerdo entre sí sobre el reparto de sus gastos de construcción y conservación.



37.5.- La EMPRESA se reserva el derecho de transitar libremente por todos los caminos y accesos provisionales de la obra, sin que pueda hacerse repercutir sobre ella gasto alguno en concepto de conservación.

Artículo 38 ORGANIZACIÓN DE LAS OBRAS

38.1.- El CONTRATISTA tendrá un conocimiento completo de la disposición de conjunto de los terrenos, de la importancia y situación de las obras objeto de contrato, de las zonas reservadas para la obra, de los medios de acceso, así como de las condiciones climáticas de la región, especialmente del régimen de las aguas y de la frecuencia e importancia de las crecidas de los ríos, que puedan afectar a los trabajos.

38.2.- La EMPRESA pondrá gratuitamente a disposición del CONTRATISTA, mientras duren los trabajos, todos los terrenos cuya ocupación definitiva sea necesaria para la implantación de las obras objeto del contrato.

38.3.- También pondrá la EMPRESA gratuitamente a disposición del CONTRATISTA, los terrenos de su propiedad y que puedan ser adecuados para las obras auxiliares e instalaciones.

38.4.- En el plazo de un mes a partir de la fecha del Contrato, se determinarán contradictoriamente los terrenos afectados por los párrafos 2 y 3 que se representarán en el plano de la zona.

En caso de desavenencia en esta determinación contradictoria, será vinculante el plano previo incorporado al Pliego de Condiciones Particulares.

38.5.- La obligación de la EMPRESA en cuanto entrega de los terrenos necesarios queda limitada a los que figuran y se reseñan en el plano de referencia que, al mismo tiempo, definirá lo que se entiende por zona de obras.

38.6.- Si por conveniencia del CONTRATISTA este deseara disponer de otros terrenos distintos de los figurados y reseñados en el plano antes citado, será de su cargo su adquisición o la obtención de las autorizaciones pertinentes, debiendo el contratista someter previamente a la conformidad de la EMPRESA las modalidades de adquisición o de obtención de la autorización respectiva.

Artículo 39 VIGILANCIA Y POLICÍA DE LAS OBRAS



39.1.- El CONTRATISTA es responsable del orden, limpieza y condiciones sanitarias de las obras objeto de contrato. deberá adoptar a este respecto, a su cargo y bajo su responsabilidad, las medidas que le sean señaladas por las autoridades competentes y con la representación de la EMPRESA.

39.2.- En caso de conflicto de cualquier clase, que pudiera implicar alteraciones del orden público, corresponde al CONTRATISTA la obligación de ponerse en contacto con las autoridades competentes y convenir con ellos y disponer las medidas adecuadas para evitar incidentes.

Artículo 40 UTILIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES AUXILIARES Y EQUIPOS DEL CONTRATISTA

El CONTRATISTA deberá poder facilitar a la EMPRESA, todos los medios auxiliares que figuran en el programa o tengan servicio en la obra. Para ello la EMPRESA comunicará por escrito al CONTRATISTA las instalaciones o equipos o maquinas que desea utilizar y fecha y duración de la prestación.

Cuando razonablemente no haya inconveniente para ello, no se perturbe la organización y desarrollo de los trabajos, o exista una causa grave de fuerza mayor, el CONTRATISTA deberá atender la solicitud de la EMPRESA, abonándose las horas de utilización conforme a los baremos de administración aprobados.

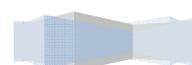
En todo caso, el manejo y entretenimiento de las maquinas e instalaciones será realizado por personal del CONTRATISTA.

Artículo 41 EMPLEO DE MATERIALES NUEVOS O DE DEMOLICIÓN PERTENECIENTES A LA EMPRESA ELÉCTRICA

Cuando fuera de las previsiones del Contrato, la EMPRESA juzgue conveniente emplear materiales nuevos o de recuperación que le pertenezcan, el CONTRATISTA no podrá oponerse a ello y las condiciones que regulen este suministro serán establecidas de común acuerdo o, en su defecto, se establecerá mediante Arbitraje de Derecho Privado.

Artículo 42 USO ANTICIPADO DE LAS INSTALACIONES DEFINITIVAS

42.1.- La EMPRESA se reserva el derecho de hacer uso de las partes terminadas de la obra contratada, antes de que los trabajos prescritos en el contrato se hayan terminado en su



totalidad, bien por necesidades de servicio, bien para permitir la realización de otros trabajos que no forman parte del contrato.

42.2.- Si la EMPRESA deseara hacer uso del citado derecho, se lo comunicará al CONTRATISTA con una semana de antelación a la fecha de utilización. El uso de este derecho por parte de la EMPRESA no implica recepción provisional de la zona afectada.

Artículo 43 PLANES DE OBRA Y MONTAJE

43.1.- Independientemente del plan de trabajos que los Contratistas ofertantes deben presentar con sus ofertas, de acuerdo a lo establecido en el artículo 6, el CONTRATISTA presentará con posterioridad a la firma del Contrato, un plan más detallado que el anterior.

La EMPRESA indicará el plazo máximo a partir de la formalización del Contrato, en el que debe presentarlo y tipo de programa exigido.

De no indicarse el plazo, se entenderá establecido éste en un mes.

43.2.- Este Plan, que deberá ser lo más completo, detallado y razonado posible, respetará obligatoriamente el plazo parcial y final fijado en el Concurso, y deberá venir acompañado del programa de certificaciones mensuales.

Tanto el Plan de Obra como el programa de Certificaciones mensuales, deberán destacar individualmente cada una de las unidades correspondientes a la Obra característica.

Las unidades de Obra Complementaria podrán agruparse tanto en uno como en otro documento, dentro de bloques homogéneos cuya determinación quedará a juicio del CONTRATISTA. En el caso de que éste, decidiera proponer un adelanto en alguno de los plazos fijados, deberá hacerlo como una variante suplementaria, justificando expresamente en este caso todas las repercusiones económicas a que diese lugar.

43.3.- El Plan de Obra deberá ser aprobado oficialmente por la EMPRESA adquiriendo desde este momento el carácter de documento contractual. No podrá ser modificado sin autorización expresa de la EMPRESA y el CONTRATISTA vendrá obligado a respetarlo en el desarrollo de los trabajos.



En caso de desacuerdo sobre el Plan de Obra, una vez rechazado por la EMPRESA el tercero consecutivo se someterá la controversia a arbitraje, siendo desempeñado por un solo árbitro, que habrá de ser el profesional competente y habilitado, según la índole del tema considerado, designado por el Colegio Profesional correspondiente.

43.4.- En este Plan, el CONTRATISTA indicará los medios auxiliares y mano de obra que ofrece emplear en la ejecución de cada una de las unidades de Obra característica, con indicación expresa de los rendimientos a obtener. Las unidades de Obra complementaria podrán agruparse a estos efectos, en bloques homogéneos, iguales a los indicados en el artículo 43.2.

Los medios ofrecidos, que han de ser como mínimo los de la propuesta inicial, salvo que la EMPRESA, a la vista del Plan de Obra, autorice otra cosa, quedarán afectos a la obra y no podrán ser retirados o sustituidos salvo aprobación expresa de la Dirección de la misma.

La aceptación del Plan y relación de medios auxiliares propuestos por el CONTRATISTA no implica exención alguna de responsabilidad para el mismo en el caso de incumplimiento de los plazos parciales, o final convenido.

43.5.- Si el desarrollo de los trabajos no se efectuase de acuerdo al Plan aprobado y ello pudiera dar lugar al incumplimiento de plazos parciales o final, la EMPRESA podrá exigir del CONTRATISTA la actualización del Plan vigente, reforzando las plantillas de personal, medios auxiliares e instalaciones necesarias a efectos de mantener los plazos convenidos y sin que el CONTRATISTA pueda hacer recaer sobre la EMPRESA las repercusiones económicas que este aumento de medios puede traer consigo. El Plan de Obra actualizado sustituirá a todos los efectos contractuales al anteriormente vigente, con la salvedad que se indica en el apartado siguiente.

43.6.- En cualquier caso, la aceptación por parte de la EMPRESA de los Planes de Obra actualizados que se vayan confeccionando para adecuar el desarrollo real de los trabajos al mantenimiento de los plazos iniciales, no liberará al CONTRATISTA de las posibles responsabilidades económicas en que incurra por el posible incumplimiento de los plazos convenidos.

43.7.- El desarrollo de todas las obras habrá de subordinarse al montaje de las instalaciones para cuyo servicio se construyen.



Esta circunstancia ya se tiene en cuenta al establecer los plazos de cada obra que se fijan en su correspondiente Pliego Particular, por lo que en ningún caso pueden ser causa de concesión de prórroga las interferencias que al curso de la obra pueda originar el montaje, siempre y cuando el suministro de equipos y el propio montaje se mantengan en líneas generales dentro de los plazos y planes previstos, conforme a lo indicado en los artículos 47 y 50 del presente Pliego.

Artículo 44 PLAZOS DE EJECUCIÓN

44.1.- La EMPRESA se establecerá los plazos parciales y plazo final de terminación, a los que el CONTRATISTA deberá ajustarse obligatoriamente.

44.2.- Los plazos parciales corresponderán a la terminación y puesta a disposición de determinados elementos, obras o conjuntos de obras, que se consideren necesario para la prosecución de otras fases de la construcción o del montaje.

Estas obras o conjunto de obras que condicionan un plazo parcial, se definirán bien por un estado de dimensiones, bien por la posibilidad de prestar en ese momento y sin restricciones, el uso, servicio o utilización que de ellas se requiere.

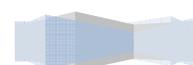
44.3.- En consecuencia, y a efectos del cumplimiento del plazo, la terminación de la obra y su puesta a disposición, será independiente del importe de los trabajos realizados a precio de Contrato, salvo que el importe de la Obra característica realizada supere como mínimo en un 10% el presupuesto asignado para esa parte de la obra.

Para valorar a estos efectos la obra realizada, no se tendrá en cuenta los aumentos del coste producidos por revisiones de precios y sí únicamente los aumentos reales del volumen de obra.

44.4.- En el caso de que el importe de la Obra característica realizada supere en un 10% al presupuesto para esa parte de obra, los plazos parciales y final se prorrogarán en un plazo igual al incremento porcentual que exceda de dicho 10%.

Artículo 45 RETENCIONES POR RETRASOS EN LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

45.1.- Los retrasos sobre el plan de obra y programa de certificaciones imputables al CONTRATISTA, tendrán como sanción económica para cada mes la retención por la EMPRESA, con abono a una cuenta especial denominada "Retenciones", del 50% de la diferencia entre el



90% de la Obra característica que hasta ese mes debería haberse justificado y la que realmente se haya realizado. Para este cómputo de obra realizada no se tendrá en cuenta la correspondiente a Obras complementarias.

45.2.- El CONTRATISTA que en meses sucesivos realizase Obra característica por un valor superior a lo establecido en el Plan de trabajos para esos meses, tendrá derecho a recuperar de la cuenta de "Retenciones" la parte proporcional que le corresponda.

45.3.- Cuando se alcance el plazo total previsto para la ejecución de la obra con un saldo acreedor en la cuenta de "Retenciones" quedará éste bloqueado a disposición de la EMPRESA para responder de las posibles multas y sanciones correspondientes a una posible rescisión. En el momento de la total terminación y liquidación de la obra contratada, se procederá a saldar esta cuenta abonando al CONTRATISTA el saldo acreedor si lo hubiere o exigiéndole el deudor si así resultase.

Artículo 46 INCUMPLIMIENTO DE LOS PLAZOS Y MULTAS

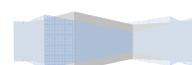
46.1.- En el caso de incumplimiento de los plazos fijados por causas directamente imputables al CONTRATISTA, satisfará éste las multas que se indiquen en el Pliego Particular de la obra, con cargo a las certificaciones, fondo de retenciones o fianza definitiva, sucesivamente, sin perjuicio de la responsabilidad por daños.

46.2.- Si el retraso producido en el cumplimiento de los plazos ocasionara a su vez retrasos en otros contratistas, lesionando los intereses de estos, la EMPRESA podrá hacer repercutir sobre el CONTRATISTA las indemnizaciones a que hubiera lugar por tales perjuicios.

46.3.- En el caso de que los retrasos se produzcan por causas imputables a la EMPRESA en los suministros a que venga obligada la Empresa, por órdenes expresas de la Dirección de Obra o por demoras en los montajes de maquinaria o equipos, se prorrogarán los plazos en un tiempo igual al estimado por la EMPRESA como retraso producido, de acuerdo con lo establecido en el artículo 49.

Artículo 47 SUPRESIÓN DE LAS MULTAS

Cuando la EMPRESA advierta la posibilidad de que un retraso en la ejecución de las obras o en el montaje, no va a repercutir en la puesta en marcha de la instalación ni causar perjuicios a



terceros, podrá acordar libremente la supresión de multas, o la ampliación de los plazos de ejecución.

En este último caso, la EMPRESA podrá diferir a la nueva fecha de terminación, y en el supuesto de que ésta tampoco se cumpla, la aplicación de las multas establecidas.

Artículo 48 PREMIOS Y PRIMAS

48.1.- En el Pliego Particular de Condiciones de la Obra, la EMPRESA podrá establecer premios en el caso de cumplimiento de los plazos parciales y total contratados y/o un sistema de primas para premiar los posibles adelantos sobre dichos plazos de terminación de obras.

La EMPRESA especificará las condiciones que deberán concurrir para que el CONTRATISTA pueda obtener dichos premios y/o primas.

48.2.- La EMPRESA podrá supeditar el pago de los premios, siempre que así lo indique expresamente, al cumplimiento estricto de los plazos, incluso en el caso de retrasos producidos por causas no imputables al CONTRATISTA o de fuerza mayor.

Artículo 49 RETRASOS OCASIONADOS POR LA EMPRESA

Los retrasos que pudieran ocasionar la falta de planos, demoras en el suministro de materiales que deba ser realizado por la EMPRESA, o interferencias ocasionadas por otros Contratistas, serán valorados en tiempo por la Dirección de la Obra, después de oír al CONTRATISTA, prorrogándose los plazos conforme a dicha estimación.

Para efectuar ésta, la Dirección tendrá en cuenta la influencia sobre la parte de obra realmente afectada, y la posibilidad de adelantar la ejecución de obras y unidades de obras, cuya realización estuviese prevista para fecha posterior.

Artículo 50 DAÑOS Y AMPLIACIÓN DE PLAZO EN CASO DE FUERZA MAYOR

50.1.- Cuando se produjeran daños en las obras por causa de fuerza mayor, si su prevención o minoración hubiera correspondido a las partes, la que hubiese sido negligente soportara sus consecuencias.



Si fuese por completo ajena a la actuación del CONTRATISTA el riesgo sobre la obra ejecutada será soportado por la EMPRESA en cuanto a las unidades de que se hubiese hecho previa medición, según se determina en el artículo 52.

50.2.- Si por causa de fuerza mayor no imputable al CONTRATISTA hubiese de sufrir demora el curso de la obra, lo pondrá en conocimiento de la EMPRESA con la prontitud posible, concretando el tiempo en que estima necesario prorrogar los plazos establecidos, la EMPRESA deberá manifestar su conformidad o reparos a la procedencia y alcance de la prórroga propuesta en un plazo igual al que hubiese mediado entre el hecho originario y la comunicación del CONTRATISTA.

Artículo 51 MEDICIONES DE LAS UNIDADES DE OBRA

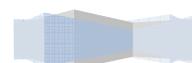
51.1.- Servirán de base para la medición y posterior abono de las obras los datos del replanteo general y los replanteos parciales que haya exigido el curso de la obra; los vencimientos y demás partes ocultas de las obras, tomados durante la ejecución de los trabajos y autorizados con las firmas del CONTRATISTA y del Director de la Obra; la medición que se lleve a efecto de las partes descubiertas de las obras de fábrica y accesorias y, en general, los que convengan al procedimiento consignado en el Pliego oficial.

51.2.- En ningún caso podrá alegar el CONTRATISTA los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas cuando se hallen en contradicción con las normas establecidas a estos efectos en el Pliego Particular de la obra, o en su defecto, con las establecidas en el presente Pliego de Condiciones Generales.

51.3.- Las mediciones con los datos recogidos de los elementos cualitativos que caracterizan las obras ejecutadas, los acopios realizados, o los suministros efectuados, constituyen comprobación de un cierto estado de hecho y se recogerán por la EMPRESA en presencia del CONTRATISTA. La ausencia del CONTRATISTA, aún habiendo sido avisado previamente, supone su conformidad a los datos recogidos por la EMPRESA.

En caso de presencia del CONTRATISTA las mediciones serán avaladas con la firma de ambas partes.

51.4.- El CONTRATISTA no podrá dejar de firmar las mediciones. En caso de negarse a hacerlo, podrá levantarse acta notarial a su cargo. Si las firmara con reservas, dispondrá de un plazo de



10 días a partir de la fecha de redacción de las mismas para formular por escrito sus observaciones. Pasado ese plazo, las mediciones se suponen aceptadas sin reserva alguna.

En el caso de la firma con reserva, se redactará un acta en la que se hará constar los motivos de disconformidad, acta que se unirá a la correspondiente medición.

51.5.- En el caso de reclamación del CONTRATISTA las mediciones se tomarán a petición propia o por iniciativa de la EMPRESA, sin que estas comprobaciones prejuzguen, en ningún caso, el reconocimiento de que las reclamaciones están bien fundamentadas.

51.6.- El CONTRATISTA está obligado a exigir a su debido tiempo la toma contradictoria de mediciones para los trabajos, prestaciones y suministros que no fueran susceptibles de comprobación o de verificaciones ulteriores, a falta de lo cual, salvo pruebas contrarias que deben proporcionar a su costa, prevalecerán las decisiones de la EMPRESA con todas sus consecuencias.

Artículo 52 CERTIFICACIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS

52.1.- Las unidades de obra se medirán mensualmente sobre las partes realmente ejecutadas con arreglo al Proyecto, modificaciones posteriores y órdenes de la Dirección de Obra, y de acuerdo con los artículos del Pliego de Condiciones.

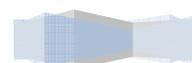
La medición de la obra realizada en un mes se llevará a cabo en los ocho primeros días siguientes a la fecha de cierre de certificaciones. Dicha fecha se determinará al comienzo de las obras.

Las valoraciones efectuadas servirán para la redacción de certificaciones mensuales al origen, de las cuales se tendrá el líquido de abono.

Corresponderá a la EMPRESA en todo caso, la redacción de las certificaciones mensuales.

52.2.- Las certificaciones y abonos de las obras, no suponen aprobación ni recepción de las mismas.

52.3.- Las certificaciones mensuales se deben entender siempre como abonos a buena cuenta, y en consecuencia, las mediciones de unidades de obra y los precios aplicados no tienen el



carácter de definitivos, pudiendo surgir modificaciones en certificaciones posteriores y definitivamente en la liquidación final.

52.4.- Si el CONTRATISTA rehusase firmar un certificación mensual o lo hiciese con reservas por no estar conforme con ella, deberá exponer por escrito y en el plazo máximo de diez días, a partir de la fecha de que se le requiera para la firma, los motivos que fundamenten su reclamación e importe de la misma. La EMPRESA considerará esta reclamación y decidirá si procede atenderla.

Los retrasos en el cobro, que pudieran producirse como consecuencia de esta dilación en los trámites de la certificación, no se computarán a efectos de plazo de cobro ni de abono de intereses de demora.

52.5.- Terminado el plazo de diez días, señalado en el epígrafe anterior, o si hubiese variado la obra en forma tal que les fuera imposible recomprobar la medición objeto de discusión, se considerará que la certificación es correcta, no admitiéndose posteriormente reclamación alguna en tal sentido.

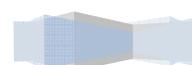
52.6.- Tanto en las certificaciones, como en la liquidación final, las obras serán en todo caso abonadas a los precios que para cada unidad de obra figuren en la oferta aceptada, o a los precios contradictorios fijados en el transcurso de la obra, de acuerdo con lo provisto en el epígrafe siguiente.

52.7.- Los precios de unidades de obra, así como los de los materiales, maquinaria y mano de obra que no figuren entre los contratados, se fijaran contradictoriamente entre el Director de Obra y el CONTRATISTA, o su representante expresamente autorizado a estos efectos.

Estos precios deberán ser presentados por el CONTRATISTA debidamente descompuestos, conforme a lo establecido en el artículo 6 del presente Pliego.

La Dirección de Obra podrá exigir para su comprobación la presentación de los documentos necesarios que justifique la descomposición del precio presentado por el CONTRATISTA.

La negociación del precio contradictorio será independiente de la ejecución de la unidad de obra de que se trate, viniendo obligado el CONTRATISTA a realizarla, una vez recibida la orden



correspondiente. A falta de acuerdo se certificará provisionalmente a base de los precios establecidos por la EMPRESA.

52.8.- Cuando circunstancias especiales hagan imposible el establecer nuevos precios, o así le convenga a la EMPRESA, corresponderá exclusivamente a esta Sociedad la decisión de abonar estos trabajos en régimen de Administración, aplicando los baremos de mano de obra, materiales y maquinaria, aprobados en el Contrato.

52.9.- Cuando así lo admita expresamente el Pliego de Condiciones Particulares de la obra, o la EMPRESA acceda a la petición en este sentido formulada por el CONTRATISTA, podrá certificarse a cuenta de acopios de materiales en la cuantía que determine dicho Pliego, o en su defecto la que estime oportuno la Dirección de Obra.

Las cantidades abonadas a cuenta por este concepto se deducirán de la certificación de la unidad de obra correspondiente, cuando dichos materiales pasen a formar parte de la obra ejecutada.

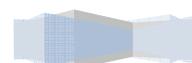
En la liquidación final no podrán existir abonos por acopios, ya que los excesos de materiales serán siempre por cuenta del CONTRATISTA.

El abono de cantidades a cuenta en concepto de acopio de materiales no presupondrá, en ningún caso, la aceptación en cuanto a la calidad y demás especificaciones técnicas de dicho material, cuya comprobación se realizará en el momento de su puesta en obra.

52.10.- Del importe de la certificación se retraerá el porcentaje fijado en el artículo 17.3. para la constitución del fondo de garantía.

52.11.- Las certificaciones por revisión de precios, se redactarán independientemente de las certificaciones mensuales de obra ejecutada, ajustándose a las normas establecidas en el artículo 29.

52.12.- El abono de cada certificación tendrá lugar dentro de los 120 días siguientes de la fecha en que quede firmada por ambas partes la certificación y que obligatoriamente deberá figurar en la antefirma de la misma. El pago se efectuará mediante transferencia bancaria, no admitiéndose en ningún caso el giro de efectos bancarios por parte del CONTRATISTA.



Si el pago de una certificación no se efectúa dentro del plazo indicado, se devengarán al CONTRATISTA, a petición escrita del mismo, intereses de demora.

Estos intereses se devengarán por el periodo transcurrido del último día del plazo tope marcado (120 días) y la fecha real de pago. siendo el tipo de interés, el fijado por el Banco de ESPAÑA, como tipo de descuento comercial para ese periodo.

Artículo 53 ABONO DE UNIDADES INCOMPLETAS O DEFECTUOSAS

53.1.- La Dirección de Obra, determinará si las unidades que han sido realizadas en forma incompleta o defectuosa, deben rehacerse o no. Caso de rehacerse el CONTRATISTA vendrá obligado a ejecutarlas, siendo de su cuenta y cargo dicha reparación, en el caso de que ya le hubiesen sido abonadas.

De no haberlo sido, se certificará la obra como realizada una sola vez.

53.2.- Cuando existan obras defectuosas o incompletas que la EMPRESA considere, que a pesar de ello puedan ser aceptables para el fin previsto, se abonarán teniendo en cuenta la depreciación correspondiente a las deficiencias observadas. En el Pliego de Condiciones Particulares se fijan resistencias, densidades, grados de acabado, tolerancias en dimensiones, etc. Se podrá hacer una proporcionalidad con las obtenidas, siempre que sean admisibles, o bien fijar de entrada una depreciación en los precios de un 10% para obras defectuosas pero aceptables.

Artículo 54 RECEPCIÓN PROVISIONAL DE LAS OBRAS

54.1.- A partir del momento en que todas las obras que le han sido encomendadas, hayan sido terminadas, el CONTRATISTA lo pondrá en conocimiento de la EMPRESA, mediante carta certificada con acuso de recibo.

La EMPRESA procederá entonces a la recepción provisional de esas obras, habiendo convocado previamente al CONTRATISTA por escrito, al menos con 15 días de anticipación.

Si el CONTRATISTA no acude a la convocatoria, se hará mención de su ausencia en el Acta de Recepción.



54.2.- Del resultado del reconocimiento de las obras, se levantará un Acta de recepción en la que se hará constar el estado final de las obras y las deficiencias que pudieran observarse.

El Acta será firmada conjuntamente por el CONTRATISTA y la Dirección de la obra.

54.3.- Si el reconocimiento de las obras fuera satisfactorio se recibirán provisionalmente las obras, empezando a contar desde esta fecha el plazo de garantía.

Si por el contrario se observara deficiencias y no procediese efectuar la recepción provisional, se concederá al CONTRATISTA un plazo breve para que corrija los defectos observados, transcurrido el cual deberá procederse a un nuevo reconocimiento.

Si transcurrido el plazo concedido al CONTRATISTA, no se hubieran subsanado dichos defectos, la EMPRESA podrá proceder a su realización, bien directamente, bien por medio de otros contratistas, con cargo al fondo de garantía y si este no bastase, con cargo a la fianza definitiva.

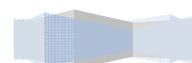
Una vez terminados los trabajos de reparación, se procederá a recibir provisionalmente las obras.

Artículo 55 PLAZO DE GARANTÍA

Una vez terminadas las obras, se efectuará la recepción provisional de las mismas, tal como se indica en el artículo 54, a partir de cuyo momento comenzará a contar el plazo de garantía, al final del cual se llevará a cabo la recepción definitiva.

Durante este plazo, será de cuenta del CONTRATISTA la conservación y reparación de las obras, así como todos los desperfectos que pudiesen ocurrir en las mismas, desde la terminación de estas, hasta que se efectúe la recepción definitiva, excepción hecha de los daños que se deriven del mal trato o uso inadecuado de las obras por parte de la EMPRESA.

Si el CONTRATISTA incumpliese lo estipulado en el párrafo anterior, la EMPRESA podrá encargar a terceros la realización de dichos trabajos o ejecutarlos directamente por Administración, deduciendo su importe del fondo de garantía y si no bastase, de la fianza



definitiva, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la EMPRESA en el caso de que el monto del fondo de garantía y de la fianza no bastasen para cubrir el importe de los gastos realizados en dichos trabajos de reparación.

Artículo 56 RECEPCIÓN DEFINITIVA DE LAS OBRAS

56.1.- Una vez transcurrido el plazo de garantía se procederá a efectuar la recepción definitiva de las obras de un modo análogo al indicado en el artículo 54 para la recepción provisional.

56.2.- En el caso de que hubiese sido necesario conceder un plazo para subsanar los defectos hallados, el CONTRATISTA no tendrá derecho a cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía, debiendo continuar encargado de la conservación de las obras durante esa ampliación.

56.3.- Si la obra se arruinase con posterioridad a la recepción definitiva por vicios ocultos de la construcción debidos a incumplimiento doloso del Contrato por parte del CONTRATISTA, responderá éste de los daños y perjuicios en el término de 15 años.

Transcurrido este plazo, quedará totalmente extinguida la responsabilidad del CONTRATISTA.

Artículo 57 LIQUIDACIÓN DE LAS OBRAS

Una vez efectuada la recepción provisional se procederá a la medición general de las obras que han de servir de base para la valoración de las mismas.

La liquidación de las obras se llevará a cabo después de la recepción definitiva, saldando las diferencias existentes por los abonos a cuenta y descontando el importe de las reparaciones u obras de conservación que haya habido necesidad de efectuar durante el plazo de garantía, en el caso de que el CONTRATISTA no las haya realizado por su cuenta. Después de realizada la liquidación, se saldarán el fondo de garantía y la fianza definitiva, tanto si ésta última se ha constituido Aval Bancario.

También se liquidará, si existe, la cuenta especial de retenciones por retrasos durante la ejecución de las obras.



26 PLIEGO DE CONDICIONES LEGALES

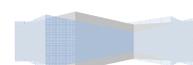
La existencia de un marco legal comunitario, estatal, autonómico y municipal condiciona las diferentes medidas que integran la gestión de residuos en el interior y en el exterior de los centros, tanto sanitarios como de gestión y tratamiento de residuos.

26.1.1 Normativa Comunitaria

- 75/442/CEE Directiva del Consejo, de 15 de julio de 1975, relativa a los residuos.
- 91/156/CEE Directiva del Consejo, de 18 de marzo de 1991, por la cual se modifica la anterior.
- 101/1987/CEE Directiva de 22 de Diciembre de 1986, que modifica la Directiva 75/439/CEE, relativa a la gestión de aceites usados.
- 91/156/CEE de 18 de marzo de 1991, por la que se modifica la Directiva 75/442/CEE, relativa a los residuos.
- 91/689/CEE Decisión de la Comisión, de 20 de diciembre de 1991, relativa a los residuos peligrosos.
- 94/31/CE Directiva del Consejo que modifica la 91/689CEE.
- 94/62/CE, de 20 de Diciembre, relativa a los envases y residuos de envases.
- 94/904/CEE Decisión del Consejo "Lista de Residuos Peligrosos".
- 2000/76/CE de 4 de Diciembre de 2000, relativa a la incineración de residuos.

26.1.2 Normativa estatal

- Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases.
- Ley 10/1998, de 21 de abril, de residuos
- Real decreto 833/1988, de 20 de julio, por es que se aprueba el reglamento para la ejecución de la Ley 20/86 básica de residuos tóxicos y peligrosos.
- Real decreto 952/1997, de 20 de junio, por el cual se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, básica de residuos tóxicos y peligrosos, aprobado mediante el Real decreto 833/1988, de 20 de julio.
- Real decreto 782/1998, de 30 de abril, por el cual se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases

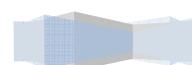


- Real decreto 363/95, de 10 de marzo, por el cual se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.
- Real decreto 668/1980 modificado por el 3485/1983, de 14 de diciembre, por el cual se aprueba el Reglamento sobre almacenaje de productos químicos (RAQ).
- Real decreto 1078/1993, de 2 de julio, por el cual se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.
- Real decreto 2070/95, de 22 de diciembre, por el cual se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico.
- Real decreto 849/1986, de 11 de abril, por el cual se aprueba el Reglamento de dominio público hidráulico que desarrolla los títulos preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de aguas.
- Decreto 95/2001, de 3 de abril, por el que se aprueba el reglamento de la Policía Sanitaria Mortuoria.
- Orden de 28 de Febrero de 1989, Plan Nacional de Residuos Industriales.
- Resolución de 24 de julio de 1989, Plan Nacional de Residuos Industriales.
- Orden de 13 de octubre de 1989, Caracterización de Residuos.
- Resolución de 28 de abril de 1995, Plan Nacional de Residuos Peligrosos.
- Resolución de 17 de noviembre de 1998, Catalogo Europeo de Residuos (CER)
- Real Decreto 1481/2001 de 27 de diciembre, Depósito en vertedero.
- Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero, Valoración y lista europea de Residuos.

26.1.3 Normativa Autonómica

- Ley 7/1994, (18-5), de Protección Ambiental
- Decreto 283/95, (21-11). Reglamento de Residuos de la Comunidad Autónoma Andaluza, BOJA 161, de 19 de diciembre de 1995.

En lo relativo a la normativa autonómica, no existe actualmente una legislación específica que regule la gestión de los residuos sanitarios. Sin embargo son varias las comunidades autónomas que si los han regulado: Cataluña, Cantabria, etc.



PRESUPUESTO

CONSIDERACIONES PREVIAS.....

INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO

COSTES DE OPERACIÓN

PRESUPUESTO FINAL



27 PRESUPUESTO

27.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

El objetivo del presente documento es calcular el presupuesto general de ejecución del proyecto, incluyendo todos los equipos, accesorios e instalaciones comentados en la Memoria Descriptiva.

El presupuesto estará dividido en dos partes:

1. inversión en capital fijo
2. costes de operación

La inversión en capital fijo representa el gasto necesario para la construcción de la planta, mientras que los costes de operación comprenden el gasto necesario anual para hacerla funcionar.

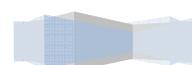
El presente proyecto no refleja cálculos de amortización. Ya que ésta no es una planta amortizable, puesto que su propósito es estrictamente medioambiental.

27.2 INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO

En primer lugar debemos calcular el coste de los equipos entregados.

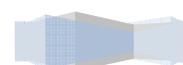
Dentro de éste distinguiremos tres partidas:

- Partida 1: Recipiente esterilizador y depósitos de almacenamiento.
- Partida 2: Equipos para la impulsión de fluidos.
- Partida 3: Control de flujo e instrumentación.
- Partida 3: Conducciones y accesorios.



27.2.1 Partida 1: Recipiente esterilizador, depósitos de almacenamiento y trituradora.

Descripción	unidades	€/unidad	coste total (€)
Recipiente esterilizador horizontal soportado por dos cunas y fabricado en acero inoxidable ANSI 316 de 3,5 m de longitud y 0,853 m diámetro con una capacidad de 2m ³ , junto con equipo de cestas deslizantes de acero inoxidable.	1	6500	6.500,00 €
Depósito de almacenamiento de agua fabricado en acero inoxidable ANSI 316 con fondos planos de altura 2,8 m y diámetro 1,4 m, con un espesor de pared de 5,4 mm y una capacidad de 3,6 m3.	1	2031,91	2.031,91 €
Depósito de almacenamiento de gasoil fabricado en acero inoxidable ANSI 316 con fondos planos de altura 3 m y diámetro 1,5 ,con un espesor de pared de 5,5 mm y una capacidad de 3,6 m3.	1	2031,91	2.031,91 €
Trituradora de residuos de 5,5 Kw modelo TRITOTUTTO ISVE modelo 25/66	1	2049	2.049,00 €
TOTAL PARTIDA 1			12.612,82 €



27.2.2 Partida 2: Equipos para la impulsión de fluidos.

Descripción	unidades	€/unidad	coste total (€)
Generador de vapor de 38 Kw, modelo ATTSU RS 50	1	1175,41	1.175,41 €
Compresor de aire de potencia 1,8 Kw modelo CA-SILBOX2-50M	1	4000	4.000,00 €
Bomba centrífuga para el transporte de agua de 0,37 Kw marca HASA serie NIZA 60/3	1	787	787,00 €
Bomba centrífuga para el transporte de Gasoil de 0,55 Kw marca PLASTOMECH modelo P0201	1	827	827,00 €
Filtro para contaminación biológica H14	2	152	304,00 €

CONDUCCIONES:

Descripción	metro de tubería	€/m de tubería	coste total (€)
Metro lineal de tubería de acero ANSI 316 DN 1/4''	31,27	7,15	223,58 €
Metro lineal de tubería de acero ANSI 316 DN 1/2''	32,515	10,84	352,46 €



ACCESORIOS

Descripción	unidades	€/unidad	coste total (€)
Válvula de regulación automática en acero inoxidable ANSI 316 y DN ¼ ''	3	50,98	152,94 €
Válvula de regulación automática en acero inoxidable ANSI 316 y DN ½ ''	2	52,27	104,54 €
Válvula de globo en acero inoxidable ANSI 316 y DN ½ ''	3	47,52	142,56 €
Válvula de retención en acero inoxidable ANSI 316 y DN ½ ''	2	8,11	16,22 €
Válvula de macho en acero inoxidable ANSI 316 y DN ¼ ''	1	9,31	9,31 €
Válvula de seguridad (alivio de presión) en acero inoxidable ANSI 316	1	230,76	230,76 €
Purgador de vapor de acero inoxidable ANSI 316 y DN ¼ ''	1	22,3	22,30 €
Codo de 90 roscado fabricado en acero inoxidable ANSI 316 y DN ¼ ''	15	15,5	232,50 €
Codo de 90 roscado fabricado en acero inoxidable ANSI 316 y DN ½ ''	15	17,5	262,50 €
Codo reductor de 90 roscado fabricado en acero inoxidable ANSI 316	1	17,5	17,50 €
Te con extremos roscados fabricada en acero inoxidable ANSI 316 y DN ½ ''	3	31,19	93,57 €
Difusores de disco para vapor de acero inoxidable, ANSI 316	5	59,5	297,50 €
Pulverizadores para agua líquida en acero inoxidable ANSI 316	5	59,5	297,50 €



TOTAL PARTIDA 2	9.549,15 €
-----------------	------------

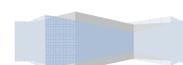
27.2.3 Partida 3: Control e instrumentación.

Descripción	unidades	€/unidad	coste total (€)
Manómetro	1	15,21	15,21 €
Termopares	2	146	292,00 €
Presostato	1	162,79	162,79 €
Indicador de nivel	1	106,9	106,90 €

COSTE TOTAL DE LOS EQUIPOS ENTREGADOS	22.738,87 €
--	--------------------

A partir de este valor debemos calcular la Inversión en Capital Fijo. Para ello debemos añadir:

Coste de instalación de equipos (70% de C.E.)	15.917,21 €
Coste de cimientos (28% de C.E.)	6.366,88 €
Coste de instalación eléctrica (9% de C.E.)	2.046,50 €
Coste de ingeniería (30% de C.E.)	6.821,66 €
Coste de contingencias (15% de C.E.)	3.410,83 €
Coste de honorarios, costes indirectos y contratista (15% de C.E.)	3.410,83 €



INVERSIÓN TOTAL EN CAPITAL FIJO

Partida 1	Partida 2	Partida 3	C.E.	INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO
12.612,82 €	9.549,15 €	576,90 €	3.410,83 €	60.712,79 €

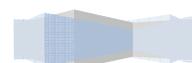
Por tanto, la Inversión en Capital Fijo total necesaria para la ejecución del presente proyecto es de:

60.713 €

SESENTA MIL SETECIENTOS TRECE EUROS.

Puerto Real, a 13 de Junio de 2008.

Firmado: M^a Carmen Jiménez Galiano.



27.3 COSTES DE OPERACIÓN

En este apartado calcularemos el coste anual de funcionamiento de la planta. El coste de operación en este caso se divide en 4 partidas:

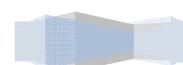
- Partida 4: Materias primas
- Partida 5: Gestión y transporte de los RBSE.
- Partida 6: Energía.
- Partida 7: Mano de Obra.

27.3.1 Partida 4: Materia prima.

Se ha tomado como precio para el gasoil 1,309 €/L y para el agua 1,05 €/m³.

Descripción	L/año	€/año	coste total (€)
Gasoil	10512	13760,208	13.760,21 €
Agua	5022,4	5273,52	5.273,52 €

TOTAL PARTIDA 4			19.033,73 €
-----------------	--	--	-------------



27.3.2 Partida 5: Gestión y transporte de los RBSE.

Se ha tomado para la contratación de la empresa gestora de residuos peligrosos un coste de 174€/m³ y para la disposición controlada en vertedero de residuos sólidos asimilables a urbanos 0,06 €/kg.

Descripción	Kg anuales	€/año	coste total (€)
Contratación de empresa gestora autorizada de residuos peligrosos para disposición controlada en centro de recogida y transferencia de residuos especiales (hospital-planta)	2825,1	491567,4	491.567,40 €
Contratación de empresa gestora autorizada de residuos peligrosos para disposición controlada en vertedero específico de residuos sólidos urbanos	304045	18242,7	18.242,70 €
TOTAL PARTIDA 5			491.567,40 €



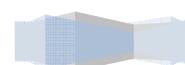
27.3.3 Partida 6: Energía.

En esta partida se evalúa los gastos por consumo de energía eléctrica. Se ha tomado un precio unitario del Kw h industrial de 0,10€.

Descripción	Kw anuales	coste total (€)
Generador de vapor	109440	10.944,00 €
compresor	5184	518,40 €
Bomba de agua	1065,6	106,56 €
Bomba de gasoil	1584	158,40 €
Trituradora	15840	1.584,00 €

A este valor le añadimos el 10% para incluir el gasto de iluminación y demás componentes eléctricos de bajo consumo de la planta.

Gasto iluminación y otros	1.331,14 €
TOTAL PARTIDA 6	14.642,50 €



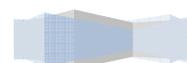
27.3.4 Partida 7: Mano de obra.

Suponemos una jornada laboral de 8 horas al día durante un año.

Se consideran tres tipos de trabajadores siendo el precio de cada uno de ellos:

- Técnico medio para operaciones de mantenimiento de equipos: 9,58 €/h.
- Técnico medio para operaciones de transporte y limpieza de contenedores: 9,58 €/h.
- Administrativo ubicado en oficinas para operaciones de organización y gestión de la planta: 12,38 €/h.
- Técnico superior ubicado en sala de operaciones para control de la producción de la planta: 18,64 €/h.

Descripción	Nº trabajadores	€ anuales	coste total (€)
Técnico medio para operaciones de mantenimiento de equipos	1	27590,4	27.590,40 €
Técnico medio para operaciones de transporte y limpieza de contenedores	2	27590,4	55.180,80 €
Administrativo ubicado en oficinas para operaciones de organización y gestión de la planta	1	35654,4	35.654,40 €
Técnico superior ubicado en sala de operaciones para control de la producción de la planta	1	53683,2	53.683,20 €
TOTAL PARTIDA 7			172.108,80 €



COSTE TOTAL DE OPERACIÓN

Partida 4	Partida 5	Partida 6	Partida 7	COSTE TOTAL DE OPERACIÓN
19.033,73 €	491.567,40 €	14.642,50 €	172.108,80 €	678.318,70 €

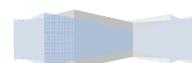
Por tanto, el Coste Total Anual de Operación asciende a:

678.319 €

SEISCIENTOS SETENTA Y OCHO MIL TRESCIENTOS DIECINUEVE EUROS

Puerto Real, a 9 de Junio de 2008.

Firmado: M^a Carmen Jiménez Galiano.



27.4 PRESUPUESTO FINAL

INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO	COSTE TOTAL DE OPERACIÓN	PRESUPUESTO TOTAL
60.712,79 €	678.318,70 €	739.031,49 €

Por tanto, el presupuesto final del proceso de tratamiento para Residuos Biosanitarios Especiales incluyendo la Inversión en Capital Fijo y los Costes de Operación asciende a:

739.032 €

SETECIENTOS TREINTA Y NUEVE MIL TREINTA Y DOS EUROS

Puerto Real, a 9 de Junio de 2008.

Firmado: M^a Carmen Jiménez Galiano.



PLANOS

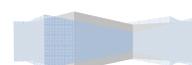
PLANO 1: RECIPIENTE ESTERILIZADOR

PLANO 2: TRITURADORA

PLANO 3: ZONA DE ESTERILIZACIÓN (ALZADO).....

PLANO 4: ZONA DE ESTERILIZACIÓN (PLANTA)

PLANO 5: LAY-OUT DE LA PLANTA DE PROCESO PARA RESIDUOS BIOSANITARIOS
ESPECIALES



28 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA E INSTALACIONES

La distribución general en planta se ha diseñado teniendo en cuenta el Real Decreto 486/1997 que establece las condiciones mínimas que deben cumplir los lugares de trabajo.

La distribución específica a unidades de proceso y redes de fluidos se ha tomado de:

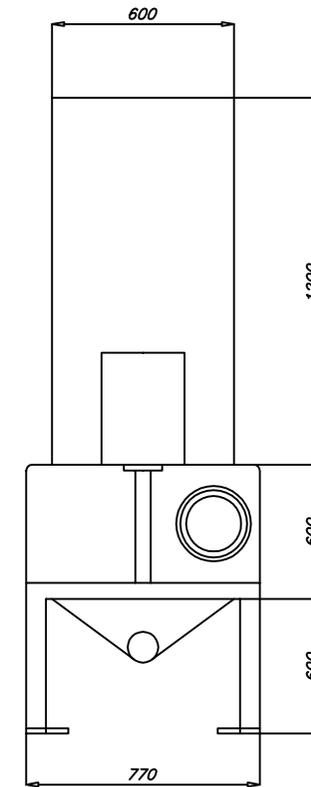
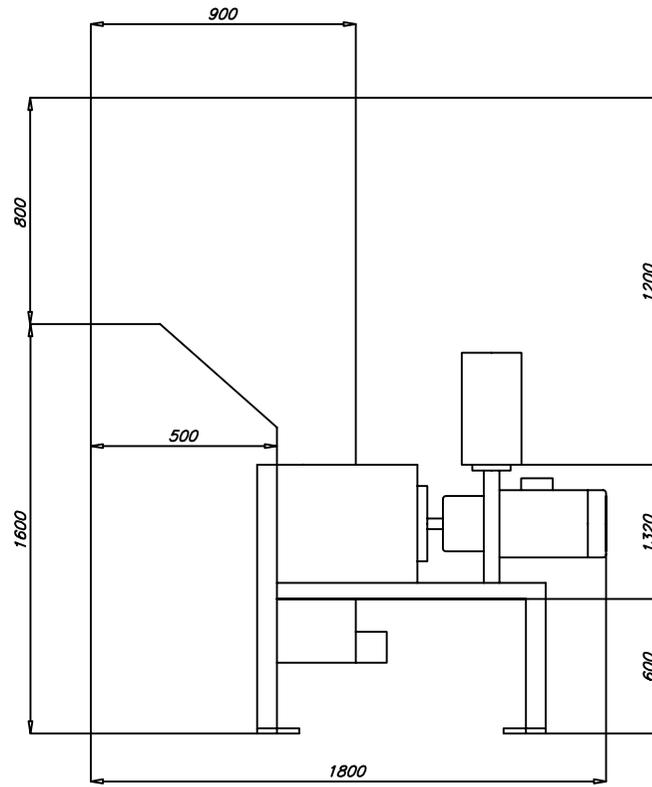
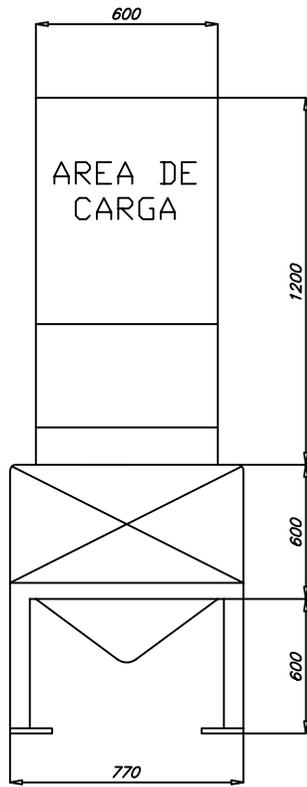
- IT-MIE-AP1: relativa a calderas, economizadores, precalentadores, sobrecalentadores y recalentadores.
- IT-MIE-AP2: tuberías para líquidos de calderas.

La planta estará formada por las siguientes zonas:

- Zona de recepción: muelle de carga y descarga de contenedores.
- Zona de oficinas.
- Zona de vestuarios.
- Zona de almacenamiento: de residuos contaminados y de contenedores limpios.
- Zona de limpieza.
- Zona de esterilización: sala de calderas y sala del autoclave.
- Zona de trituración.

Se adjuntan a continuación los planos donde se detallan los equipos y un esquema general de una planta de tratamiento de Residuos Biosanitarios Especiales.

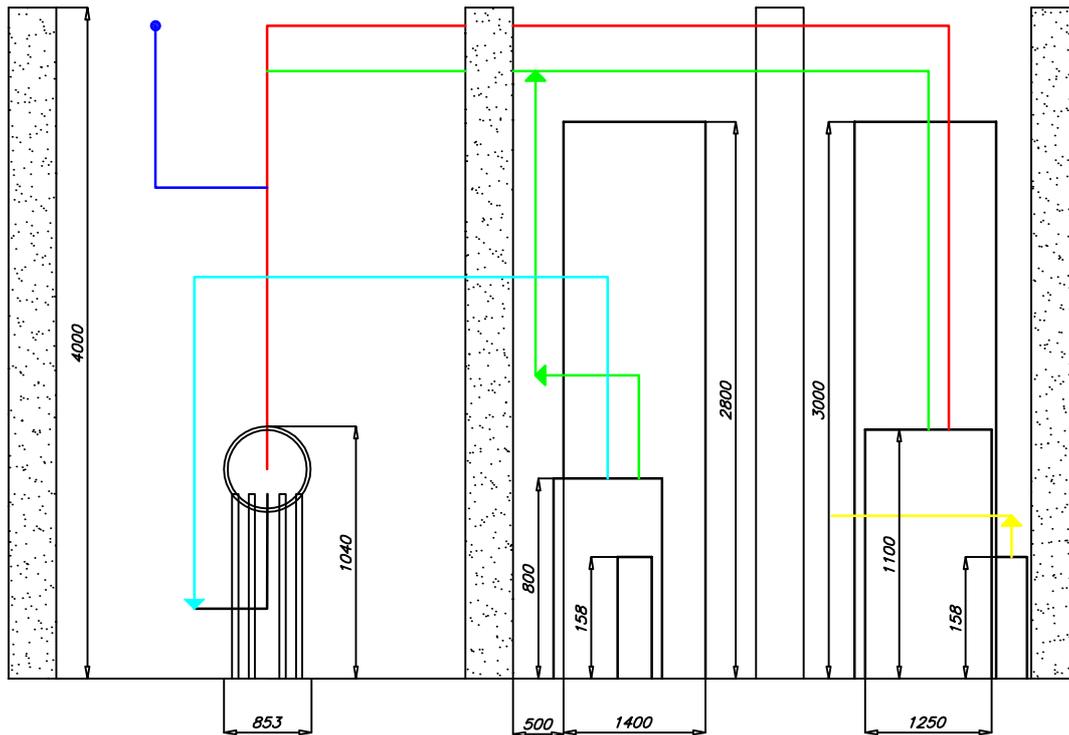




Rev.	Fecha	Descripción	Dibujado	Revisión	Aprobado	Visto

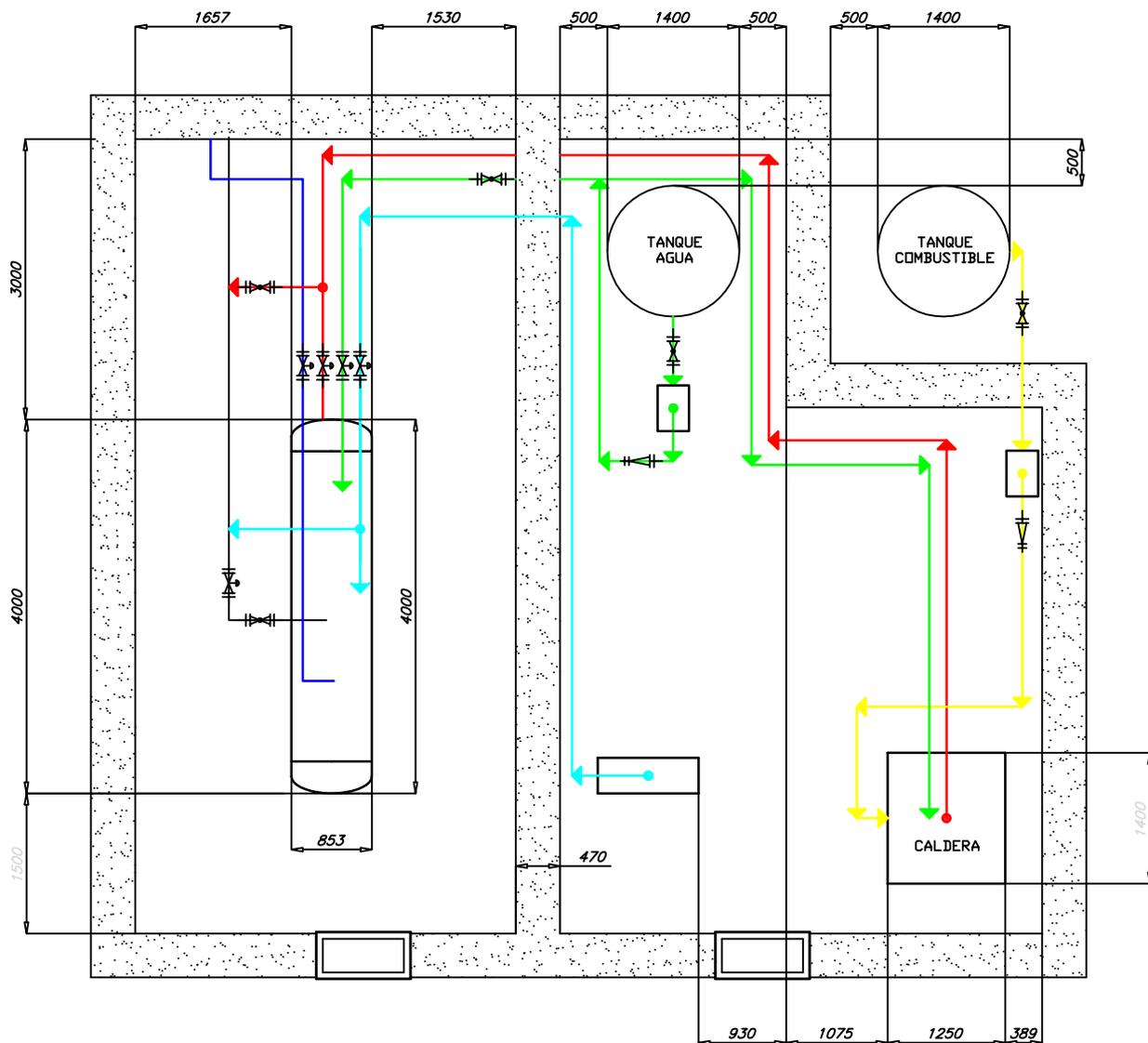
REVISION

TRITURADORA			ALZADO/PERFIL				
Proyecto	ESTUDIO DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS BIOSANITARIOS ESPECIALES					Escala	DIN
Documento	2008				Verificación	05/06/2008	4
					Fecha		



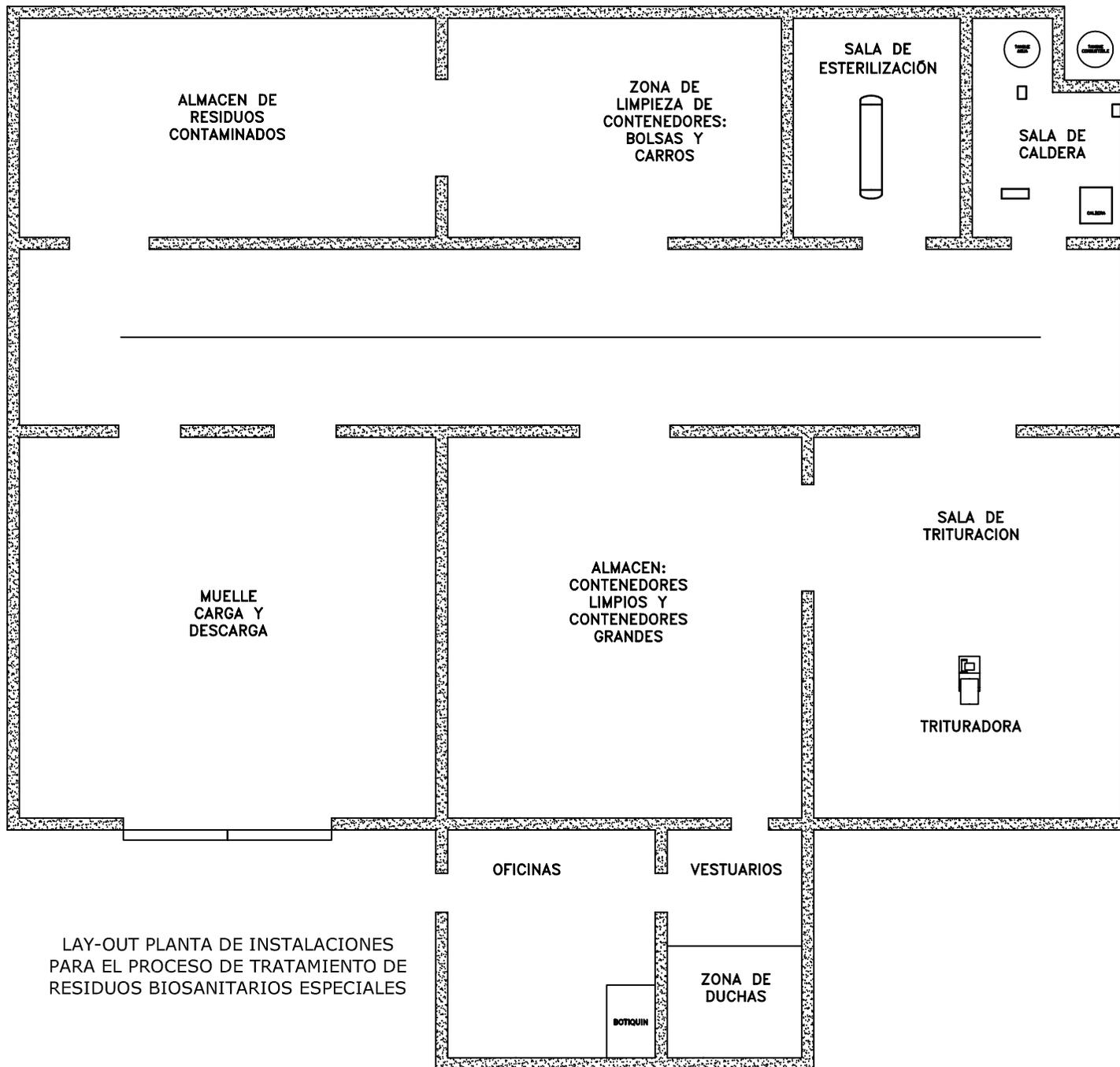
- CIRCUITO DE VAPOR DE AGUA
- CIRCUITO DE AGUA REFRIGERANTE
- COMBUSTIBLE
- AIRE COMPRIMIDO
- AIRE DE PURGA
- SALIDA DEL EFLUENTE

FECHA	DESCRIPCION	DESENADOR	M.J.G.			
FECHA	DESCRIPCION	DESENADOR				
FECHA	DESCRIPCION	DESENADOR				
Rev. Rev.	Fecha Date	Descripción Description	Dibujado Drawn	Revisión Checked	Aprobado Approved	Visto Issue
REVISION						
ZONA DE ESTERILIZACION			ALZADO			
Proyecto ESTUDIO DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS BIOSANITARIOS ESPECIALES				Escala Scale SIN	DIN Size MM	
Documento Document 2008			Verificación Date 	Fecha Date 05/06/2008	Dibujo Drawn 2	



- CIRCUITO DE VAPOR DE AGUA
- CIRCUITO DE AGUA REFRIGERANTE
- COMBUSTIBLE
- AIRE COMPRIMIDO
- AIRE DE PURGA
- SALIDA DEL EFLUENTE

Rev.	Fecha	Descripción	Dibujado	Revisado	Aprobado	Visto
		FECHA	DESCRIPCION	DIBUJADOR	M.J.G.	
		FECHA	DESCRIPCION	DIBUJADOR		
		FECHA	DESCRIPCION	DIBUJADOR		
Rev.	Fecha	Descripción	Dibujado	Revisado	Aprobado	Visto
Rev.	Rev.	Fecha	Date	Description	Drawn	Checked
REVISION						
ZONA DE ESTERILIZACION				PLANTA		
Proyecto Project					Escala Scale	MM Size
ESTUDIO DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS BIOSANITARIOS ESPECIALES					Fecha Date	3
Documento Document	2008			Verificación Date	05/06/2008	3



LAY-OUT PLANTA DE INSTALACIONES PARA EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS BIOSANITARIOS ESPECIALES

