

Universidad de **Cádiz**

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

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

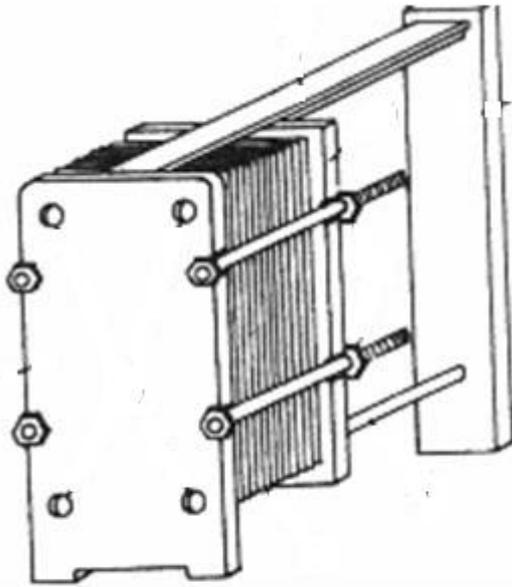
Título: Diseño de una planta de tratamientos  
post-fermentations de mostos de cerveza

Autor: Samuel GUMIER LORENZO

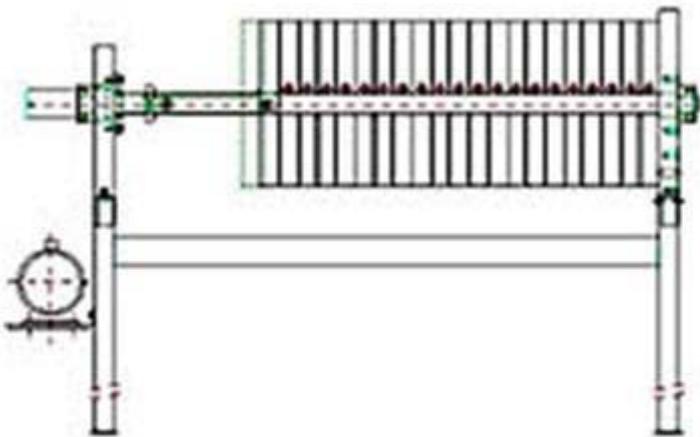
Fecha: Junio 2007







## - INDICE DE CONTENIDOS -



## INDICE DE CONTENIDOS

### DOCUMENTO 1: MEMORIA.

#### **- MEMORIA DESCRIPTIVA -**

I) INTRODUCCION.....	1
I.1 – ANTECEDENTES.....	1
I.2 – ESTUDIO DE MERCADO.....	6
I.2.1 EL SECTOR CERVECERO ESPAÑOL.....	6
I.2.2 COMPETENCIA.....	14
I.2.3 ANALISIS DE LA DEMANDA.....	20
I.2.4 INTRODUCCION DEL NUEVO PRODUCTO.....	29
II) OBJETO DEL PROYECTO.....	31
III) DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO.....	34
III.1 – DEFINICIÓN DE CERVEZA. MATERIAS PRIMAS.....	34
III.1.1 CEBADA MALTEADA.....	36
III.1.2 AGUA.....	38
III.1.3 LÚPULO.....	39
III.1.4 ADJUNTOS.....	40
III.2 – RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA CEBADA.....	41
III.3 – ESQUEMA GENERAL DE FABRICACIÓN DE CERVEZA.....	44
III.3.1 MALTEADO.....	46
III.3.1.1 Prelimpia.....	47
III.3.1.2 Remojo.....	47
III.3.1.3 Germinación.....	49
III.3.1.4 Secado/Tostación.....	50
III.3.2 COCIMIENTO.....	53
III.3.2.1 Molienda.....	54
III.3.2.2 Maceración.....	57
III.3.2.3 Filtración.....	58
III.3.2.4 Ebullición/Lupulado.....	60
III.3.2.5 Acondicionamiento del mosto.....	64
III.3.3 FERMENTACIÓN/GUARDA.....	67
III.3.3.1 Fermentación.....	67
III.3.3.2 Guarda.....	70
III.3.3.3 Procesos de fermentación/guarda.....	84
III.3.3.3.1 Proceso tradicional.....	84
III.3.3.3.2 Fermentación/maduración acelerada.....	92
III.3.3.3.2.1 Variables del proceso.....	102
III.3.3.3.3 Fermentaciones continuas.....	105
III.3.3.4 Solución adoptada.....	106
III.3.4 CLARIFICACIÓN DE LA CERVEZA.....	107
III.4 - CLARIFICACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA CERVEZA.....	108

III.4.1	FILTRACIÓN. FUNDAMENTOS.....	109
III.4.1.1	Colmatación de filtros.....	111
III.4.1.2	Contrapresión durante la filtración.....	112
III.4.2	COADYUVANTES DURANTE LA FILTRACIÓN.....	112
III.4.2.1	Kieselgur o tierras diatomeas.....	113
III.4.2.2	Perlita.....	114
III.4.2.3	Celulosa y amianto.....	115
III.4.2.4	Solución adoptada.....	116
III.4.3	FORMACIÓN DE LA CAPA.....	117
III.4.3.1	Formación de la precapa.....	118
III.4.3.2	Precapa.....	120
III.4.4	FILTRACIÓN A TRAVES DE KIESELGUR.....	121
III.4.5	ADITIVOS EMPLEADOS EN LA FILTRACIÓN Y GUARDA.....	126
III.4.5.1	Estabilizantes coloidales.....	127
III.4.5.2	Estabilizantes de espuma.....	129
III.4.5.3	Antioxidantes.....	131
III.4.5.4	Concentrados isomerizados de lúpulo.....	133
III.5	- CARBONATACIÓN.....	134
III.6	- LIMPIEZA E HIGIENIZACIÓN.....	137
III.7	- CONTROL Y REGULACIÓN DEL PROCESO.....	140
IV)	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	146
IV.1-	INTRODUCCIÓN.....	146
IV.2-	FILTRO.....	147
IV.2.1	INTRODUCCIÓN.....	147
IV.2.2	SOLUCIÓN ADOPTADA.....	149
IV.3	- INTECAMBIADOR DE CALOR.....	155
IV.3.1	INTRODUCCIÓN.....	155
IV.3.5	SOLUCIÓN ADOPTADA.....	156
IV.4-	TANQUES GUARDA.....	159
IV.5-	TANQUES TAMPON.....	161
IV.6-	DEPÓSITOS DE KIESELGUR.....	162
IV.7-	DEPÓSITOS DE LIMPIEZA (CIP).....	164
IV.8-	TUBERÍAS DE PROCESO.....	165
IV.9-	AISLAMIENTO TÉRMICO.....	166
IV.10-	BOMBAS.....	166
IV.11-	INSTRUMENTOS DE CONTROL.....	168
 <b>- ANEXO A LA MEMORIA DESCRIPTIVA -</b> 		
ANEXO 1	.....	1
ANEXO 2	.....	2
ANEXO 3	.....	3
ANEXO 4	.....	4
ANEXO 5	.....	5
ANEXO 6	.....	6

ANEXO 7.....	7
ANEXO 8.....	8
ANEXO 9.....	9
ANEXO 10.....	10
ANEXO 11.....	11
ANEXO 12.....	12
ANEXO 13.....	13
ANEXO 14.....	14
ANEXO 15.....	15
ANEXO 16.....	16
ANEXO 17.....	17
ANEXO 18.....	18
ANEXO 19.....	19
ANEXO 20.....	20
ANEXO 21.....	21
ANEXO 22.....	22
ANEXO 23.....	23
ANEXO 24.....	24
ANEXO 25.....	25
ANEXO 26.....	26
ANEXO 27.....	27
ANEXO 28.....	28
ANEXO 29.....	29
ANEXO 30.....	30
ANEXO 31.....	31
ANEXO 32.....	32

**- CALCULOS -**

0) INTRODUCCIÓN.....	1
I) DISEÑO DEL FILTRO. ....	2
I.1. Rendimiento de la filtración. ....	2
I.2. Cálculo de superficie de filtración. ....	2
I.3. Espesor de Kieselgur en precapa. ....	4
I.4. Cálculo del espesor de la torta. ....	4
I.5. Cálculo del número de placas. ....	8
I.6. Características técnicas. ....	9
II) DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE PLACAS. ....	10
II.1. Condiciones de servicio. ....	10
II.2. Método de cálculo. ....	11
II.3. Comparación de S' y S. ....	18
II.4. Características técnicas. ....	26
III) DISEÑO DE LOS TANQUES DE GUARDA. ....	27

III.1. Dimensiones. ....	28
III.2. Cálculo de espesores. ....	30
IV) DISEÑO DE LOS TANQUES TAMPÓN. ....	36
IV.1. Dimensiones. ....	47
IV.2. Cálculo de espesores. ....	41
V) DISEÑO DEL DEPOSITO DE KIESELGUR. ....	49
V.1. Dimensiones. ....	51
V.2. Cálculo de espesores.....	52
VI) DISEÑO DEL DEPOSITO DE CIP. ....	54
VI.1. Dimensiones. ....	55
VI.2. Cálculo de espesores. ....	56
VII) TUBERÍAS. ....	58
VII.1. Espesor en los tramos 1,2,3,4,5 y 6. ....	59
VII.2. Soportes. ....	67
VII.3. Aislamientos. ....	68
VIII) BOMBAS. ....	71
VIII.1. Tramos 1,2,3 y 4. ....	71
VIII.2. Elección de las bombas. ....	100
IX) REGULACION.....	101
IX.1. Medidores de caudal.....	101
IX.2. Sensores de temperatura.....	102
IX.3. Transmisores de presión.....	102
IX.4. Indicador de nivel.....	103
IX.5. Convertidor de frecuencia.....	103
IX.6. Turbidímetros.....	104
IX.7. Válvulas.....	104
IX.8. Automata.....	105
IX.9. Displays.....	105
IX.10. Equipo informático.....	106
IMPORTE PROYECTO.....	107
BIBLIOGRAFIA.....	108
<b>- ANEXOS A LOS CÁLCULOS -</b>	
ANEXO 1.....	1
ANEXO 2.....	2
ANEXO 3.....	3
ANEXO 4.....	4
ANEXO 5.....	5

ANEXO 6.....	6
ANEXO 7.....	7
ANEXO 8.....	8
ANEXO 9.....	9
ANEXO 10.....	10
ANEXO 11.....	11
ANEXO 12.....	12
ANEXO 13.....	13
ANEXO 14.....	14
ANEXO 15.....	15
ANEXO 16.....	16
ANEXO 17.....	17
ANEXO 18.....	18
ANEXO 19.....	19
ANEXO 20.....	20

**DOCUMENTO 2: PLANOS**

PLANO N° 1. SITUACIÓN.....	1
PLANO N° 2. EMPLAZAMIENTO.....	2
PLANO N° 3. SITUACIÓN DE SALAS.....	3
PLANO N° 4. UBICACIÓN DE EQUIPOS EN PLANTA.....	4
PLANO N° 5. REPRESENTACIÓN DE LAS TUBERÍAS DE PROCESO.....	5
PLANO N° 6. FILTRO PRENSA.....	6
PLANO N° 7. INTERCAMBIADOR DE CALOR.....	7
PLANO N° 8. TANQUE DE GUARDA.....	8
PLANO N° 9. TANQUE TAMPON.....	9
PLANO N° 10. TUBERÍAS DE LIMPIEZA Y CO2.....	10
PLANO N° 11. DIAGRAMA DE CONTROL.....	11

**DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES**

1. - Condiciones Generales.....	2
2. - Condiciones Facultativas.....	8
3. - Condiciones Técnicas de materiales, ensayos, prueba y especificaciones.....	32
3.1 – Materiales.....	32
3.2 – Ensayos e inspecciones.....	35
4. - Condiciones Económicas y Administrativas.....	50
5. - Condiciones de Seguridad e Higiene.....	60

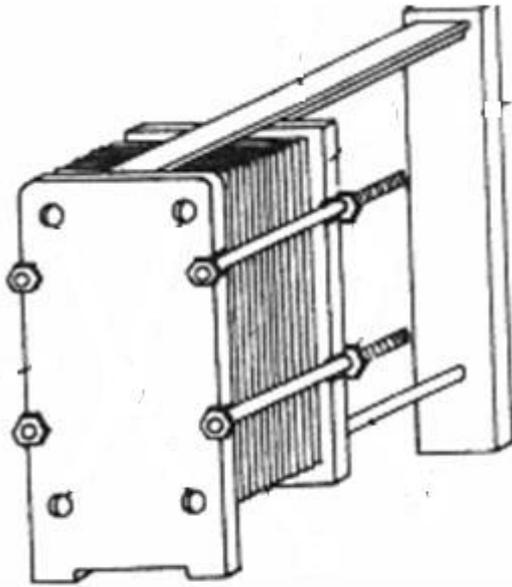
**DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO.**

**- CUADRO DE DESCOMPUESTOS -**

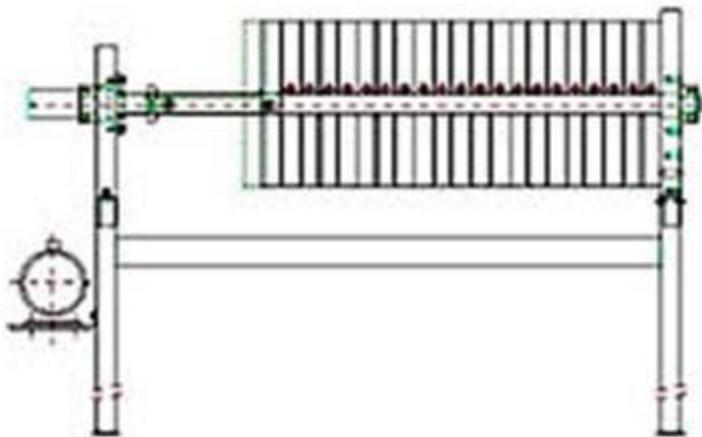
CAPITULO 1. Equipos de la Instalación.....	1
CAPITULO 2. Bombas.....	4
CAPITULO 3.Tuberías y accesorios.....	5
CAPITULO 4 Equipos de control.....	7

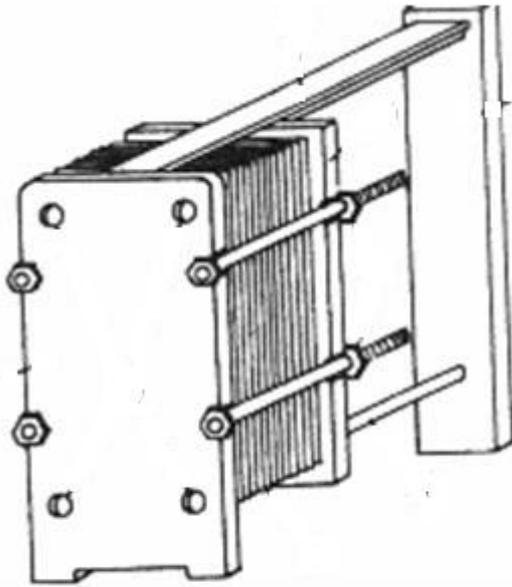
**- PRESUPUESTO-**

CAPITULO 1. Equipos de la Instalación.....	1
CAPITULO 2. Bombas.....	2
CAPITULO 3.Tuberías y accesorios.....	3
CAPITULO 4 Equipos de control.....	4
CUADRO DE PRESUPUESTOS.....	6

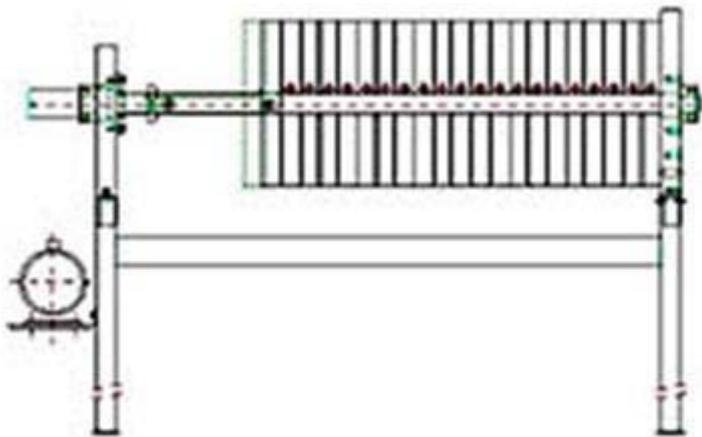


## DOCUMENTO 1: MEMORIA.





## - MEMORIA DESCRIPTIVA -



## **I – INTRODUCCION.**

### **I.1. ANTECEDENTES.**

En los últimos años existe una tendencia a la proliferación de la pequeña y mediana empresa cervecera. Este hecho viene motivado por dos factores principales: por un lado, el continuo aumento de consumo de cerveza por parte de la sociedad, unido a una demanda de cervezas con cualidades organolépticas diferenciadoras; mientras que por otra parte la creación de pequeña y mediana empresa cervecera precisa de una menor inversión económica, lo que ha motivado que un gran número de empresarios hayan optado por esta opción.

El negocio de las pequeñas y medianas cerveceras venía creciendo hasta un 20% cada año, pero solo en los seis primeros meses del pasado año 2006 ya había experimentado un crecimiento de más del 100% respecto al mismo periodo de tiempo del año anterior 2005, puesto

que en el 2005 fueron 170 las empresas que se dieron de alta como pequeña y mediana empresa cervecera, y solo en los seis primeros meses del 2006 fueron 200 las empresas que se dieron de alta en este tipo de actividad.

El crecimiento de las pequeñas y mediana empresa cervecera viene motivado, como ya se ha comentado, por una evolución de la cultura cervecera, dada por una mayor educación del consumidor que tiene la posibilidad de acceder a nueva información y conocer los procesos de elaboración y las diferencias entre la producción a gran escala industrial y la pequeña y mediana cervecera, siendo esta última, sin duda, más artesanal.

Una cerveza se considera que es artesanal cuando el hombre tiene una responsabilidad directa sobre ella, siendo el maestro cervecero quien prueba su cerveza y sabe que defecto tiene y que debe corregir; se trata pues de crear una cerveza que tenga poca agresión al salir de la

cervecería, pero que cuente con los medios y mecanismos para que esa cerveza llegue bien al consumidor.

Se distinguen tres tipos de factorías de elaboración de cerveza:

- Cervecería artesanal. Todo el proceso es artesanal, siendo el volumen máximo de producción anual de unos cientos de hectolitros.
- Micro cervecería. Donde se mezclan los procesos industriales con los artesanales, su volumen de producción anual es de miles de hectolitros.
- Cervecería industrial. Todo el proceso se lleva a cabo de forma industrial, el volumen de producción de estas es de millones de hectolitros.

Otros autores solo distinguen entre la elaboración industrial y la elaboración en micro cervecerías,

considerando micro cervecería todo establecimiento que produzca menos de 17.500 Hl. al año.

Actualmente se esta dando un fenómeno similar al del vino. Antes los consumidores no se preocupaban por el tipo de vino que tomaban y lentamente fueron reconociendo las variedades y las denominaciones. La evolución de la cultura cervecera se debe en gran medida a la presencia de marcas importadas, que ampliaron la oferta y ahora las pequeñas medianas cerveceras tienen abierto el mercado para introducir nuevos productos.

La masificación del consumo de cerveza hizo que esta perdiera el carácter artesanal que tuvo en sus comienzos, pasándose a su producción a escala industrial; es decir, se paso de tener una gran variedad de cervezas artesanales de producción limitada a cervezas industriales de producciones masivas, pero muy poca variedad.

En la actualidad tras la cultura cervecera adquirida, el consumidor demanda cada vez mas, cervezas de mayor calidad, lo que nos lleva de nuevo a lo comienzos de la fabricación artesanal, pero ahora apoyados por los nuevos avances tecnológicos, que hacen que el producto llegue en condiciones mas optimas al consumidor.

La primera micro cervecería o cervecería artesanal fue fundada en California en 1976, como un movimiento que busca rescatar los métodos tradicionales de fabricación, pero el verdadero auge de estas no tuvo lugar hasta principios de los ochenta en los Estados unidos, donde en tan solo dos décadas pasaron de tener 47 fabricas a un total de 1.300. Este auge se extendió poco a poco a la mayoría de los países del mundo y ahora los pequeños fabricantes se cuentan por miles y tienen sus propias escuelas, concursos y catas.

En España aun no esta muy extendida este tipo de fábricas pero ya existen algunas micro cervecerías

funcionando con mucho éxito en Madrid, Barcelona, Granada, Málaga, Sevilla, Palma de Mallorca, País Vasco y Galicia.

## **I.2. ESTUDIO DE MERCADO**

### **I.2.1. EL SECTOR CERVECERO EN ESPAÑA**

#### **PRODUCCIÓN**

- La producción del sector cervecero español se ha incrementado un 10% con respecto al año anterior en España.
- España es el tercer productor europeo de cerveza y noveno del mundo.
- Se mantiene un crecimiento sostenido del sector cervecero español

- La facturación alcanza los 2400 millones de euros.

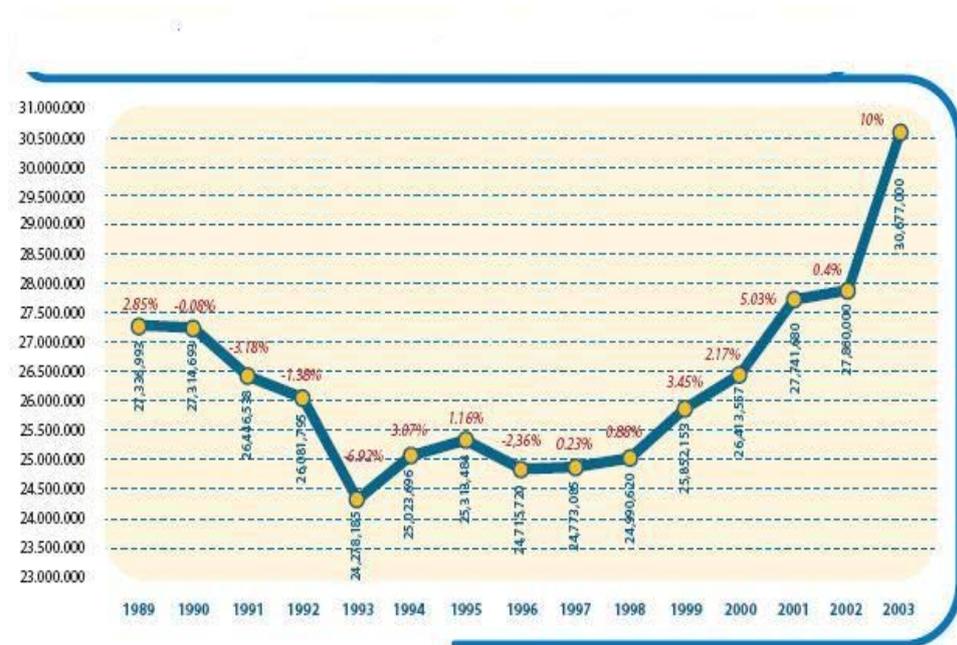


Figura I.2.1.1 – Producción Española de cerveza (en Hl)

La figura I.2.1.1 muestra como el sector cervecero español mantiene por séptimo año consecutivo la tendencia de crecimiento sostenido y continuado, con un volumen total de 30.677.000 hectolitros producidos en el año 2003 un 10% más que en el año 2002. Estas cifras consolidan a España como el tercer país productor de la Unión Europea, como muestra la figura I.2.1.2, solo superado por Alemania y el Reino Unido, y por encima de Holanda y Francia. La

producción de los demás países de la UE se sitúa muy por debajo de la producción española.

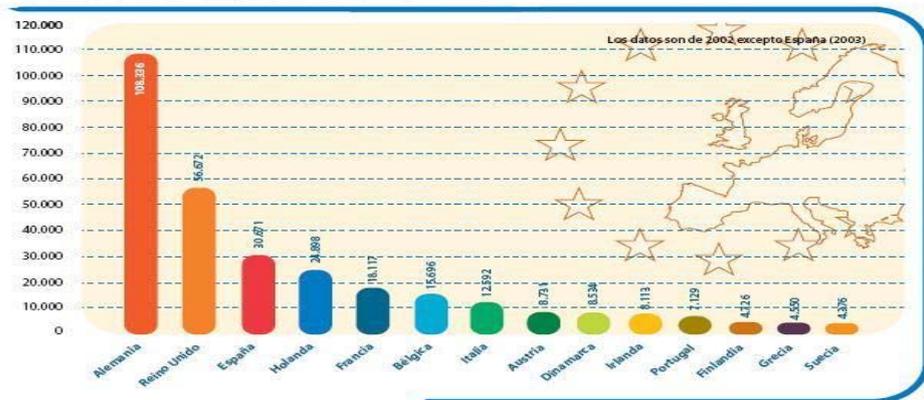


Figura I.2.1.2 – Producción de cerveza en la UE (en Hl)

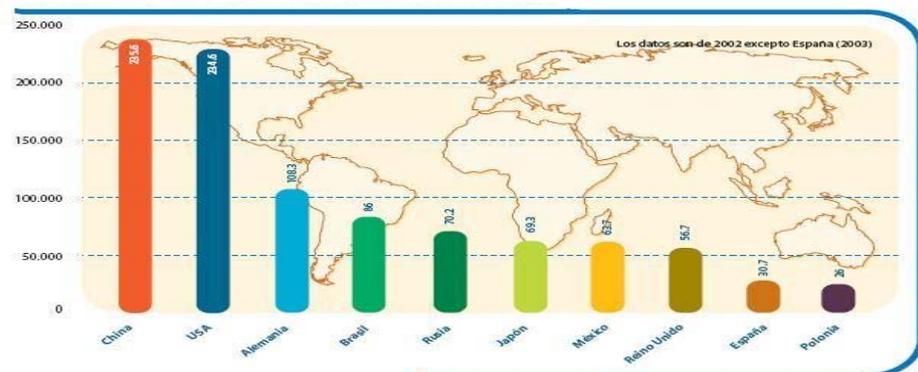


Figura I.2.1.3 – Producción de cerveza en el mundo (en Hl)

El sector cervecero español ha experimentado en los últimos años una moderada recuperación que se ha convertido en un crecimiento sostenido y continuado de la producción. Entre los muchos factores que han mantenido este crecimiento moderado pero continuo, se encuentran la política de estabilidad fiscal, la bonanza económica, un mayor conocimiento e interés por los diferentes tipos de cerveza y el crecimiento del turismo.

Este crecimiento sostenido de la producción cervecera se refleja también en la facturación que alcanzó en el año 2003 los 2400 millones de euros.

#### EXPORTACIONES E IMPORTACIONES

Las ventas de cerveza en el extranjero mantienen un aumento progresivo. En los últimos ocho años, las exportaciones han aumentado más del doble pasando de los 357.600 hectolitros vendidos fuera de España en 1996,

a los 845.500 hectolitros del año 2003, alrededor de un 136% más.

Esta última cifra supuso un 16% más que en el año anterior, cuando las exportaciones alcanzaron los 728.000 hectolitros, con lo que se mantiene el crecimiento progresivo de las ventas de cerveza en el extranjero.

Los principales destinos de la cerveza producida en España son Italia, con una cuota de exportación del 17% (142.500 hectolitros); Portugal, con un 13% (106.200 hectolitros) y Guinea Ecuatorial, a la que se exportaron 94.600 hectolitros, lo que supone un 11% del total.

Cabe destacar que en cuarta posición, con una cuota del 9.5% (80.300 hectolitros), se encuentra Reino Unido, uno de los países con mayor producción de la UE. Le siguen Francia, con un 8% (67.300 hectolitros); china, con cerca de un 8% (64.300 hectolitros); Andorra, con un

5% (42700 hectolitros) y Taiwán, con un 4.5% (38.200 hectolitros).



Figura I.2.1.4 – Exportación de cerveza (en hl)

Por otro lado, como nuestra la figura I.2.1.5, las importaciones alcanzaron los 3.625.000 hectolitros de cerveza en 2003, casi idéntica cifra a la del año anterior. La cerveza importada procede principalmente de Alemania, con una cuota de importación del 63% (2.283.200 hectolitros); Países Bajos, con un 12% (429.200 hectolitros)

y México, con casi un 7% (253.500 hectolitros), del total de 42 países de los que se importa.

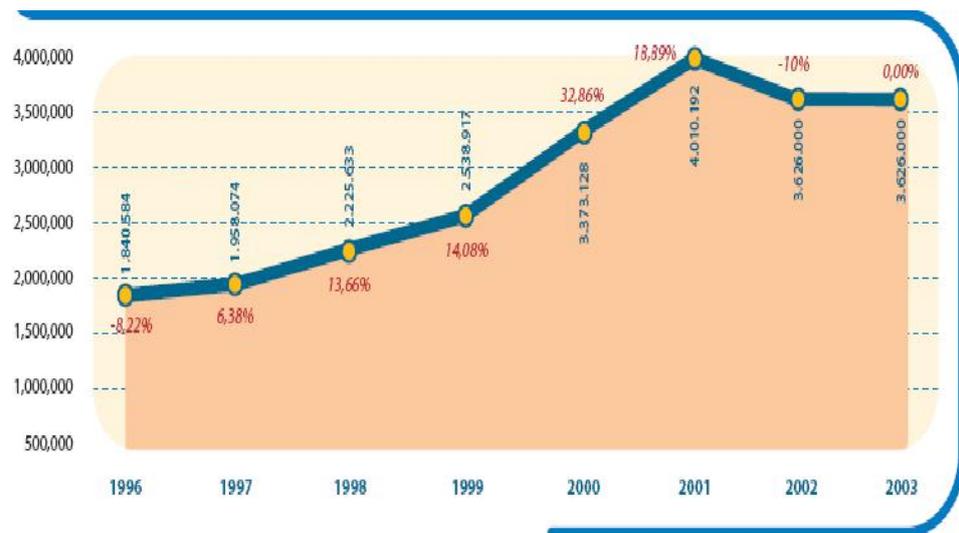


Figura I.1.2.5 – Importación de cerveza (en Hl)

## INVERSION Y EMPLEO

El sector cervecero español realizó el pasado año 2003, una inversión total de 350 millones de euros, de los que 181 se destinaron a mejoras de la producción e I+D y a la conservación del medio ambiente.

En 2003, la industria cervecera genero en nuestro país alrededor de 7500 puestos de trabajos directos y 150.000 indirectos, estos últimos en sectores como la hostelería, la agricultura y la alimentación.

España se mantiene un año más como el cuarto país europeo en creación de empleo directo en el sector cervecero, solo superado por Alemania, Reino Unido y Holanda, y por delante de países como Bélgica, Francia o Austria.

La investigación dirigida a mejorar los métodos de producción, la calidad del producto y el servicio al cliente, permite a la industria cervecera española mantener los altos estándares exigidos por la normativa y el mercado europeo e internacional.

Igualmente el sector se muestra exigente en que las mejoras introducidas en cada una de las áreas se realicen

de forma coherente y respetuosa con la preservación del medio ambiente.

### **I.2.2. COMPETENCIA**

#### EMPRESAS CERVECERAS EXISTENTES EN ESPAÑA

Cerveceros de España (asociación nacional empresarial de la industria cervecera es España), es la entidad que representa en España los intereses del conjunto de grupos empresariales del sector cervecero. Esta asociación esta compuesta en la actualidad por 6 grupos cerveceros, que suponen la practica totalidad de la producción de cerveza en España.

#### **Listado de grupos empresariales pertenecientes actualmente a cerveceros de España.**

- HEINEKEN ESPAÑA
- GRUPO MAHOU – SAN MIGUEL
- GRUPO DAMM

- CIA. CERVECERA DE CANARIAS
- HIJOS DE RIVERA
- LA ZARAGOZANA



Figura I.2.21 – Centros productivos de cerveceros de España

CUOTA DE MERCADO PENINSULAR DE LAS EMPRESAS  
CERVECERAS ESPAÑOLAS

<b>EMPRESA</b>	<b>CUOTA EN %</b>
GRUPO HEINEKEN	38
GMSM/ALHAMBRA	33,1
DAMM	22,5
HIJOS DE RIVERA	2,7
LA ZARAGOZANA	1,5
Marca blanca	0,02
Resto	2,1
TOTAL	100

VARIEDAD DE CERVEZAS PRODUCIDAS O DISTRIBUIDAS  
POR LAS COMPAÑIAS CERVECERAS ESPAÑOLAS

- HEINEKEN ESPAÑA

Amstel Águila

Amstel 1870

Amstel oro  
Amstel reserva  
Heineken  
Buckler original  
Buckler 0%  
Murphy  
Cruzcampo  
Cruzcampo light  
Alcázar  
Adelscott  
Cruz del sur  
Big  
Cruzcampo shandy  
Kaliber  
Kaliber 0%  
Cruzcampo sin  
Cruzcampo selección especial  
Legado de Yuste  
Guinness  
Paulaner  
Desperados  
Vos  
Affligem  
Fischer  
Wieckse Witte  
Birra Moretti

- MAHOU – SAN MIGUEL

Mahou clásica

Mahou cinco estrellas

Mahou cinco estrellas negra

Laiker

Carlsberg

San Miguel especial

San Miguel nostrum

San Miguel 0,0%

San Miguel 0,0% Manzana

San Miguel 1516

Kronenbourg 1664

- GRUPO DAMM

Xibeca

Estrella Damm

Voll Damm

A.k.Damm

Damm bier

Damm lemmon

Damm clasic

Bock Damm

Turia pilsen

Marzen Turia

Estrella Levante clasica

Estrella Levante especial

Estrella Levante sin

Dorada Balear

Budweisser

Skol

Estrella del sur

Victoria

Keler lager

Keler 18

- CIA. CERVECERA DE CANARIAS

Dorada pilsen

Tropical pils

Dorada especial

Tropical Premium

Dorada sin

Tropical sin

Carlsberg

Carlsberg Elephant

Guinnes

Kilkenny

Pilsner Urquell

Millar

-HIJOS DE RIVERA

Estrella Galicia especial

Hr

1906 (extra)

River (sin)

- LA ZARAGOZANA

Ambar Premium

Ambar especial

Marlen

Export

Ambar green

Ambar sin

Ambar 1900

Ambar negra

### **I.2.3. ANALISIS DE LA DEMANDA**

#### CONSUMO

- El consumo medio de cerveza en España es de 78 litros por persona y año.
- Según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, que no tiene en cuenta el consumo realizado por los turistas, el consumo de cerveza per capita de los

españoles se situó en 57,5 litros (un 6,4% mas que en 2002).

- El 92% de la cerveza que se consume en España es de fabricación nacional.

CONSUMO PER CAPITA

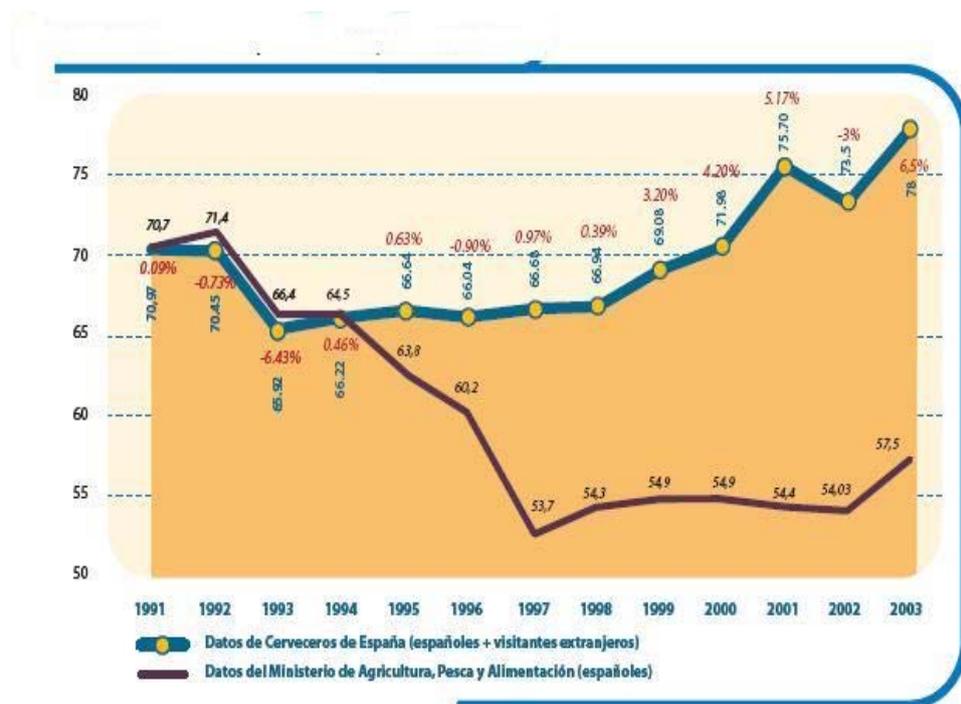


Figura I.2.3.1 – Consumo cerveza per capita en España  
(en l)

En el año 2003 se registro una media de consumo de 78 litros por persona y año. El consumo de cerveza en España el pasado año fue de 33,4 millones de hectolitros, de los que un 92% es de fabricación nacional.

Según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, que no tiene en cuenta el consumo realizado por los turistas, en 2003 los españoles consumieron 2.355,29 millones de litros de cerveza, lo que supone un incremento del 7,5% respecto al año anterior. El consumo per capita de cerveza fue de 57,5 litros al año, un 6,4% mas que en 2002.

La diferencia de los datos de consumo per capita de cervceros de España con los del Ministerio de Agricultura se debe a que éste último no incluye el consumo realizado por los mas de 82 millones de extranjeros que nos visitaron el año pasado, que supone aproximadamente un 30% del total de la cerveza vendida en nuestro país.

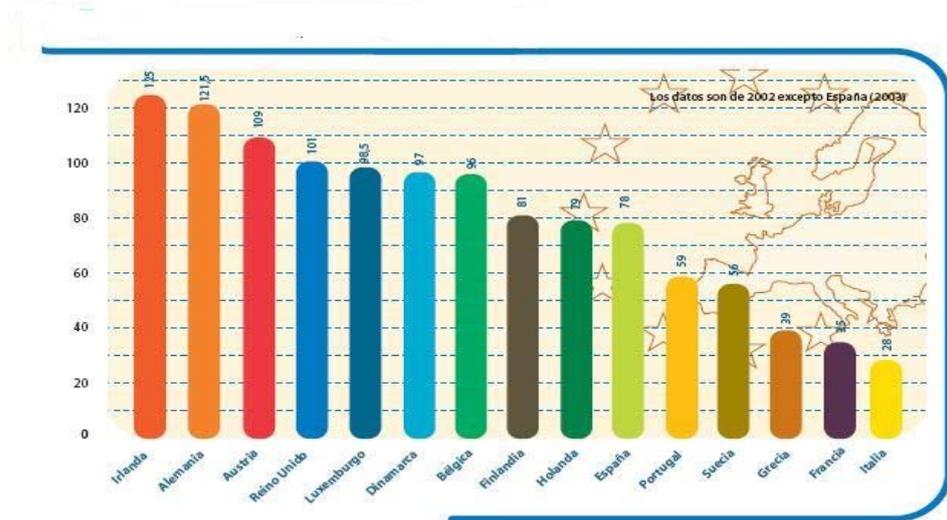


Figura I.2.3.2 – Consumo per capita en la UE (en l)

El consumo per capita en España, como muestra la figura I.2.3.2 se mantiene por debajo de la media de la UE, que se sitúa en 80 litros (un 4% más), España es el décimo país de la unión europea por consumo per capita.

Los países de la unión europea con mayor consumo per capita son Irlanda (125 litros), Alemania (121,5 litros), Austria (109 litros), Reino Unido (101 litros) y Luxemburgo (98,5 litros). Por el contrario, los países con menor consumo por persona y año de la UE son Italia (28 litros),

Francia (35 litros), Grecia (39 litros), Suecia (56 litros), Portugal (59 litros) y, en décimo lugar, España (78 litros).

España se mantiene en un nivel de consumo per capita muy inferior al de muchos de nuestros países vecinos, siendo el tercer productor, estamos en el décimo lugar en consumo per capita. Teniendo en cuenta que este dato ha sido calculado sin discriminar el consumo realizado por los turistas, podemos decir que los españoles somos consumidores moderados de cerveza.

El consumo de cerveza en nuestro país se hace de manera responsable por la inmensa mayoría de la población que generalmente la suele acompañar de algún tipo de alimento. Esto es resultado de los últimos estudios nacionales e internacionales en los que se manifiestan las propiedades saludables de un moderado consumo de cerveza y de un mayor conocimiento del consumidor de las diferentes tipologías de cerveza.

### CONSUMO POR ZONAS GEOGRAFICAS

- El sur España se mantiene como la zona de mayor consumo de cerveza per capita en 2003.
- La zona de levante ha experimentado el mayor incremento en cuanto a su consumo por persona al año (13%), junto con el norte de España, y se coloca en segundo lugar.
- Cantabria, País Vasco, Navarra, La Rioja y el norte de Castilla y León, zonas tradicionalmente menos cervecera, continúan aumentando su consumo.

La zona Sur (Andalucía, sur de Extremadura, Ceuta y Melilla) se mantiene un año mas como la de mayor consumo de cerveza por persona al año de toda España, con 89 litros per capita y un consumo de 7,5 millones de hectolitros, gracias a la favorable climatología y la gran afluencia de visitantes extranjeros.

En segundo lugar, se sitúa la zona de Levante (Castellón, Valencia, Alicante, Albacete y Murcia) que, con 87 litros, ha sido, junto con el norte de España, la que mayor incremento ha experimentado en su consumo per capita (un 13% mas que en 2002) y en su consumo total (5,3 millones de hectolitros, un 17% mas), también gracias al turismo y la buena climatología.

La zona de Canarias (Las Palmas y Tenerife) ocupa la tercera posición en cuanto consumo por persona al año con 79 litros (un 11,5% más que en 2002) favorecida por el gran número de visitantes de países que son grandes consumidores de cerveza como Alemania o Reino Unido. Sin embargo esta zona es la de menor consumo total con 1,5 millones de hectolitros.

En la cuarta posición se sitúa la zona de Cataluña, el norte de Aragón y Baleares con 69 litros por persona al año y 6 millones de hectolitros vendidos en 2003. Por su

parte, la zona sur de Castilla y León, el norte de Extremadura, Madrid, Teruel y Castilla-La Mancha ocupa la quinta plaza con 66 litros per capita y un consumo total de 6 millones de hectolitros.

La zona norte (País Vasco, Cantabria, Navarra, La Rioja, Burgos y Palencia) ha experimentado un aumento en cuanto a consumo per capita, de un 13%, alcanzando los 43 litros por persona. Asimismo, su consumo total ha aumentado un 14% respecto al 2002, con 1,8 millones de hectolitros de cerveza vendidos el pasado año.

En la zona de Galicia, Asturias y León se consumieron 1,6 millones de hectolitros, un 9,5% más que en 2002, y su consumo per capita fue de 38 litros (un 9% más).



Figura I.2.3.3 - Venta y consumo per capita por zonas geográficas

#### **I.2.4. INTRODUCCION DEL NUEVO PRODUCTO**

Después de analizar monuciosamete el mercado de la cerveza en España, y someramente en Andalucía, se observa como el mercado de la cerveza se lo reparten mayoritariamente tres grandes grupos: Heineken, Grupo Mahon- San Miguel y Damm. Estas tres empresas copan ya más del 90% del mercado español. El resto se lo reparten cerveceras de ámbito muy local.

El lugar donde esta previsto la realización de la fábrica de cerveza es Sanlúcar de Barrameda, en la provincia de Cádiz. La localización de la fábrica, en base al estudio de mercado realizado, esta bien ubicada en el sur, puesto que es la zona de mas consumo per capita de España (89 litros) y en la que se tiene una gran afluencia de turistas (responsable del 30% del consumo de cerveza). En Cádiz existió hace unos años la fabrica de cerveza Cruz Blanca, que era una marca de gran aceptación en toda la

provincia, y la desaparición de esta marca brinda una gran oportunidad para la expansión de la cerveza que se va a fabricar.

**II – OBJETIVO DEL PROYECTO.**

El siguiente proyecto se redacta bajo el título:

“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTOS  
POST-FERMENTATIVOS DE MOSTOS DE CERVEZA”

Teniendo como autor a D. Samuel Gumier Lorenzo y  
tutor a D. Andrés Molero Gómez.

Poniendo en conocimiento que se diseñaran solo los  
equipos destinados a tal fin, como son:

- Enfriador de placas.
- Tanques cilíndricos-cónicos (Tampón).
- Filtro prensa.
- Deposito Kieselgur.
- Tanques guarda.

Así como los accesorios y otros equipos complementarios tales como:

- Tuberías de proceso.
- Bombas de adición del fluido.
- Equipos de regulación y control.
- Depósito de limpieza (CIP).

Es decir, los correspondientes a una “PLANTA DE TRATAMIENTOS POST-FERMENTATIVOS” de una factoría de cerveza, que tratara cerveza tipo lager y estilo pilsen. No tratando en ningún momento las etapas anteriores (Malteado, Cocimiento y Fermentación) y posteriores (Embotellado) a dicha planta.

**Situación.**

El proceso se llevara a cabo en la planta de tratamientos post-fermentativos de la factoría de cerveza que se emplazara en el “Polígono Industrial Remata Caudales”, situado en el Km-2,5 de la carretera CA-602 que

une Sanlúcar de Barrameda con el Puerto de Santa María, del término municipal de Sanlúcar de Barrameda (Cádiz).

**Parámetros de partida.**

El caudal de filtración, que es el que determina la capacidad de la planta, será de 350 hl/día, dividido en 2 ciclos de filtración (175 hl/cada ciclo) con una duración de 10 h. cada uno, dejando 4 h. (2h. en cada ciclo) para lavado y puesta en marcha de los equipos.

### **III – DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO.**

#### **III.1. DEFINICIÓN DE CERVEZA.**

Según el Código Alimentario Español, la definición oficial de cerveza es “bebida resultante de fermentar mediante levadura seleccionada el mosto procedente de la malta de cebada, sólo o mezclado con otros productos amiláceos transformables en azúcares por digestión enzimática, sometido previamente al proceso de cocción y aromatizado con flores de lúpulo, sus extractos y sus concentrados.

La fabricación de la cerveza se remonta a épocas tan remotas como las de los asirios o los egipcios (hace unos 3.000 años), aunque hace tan sólo un siglo que se comenzó a estudiar de forma rigurosa.

Hoy en día la fabricación de la cerveza es una ciencia bien establecida, donde se conoce la composición de

las materias primas y la importancia de las distintas etapas del proceso sobre la calidad y el coste de la cerveza final. Con todo sigue siendo un arte su fabricación, donde la experiencia juega un papel muy importante.

De forma general se pueden diferenciar dos grandes tipos de cervezas, la Ale y la Lager, según la levadura y tipo de fermentación. En España y Centroeuropea es la Lager la más extendida.

La Lager se produce mediante fermentación baja, caracterizada porque la temperatura con que se desarrolla la fermentación es de 8 a 18 °C y al finalizar, la levadura decanta al fondo del tanque, desde donde se recoge.

Para la producción de cervezas Ale, muy extendida en las Islas Británicas, se emplea la fermentación alta, se caracteriza porque la fermentación se desarrolla a una temperatura superior a la anterior, unos 15 a 22 °C, y al finalizar el proceso la levadura, en vez de depositarse en el

fondo del tanque, flota en la superficie del mismo. La cerveza que se obtiene tiene un perfil organoléptico totalmente distinto a la obtenida por fermentación baja.

### **MATERIAS PRIMAS.**

Las principales materias primas que se utilizan en la fabricación de cerveza son:

- **III.1.1 CEBADA MALTEADA.**
- **III.1.2 AGUA.**
- **III.1.3 LÚPULO**
- **III.1.4 ADJUNTOS.**

#### **III.1.1 CEBADA MALTEADA.**

La materia prima fundamental para la fermentación de la cerveza es la malta, ésta proporciona sustratos y enzimas apropiados para obtener un extracto soluble conocido como mosto. La malta debe proporcionar este

extracto fácilmente y de forma barata, también debe proporcionar cascarillas, que formen un eficaz lecho filtrante para la clarificación del mosto. La composición del mosto es un factor fundamental para el éxito de la fermentación por la levadura y juega un papel importante para el desarrollo del aroma, el color y en la estabilidad del producto final, la cerveza.

Aunque son varios los granos de cereal los que pueden ser satisfactoriamente malteados, los de cebada (cereal que pertenece a las gramíneas) son los que generalmente presentan menores problemas técnicos. En el transcurso de los años se ha ido imponiendo prácticamente en todo el mundo, el aroma de las cervezas elaboradas a partir de cebada malteada. Además, la cebada utilizada para la elaboración de malta destinada a la producción de cerveza es más rica en los azúcares y la mayor parte de las sustancias que componen el mosto que luego será fermentado por la levadura y transformado en cerveza. También contiene proteínas en cantidades más que

suficientes para proporcionar los aminoácidos necesarios para el crecimiento de la levadura y las sustancias nitrogenadas que desarrollan un papel importante en la formación de la espuma.

Los azúcares se encuentran en el grano de cebada, en forma de almidón, un azúcar complejo que es insoluble en agua. Para conseguir su disolución en agua es necesario que el grano desarrolle previamente los enzimas que degraden el almidón hasta obtener azúcares sencillos solubles en el agua. Estas enzimas se consiguen en el malteado junto con otros caracteres propios de la malta como son el color, el aroma, etc., que imprimen algunas de las características fundamentales de la cerveza.

### **III.1.2. AGUA.**

Se incorpora a la malta molida en el braceado, solubilizándose su contenido, para que posteriormente sea metabolizado por la levadura.

La importancia del agua no es sólo ésta, además sus características influyen especialmente en la calidad de la cerveza hasta el punto que muchos tipos de cerveza, como la Pilsen, Munich, etc., han estado muy ligados siempre a la naturaleza especial del agua de las localidades donde se elaboran (ver anexo-1).

Hoy en día mediante los modernos tratamientos de aguas, se puede adaptar el agua para cualquier tipo de cerveza.

### **III.1.3 LUPULOS.**

Es una planta trepadora de las que se toman sus flores femeninas para aromatizar y dar el amargor característico de la cerveza. Generalmente se incorpora en el proceso de ebullición.

En las flores femeninas se localiza preferentemente un polvo amarillo, la lupulina, que contiene las resinas

amargas y aceites esenciales que son las que dan ese amargor y aroma característico.

#### **III.1.4. ADJUNTOS.**

Son todo tipo de materiales que se emplean junto con la malta en el braceado, como fuente de azúcares.

Según la legislación española, la proporción de adjuntos puede ser hasta un 30% de la carga total de un cocimiento.

Se usan principalmente por razones económicas, ya que su precio es ligeramente inferior al de la malta.

Los adjuntos mas empleados son:

- Granos crudos: son cereales y féculas ricos en almidón que no han sido malteados (por eso se llaman “crudos”). Dentro de este grupo los empleados son arroz y maíz.

- Azúcares: son soluciones concentradas de azúcares sencillos que se presentan generalmente en forma de jarabe.
- Almidón puro.

Es necesario degradar el almidón de los adjuntos hasta azúcares sencillos solubles, pero los adjuntos carecen de los enzimas necesarios para ello. Por esto, durante la maceración se les aporta una pequeña proporción de mezcla malta/agua que será la que aporte los enzimas necesarios para hidrolizar el almidón.

### **III.2. RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA CEBADA.**

La cebada llega a las malterías en grandes camiones o en vagones de ferrocarril. Es necesario controlar su calidad siendo en la mayor parte de los casos de forma inmediata. El malteador inspecciona visualmente

el grano para comprobar si es de un tamaño uniforme, si está exento de materias extrañas, como otras semillas, si contiene granos rotos, heces de roedores, etc., la cebada con una carga microbiana muy alta emite un olor característico que el malteador detectará con facilidad.

Seguidamente la malta se limpiará del polvo y se eliminarán los objetos extraños y cualquier resto metálico que pudiera dar lugar a la producción de chispas al tropezar con los componentes del equipo.

La materia prima se almacena en silos o depósitos, generalmente de acero inoxidable o de hormigón, con paredes lisas y fondos cónicos. En los silos se mantiene a temperatura constante de 10° a 15° C., y a una humedad reducida para dificultar el desarrollo de colonias de insectos. El contenido en agua de la malta se haya en torno al 2-5%, en tanto que el de la harina de trigo es del 12%. Aún en estas condiciones se pueden desarrollar algunos insectos como ciertos gorgojos y escarabajos del grano cuyo

metabolismo genera agua, dióxido de carbono y calor; el agua y el calor producido facilita su propio desarrollo. Se intenta, por tanto, detectar su presencia colocando termosensores muy sensibles en el interior del silo.

El movimiento de la materia prima a través del equipo de cribado tiende a igualar la temperatura, pero no elimina la contaminación, por lo que resulta necesario en ocasiones la desinfección química tanto de los silos vacíos como del equipo de manipulación del grano.

Otro riesgo en el manejo del grano es el constituido por el polvo formado, este puede aspirarse por medio de ciclones de aire y retenerse en filtros adecuados. El polvo de los cereales puede provocar graves daños a las mucosas de los operarios y además ofrecen riesgos de explosión. En la zona del manejo del grano ni los equipos mecánicos ni los eléctricos podrán producir chispas.

Todo este proceso de recepción y almacenamiento de la cebada tiene un continuo seguimiento desde un

laboratorio en el cual se realizan pruebas para la determinación de agua, viabilidad de los embriones, contenido en nitrógeno, etc.

### **III.3. ESQUEMA GENERAL DE LA FABRICACIÓN DE LA CERVEZA.**

La fabricación de cerveza en su forma más elemental supone:

- Triturar la cebada malteada, para obtener una harina muy grosera.
- Añadir agua para formar una masa o papilla y estimular a los enzimas de la malta a solubilizar el endospermo degradado de la malta molida.
- Separar en un recipiente adecuado, el extracto acuoso, denominado mosto, de los sólidos agotados (bagazos) mediante la aspersion de más agua caliente sobre la masa.

- Hervir el mosto con lúpulo, con lo que se detiene la acción enzimática, se esteriliza el mosto y se coagulan algunas proteínas. El lúpulo imparte al mosto sus características aromáticas propias.
- Clarificar, enfriar y airear el mosto de manera que se convierta en un medio ideal para el crecimiento de la levadura y para la fermentación.
- Fermentar el mosto con las levaduras de manera que gran parte de los hidratos de carbono se conviertan en alcohol y dióxido de carbono. Otros metabolismos de las levaduras contribuyen al aroma y al bouquet.
- Madurar, guardar y clarificar la cerveza. Modificar el aroma y el bouquet y mantener la calidad de la cerveza.
- Envasar la cerveza, generalmente tras haberla esterilizado por filtración o pasterizado.

El proceso de fabricación de cerveza se divide en cuatro etapas fundamentales:

- **III.3.1 MALTEADO.**
- **III.3.2 COCIMIENTO.**
- **III.3.3 FERMENTACIÓN Y GUARDA.**
- **III.3.4 CLARIFICACIÓN DE LA CERVEZA.**

### **III.3.1. MALTEADO.**

Es el proceso en el cual se transforma la cebada en malta.

La cebada contenida en los silos de recepción se limpia, pasando al proceso de malteo, que no es más que una germinación controlada en la que el grano produce los enzimas que desdoble su contenido.

Las etapas del malteo son:

- Prelimpia.
- Remojo.
- Germinación.
- Secado/tostación.

#### **III.3.1.1. Prelimpia.**

Se limpia la cebada de partículas extrañas (cuerdas, pajas, semillas extrañas, objetos metálicos, etc.).

#### **III.3.1.2. Remojo.**

Se parte de que el grano de cebada limpio retenido en los silos de recepción, tiene una humedad de un 12-14%, pero para conseguir que el grano adquiriera las condiciones necesarias para germinar hay que aumentar esta humedad hasta un 42 - 44%, para ello se deja caer del silo a un tanque de remojo parcialmente lleno de agua a unos 15 °C.

Muchos tanques de remojo son simples cilindros verticales con base cónica, sin embargo los de construcción reciente son cilindros verticales de pequeña altura y fondo

plano (ver anexo-2). Permiten condiciones más aeróbicas en el agua de remojo.

El contenido en agua de los granos aumenta rápidamente a partir de la inmersión pero la velocidad de incremento de ésta descende luego de un modo progresivo. El remojo se interrumpe por drenaje a las 12-24 h. Cada grano permanece recubierto de una película de agua a través de la cual puede disolverse el oxígeno del aire del entorno. A esta condición se le conoce como “Descanso del aire”. Esto permite dispersar el dióxido de carbono, favoreciendo así la germinación. Tras unas pocas horas de descanso del aire, la cebada se sumerge de nuevo en agua limpia, la alternancia de remojo y descanso del aire continua hasta que la cebada ha alcanzado una humedad de aproximadamente el 42%, entonces el grano habrá comenzado a germinar (revelar raicillas). El remojo suele completarse en un par de días dando los granos al término del mismo muestras claras de que han comenzado a germinar, entonces se transfiere al equipo de germinación.

### **III.3.1.3. Germinación.**

Esta operación consiste en hacer pasar aire húmedo para mantener la humedad del grano en 42 - 44% y aire frío para controlar la temperatura en unos 15 °C.

En estas condiciones, el germen pasa a un estado de actividad en el que comienza la síntesis de enzimas que liberan y degradan el almidón para obtener energía en su crecimiento.

Comienzan a desarrollarse las raicillas como manifestación de este crecimiento. El endospermo duro hasta ahora, se vuelve harinoso, consiguiendo la llamada desagregación de la malta. Esta operación dura entre 5 y 8 días.

Existen aditivos para acelerar y mejorar los resultados de la germinación.

Esta operación se lleva a cabo en los germinadores. El tipo de germinador mas frecuente es una caja de base rectangular o circular provista de un falso fondo. Sobre el falso fondo se deposita un lecho de malta y a través del lecho, habitualmente de abajo a arriba, se hace pasar la corriente de aire saturado de agua, a unos 15 °C, con lo que se asegura la disponibilidad de oxígeno por parte de los embriones, la eliminación del dióxido de carbono y mantener una temperatura uniforme.

#### **III.3.1.4. Secado/tostación.**

Esta operación consiste en hacer pasar aire caliente y seco a través de la malta hasta reducir el contenido de humedad a un 4% (ver anexo-3). Primero se hace un secado a temperaturas moderadamente altas para finalizar con un aumento brusco de la temperatura (golpe de fuego).

Los factores que afectan a la velocidad de deshidratación del grano son:

- El volumen de aire que pasa a través del lecho del grano.
- La profundidad del lecho.
- El peso de agua a ser eliminado del lecho del grano.
- La temperatura de aire utilizada para la deshidratación.
- La humedad relativa del aire.
- El carácter higroscópico de la malta.

La deshidratación se comienza con temperaturas de entrada de 50-60° C., que inicialmente calienta el secadero y el lecho del grano. Mas adelante las capas superiores del lecho comienzan a deshidratarse y el contenido en agua de la cebada empieza a descender progresivamente desde el fondo a la superficie del lecho de grano. En esta etapa de deshidratación libre se extrae sin restricciones el agua de la cebada y por razones económicas se ajusta el flujo de aire de manera que su humedad relativa sea del 90-95% en el aire del extremo de salida. Cuando se ha eliminado

aproximadamente el 60% del agua (malta con un contenido en agua del 25%), la deshidratación subsiguiente se ve dificultada por la naturaleza del agua residual ligada. Llegado este punto de ruptura se sube la temperatura de aire de entrada y se reduce el flujo (ver anexo-2).

La estabilidad térmica de los enzimas es ahora mayor que cuando la malta contenía un 45% de agua. Cuando el contenido del agua llega a ser del 12% todo el agua que permanece en el grano está ligada, por lo que se sube la temperatura del aire de entrada a 65-75° C. y se reduce aún más la velocidad de flujo. La extracción de agua es lenta y por razones económicas se recircula gran parte del aire. Finalmente a una humedad de 5-8% dependiendo de la variedad de cebada, la temperatura del aire de entrada se eleva a 80-100° C. hasta que se alcance el color y la humedad requerida.

Con esto se consigue:

- Detener la germinación en el momento en que el grano está suficientemente desagregado. Como el secado es gradual, las enzimas de la malta se inactivan pero no se destruyen, permanecen en estado latente.
- Se desarrollan el aroma y color característicos.
- Se favorece la conservación de la malta.

Esta operación se realiza en el horno de secado.

### **III.3.2. COCIMIENTO.**

Esta es la primera etapa de Cervecería.

Las materias primas (malta y adjuntos), se mezclan con el agua y se someten a distintas temperaturas para extraer su contenido y obtener el **mosto cervecero**.

A continuación se filtra, aromatiza con lúpulo, etc., para dar a éste las características y calidad adecuadas para obtener una buena cerveza.

Las etapas que comprende el cocimiento son:

- Molienda.
- Maceración.
- Filtración.
- Ebullición y Lupulado.
- Acondicionamiento del mosto.

Todas se realizan en la sala de cocción.

#### **III.3.2.1. Molienda.**

La molienda tiene por objeto triturar la malta. Es necesario que la cascarilla permanezca tan entera como sea posible, y que en cambio el endospermo se muele a un tamaño de partícula que permita la fácil liberación del extracto. Si se desintegra mucho la cascarilla no puede

formar un filtro suficientemente eficaz y permeable durante la recuperación del mosto a partir de la masa. En cuanto a la trituración del endospermo es preciso que las partículas del mismo se hidraten bien y liberen fácilmente sus enzimas y otros constituyentes celulares para que puedan degradarse rápidamente.

Desde este punto de vista serían ideales partículas de tamaño muy reducido, pero éstas tienden a empaquetarse demasiado apretadamente formando un lecho impermeable que liberaría muy lenta e incompletamente el mosto. La finura de la molienda dependerá por ello del tipo de equipo utilizado para la recuperación del mosto; si el lecho es profundo requiere partículas más groseras que si tienen poca altura.

Para la molienda son frecuente tanto los molinos secos como los húmedos. Los secos son de dos tipos principales aunque ambos sean de rodillo. Si la malta está bien desagregada puede bastar con molinos de cilindros

más simples constituidos por dos pares de cilindros que giran en sentido contrario. Las maltas menos desagregadas se caracterizan por tener extremos más duros y necesitan molinos de seis rodillos, capaces de separar los extremos duros de las cascarillas (ver anexo-4).

A veces se somete la malta con agua, o a la acción del vapor inmediatamente antes que entren en el molino. Este tratamiento flexibiliza la cascarilla y la hace más resistente a la trituración. Un tratamiento más severo consiste en humedecer el molino en que la malta se remoja, hasta elevar su humedad hasta un 28-30% antes de que los rodillos trituren los granos. El remojado no debe durar más de 30 minutos y de ordinario tiene lugar en 5-10 minutos. El producto de la molienda húmeda es una papilla de cascarilla y partículas de endospermo que es bombeado o vertida a un amasador.

Por tanto, la molienda del grano de malta tiene como objetivo:

- Reducir el contenido del grano a una harina fina que facilite la extracción de sus componentes.
- Evitar la rotura de las cascarillas, porque servirán en etapas posteriores para la filtración del mosto.

#### **III.3.2.2. Maceración.**

Es el proceso que permite la extracción de las sustancias contenidas en el grano y la transformación de parte de ellas mediante la acción del agua, el calor y las enzimas.

Al poner en contacto la molienda con el agua, parte de los componentes de la malta se solubilizan directamente, pero éstos representan una pequeña parte del peso de la malta. Es necesario optimizar la extracción, usando una secuencia de temperaturas que favorezcan la acción del contenido de la malta.

En esta etapa es cuando se adicionan los adjuntos, que se preparan en una caldera (caldera de granos crudos), independiente de la que contiene la mezcla malta/agua (caldero de mezcla), para incorporarlos más tarde.

Al final del braceado obtenemos una disolución que contiene casi la totalidad de las sustancias que contenían la malta y adjuntos, ya degradados hasta nutrientes más sencillos desde el punto de vista químico. Esta disolución se conoce como **mosto**.

### **III.3.2.3. Filtración.**

Es la operación que permite la separación del mosto, de la parte insoluble formada por las cascarillas del grano, llamada bagazo.

La filtración se realiza a través de las cascarillas en dos etapas.

- primera: se obtiene el primer mosto (mosto denso).
- segunda: se hace pasar agua a través del lecho filtrante para arrastrar el mosto que queda entre el bagazo, dando lugar a las aguas de lavado.

El mosto se separa del bagazo en un recipiente denominado cuba filtro o en un filtro de mosto. Para estimular el drenaje del mosto hay que recurrir al rascado. Las paletas encargadas de llevar a efecto esta operación van montada sobre un eje vertical concéntrico impulsado por un motor eléctrico, pueden cambiar su orientación desde la posición de corte a otra que forma 90° en orden a su utilización de la malta agotada (bagazo), como se indica en el anexo-5. Los filtros de mosto ocupan menos espacio que las cubas filtro y pueden trabajar con malta más finamente molida. En los últimos años han recuperado popularidad debido al uso de mecanismos automáticos de apertura y cierre de los pesados bastidores y a su fácil limpieza (ver anexo-6).

En esta etapa se obtiene el **mosto dulce**.

El bagazo puede ser utilizado como pienso o como filtro de papillas efluentes por la propia fábrica con lo que aumentarán el contenido de nitrógeno del grano agotado y reducen los costes de efluentes.

#### **III.3.2.4. Ebullición / Lupulado.**

El mosto dulce se somete a ebullición teniendo como efectos principales:

- Detención de la actividad enzimática, se destruyen los enzimas existentes cuya actuación debe cesar, lo contrario supone modificaciones de sabor y cuerpo importantes en la cerveza.
- Esterilización del mosto.
- Coagulación de proteínas y taninos.
- Precipitación más intensa del fosfato cálcico y caída por consiguiente de pH.

- Destilación de productos volátiles.
- Evaporación de agua y por tanto concentración del mosto.
- Producción de color por caramelización de azúcares, formación de melanioidina y oxidación de tanino.

Como en casi todos los casos se haya también presentes lúpulos o productos del mismo, por tanto conviene tener en cuenta las siguientes consideraciones adicionales:

- El mosto adquiere un sabor amargo a consecuencia de las resinas del lúpulo.
- Se reduce la tensión superficial por influjo de aceites y resinas.
- Se añaden aceites esenciales y en ocasiones taninos.
- Los isoácidos mejoran la espuma de la cerveza, pero los aceites suelen reducir su estabilidad.

En la caldera se pueden añadir otros productos además del lúpulo y entre ellos caben citar los azúcares o jarabes de cereales, éstos sucedáneos líquidos pueden servir para alargar el mosto, como una fuente barata de extracto, para diluir el nitrógeno del mismo, para mejorar el aroma, o para obtener elaborados de alta densidad. Estos líquidos suelen tener una densidad de 1,150.

También puede añadirse al mosto extractos de algas marinas rojas o pardas. Estos alginatos son moléculas poligalactosas altamente sulfatadas y por tanto muy negativamente cargadas. Tienden por consiguiente a coagular las proteínas positivamente cargadas y aumentar así el peso de turbios calientes producidos durante la cocción. Otra consecuencia lógica de su empleo es la aparición de menor cantidad de turbios fríos que en virtud de su menor tamaño de partículas resultan más difíciles de eliminar que los turbios calientes. También es probable que sea menor la tendencia a la producción de turbidez tras el envasado.

La coagulación de las proteínas durante la ebullición se ve fuertemente influida por la presencia de taninos (y su composición) y por el efecto combinado de la temperatura, el pH y los iones multivalentes como el calcio y los metales pesados. El calentamiento conduce a la pérdida de la compleja estructura de las proteínas, se desenrollan y sufren rupturas de puentes moleculares, para dar derivados mucho más pequeños.

Con la formación de turbios disminuye el contenido en sustancias nitrogenadas, en una cuantía muy variable pero del orden de 50 mg/l.

Tradicionalmente la cocción dura alrededor de 60-90 minutos y se efectúa generalmente a la presión atmosférica, aunque a veces se lleva a cabo a presión positiva y permiten que al final del proceso escapen volátiles.

Este proceso se realiza en la caldera de ebullición (ver anexo-7) y se obtiene el **mosto lupulado**.

### **III.3.2.5. Acondicionamiento del mosto.**

Es el conjunto de operaciones que se realizan sobre el mosto lupulado para acondicionarlo para la siembra de levadura. Estas operaciones son:

- **Enfriamiento del mosto.** El mosto a la salida de la caldera de ebullición está a una temperatura muy elevada la cual hay que reducir hasta los 10°C aproximadamente, para ello se hace pasar por un enfriador de placas (ver anexo-8). Este intercambiador consta de numerosas placas de acero inoxidable moldeados por presión mecánica de modo que entre cada dos quede una cavidad. El mosto pasa de la primera cavidad a la tercera, de ésta a la quinta y así sucesivamente. El refrigerante, agua por ejemplo, circula en contracorriente de la última cavidad a la

antepenúltima y así sucesivamente, por cavidades que alternan por aquella donde circula el mosto. Como refrigerante además del agua se pueden usar alcohol o salmuera refrigerados. Los intercambiadores de placas son muy eficaces en la transferencia de calor pero no juegan un papel importante en la aireación y no ejercen efectos clarificantes. Son compactos e higiénicos y proporcionan a las factorías grandes cantidades de agua a temperaturas altas, que pueden utilizarse para limpieza y a veces para la extracción.

- **Oxigenación del mosto.** Para el crecimiento de la levadura y para que arranque la fermentación se necesita oxígeno. Para ello se introduce en la corriente del mosto aire estéril u oxígeno, bien en el intercambiador de calor bien en las proximidades del mismo. Si el aire se inyecta al mosto caliente que entra al cambiador el gas solo se disuelve y se combina químicamente con los componentes del mismo, por ejemplo con los taninos, la turbulencia de la corriente en

el intercambiador facilita la disolución. Si se introduce, en cambio, en el mosto frío, el gas se disuelve físicamente. El aire proporciona como máximo 8 mg/l. de oxígeno disuelto. Algunas cepas de levadura requieren más y en tales casos se sustituye el aire por oxígeno. Para sacar partido de la turbulencia que reina en el intercambiador de calor resulta ideal introducir el aire u oxígeno cuando ya se ha enfriado sustancialmente el mosto, por ejemplo entre las dos sesiones, el mosto arrastra entonces oxígeno disuelto y se evita entonces el oscurecimiento de este por los taninos oxidados como ocurre en la aireación caliente.

- **Clarificación del mosto.** Los conos de lúpulo extraídos tienden a formar un lecho filtrante sobre el que se acumulan los turbios, este material de desecho tiene algún valor como fertilizante del suelo. Los restos de lúpulo ejercen una acción espojante solo, pero los precipitados por ellos retenidos proporcionan nitrógeno, calcio, fósforo y otros minerales. La eliminación de turbio

frío puede efectuarse por sedimentación, obteniéndose mejores resultados por filtración o centrifugación del mosto (ver anexo-9).

### **III.3.3 FERMENTACIÓN / GUARDA.**

Es la etapa en que el mosto lupulado, se transforma primero en la cerveza verde mediante la fermentación, y posteriormente se madurará y acondicionara en la guarda para obtener la cerveza final.

#### **III.3.3.1. Fermentación.**

En la fermentación se transforman los azúcares del mosto, en alcohol, anhídrido carbónico y energía (calor incluido). Esta transformación se debe a la acción de la levadura, que es un hongo microscópico unicelular. La levadura al fermentar, además de transformar los azúcares en alcohol y carbónico, de forma simultánea origina otros muchos compuestos en menor cantidad, pero de gran

importancia en la configuración del gusto final de la cerveza.

Son fundamentalmente tres las variables del proceso:

- la levadura
- la composición del mosto
- las condiciones del proceso: tiempo, temperatura, presión, agitación, forma y volumen del depósito de fermentación, etc.

El dióxido de carbono si se produce en cantidades muy sustanciales resulta extremadamente peligroso, alrededor de un 4% (en volumen) de éste gas en el aire puede causar asfixia en breve tiempo y sus tasas en cervecería deben reducirse al 0,5%.

Los tanques de fermentación herméticos son, por tanto, más seguros (excepto para aquellos que penetren en su interior) que las tinas abiertas. El dióxido de carbono

puede extraerse de su interior y utilizarse luego en etapas post-fermentativas, aunque su purificación y compresión exige el empleo de un equipo caro.

Para mantener una temperatura de fermentación seleccionada resulta necesario que los tanques estén provistos de equipos de refrigeración adecuados. Pueden adoptar las formas de serpentines tubulares situadas en el interior de los fermentadores, o la de camisas huecas entorno a sus paredes. El agente refrigerante puede ser agua, salmuera o alcohol. Los tanques son de acero inoxidable y para facilitar la limpieza “in situ” suelen ser cerrados y herméticos. Su capacidad suele oscilar entre 150 y 500 Hl (ver anexo-10).

Para controlar todas las variables los fermentadores de acero inoxidable deben disponer de:

- Sistema automático de limpieza “in situ”.
- Corriente de mezcla autogeneradas.

- Control de temperatura mediante camisas de refrigeración.
- Bases que estimulen la sedimentación de la levadura.
- Recogida de dióxido de carbono.

Una vez finalizada la fermentación (7-10 días) se obtiene la **cerveza verde** (ver anexo-11).

#### **III.3.3.2. Guarda.**

La cerveza verde aun no esta lista para su consumo, debe sufrir una maduración que se consigue dejándola un periodo más o menos prolongado a una temperatura cercana a 0 °C, en el mismo depósito donde se hizo la fermentación o bien trasegado a otro. Durante este periodo de tiempo se busca mejorar las propiedades físicas y organolépticas de la cerveza.

Los tanques de guarda o acondicionamientos de la cerveza son el lugar adecuado para añadir diversos aditivos destinados a:

- Normalizar el bouquet, el color y el aroma.
- Lograr la bacterioestásis.
- Mejorar la capacidad espumante.
- Estabilizar la cerveza, evitando el deterioro del bouquet y la formación de turbidez una vez envasada.

Durante el periodo de guarda se producen los fenómenos de clarificación, carbonatación, estabilización y afinamiento de la cerveza, siendo estos fenómenos los objetivos principales de la guarda:

**- Clarificación de la cerveza.**

Al finalizar la fermentación la cerveza esta muy turbia debido a:

- La levadura que esta aun en suspensión, cuya cantidad es variable en función de pulverulenta que sea, de la atenuación de la levadura, etc., aunque por otra parte, en el proceso tradicional, es necesario que exista levadura en suspensión en la guarda para completar la fermentación de los azucares residuales del mosto.
- El turbio frío producido por la asociación de proteínas y taninos.

Durante el tiempo de guarda a baja temperatura, la mayor parte de la levadura en suspensión y de los turbios producidos por los taninos y proteínas, se depositan en el fondo del tanque.

La clarificación se ve mejorada por las bajas temperaturas, una ligera contrapresion en el tanque y un tiempo más o menos prolongado dependiendo del método de guarda seleccionado.

**- Carbonatación de la cerveza.**

El metabolismo de los azúcares residuales produce carbónico que va saturando lentamente la cerveza. El ajuste final de carbonatación se suele hacer de forma artificial en el acondicionamiento de la cerveza.

**- Estabilización coloidal y biológica**

Una vez finalizada la fermentación secundaria la levadura decanta y se deposita en el fondo del tanque.

Se favorece la formación de turbio coloidal (turbio frío), resultado principalmente de la interacción de taninos y proteínas.

Posteriormente al acondicionar la cerveza para envasarla, se elimina toda la levadura y todo el turbio que se ha formado.

**- Maduración organoléptica.**

De todos los objetivos es el de mayor importancia, ya que las otras funciones aunque necesarias pueden suplirse mediante filtración y carbonatación, o con la ayuda de estabilizantes coloidales que aceleran el proceso, mientras que la maduración organoléptica debe realizarse bajo la presencia de la levadura.

La maduración consiste en la transformación o eliminación de una serie de compuestos que se han formado en la fermentación con flavor desagradable, como por ejemplo el diacetilo, acetaldehído o compuestos sulfurados.

Las reacciones que reducen estos compuestos, requieren la presencia de la levadura, aunque la fermentación residual haya finalizado.

Al final de la guarda, la cerveza esta lista para envasarla, previo acondicionamiento.

Según se han visto los objetivos de la guarda se comprende que son de dos tipos las transformaciones que sufre la cerveza verde, las bioquímicas y las físicas.

- Transformaciones bioquímicas

Afectan a la fermentación de los azúcares residuales y a la maduración organoléptica de la cerveza verde.

**- Fermentaciones de azúcares residuales**

Se produce mediante la fermentación secundaria, bien en el mismo tanque donde se ha producido la fermentación principal (fermentación/maduración acelerada), bien con trasiego del mosto al tanque de guarda (proceso tradicional).

La fermentación secundaria tiene lugar gracias a la levadura que queda en suspensión tras la fermentación

principal (5 millones de células aproximadamente), y es menos activa que la principal porque:

- La levadura disminuye su actividad como consecuencia del descenso de temperatura. La guarda se realiza de 5 a 7°C por debajo de la fermentación principal, a la que la levadura es poco activa.
- Los azúcares que debe fermentar la levadura son más complejos y difíciles de asimilar, como es el caso de la maltotriosa.

#### **- Maduración organoléptica**

La maduración de la cerveza verde se llama al afinamiento de su flavor como consecuencia de la reducción o eliminación de algunas sustancias formadas en la fermentación y que en cantidades mínimas tienen sabor u olor desagradable. Son tres fundamentalmente los compuestos a los que se hace referencia:

- ácido sulfhídrico y otros compuestos azufrados
- acetaldehído
- diacetilo

Su formación en la fermentación está muy influenciada además de por la raza de la levadura y composición del mosto, por las condiciones en que se desarrolla dicho proceso, tales como temperatura, presión en el tanque, etc., condiciones que se deben cuidar especialmente para que la cerveza que va a guarda, llegue con el nivel más bajo posible de esas sustancias con el fin de que su reducción sea rápida y eficaz (ver anexo-12).

El ácido sulfhídrico tiene un marcado olor a huevos podridos, la levadura lo transforma a sulfato sin sabor ni olor. Es un volátil que se elimina en gran cantidad con el carbónico que se desprende en la fermentación.

El acetaldehído produce un olor a manzanas verdes mientras que el diacetilo lo tiene a mantequilla. Son

producidos por el metabolismo de la levadura, la cual los reduce posteriormente. Por ello la velocidad con que desaparece el diacetilo, fundamentalmente depende de la cantidad de levadura en suspensión.

Generalmente se toma como patrón la reducción del diacetilo, cuyo valor al final de la guarda debe estar por debajo de su umbral de percepción, que es de 0,2 mg por litro de cerveza.

Otro factor que influye negativamente en el sabor de la cerveza es la autólisis de la levadura. Cuando una levadura muere, sufre un proceso de descomposición o autólisis. La membrana celular se desorganiza y el interior de la célula escapa a la cerveza originando sabores extraños.

Dado que los azúcares fermentables se agotan tras la fermentación secundaria, la falta de nutrientes y las temperaturas altas favorecen la autólisis de la levadura.

- Transformaciones físicas.

Afectan a la estabilización coloidal, clarificación y carbonatación de la cerveza.

**-Estabilización coloidal.**

La turbidez de la cerveza verde esta ocasionada por los complejos de proteínas-taninos. La formación de estos complejos, que esta catalizada por oxigeno y algunos metales como el hierro y el cobre, llegado un momento adquiere un tamaño tal que se hace insoluble y precipita.

Es el llamado turbio al frío, que normalmente es reversible, es decir, se forma a baja temperatura pero al elevarla se redisuelve y desaparece. Con el tiempo este turbio tiende a hacerse irreversible y aunque se eleve la temperatura no desaparece. Para evitar su formación, especialmente en el producto envasado, se recomienda la

ausencia de cobre y hierro. Además se recomienda que los niveles de oxígeno sean inferiores a 0,2 mg/l.

Durante la guarda, al estar la cerveza a una temperatura baja, se favorece la formación de este turbio, especialmente si la temperatura de la cerveza se encuentra a -1 °C. Así se forma la mayor cantidad de turbio que se elimina tras una purga o filtración, evitando que se forme cuando la cerveza esté ya envasada.

Para mejorar aun mas la estabilidad coloidal de la cerveza forzando la precipitación de estas sustancias, es práctica habitual el uso de aditivos o coadyuvantes, que son adsorbentes, o precipitantes de proteínas o de tanino.

#### **-Clarificación de la cerveza.**

La turbidez de la cerveza al final de la fermentación se debe a la levadura aun en suspensión y al turbio que ha comenzado a formar.

La mayoría de este turbio no pasa a la guarda, ya que antes de trasegar se enfría la cerveza en el tanque de fermentación forzando la floculación de la levadura y precipitación del turbio. La cerveza ya más clarificada, se trasiega al tanque de guarda. De esta forma en la guarda, se sigue formando el turbio frío favorecido por la baja temperatura. El efecto que se produce en la guarda con bajas temperaturas y un tiempo prolongado, es que se depositen en el fondo del tanque estas sustancias.

La clarificación se ve mejorada por las bajas temperaturas, con una ligera contrapresión de carbónico en el tanque y en un tiempo prolongado.

La clarificación de la cerveza en guarda hoy día tiene una importancia relativa, gracias a que la cerveza es filtrada antes de envasarla.

### **-Carbonatación de la cerveza.**

Se consigue la carbonatación de la cerveza hasta los niveles en contenido de carbonilo necesarios para envasarla.

Al final de la fermentación el contenido de carbónico es variable según la temperatura del proceso, altura del tanque de fermentación, etc., pero se sitúa normalmente en valores de 2,5 a 3,5 g/l y es necesario un aporte de carbonilo hasta 4,5–5 g/l para la cerveza de barril y 5 a 6 g/l para la cerveza de botella.

Los métodos para carbonatar la cerveza son:

- Carbonatación natural. Es la carbonatación que se consigue por la disolución del carbónico que se desprende de la fermentación de los azúcares residuales que quedan en la cerveza. La cantidad de carbónico que se disuelve depende fundamentalmente de la presión y

temperatura de la cerveza. Para una misma cerveza, la disolución es mayor a menor temperatura y mayor presión. De este hecho se comprende la necesidad de que los tanques de guarda sean cerrados y se establezca una contrapresión, para favorecer la carbonatación.

- Carbonatación artificial. Consiste en el uso del carbónico recuperado de la fermentación principal para la carbonatación de la cerveza en la guarda. Se trata de dar un complemento de carbonatación para ajustar a la concentración deseada. Se puede hacer en tanque o en línea. Al regular la contrapresión del tanque y dado que en función del envase en que se contenga después, es distinto el contenido de carbónico, se debe elegir entre carbonatar para barril o para botella. Lo más prudente es carbonatar para cerveza de barril y posteriormente ajustar el contenido final de carbónico para botellas.

### **III.3.3.3. Procesos de Fermentación/Guarda.**

#### **III.3.3.3.1 Proceso Tradicional.**

En el proceso tradicional, la fermentación es la transformación del mosto a cerveza verde, la cual debe madurar en otra etapa posterior e independiente, la guarda, a cerveza terminada. De esta forma se pueden diferenciar dos etapas en el proceso global:

- fermentación
- guarda

#### **- Fermentación.**

El mosto aireado llega al fermentador a 7-11 °C. y se inocula con levadura bien en las tuberías que conducen al tanque, bien en éste mismo. El tanque de fermentación no se llena completamente, se deja un espacio libre de 10 a

15% para la formación de espumas, para evitar desbordamientos.

Todas estas operaciones han de realizarse con la mayor higiene posible para conservar la esterilidad del mosto.

Durante las primeras horas, la levadura consume rápidamente el oxígeno disuelto, desapareciendo por completo pasadas las 4 ó 6 horas aproximadamente. En este tiempo se dice que la levadura está en fase de adaptación o latencia (ver anexo-13).

Hacia las primeras 12 a 20 horas se observa la formación de una espuma densa y cremosa en la superficie llamada Krausen, que corresponde con el inicio de la fermentación activa y fase de crecimiento exponencial de la levadura, que se va a desarrollar durante 2 ó 3 días. Si se observa un retraso en la formación de espuma, significa un retraso en el arranque de la fermentación, que se debe

corregir elevando la temperatura y agitando el mosto mediante borbotado de aire.

A lo largo de la fermentación la disminución de azúcares (extracto) es paulatina, al tiempo que aumenta la cantidad de levadura y el contenido alcohólico. La temperatura se mantiene en unos 10 °C, gracias a la refrigeración de los tanques, ya que el proceso genera calor y tiende a aumentar la temperatura.

Hacia el 5° y 6° día se observa una menor formación de carbónico. La levadura cesa su crecimiento y entra en la fase estacionaria, quedando en el mosto para consumir parte de maltosa, y fundamentalmente maltotriosa (ver anexo-14).

Para finalizar la fermentación, hay dos métodos:

- 1°) En el momento que se alcanza la atenuación principal, se enfría la cerveza a unos 5 °C en el tanque

para frenar la fermentación y para que flocule parcialmente la levadura, trasegando a continuación a un tanque de guarda, con cantidad suficiente de levadura para fermentar los azúcares residuales.

- 2º) Se fermenta el mosto hasta la atenuación final, separando la levadura mediante enfriamiento en el tanque hasta 1-3 °C, para aumentar la floculación de la levadura y trasegar la cerveza con una cantidad de levadura mínima.

**- Guarda.**

La forma de proceder a la guarda, varía fundamentalmente en función de si se trasiega la cerveza desde la fermentación principal con una cantidad de extracto controlada, o por el contrario se agota este extracto. El primer caso corresponde a la guarda propiamente tradicional y el segundo a la guarda mediante krausen.

- Proceso tradicional de guarda.

La cerveza verde se trasiega hacia los tanques de guarda con una cantidad de extracto residual aun por fermentar. Los tanques deben llenarse sin remolinos y por la parte inferior para evitar la oxidación, la descarbonatación de la cerveza y posible formación de espumas que provoquen el rebose del tanque. Se llenan dejando un espacio libre del 5% aproximadamente, en caso de que sea mayor se debe evacuar el aire que queda con carbónico, y hacer contrapresion con este.

La temperatura de la cerveza es de unos 5 °C, para permitir la acción de la levadura, una vez iniciada la fermentación secundaria, se deja escapar el carbónico que se forma inicialmente para que arrastre con él sustancias volátiles no deseables, como oxígeno y compuestos de azufre. Tras esa purga, se cierra herméticamente el tanque

y se contrapresiona para que la cerveza se carbonate (de 24 a 48 horas después de llenado).

Se enfría luego a 0°C mediante camisas de refrigeración, con lo que la levadura tiende a sedimentar junto con el resto de sustancias en suspensión.

La fermentación secundaria es más activa al principio por tener mayor temperatura y levaduras en suspensión. Se puede seguir la marcha del proceso mediante el borboteo del carbónico en la linterna acoplada al sistema de contrapresión. La temperatura es un parámetro crítico. Se debe evitar enfriamientos bruscos que paralicen la fermentación y por otro lado también los calentamientos que provoquen la agitación de la cerveza y que el turbio frío se disuelva.

La duración del proceso completo es de 3 a 6 semanas, en este tiempo se alcanza una atenuación que

debe estar cercana a la límite, junto con la maduración, estabilización y clarificación de la cerveza.

- Proceso de guarda mediante Krausen

La cerveza que se trasiega desde el tanque de fermentación debe cumplir dos especificaciones:

- Un contenido en células activas alrededor de 5 millones por ml.
- Una proporción adecuada de azúcares fermentescibles

Según esto, para que la guarda siga un curso normal, la cerveza verde debe tener siempre una composición idéntica, con igual cantidad de extracto fermentable y concentración regular y poco variable.

Estas circunstancias son difíciles de cumplir siempre, ya que hay ocasiones que la fermentación se acelera, varía la floculación de la levadura, e incluso el momento en que

se debe trasegar no se puede hacer por no tener disponibilidad de tanques de guarda o por coincidir con festivos. Por ello lo mas frecuente es que la cerveza en la fermentación principal se atenúe casi completamente, se enfríe a unos 5 °C y la levadura flocule, de esta forma en el trasiego hay menor concentración de células.

El tanque de guarda se llena de un 80 a 85% de su capacidad y el resto se completa con un Krausen, es decir una fermentación en la fase activa. Este Krausen debe tener un 25-30% de atenuación. Tanto los tanques donde se realiza la guarda como el procedimiento es exactamente igual que el caso anterior, teniendo especial cuidado de proceder en el llenado por la parte inferior del tanque para evitar la toma de oxígeno, y una vez lleno el tanque purgarlo con el carbónico que se forma al principio, cerrar entonces la salida de gases y establecer la contrapresión.

En cualquier caso, la cantidad de oxígeno que puede llegar a tomar la cerveza por contacto con el aire debe ser inferior a 0,2 mg/l de oxígeno

### **III.3.3.3.2 Procesos de Fermentación/Maduración Acelerada**

Los procesos tradicionales para la obtención de la cerveza, se basan en la realización de una fermentación principal de la mayor parte del extracto del mosto, con trasiego a otro tanque para realizar la guarda, donde se completa esta fermentación y se madura la cerveza.

En el proceso completo se invierten de 6 a 8 semanas, lo que implica importantes inversiones en equipamiento de tanques, naves, instalaciones frigoríficas, etc.

Si embargo con la modificación de ciertas condiciones en el desarrollo del proceso tradicional, éste se puede acortar de forma notable. Este hecho es la denominada técnica de fermentación-maduración acelerada, en la que se modifica principalmente la temperatura, para incrementarla y reducir la velocidad de las reacciones del

proceso. El proceso se completa prácticamente en dos semanas. Las ventajas son:

- Económicas, porque es menor el consumo energético, la inversión en maquinaria, mano de obra, tiempo total del proceso, número de tanques, etc.
- Cualitativas, por simplificación del trabajo, que es fácilmente automatizable, con mínimos controles y obteniendo un producto de calidad buena y regular.

En la fermentación-maduración acelerada, tanto la fermentación principal como la guarda, se realizan en el mismo tanque y en un tiempo más corto que en el proceso tradicional.

La finalidad de este procedimiento es conseguir uno de los efectos más importantes de la guarda (la maduración organoléptica), al final del proceso de fermentación, realizándose el conjunto en un tiempo inferior al necesario

tradicionalmente, con ayuda de un incremento de temperatura.

A continuación se realiza la guarda, que es de corta duración y a bajas temperaturas, únicamente con el fin de acondicionar la cerveza. De esta forma se pueden diferenciar dos etapas en el proceso global:

- Fermentación-maduración.
- Guarda (acondicionamiento).

### **Fermentación – Maduración.**

En el desarrollo de la fermentación se observa que existe crecimiento celular mientras hay azúcares que fermentar (ver anexo-15), cuando se acaban, la levadura cesa la multiplicación celular y comienza a decantar, por falta de agitación al no haber desprendimiento de carbónico y por el descenso de densidad en la cerveza.

La primera fase, la de crecimiento, corresponde a la fermentación propiamente, en la que la levadura transforma los azúcares en etanol y carbónico.

En la segunda fase, la fase estacionaria, ya no quedan casi azúcares fermentescibles, y apenas hay producción de carbónico, es en esta fase cuando comienza la maduración, reduciendo aquellos volátiles indeseables formados en la primera parte.

El punto de modificación de fermentación a maduración coincide prácticamente con el final de la fase de crecimiento celular, aunque no se haya completado la atenuación.

La temperatura es el factor más importante para el control de la velocidad de la maduración, ya que a valores más elevados de los tradicionales se incrementa la velocidad de todas las reacciones y tiene como consecuencia el acortamiento del proceso.

Para controlar la evolución de cada etapa se toman dos parámetros básicos representativos:

- en la fermentación principal, la concentración de azúcares (°P)
- concentración de diacetilo, en la maduración.

El procedimiento que se sigue es el siguiente:

Si se realiza en un tanque de poca altura, la levadura debe ser pulverulenta y la dosis puede ser ligeramente superior a la tasa normalmente empleada, de unos 15 a 20 millones de células por ml.

Si se realiza en un tanque de gran altura la levadura debe tener carácter floculente, y la dosis debe ser inferior al caso anterior para que exista mayor multiplicación celular y la levadura se mantenga, más tiempo en suspensión. (de 10 a 15 millones de células por ml).

Se inicia siempre con una temperatura de entre 9-11 °C para dejarla ascender de forma natural (hasta los 14-18 °C) a las 24 horas aproximadamente, y mantener luego esa temperatura hasta la atenuación final (del 3° al 4° día) y la reducción de volátiles (del 6° al 8° día). Una vez alcanzado estos objetivos se debe disminuir la temperatura a 0-3 °C, en el menor tiempo posible (de 24 a 36 horas máximo), en el llamado golpe frío

La presión se establece por contrapresión al cerrar la salida de carbónico generado, entre 0,8 y 1.5 bar. Siempre se debe hacer en la maduración una vez que la levadura ha cesado su multiplicación celular, debido a los problemas que supone la presión para la levadura.

También se puede trabajar sin presión eliminándose así los problemas que origina esta a la levadura, pero al finalizarlo, no obstante, es necesario que se carbonate la cerveza en línea. Se procede igualmente que con presión, salvo que no se carbonata la cerveza: Se inicia a 9-11 °C, y

pasadas las 24–36 horas se aumenta también de forma natural hasta 14–18 °C, que se mantiene 3–4 días hasta la reducción del diacetilo (menos de 0,2 mg/l). A continuación se enfría la cerveza inmediatamente a 0–3 °C .El proceso completo dura una semana aproximadamente, y a continuación se procede a la guarda

### **Guarda**

Dado que la maduración organoléptica de la cerveza se ha obtenido en la segunda fase de la fermentación principal, la guarda tiene por objeto sólo el acondicionamiento de la cerveza, en definitiva se trata de conseguir:

- la estabilización coloidal
- la clarificación final
- y, la carbonatación de la cerveza

Esta guarda admite al igual que la tradicional el uso de estabilizadores de la cerveza. El tiempo de permanencia en esta etapa puede ser tan pequeño como 1-2 días. Se puede realizar en el mismo tanque que la fermentación-maduración (generalmente cilindroconicos), o trasegado a un tanque distinto.

- En el caso de que la guarda se realice en el mismo tanque de fermentación es indispensable realizar todo el proceso (fermentación-maduración/guarda) en los tanques cilindroconicos, con un ángulo en el cono que permita una fácil y rápida evacuación de la levadura.

La fermentación-maduración finaliza con un golpe de frío, la levadura de esta forma descanta en el cono y se elimina mediante una o varias purgas, de forma natural observando en una mirilla a la salida del tanque cuando deje de pasar levadura y sale cerveza.

La purga se puede automatizar mediante equipos de medición de turbio en línea. Esta operación es crítica, ya

que una purga excesiva supone elevadas pérdidas de fabricación, mientras que una purga escasa produce autólisis de levadura en la cerveza.

En el momento que finaliza este procedimiento se pueden emplear los aditivos de guarda. Para homogeneizarlos, se establece una recirculación de la cerveza pasando por un enfriador, en este caso no es necesario bajar tanto la temperatura de la cerveza del tanque, sino que se procede a realizar el golpe de frío bajando la temperatura de 14-16 °C hasta unos 3 °C, y el enfriamiento final a 0 °C se realiza con la recirculación por el enfriador de placas.

Es lógico pensar que solo se añaden aquellos aditivos que requieren de tiempo para actuar sobre el turbio (papaina), Mientras que los de acción inmediata se emplean en la filtración final de la cerveza.

- La otra opción es el trasiego a un tanque de guarda, en este otro caso se intercala un enfriador al paso para refrigerar la cerveza durante el trasiego, y un filtro para eliminar la levadura y los turbios formados,

El primer enfriamiento se realiza en el tanque de fermentación para facilitar la decantación de la levadura (de 3 a 1 °C), y el enfriamiento final (de -1 a 0 °C), se realiza en el mencionado cambiador.

En el trasiego se adicionan los estabilizantes coloidales, siendo imprescindible que los de acción inmediata (silicagel, nylon o PVPP) se adicionen antes de la filtración o durante ella, los que necesitan de tiempo para actuar (papaina o pepsina), pueden ser añadidos bien en la filtración o bien en el propio tanque de guarda. De esta forma la cantidad de turbios que sedimentan en la guarda es mínima y son fácilmente eliminados mediante purga .

En el tanque receptor de la cerveza es preferible que tenga una contrapresión de carbónico, para evitar la oxidación de la misma, y el tanque se debe llenar casi en su totalidad (98% aproximadamente), a diferencia de los de fermentación-maduración cuyo espacio libre es de 15 a 25%. Se trata de una guarda a 0°C inactiva, sin fermentación secundaria.

Con este sistema de guarda, se permite la optimización de los volúmenes de la guarda reduciéndose la inmersión en tanques.

#### **III.3.3.3.2.1. Variables importantes del proceso**

##### **Temperatura**

Esta es sin duda la variable más importante, su incremento con respecto a la empleada tradicionalmente supone un ahorro en tiempo considerable, ya que se aumenta la velocidad de todas las reacciones del proceso,

tanto de la fermentación en si como de la formación y posterior reducción de volátiles.

La temperatura se sitúa en un rango de 14-18°C, alcanzando la atenuación limite en 4 días, a diferencia de la tradicional que necesita 7 días.

Ahora bien, las temperaturas elevadas de fermentación favorecen la formación de diacetilo. Si la cerveza se pasara a la guarda fría tradicional con los niveles que se obtiene de esta forma, necesitaría mucho tiempo para que la levadura los redujese por debajo de los limites de detección.

Pero en las fermentaciones aceleradas la alta temperatura hace que aunque se forme gran cantidad de diacetilo, también se reduce rápidamente el diacetilo formado

Al final se consigue el mismo efecto en menor tiempo.

Es importante sin embargo no alterar la fracción del resto de los volátiles que forman el flavor de la cerveza, para ello se recomienda iniciar la fermentación a una temperatura de 9 a 11°C durante las primeras 24 horas, y dejar luego ascender de forma natural hasta los valores de 14-18°C comentados.

Una vez madura la cerveza (reducción de volátiles indeseables), se debe disminuir la temperatura rápidamente y eliminar la levadura, ya que tiene gran facilidad para la autólisis y transferir a la cerveza sabor desagradable. Para esto se pasara la cerveza a través de un cambiador de calor y de un filtro antes de la guarda final.

### **Presión**

El uso de presión es una de las variables empleadas en las fermentaciones aceleradas. Su uso debe limitarse al momento en que cesa el crecimiento de la levadura, favoreciendo:

- la reducción del diacetilo y de otros compuestos aromáticos (acetaldehído, compuestos sulfurados...)
- la floculación de la levadura
- la carbonatación de la cerveza

Pero si se emplea demasiado pronto (en la fase de multiplicación celular), origina problemas en la levadura porque se limita su crecimiento, y pierde totalmente su poder de fermentación después de varias generaciones. La presión se aplica cerrando la salida del carbónico,

#### **III.3.3.3.3. Fermentaciones Continuas**

En este método se consigue que el tiempo de fermentación/guarda se reduzca drásticamente a días en incluso horas. Consiste en hacer pasar un flujo constante de mosto a través de un tanque con levadura que lo fermenta y transforma a cerveza a su paso. Hoy en día este método no se aplica en casi ninguna cervecería, fundamentalmente por su elevado coste y por el riesgo tan

elevado que tiene de sufrir contaminaciones, que son muy difíciles de erradicar.

#### **III.3.3.4 Solución adoptada**

Se ha optado por un proceso de **fermentación-maduración acelerada**. Las principales ventajas de este tipo de procedimiento son el importante ahorro económico que supone su elección respecto al método tradicional y las fermentaciones continuas, debido a la menor inversión en maquinaria necesaria, así como el menor número de tanques necesarios.

Otros factores, no menos importantes, que conllevan a un ahorro económico son: el consumo energético, la mano de obra y el tiempo total del proceso.

Aunque en las fermentaciones continuas se emplea un tiempo total menor que en las fermentaciones aceleradas la enorme inversión en maquinaria necesaria no

la hace rentable para esta factoría de cerveza, además tienen el inconveniente de existir elevado riesgo de contaminación produciendo un producto irregular. Sin embargo con las fermentaciones aceleradas obtenemos un producto de calidad buena y regular necesitando de mínimos controles para llevarse a cabo.

#### **III.3.4. CLARIFICACIÓN DE LA CERVEZA.**

Es el conjunto de operaciones físicas destinadas a acondicionar la cerveza obtenida tras la maduración, para envasarla. Consiste, principalmente, en la filtración de la cerveza. La decantación natural que hay en la guarda es insuficiente para los parámetros de calidad exigidos en cuanto a turbidez de la cerveza envasada, por ello es necesario filtrarla.

El medio de filtración empleado hoy en día es el Kieselgur o tierra de infusorios.

La cerveza filtrada se llama brillante.

Antes de envasar la cerveza hay que comprobar la presión de carbónico que tiene. Normalmente, la cerveza adquiere el carbónico necesario durante la fermentación secundaria, pero si no fuese así, será en este momento cuando ajustemos la presión de carbónico según el formato de envase.

#### **III.4 CLARIFICACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA CERVEZA.**

Es el conjunto de operaciones físicas destinadas a acondicionar la cerveza para envasarla. Comprende:

- **La filtración de la cerveza.** La decantación natural que hay en la guarda es insuficiente para los parámetros de calidad exigidos en cuando a turbidez de la cerveza envasada, por ello es necesario filtrarla. El medio de

filtración empleado hoy día es el Kieselgur o tierra de infusorios.

- **Ajuste de carbonatación.** Antes de envasar la cerveza es necesario comprobar la concentración de carbónico. Normalmente, la cerveza adquiere el carbónico necesario durante la fermentación secundaria, pero si no fuera así, es en la sala de filtración o en el tanque de guarda donde se debe ajustar este contenido según el formato de envase mediante carbonatación en línea.

#### **III.4.1. FILTRACIÓN FUNDAMENTOS.**

La clarificación tiene por objeto fundamental obtener una cerveza brillante, mediante la separación y retención sobre los elementos filtrantes de las sustancias responsables de la turbidez de la cerveza.

Estas sustancias son partículas sólidas en suspensión como levadura, eventualmente algún microorganismo contaminante, y sustancias coloidales

formadas por la unión del material nitrogenado con los taninos principalmente.

La filtración se basa en la retención de estas partículas gracias a dos mecanismos que son independientes pero complementarios:

- **Mecánico.** Las partículas son retenidas en los poros del filtro según su tamaño, por simple tamizado.
- **Físico-químico.** Las partículas son retenidas por el filtro que las atrae hacia sí, quedando adheridas a su superficie.

En la filtración de la cerveza, son dos las consideraciones que se deben tener en cuenta:

- Colmatación de filtros.
- Contrapresión durante la filtración.

#### **III.4.1.1. Colmatación de filtros.**

El principal problema de una filtración es que a lo largo del proceso, la superficie del filtro se va obstruyendo por las partículas retenidas, llegando a hacerse impermeable e interrumpiéndose la filtración. Para solucionar dicho problemas se han ideado distintos sistemas:

- La filtración por etapas, en que el líquido a filtrar se pasa primero por un primer filtro que retiene las partículas más gruesas, posteriormente se pasa por otro que retiene las intermedias y así sucesivamente. De esta forma se pueden establecer tantas etapas como se desee o necesite, teniendo en cuenta el elevado coste que supone con relación a la filtración de una única etapa.
- La filtración en una etapa pero añadiendo de modo continuo un coadyuvante de filtración que es el que constituye realmente el lecho filtrante y que se renueva de forma permanente. De esta forma la colmatación del

filtro se retrasa hasta el momento en que saturan los espacios del filtro dicho coadyuvante.

#### **III.4.1.2. Contrapresión durante la filtración.**

A su vez se debe tener en cuenta que la cerveza a filtrar está carbonatada. Para evitar la pérdida del carbónico durante el proceso es necesario que se proceda en todo momento con contrapresión de carbónico. Los filtros deben construirse de forma que soporten esta contrapresión, además de la que genera la filtración en sí.

#### **III.4.2. COADYUVANTES DURANTE LA FILTRACIÓN.**

Son las sustancias que ejercen de agentes filtrantes. Se les denominan coadyuvantes tecnológicos porque se incorporan al producto para favorecer un proceso, en este caso la filtración, pero posteriormente se eliminan y no llegan a formar parte del producto. Los coadyuvantes utilizados son:

- Kieselgur o tierras diatomeas.
- Perlita.
- Celulosa y amianto.

#### **III.4.2.1. Kieselgur o tierras diatomeas.**

Las diatomeas son plantas acuáticas unicelulares que poseen un esqueleto prácticamente constituido de sílice pura.

Actualmente estos materiales se extraen a cielo abierto. El material extraído se tritura y se seca. Para la obtención de granulometrías más gruesas se calcinan, es decir que las partículas finas son filtradas en mayores unidades. Después mediante clarificación neumática se obtienen las granulometrías de diferente porosidad (ver anexo-16).

Por el hecho de la porosidad interna y de los espacios huecos existentes, el Kieselgur posee un peso específico aparente muy inferior al del agua. Debido a esta

porosidad el Kieselgur se convierte en un poderoso coadyuvante de filtración.

El Kieselgur no posee poder de adsorción.

#### **III.4.2.2. Perlita.**

Se trata de una roca volcánica de composición química análoga al Kieselgur. La roca se calienta a 800-1000°C, el agua ligada a la estructura cristalina se evapora y la materia sólida sufre una expansión del orden de veinte veces su volumen. Esta especie de “esponja” rocosa se tritura y se clasifica reumáticamente según las diferentes porosidades.

Al igual que el Kieselgur la Perlita no posee poder de adsorción.

Observando microscópicamente la Perlita se presenta bajo la forma de trozos lisos.

### **III.4.2.3. Celulosa y amianto.**

Otros materiales empleados anteriormente como la celulosa o el amianto, han sido desplazados por los anteriores, debido a su bajo rendimiento en el caso del primero y el segundo por ser peligroso para la salud.

Kieselgur y perlita ocupan un gran volumen 2,8 a 3,4 l/kg el Kieselgur, frente a 4-9 l/kg las perlitas. Este dato tiene especial repercusión en el volumen con que se adicionan a la cerveza, no solamente por la eficiencia de la filtración sino también por el espacio que ocupan en las cámaras del filtro.

Normalmente se debe diseñar el filtro de forma que se colmaten los filtros (se alcance las presiones máximas de trabajo) por los turbios existentes, sin haber llegado a completar el espacio de las cámaras con las tierras.

Si se diese el caso de que la filtración se desarrolla a una presión baja y se adiciona un volumen superior de tierras, se puede llegar a completar el espacio con las pérdidas económicas que esto supone. Las tierras una vez finalizada la filtración no son recuperables, se desechan.

#### **III.4.2.4. SOLUCIÓN ADOPTADA.**

El coadyuvante más utilizado industrialmente es el **kieselgur**. La perlita tiene un efecto comparable al de una capa de arena, por tanto, las partículas de turbio cuyo tamaño es inferior al orificio de paso entre los granos muy finos atraviesa la capa filtrante. Quedan únicamente retenidas las partículas más gruesas.

En cambio, el Kieselgur debido a las formas extrañas e irregulares de los diferentes fragmentos o aglomerados, tiene una estructura mucho más complicada que la perlita, de forma que incluso partículas más finas que el diámetro de paso son bloqueadas, aprisionadas o

retenidas mecánicamente en esta especie de laberinto, llegándose a retener incluso hasta bacterias (ver anexo-17).

### **III.4.3. FORMACIÓN DE LA CAPA.**

En la filtración con Kieselgur, antes de hacer pasar la cerveza por el filtro se prepara una precapa inicial de tierras por la que comienza a filtrar la cerveza. A partir de entonces, se incorpora a la permeabilidad del filtro y permite que la filtración de la cerveza sea óptima (ver anexos-18,19).

La granulometría y cantidad de kieselgur se selecciona en función de la cantidad de turbio a eliminar, de su tamaño, y del grado de brillantez que se quiere conseguir en la cerveza filtrada.

En este proceso se establece una diferencia de presión que aumenta a medida que transcurre la filtración, debido a la pérdida de carga originada por la colmatación del filtro.

Al principio la diferencia de presión es mínima (0,1-0,2 bar), y al final del ciclo de filtración la presión es máxima, variable según el tipo de filtro en 2.5 a 4 bar. Esta diferencia de presión es necesaria para mantener el caudal de filtración constante. Si la presión para que filtre el líquido aumenta a consecuencia de la colmatación progresiva de las tierras, para que se siga filtrando la misma cantidad de cerveza es necesario ir aumentando la presión de entrada de la cerveza en el filtro, mediante la graduación de la apertura de la válvula de impulsión a la bomba o aumentando de revoluciones el motor.

#### **III.4.3.1. Formación de la precapa.**

Dado que el elemento filtrante (las tierras de filtración) no forma parte del filtro, es necesario antes de introducir la cerveza formar una capa inicial, para la sucesiva dosificación de tierras existen unos tanques dispuestos junto al filtro, en los que se prepara la mezcla de tierras con agua lo más homogénea posible, para lo cual se

dispone de un agitador. De aquí se bombea la mezcla con bombas de caudal variable (dosificadoras volumétricas), que añaden las tierras al flujo de cerveza o agua en dosis totalmente controladas.

La velocidad para la aplicación de la precapa debe ser elevada para conseguir un reparto lo más uniforme posible por toda la superficie de filtración (1,5 veces mayor que el caudal o velocidad normal de filtración).

La dosis de Kieselgur necesaria para formar la precapa es función de la superficie del filtro y del tipo de filtro, parámetros que son constantes.

Cuanto mayor es el ciclo de filtración menor es el índice de consumo (menos tierras se consumen para una cantidad de cerveza determinada).

### **III.4.3.2. Precapa.**

Se mezcla una porción de tierras con agua en proporción de 1/4-1/8, que se bombea al filtro en dosis de unos 800 g/m<sup>2</sup> estableciéndose una recirculación desde el filtro al tanque de Kieselgur.

Las tierras que forman la precapa tienen granulometría media o gruesa que asegura las siguientes funciones:

- Protección de los soportes de filtración, que deben estar perfectamente limpios.
- Constituyen puentes de gran estabilidad sobre los poros del soporte más que si se empleasen tierras de granulometría inferior, especialmente importante en el caso de que existan variaciones de flujo o presión que podrían provocar desmoronamientos de la torta.

En esta fase hay que efectuar la purga de aire del filtro, para evitar la formación de bolsa de aire que

entorpezcan la filtración. Las válvulas para la purga se sitúan en la parte superior del filtro junto a la salida del mismo, y se cierran cuando se observa por la linterna que comienza a salir líquido.

#### **III.4.4. FILTRACIÓN A TRAVÉS DE KIESELGUR.**

Durante la filtración de la cerveza se debe operar con una contrapresión mínima de carbónico de 1,1 bar, necesaria para evitar la descarbonatación de la misma, de igual forma que se debe establecer en el tanque que la recibe filtrada, para que no se desature.

Para evitar que la torta formada inicialmente se colmate pronto con las partículas en suspensión arrastradas por la cerveza, se inyecta más kieselgur regularmente junto con la cerveza y en concentración tal que el filtro no se obstruya.

La dosis varía en función del grado de filtración que se quiera obtener, pero para los valores normales de cerveza brillante la cantidad de Kieselgur oscila entre 300 y 400 g/Hl, aunque se considera normal 280 g/Hl, independientemente del tipo de filtro. Esta dosis puede variar en función de:

- La cantidad de turbios que tenga la cerveza. Si está muy cargada lógicamente necesitará un mayor aporte de tierras para evitar una colmatación rápida del filtro.
- El volumen total del filtro, es decir el espacio libre que tiene destinado a la torta de tierras, pero teniendo en cuenta que no se debe forzar porque se corre el riesgo de deformación de las cámaras y placas. Normalmente sobre la capacidad real del filtro se debe reducir un 10% por razones de seguridad.

La dosificación se debe efectuar de forma que la permeabilidad del filtro se mantenga y que la diferencia de

presión a caudal constante, aumente hasta el final de la filtración linealmente con el espesor de la torta filtrante.

Si se dosifica el Kieselgur en cantidad insuficiente, la permeabilidad disminuye, la presión aumenta con gran rapidez y la filtración debe interrumpirse.

Es muy importante trabajar evitando la entrada de aire y las variaciones bruscas de presión, ya que se producen turbulencias en el interior y cambios de flujo que pueden provocar el desmoronamiento de la torta de tierras.

Al finalizar el ciclo, se puede introducir agua y CO<sub>2</sub> en la cola de la última cerveza que entra en el filtro, y a su salida, se cambia de posición de válvula para desechar este líquido y se procede a descargar el filtro de agua. A continuación se realiza la limpieza, que varía en función del tipo de filtro (se estudiará en cada caso).

La limpieza se debe efectuar siempre al final de cada ciclo de filtración y posteriormente se procede a su esterilización con agua caliente.

El rendimiento de filtración o caudal horario es la cantidad de cerveza que se filtra en la unidad de tiempo y por unidad de superficie.

Las dificultades más comunes que se encuentran en la filtración de la cerveza son:

- una clarificación deficiente.
- ciclos de filtración cortos.
- diferencia de presión alta con un incremento rápido en el tiempo.
- caudal insuficiente.

Las causas a estos problemas se pueden buscar por un lado en la propia cerveza, es decir, con respecto a su filtrabilidad, que está directamente influenciada por la

calidad de las materias primas y por su correcta preparación en la Sala de Cocimiento y posterior fermentación, y por otro lado incidentes producidos en el transcurso de la filtración, como por ejemplo:

- **Incidentes en la formación de precapa.** Insuficiente adición de tierras, granulometría incorrecta, mezcla de tierra y agua en el tanque de dosificación muy diluida, placas de soporte en mal estado, bujías mal lavadas, etc.
- **Incidentes en la filtración.** Manejo inadecuado de válvulas en el paso de precapa a filtración, cambios de presión en un cambio del tanque o interrupciones de flujo, entrada de aire en el filtro. Uno de los problemas más frecuentes, es la rotura de las telas de filtración debido generalmente a cambios bruscos de presión en la cerveza filtrada produciendo turbidez debido al paso de tierras y levaduras.

### **III.4.5. ADITIVOS EMPLEADOS EN LA FILTRACIÓN Y GUARDA DE CERVEZA.**

Durante la filtración de cerveza y en los tanques guarda, es el lugar adecuado para la adición de sustancias que mejoren la calidad de la cerveza.

Estas sustancias actuarán en el tanque de guarda o durante la filtración dependiendo de si necesitan de un tiempo más o menos prolongado para actuar o si son de acción inmediata respectivamente.

Estas sustancias tendrán como función:

- La estabilización coloidal.
- La estabilización de la espuma.
- Evitar la formación de turbidez con el uso de antioxidantes.
- Complementar el amargor de la cerveza y aromas de lúpulo mediante la adición de concentrados isomerizados de lúpulo.

#### **III.4.5.1. Estabilizantes coloidales.**

Son sustancias que completan la estabilidad coloidal que se consigue en la guarda y por tanto también en la clarificación de la cerveza. Se basan en forzar la formación del turbio coloidal, bien antes de la filtración, para luego eliminarlo durante ella, en el caso de los de acción inmediata, o bien en el tanque de guarda si necesitan tiempo para actuar.

El turbio se forma fundamentalmente por la asociación de material nitrogenado que contiene la cerveza con los taninos que proceden de la malta.

Los estabilizantes coloidales se combinan con el material nitrogenado o con los taninos o incluso con ambos, precipitándolos y evitando que se forme nuevo turbio. Se adicionan con las tierras y ejercen su acción al paso de las cervezas por ellas y en el tanque de guarda.

Las sustancias que se emplean son:

- Nylon, PVPP. Son materias sintéticas cuyo poder absorbente actúa sobre los taninos. Por tener acción inmediata, se añade en el momento de la filtración en dosis de 10 a 50 g/Hl en la cerveza, junto con las tierras de filtración. Los taninos a su paso son retenidos por el Nylon o PVPP.
- Gel de sílice (silicagel). Es una preparación sintética del ácido silícico. Actúa sobre las materias nitrogenadas, en dosis de 40 a 200 g/Hl de cerveza. Su acción es inmediata y se puede añadir en el trasiego de un tanque de guarda a otro o bien junto con las tierras de filtración. La forma de proceder es inyectar una papilla de gel de sílice a la línea de cerveza que se trasiega al filtro. El gel de sílice se mezcla rápidamente con la tierra diatomeas sin apenas alterar las características de la filtración y continúa absorbiendo proteínas mientras permanece en el filtro.

- Papaina. Son enzimas que actúan sobre las proteínas hidrolizándolas a pépticos de menor tamaño solubles, que no reaccionan con los taninos y por lo tanto no precipitan. Es una enzima de origen vegetal (papaya), se añade en dosis de 1 a 3 g/Hl de cerveza en la guarda, aunque su acción continúa hasta que se destruye por la acción del calor en la pasteurización de la cerveza.

A diferencia de la papaina que es una enzima y por tanto su acción es bioquímica, el Nylon y gel de sílice, son adsorbentes insolubles de acción físico-química, son sustancias voluminosas insolubles en la cerveza, que actúan atrayendo hacia sí las proteínas o taninos, las cuales se quedan pegadas a ellas, precipitando

#### **III.4.5.2. Estabilizantes de espuma.**

Los estabilizantes de espuma son sustancias que retrasan la desaparición de la espuma (ver anexo-20).

La espuma son burbujas de aire y carbónico que quedan atrapadas por una película de cerveza. La espuma se estabiliza por migración de sustancias hidrófobas a la superficie de la burbuja o interfase gas/líquido. El que la burbuja se mantenga más o menos tiempo sin romperse depende de que esa fina película de cerveza permanezca íntegra. Los estabilizantes serán por tanto sustancias que colaboran en el mantenimiento de esa película y que a su vez favorezcan la formación de espuma. Entre las sustancias que producen efectos de ésta naturaleza se encuentra la resina del lúpulo, las dextrinas y proteínas de peso molecular medio.

Los mejoradores de espuma más eficaces no solo deben poseer las propiedades mencionadas, sino que además deben formar enlaces cruzados con las glicoproteínas (sustancias hidrófobas) para proporcionar rigidez a la película que rodea la burbuja, así actúan por ejemplo los esteres de los alginatos.

Por otra parte las sustancias hidrófobas se encuentran al límite virtual de su solubilidad, lo que hace que la formación de espuma se produzca en el vaso del consumidor y no durante el proceso de elaboración. También es preciso que las burbujas sean pequeñas y de tamaño homogéneo ya que las burbujas grandes capturan a las más pequeñas, lo que terminaría rompiendo la espuma.

Los principales estabilizantes de espuma son los esteres de alginatos.

### **III.4.5.3. Antioxidantes.**

El periodo de almacenamiento de la cerveza está condicionado por numerosos factores, pero fundamentalmente por el tiempo que se tiene previsto que tarde en consumirse. Si se tiene la seguridad de que se va a consumir en un mes máximo, la estabilización no es necesario que sea tan exhaustiva como para aquella cerveza que tardará en consumirse un año.

Las limitaciones del periodo de almacenamiento vienen impuestas por la estabilidad del aroma, la tendencia al desarrollo de la turbidez y la estabilidad microbiológica.

Para evitar la formación de turbidez debe impedirse la presencia de iones metálicos (estaño, titanio y plomo son los particularmente más peligrosos) y sobre todo de oxígeno disuelto. El oxígeno disuelto influye negativamente en la estabilidad del aroma y en la estabilidad microbiológica. Este debe mantenerse en valores reducidos por debajo de 0,3 ppm en los recipientes de cerveza filtrada y siempre lo más bajo posible. Para asegurar este contenido se utilizan los llamados antioxidantes que son sustancias que captan oxígeno.

Aunque las buenas prácticas industriales consiguen mantener la concentración de oxígeno por debajo de 0,2 ppm, a veces para asegurar este contenido o incluso inferior, se utilizan los antioxidantes, que son sustancias que captan el oxígeno (agentes reductores). Algunos de los

antioxidantes empleados son el metabisulfito o el ácido ascórbico. Se adicionan a la cerveza de igual forma que los estabilizantes de espuma una vez que se ha filtrado o durante la filtración.

#### **III.4.5.4. Concentrados isomerizados de lúpulo.**

Estos concentrados isomerizados no requieren ser hervidos, puesto que las resinas de lúpulo se encuentran ya isomerizadas, por eso su uso se denomina lupulado en frío.

No se emplean para el lupulado total de la cerveza, es decir como sustituto del tradicional lupulado en la ebullición, sino como complemento de este, para ajustar el grado de amargor al valor que se tiene establecido.

Se añaden al final de la guarda o durante la filtración.

### **III.5. CARBONATACIÓN.**

#### **CARBONATACIÓN ARTIFICIAL.**

En realidad no se trata de una carbonatación “artificial” en sentido estricto. El CO<sub>2</sub> que se ha generado durante la fermentación principal y se ha recuperado, purificado y licuado, se reincorpora a la cerveza durante la última etapa de la fabricación. Es por tanto una restitución del carbónico natural de la propia cerveza. En la práctica, lo que se hace es dar un completo de carbonatación con el fin de ajustar a la concentración deseada en la cerveza final estandarizando de este modo el producto.

Existen dos métodos:

1. Carbonatación en tanque.
2. Carbonatación en línea.

En el primer caso, consiste en inyectar en el tanque mediante bujía porosa, fijando una presión de carbonatación y dejando escapar CO<sub>2</sub> hasta alcanzar el nivel de carbonatación deseado.

Este método en la actualidad es poco empleado, ya que en la guarda perturba la clarificación lograda de la cerveza. Se suele emplear en los tanques de cerveza filtrada cuando éstos han quedado con niveles inferiores al estándar requerido, pero la carbonatación puede ser irregular debido al efecto de la altura del tanque por efecto de la presión hidrostática.

El método actual más empleado es la carbonatación en línea que se realiza generalmente mediante equipos automáticos, con los cuales se consigue una estandarización perfecta para la carbonatación de la cerveza.

Esta carbonatación se realiza generalmente “al paso” durante el proceso de filtración de la cerveza. Generalmente la carbonatación se realiza a la salida del filtro para evitar perturbaciones durante la filtración (roturas de precapa, bolsas de gas, etc.).

La carbonatación en línea se puede efectuar también durante la transferencia de un tanque a otro de guarda según la técnica de tratamiento de la cerveza en guarda empleados.

Básicamente la carbonatación consiste en la difusión de CO<sub>2</sub> en la tubería de cerveza mediante placas o eyector de tipo Venturi a contracorriente. Dada la buena solubilidad del CO<sub>2</sub> con la cerveza, trabajando a temperaturas bajas (0°C) y con presiones adecuadas, y alimentando el caudal de CO<sub>2</sub> proporcionalmente al caudal de cerveza se consigue una carbonatación adecuada.

Los equipos modernos llevan incorporados un sistema de análisis en línea y dosificador de CO<sub>2</sub> en función del punto fijado y valor de análisis obtenido mediante un procesador automático.

### **III.6. LIMPIEZA E HIGIENIZACIÓN.**

Durante el proceso de elaboración de cerveza se producen precipitados tanto de sales inorgánicas como de productos orgánicos y adherencia de los mismos a las superficies de los depósitos, las tuberías y otras piezas del equipo con los que contactan el mosto y la cerveza. Estos depósitos están constituidos fundamentalmente por sales de calcio y magnesio, proteína desnaturalizada y levadura. Para evitar que crezcan, especialmente en las superficies de transferencia de calor, es necesario proceder a la limpieza del equipo. Aún es más importante eliminar la costra antes de que proporcione nutrientes y protección a los microorganismos contaminantes. Estrictamente hablando, es posible esterilizarla, pero con ello lo único que se logra es

dificultar su posterior eliminación y, en cualquier caso, la esterilización es solo temporal.

La filosofía apropiada es limpiar primero y luego desinfectar. Una secuencia típica de limpieza, supone primero un lavado con agua. El agua utilizada en esta etapa no tiene porque estar absolutamente limpia, puede ser agua utilizada para un aclarado final. Este lavado va seguido por rociado a alta velocidad de un fluido germicida a T<sup>a</sup> de 80-85°C. Si se trata de un equipo de acero inoxidable, este liquido contiene un 2% de sosa cáustica e hipoclorito sódico, que no solo esteriliza sino que además facilita la limpieza. Los agentes de desinfección deben ser eficaces a bajas concentraciones y compatibles con el sabor de la cerveza.

Para disolver las sales de calcio se puede añadir glucomato sódico, para mantener las partículas insolubles en suspensión y evitar su depósito debe añadirse también tripolisfosfato sódico. De ordinario el agente higienizante o

detergente vuelve al depósito para ser utilizado de nuevo tras reforzar su concentración. El depósito se somete después a una ducha con agua limpia y fría, este agua (poco sucia) se almacena en un tanque de depósito, para ser utilizada como agua de primer lavado. En los programas rigurosos de limpieza se procede entonces a rociar los depósitos y las tuberías con un agente esterilizante frío, que puede estar constituido por un iodóforo (producto que libera yodo), y a duchar a continuación las superficies con agua fría (ver anexo-21).

Durante los últimos años, el lavado de tanque se ha automatizado. La mano de obra es cara y la limpieza manual no es siempre fiable. Las fábricas de cerveza han pasado a utilizar recipientes herméticos equipados con cabezas aspersoras (alcachofas) y chorros rotatorios de alta presión. Se selecciona el programa de apertura y cierre de válvulas, los rociados de aclarado e higienización y el retorno de las disoluciones a los depósitos y se pasa a un microprocesador que en el momento adecuado envía

órdenes activadores de válvulas y bombas del sistema de limpieza “in situ” (CIP). Se logra así una considerable economía del agua. La energía humana se sustituye por energía química, calor y la energía mecánica del rociado a presión.

### **III.7. CONTROL Y REGULACIÓN DEL PROCESO.**

Los factores más importantes de controlar, que son los que más afectan a la calidad de la cerveza son:

- Temperatura de la cerveza.
- Diferencia de presión en el filtro.
- Turbidez.

#### **- Medición de la temperatura.**

La corriente de filtración debe mantenerse entre 0-1°C., ésta se controla, usando desde un simple termómetro de expansión de mercurio, de precisión  $\pm 1\%$  de la escala y

de bajo coste. Teniendo como desventaja el tiempo lento de reacción, dificultad para su lectura y la objeción a tener mercurio dentro de una planta de alimentos (requiere vidrios protectores). Pasando por termómetros bimetalitos, hasta llegar a sensores electrónicos.

Los termómetros de bulbo de resistencia y termopares eléctricos pueden obtenerse fácilmente para aplicaciones cerveceras higiénicas. La termometría de resistencia se basa en el cambio de resistencias con la variación de temperatura exhibida por ciertos metales. El platino, níquel, tungsteno y cobre se usan comúnmente, ofreciendo el platino la medición mas fiable con relación lineal.

**- Medición de la presión.**

Se controlan mediante manómetros dispuestos a la entrada y salida del filtro. La diferencia de presión que se establece en la filtración y el incremento que sufre a lo largo de ésta no debe ser superior a 3 bar para filtros de placas.

**- Turbidez.**

Se domina la turbidez de la cerveza a la salida del filtro mediante turbidímetros en línea, cuya información es muy importante ya que en un momento dado se puede desmoronar la torta y pasar cerveza sin filtrar.

Los métodos para la medición de cualquier tipo de velo o turbidez deben diseñarse de tal manera que las características físicas del material turbio, tales como su capacidad de filtración, distribución del tamaño de partícula, etc. sean conocidos.

Existen diversos métodos para la determinación tanto de los velos por enfriamiento como por oxidación y muestra que no puede ya considerarse la turbidez como medida de la cantidad de sólido en suspensión.

Los instrumentos de turbidez utilizan un haz de luz proyectado dentro del líquido que se está midiendo. El haz

de luz es dispersado por los sólidos en suspensión y esta luz dispersada es captada por medio de fotoceldas apropiadamente ubicadas. Normalmente las fotoceldas y la fuente de luz están ubicadas detrás de ventanas de vidrios para evitar la penetración de humedad y del líquido del proceso. Se ofrecen turbidímetros, dispersadores de luz delantera para la supervisión continua de la claridad de la cerveza en las líneas de filtración.

También existen equipos compactos cuya misión consiste en detener el proceso en caso de rotura de cualquier placa del filtro, desmoronamiento de la torta, etc., y avisar al operario mediante señal acústica.

**- Control del caudal y nivel.**

Otras variables imprescindibles para la regulación y control del proceso son el caudal y el nivel.

**- Medición de flujo**

La velocidad de flujo es una variable del proceso sumamente crítica. El medidor de flujo magnético es el de mayor aplicabilidad dentro de un ambiente higiénico en comparación con otros medidores. Consiste en una tubería recta con espirales magnéticas externas. Por tanto puede limpiarse con facilidad y tolerar cualquier cantidad de cualquier tipo de flujo en ambas direcciones. Es un medidor bidireccional siendo el rendimiento el mismo para cualquiera de las direcciones del flujo. Está provisto de un tubo de flujo revestido de teflón con amplificador y transmisor, siendo relativamente caro.

La mayoría de las cervecerías utilizan actualmente este tipo de medidor para supervisar las velocidades de flujo del mosto y de la cerveza en diversas etapas del proceso.

**- Medición del nivel.**

Se ofrecen muchos métodos de detección de nivel y se emplean una serie de principios de operaciones tales como; la medición de cabeza hidráulica, fuerza boyante, posición de un flotador, absorción de radiación ó detección de ondas ultrasónicas.

Se ha optado por la última opción por ser fácilmente limpiable y ofrecer mejores condiciones de higiene.

Las sondas sonicas normalmente se instalan en la parte superior del tanque pero puede ofrecerse variaciones para la instalación en cualquier ángulo. Bien diseñado este tipo de sensor puede distinguir fácilmente las superficies intermedias de espuma/cerveza, por lo que se usa en muchas plantas para evitar el rebose. Se pueden usar las sondas para la detención de superficies de contacto líquido-líquido, líquido-vapor y sólido-vapor, por lo que su utilización se extiende por todas las salas de cervecería.

## **IV- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.**

### **IV.1.INTRODUCCIÓN.**

La instalación tiene como equipos principales:

- 1 Filtro.
- 10 Tanques Guarda.

Que son los equipos de la sala de “tratamientos post-fermentativos” donde se lleva a cabo los dos tratamientos principales del proyecto.

- Filtración: que se logra en el **filtro de marco y placas**.
- Acondicionamiento: se consigue en los **tanques guardas**.

Además de estos dos equipos dichos procesos no serian posible sin:

- Intercambiador de calor: que mantiene la T<sup>a</sup> de la cerveza en un valor determinado.

- Tanques Tampón: su principal cometido es el de absorber los posibles choques de presión.
- Tanque kieselgur: almacena la pasta de filtración.
- Deposito de limpieza (CIP): su misión es la de almacenar los productos y aguas de lavado.

Todos los equipos estarán conectados por las tuberías de proceso que transportara el líquido de un equipo a otro, la adición del fluido de una etapa a otra será impulsada mediante la bomba de impulsión que le corresponda.

La sala de “tratamientos post-fermentativos” estará equipada de los instrumentos de control y regulación que sean necesarios.

## **IV.2. FILTROS.**

### **IV.2.1. INTRODUCCIÓN.**

Las primeras filtraciones industriales de cerveza se efectuaron mediante filtros de masa. Esta técnica fue

introducida en el siglo XIX y se extendió en el ámbito cervecero y fue un método fundamental para la mejora de la duración y comercialización de la cerveza.

Los filtros de masa utilizan una “torta” de 50 cm de diámetro y 2.5 cm de espesor, hechos a base de fibras de celulosa y algodón y en ocasiones un poco de asbesto. Las “tortas” se colocan en cámaras dispuestas sobre un bastidor y se comprimen mediante una placa móvil y una fija (ver anexo-22). Estos filtros han quedado sustituidos por los filtros de tierra diatomeas. Existen diferentes tipos de filtros de precapa.

- Filtros de marcos y placas.
- Filtros de bujías.
- Filtros de mallas.

Todos estos filtros tienen en común el hecho que en la filtración propiamente dicha interviene únicamente el coadyuvante de filtración aluvionando continuamente a la

cerveza a la entrada del filtro. Las placas de cartón, las bujías o las telas metálicas de cada uno de ellos actúan únicamente como soporte mecánico de las tierras de filtración y no tienen ningún efecto de filtración, en ningún caso.

#### **IV.2.2. SOLUCIÓN ADOPTADA.**

Se ha optado por un filtro horizontal de placas de hojas verticales debido a las siguientes características (ver anexo-25). Las ventajas principales de este sistema se encuentran en la gran flexibilidad de volumen de trabajo que con este tipo de filtro se obtiene, ya que son fácilmente ampliables porque cada bastidor admite un número máximo de marcos y placas e inicialmente se pueden instalar menor cantidad e ir ampliando en función de las necesidades.

Es un sistema mecánico muy simple con la ventaja de que la superficie de filtración es muy grande de hasta 350 m<sup>2</sup>. Unido a que el aumento de presión por unidad de

tiempo es bajo, por lo tanto se necesita más tiempo para colmatar el filtro, resultando unos ciclos de filtración largos incluso en cervezas muy “cargadas”.

Se obtienen fácilmente buenos resultados cualitativos.

### **Generalidades del filtro de marco y placas.**

Este tipo de filtros está basado en el clásico filtro del tipo prensa, a partir del cual se ha desarrollado. Está constituido básicamente por unos bastidores sobre los cuales se apoyan y se desplazan los marcos y placas. Posee un cabezal fijo en un extremo y en el extremo opuesto un cabezal móvil. El cierre se efectúa mediante equipos hidráulicos automáticos

Dispone de marcos huecos en los cuales se aloja el Kieselgur y la turbiedad de la cerveza, y de placas perforadas sobre las que se posicionan cartones de celulosa

que actúan como soporte mecánico sobre el cual se va depositando las tierras de filtración y el turbio (ver anexo-23).

Se construyen en diversos materiales pero en la actualidad dadas sus innumerables ventajas se fabrican en acero inoxidable.

El tamaño de los filtros se definen generalmente por las dimensiones de las placas, y el número de marcos y placas correspondientes. Estas varían desde 40x40 cm hasta 140x140 cm y la superficie de filtración alcanza hasta los 350 m<sup>2</sup>. Las dimensiones más comunes son 80x120 cm. (Filtrox) y 100x 00 cm. Seitz, Schenck.

Este tipo de filtros son fácilmente ampliables ya que cada bastidor admite un número de placas y permite ir ampliando progresivamente.

Las placas de cartón que se emplean como soporte se montan sobre una placa metálica del filtro. Sirven para

varios ciclos de filtración. Es decir que después de cada operación se lavan. Con las placas modernas se pueden alcanzar hasta 15 o 20 filtraciones sucesivas, lo que puede representar de 500 a 750 Hl. filtrados de cerveza por m<sup>2</sup> de superficie en placa de filtración.

Aunque el diámetro del poro es del orden de 4 a 6 micras no tiene ninguna incidencia sobre la filtración

En este tipo de filtros el caudal de filtración por unidad de superficie es bastante bajo: de 3 a 3.5 Hl/h/m<sup>2</sup> como consecuencia el incremento de presión horario es relativamente bajo y las diferencias de presión del filtro, debido a la pérdida de carga originada por la turbidez, alcanza al final del ciclo de 2 a 3 bar de presión diferencial, con lo cual los ciclos son largos, durando de 10 a 15 horas (12 horas de promedio), en función del estado de la cerveza a filtrar. Los filtros modernos resisten altas presiones de hasta 8 bar.

El mayor inconveniente de este tipo de filtros es el gran espacio que ocupan (mucha superficie de filtración y caudal/m<sup>2</sup> bajo) y sobre todo el tiempo largo que necesita para las puestas en marcha y la limpieza y regeneración final. Este tiempo puede ser respectivamente de una hora, hora y media o dos horas, generalmente en las operaciones de limpieza y desplazamientos de las placas.

Presentan la ventaja de que los restos de filtración se pueden evacuar mecánicamente (tolva, sinfin, bomba helicoidal...) de forma pastosa y eliminarse a vertedero evitando la polución de las aguas residuales.

La conducción de la filtración se puede automatizar y los resultados suelen ser muy seguros. Este tipo de filtro precisa de un flujo continuo de filtración a través de la “torta” para mantener este flujo sobre la placa soporte. Cualquier interrupción de la filtración es nefasta (cierres accidental de válvulas, cortes de corriente) ya que provocaría el deslizamiento de la “torta” de filtración con los

inconvenientes que ello conlleva. (Interrupción de la filtración, limpieza, vuelta a empezar). Igualmente hay que evitar todo tipo de reflujo. Para evitar eventualmente este tipo de problema colocaremos válvulas de purga y de retención en el circuito.

El mantenimiento es mínimo salvo limpieza sistemática después de cada operación. Es preciso efectuar el calentamiento y la esterilización del filtro sistemáticamente y a diario.

El filtro tiene en la tubería de entrada y en la de salida unos manómetros para el control de la presión, para poder observar cualquier aumento excesivo de ésta por colmatación de las tierras o caudal insuficiente.

En la salida de la cerveza también tiene dispuesta una linterna de control por la que se puede observar la marcha de la filtración y a la vez detectar cualquier incidente en la filtración, como posibles burbujas de aire, turbidez en la cerveza, etc.

En la parte superior del filtro se disponen válvulas para la purga de aire, en el inicio del proceso, cuando se forma la precapa.

Cada 6-12 meses debe realizarse una revisión del estado del filtro especialmente de las juntas y gomas que permiten la estanqueidad del mismo.

### **IV.3. INTERCAMBIADORES DE CALOR.**

#### **IV.3.1 INTRODUCCIÓN.**

En la mayor parte de los procesos químicos se intercambia calor, y en una gran variedad de plantas químicas intervienen fluidos con fines de calentamiento o enfriamiento. El control del flujo de calor en la forma deseada es uno de los capítulos más importantes de la ingeniería química. Siempre que existe una diferencia de temperatura entre dos partes del sistema tendrá lugar

transmisión de calor en alguna de las tres formas (Conducción, Convección o Radiación).

#### **IV.3.2. SOLUCIÓN ADOPTADA.**

El intercambiador que más se usa en este tipo de instalaciones son los de marcos y placas. Una de las principales ventajas de este tipo de intercambiadores es el elevado coeficiente de transmisión de calor, lo que permite operar con una diferencia de temperaturas muy pequeñas y obtener una elevada recuperación de calor.

Estas unidades son especialmente útiles en las industrias cerveceras, donde la baja capacidad del líquido y el estrecho control de temperatura son características muy valiosas. Una adicional consiste en la facilidad de desmontaje para inspecciones de todas las partes.

El tamaño suele ser relativamente pequeño y los costes resultan comparables o aún menores que en las

unidades tubulares, especialmente cuando se fabrican en aceros especiales.

### **Generalidades del intercambiador de tipo de placas.**

Hoy en día existen varias formas de intercambiadores de placas: en espiral, de placa y armazón, de aleta con placa soldada, de aleta de placa y tubo., se centra el estudio en los intercambiadores que se usan actualmente en cervecería, que son los intercambiadores de placa y armazón.

Los intercambiadores de placas y armazón consisten en placas estándares, que sirven como superficies de transferencia de calor y un armazón para su apoyo (ver anexo-27).

El principio de diseño es muy similar al de los filtros de prensa de placas y armazón (ver anexo-28). La caída de

presión es baja y resulta imposible que haya fugas de fluido.

Las placas estándares de transferencia de calor (normalmente de acero inoxidable 304 y 316, pero también de titanio níquel, metal moneé, Incoloy 825, Hastelloys B2, C276, bronce al fósforo y cuproníquel también están disponibles), comprimidas en una pieza simple de material de 1,3 a 6,4 mm, tienen estrías para recibir empaques de elastómero. El diseño corrugado de las placas les da rigidez, fomenta la turbulencia de los fluidos y asegura la distribución completa del flujo. Los miembros de soporte y armazón existen en acero inoxidable recubierto de acero dulce con recubrimiento de esmalte. Las placas se pueden limpiar y reemplazar con facilidad mediante la adición o la eliminación de placas.

Las limitaciones del diseño incluyen una presión manométrica máxima de 2068 kPa., una temperatura máxima de 149° C; la condensación de grandes volúmenes

de vapor no es práctica ni satisfactoria para los gases reales y con las suspensiones de sólidos y líquidos las partículas mayores tienen que ser de 0,5 mm. menos que la distancia entre placas. Las fibras de asbesto, que no son elastómeros, se emplean como material de empaque a temperaturas de hasta 250° C. Se requiere de armazones más fuertes para empaque a compresión.

Actualmente se están utilizando en industrias químicas y de gases, de disolventes, azúcar, ácido acético, líquidos amoniacales, etc.

#### **IV.4.TANQUES GUARDA.**

Su misión es la de acondicionar y almacenar la cerveza antes de pasar a la sala de embotellamiento. La construcción y forma de éstos no reviste gran importancia, tradicionalmente se utilizaban los de tipo horizontal apoyados sobre dos silletas a la que se les deja un 6% de pendiente a una respecto de la otra.

La consideración más importante a tener en cuenta en estos depósitos es que deben tener conectados un sistema de contrapresión de carbónico, ya que durante el llenado del tanque con la cerveza procedente del filtro, así como en el caso de que quede incompleto, debe establecerse una contrapresión de carbónico para evitar la desaturación de la cerveza. Esta carbonatación se suele situar entre los 5 y 6 g/l. lo que suele equivaler a una presión de CO<sub>2</sub> de 1,9 atm. (El carbónico es el recuperado en la fermentación).

La temperatura de la cerveza en los tanques ronda los 0°C. por lo que estos tienen que estar aislados. Hoy en día se usan los tanques verticales, que ocupan menos superficie en el terreno y utilizan un material aislante a base de espuma de poliuretano inyectado 35 kg/m<sup>3</sup>. con un espesor entre 10 y 15 cm. según la temperatura ambiente. (En la Cruzcampo de Sevilla se utiliza actualmente un espesor de 12 cm). El aislamiento se cubre con un forro generalmente de chapa de aluminio liso u ondulado de 0,6 a 0,8 mm. de espesor. El espesor de los tanques se calcula

mediante los códigos de diseño. Para ello se utilizara el código A.S.M.E.

Los tanques deben tener al mismo tiempo agujeros de hombre y toma de muestras, así como dispositivos para su limpieza, válvula antivacio, luz halógena (ver anexo-29,30).

El período de guarda no suele exceder de 4 días antes de pasar a la planta de embotellado.

#### **IV.5. TANQUES TAMPÓN.**

El principal cometido de este tipo de depósitos es el de absorber los choques de presión producidos, por ejemplo, por varios depósitos con diferencias de altura, distancias extremas, etc. Se colocan antes del filtro para asegurar una alimentación continua del mismo bajo presión constante, incluso en caso de cambio de tanque. Se coloca también en la intersección cola del filtro - tanques de

guarda, para eliminar perturbaciones de filtración (oscilaciones de presión). Además, en la zona de guarda elimina las perturbaciones tales como niveles de llenado variables, cambios de tanque, etc.

Son tanques sometidos a presión debido a la contrapresión de CO<sub>2</sub> que tiene la cerveza. Se suele situar sobre 1,1 atm. por lo que se calculan por el código ASME.

#### **IV.6. DEPOSITO DE KIESELGUR.**

Es un depósito cilíndrico que trabaja a la presión atmosférica y su cometido es servir de recipiente de guarda y mezcla de la pasta de Kieselgur (o tierras diatomeas), que será adicionada durante la filtración mediante una bomba dosificadora.

El depósito de Kieselgur se instala justo antes de la filtración y en su interior lleva un mezclador que gira mediante un motor que va homogeneizando la masa que se forma al mezclar las tierras diatomeas con el agua.

El agitador del que dispone el deposito sirve para evitar emulsiones, disoluciones internas de aire,... consta de dos velocidades; una rápida para la dispersión de tierra y una lenta para el mantenimiento de la suspensión homogénea.

Para una eficaz filtración (calidad, regularidad y ciclos largos) es importantísimo la buena dosificación de las tierras, de tal modo que cada porción de cerveza a filtrar lleve su correspondiente volumen de coadyuvante.

Para lograr tal precisión existen en la actualidad bombas dosificadoras volumétricas especiales, de caudal variable, que realizan perfectamente esta función. Se trata de bombas de pistón o de membrana con circuito sellado para evitar derrames en caso de rotura (ver anexo-31).

#### **IV.7. DEPOSITO DE LIMPIEZA.**

Es un tanque cilíndrico que trabaja a presión atmosférica y cuya función es la de servir de recipiente de guarda y mezcla de los productos y aguas de lavado. Dicho depósito se instala al final de la línea del proceso.

Tradicionalmente se utilizaba agua caliente (al 4% en sosa y 3% en sulfúrico) proveniente del cocimiento.

Aunque este método no varía mucho del moderno, su principal innovación reside en el ahorro de agua y además esta se usa a temperatura ambiente, evitando el calorifugado de tuberías, tanques, etc. Actualmente el lavado de tanques sea automatizado y en el deposito CIP se prepara la mezcla de sosa, sulfúrico y agua mediante el empleo de bombas dosificadoras.

Los tanques de la sala, por tanto, deben ser herméticos y estarán equipados con cabezas aspersoras y

chorros rotatorios de alta presión, se selecciona el programa de apertura y cierre de válvula, los rociados de aclarados e higienización y el retorno de las disoluciones al depósito (CIP) y se pasa a un microprocesador que envía las ordenes a las válvulas y bombas (Limpieza in “situ”).

La limpieza consta de una serie de periodos en los que se irán adicionando los correspondientes volúmenes de agua y soluciones que deberán ir por las tuberías destinadas a tal fin.

#### **IV.8. TUBERIAS DE PROCESO.**

En el trasiego del fluido por los distintos tanques y equipos, este debe mantener la temperatura en la medida que sea posible, por lo que las tuberías deben ir equipadas de aislantes térmicos, destinados a tal fin. Debido a la importancia de este hecho, requiere un estudio aparte.

#### **IV.9. AISLAMIENTOS TÉRMICOS.**

Se ha optado por un Superaislante, por la gran variedad de formas y gama de productos en las que se presenta este tipo de aislante, del tipo o modelo IT/Accootherm.

Es un aislamiento térmico flexible de espuma elastomérica, de célula cerrada, color negro. Siendo utilizado para instalaciones de frío y climatización que cumple con el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (RITE). Contando con un buen comportamiento al fuego, no propaga la llama ni gotea y puede embutirse fácilmente en las tuberías y en los codos.

#### **IV.10. BOMBAS.**

##### **De filtración de cerveza.**

En la actualidad se emplean bombas de centrífugas de tipo sanitario, con cierre mecánico. Pueden ser de una o

dos velocidades esta se emplea para la formación de la precapa (la velocidad rápida superior a 3.000 rpm para la precapa y la menos rápida < 3.000 rpm para la filtración). La regulación de caudal se efectúa mediante válvulas a la impulsión de la bomba (manual o automáticamente) o mediante variador de velocidad de motor eléctrico (convertidor de frecuencia) esta última técnica es sin duda la más adecuada.

### **De impulsión.**

La impulsión del líquido de un equipo a otro se realizara mediante bombas centrífugas "ITUR" de la serie IN, construidas según norma DIN-24255 (ver anexo-32).

Este tipo de bombas están preparadas para cubrir una amplia variedad de necesidades de bombeo, aportan soluciones y mejoras con: elevados rendimientos, robustez de diseño, variedad de materiales en función del fluido bombeado, etc.

#### **IV.11. INSTRUMENTOS DE CONTROL**

Las variables a controlar principalmente en el proceso son:

- Temperatura.
- Presión.
- Turbidez.

La **Temperatura** se domina con termómetros o automatizada con sonda termopar (de Platino). Para una corriente de filtración la corriente debe mantenerse entre 0-1 C°, en los tanques guarda esta a de ser de 0 C°.

La **Presión** se controla mediante manómetros que tiene dispuesto el filtro “de marco y placas” a la entrada y salida de la cerveza. La diferencia que se establece en la filtración y el incremento que sufre a lo largo de esta no debe sobrepasar los 3 bar en este tipo de filtro.

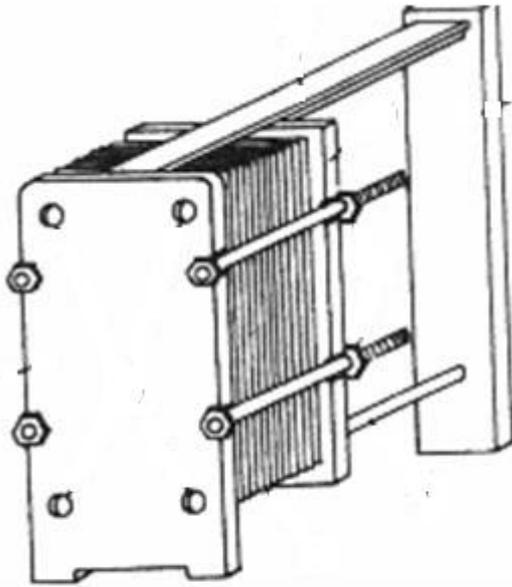
La **Turbidez** se domina con turbidímetros en línea, la información que proporciona es muy importante para evitar

el desmoronamiento de la torta de filtración e impedir que pase cerveza sin filtrar. Por tanto, se coloca a la salida del filtro.

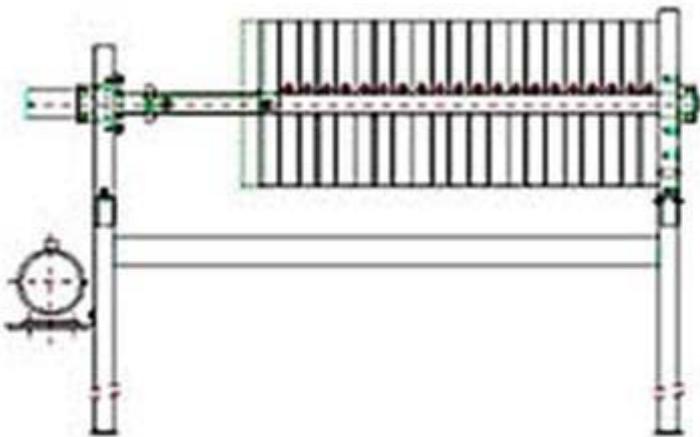
Otros instrumentos destinados a la regulación y control adecuado de la instalación serán; sondas de nivel por ultrasonido situados en los tanques para evitar el rebose y un medidor de caudal electromagnético que asegure un flujo de cerveza constante.

Además, se dispondrá de válvulas solenoides para regular el caudal de la cerveza en los lugares que lo requiera.

Todo el control será automatizado mediante un equipo informático adecuado a las características del proceso.



## - ANEXOS DESCRIPTIVOS -



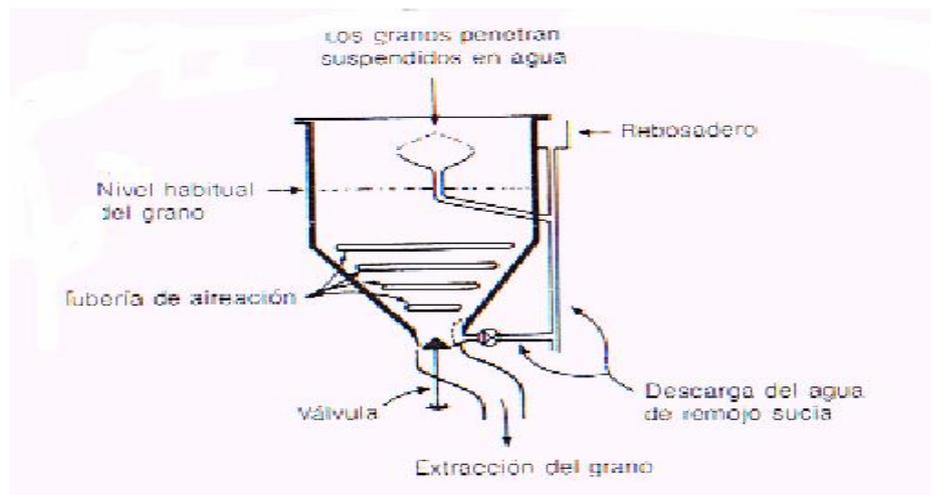
**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA****(III.PTO.1.2. "AGUA")**

<i>SALES (mg/l)</i>	<i>PILSEN</i>	<i>MUNICH</i>	<i>DORMUND</i>
<i>Sodio</i>	32	10	69
<i>Magnesio</i>	8	19	23
<i>Calcio</i>	7	80	260
<i>Nitratos</i>	0	0	0
<i>Cloruro</i>	5	1	106
<i>Sulfatos</i>	6	0	281
<i>Bicarbonatos</i>	---	133	549

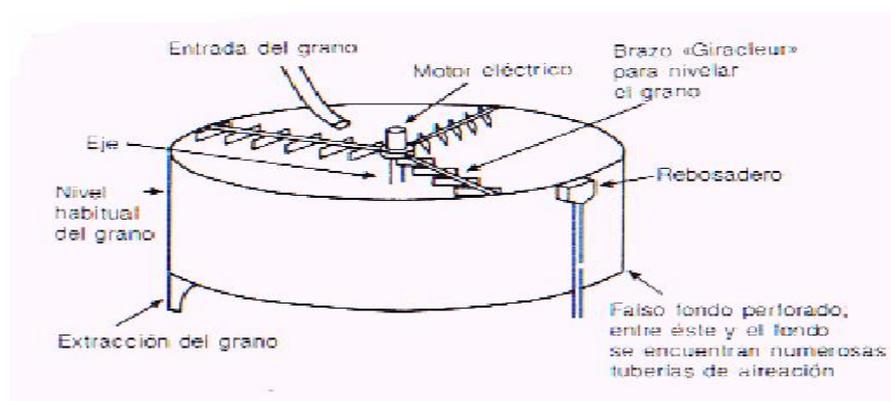
**CONTENIDO EN SALES DEL AGUA**

## ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA

### (III.PTO.3.1.2. “REMOJO”)

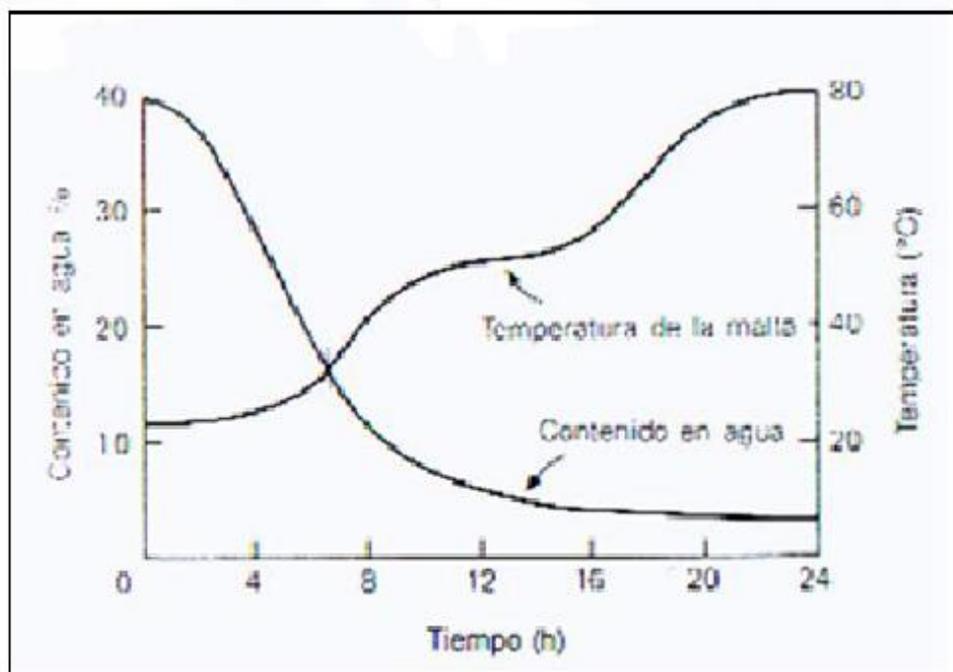


### TANQUE DE REMOJO CILINDRO CONICO



### TANQUE DE REMOJO MODERNO

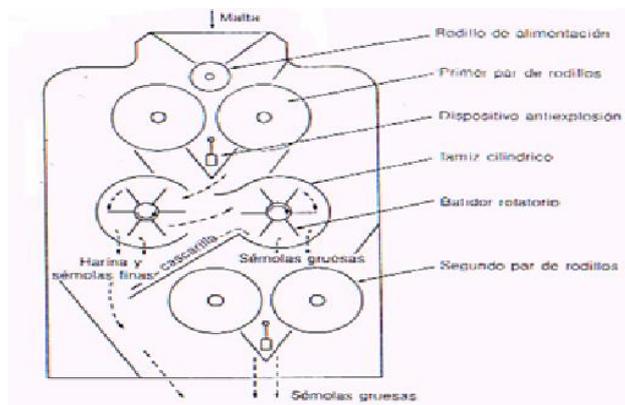
**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**  
**(III.PTO.3.1.4 “SECADO/TOSTACIÓN”)**



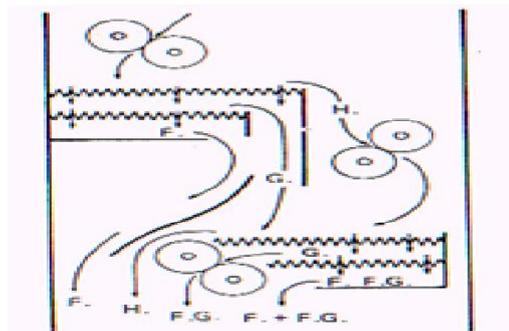
**PERDIDA DE AGUA DE LA MALTA Y TEMPERATURA DURANTE LA TOSTACIÓN**

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**

**(III.PTO.3.2.1 “MOLIENDA”)**



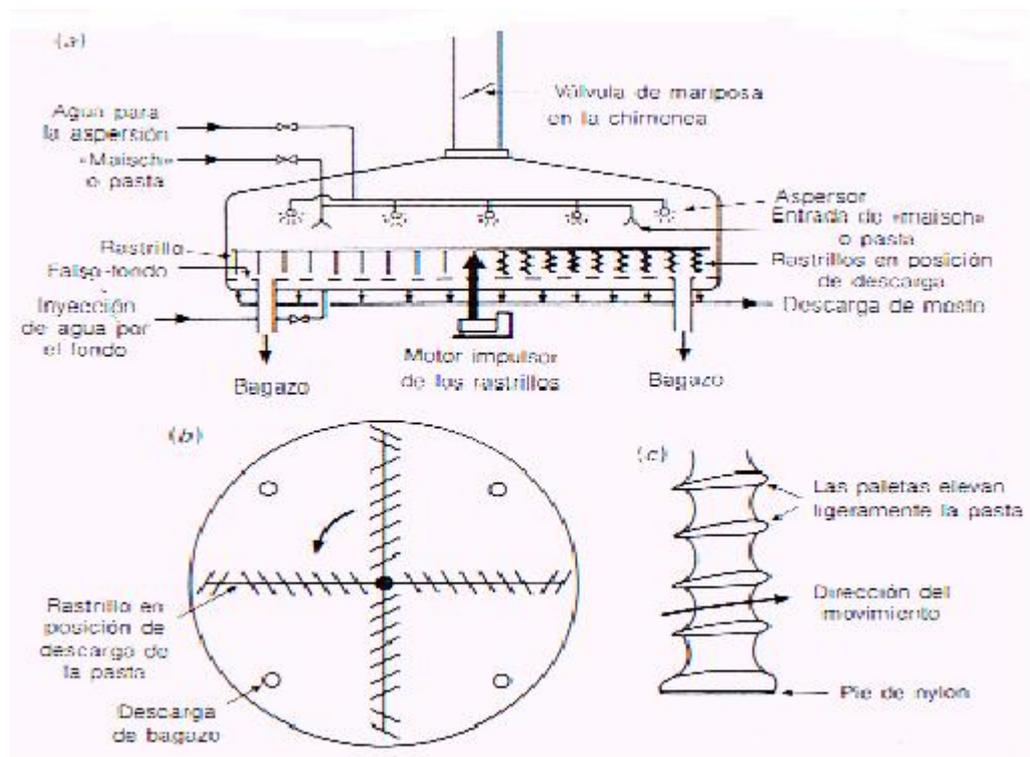
**MOLINO DE CUATRO RODILLOS**



**MOLINO DE SEIS RODILLOS**

## ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA

### (III.PTO.3.2.3. "FILTRACIÓN")



### MEDIANTE CUBA FILTRO

## ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA

## (III.PTO.3.2.3. "FILTRACIÓN")

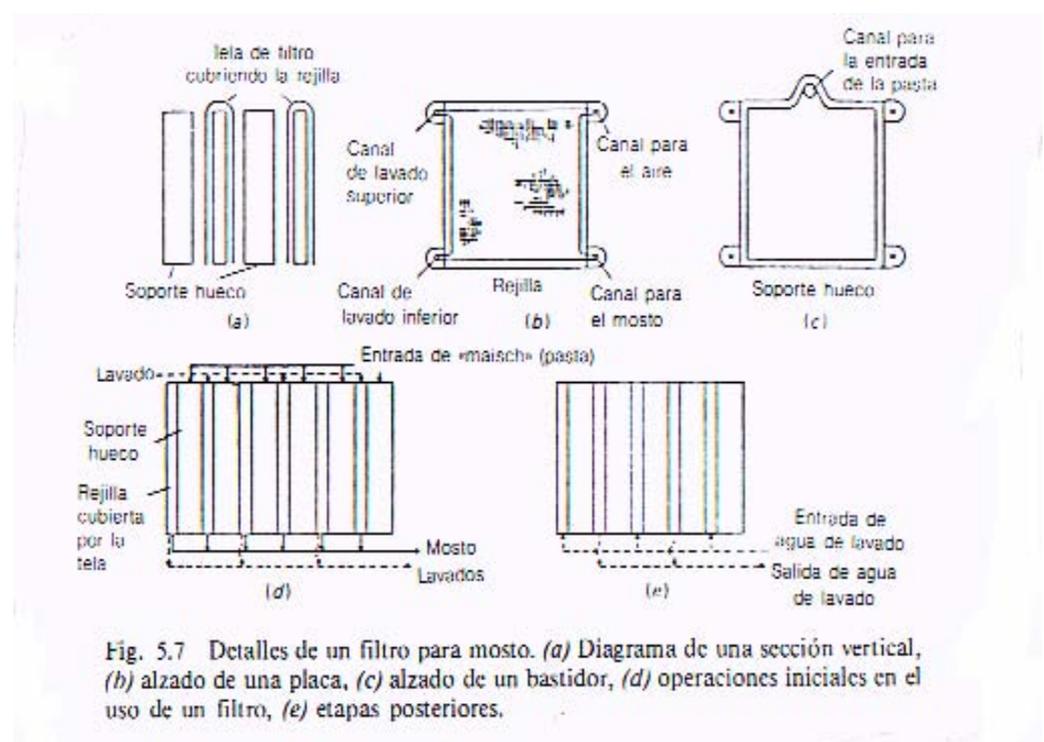
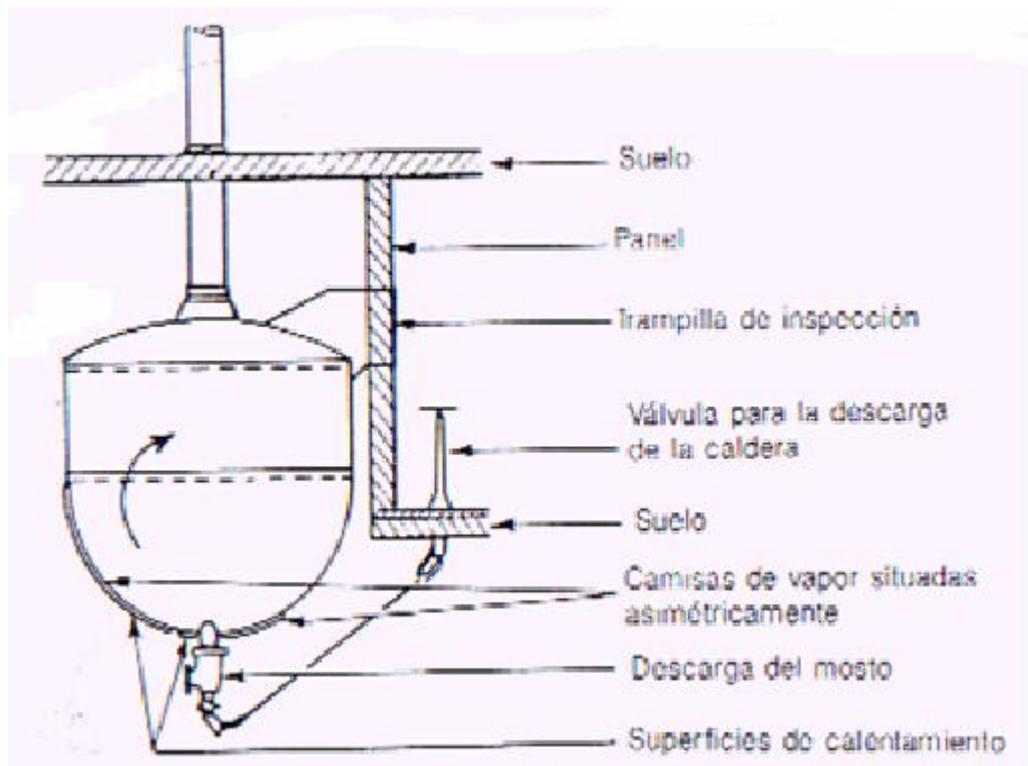


Fig. 5.7 Detalles de un filtro para mosto. (a) Diagrama de una sección vertical, (b) alzado de una placa, (c) alzado de un bastidor, (d) operaciones iniciales en el uso de un filtro, (e) etapas posteriores.

## MEDIANTE FILTRO

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**

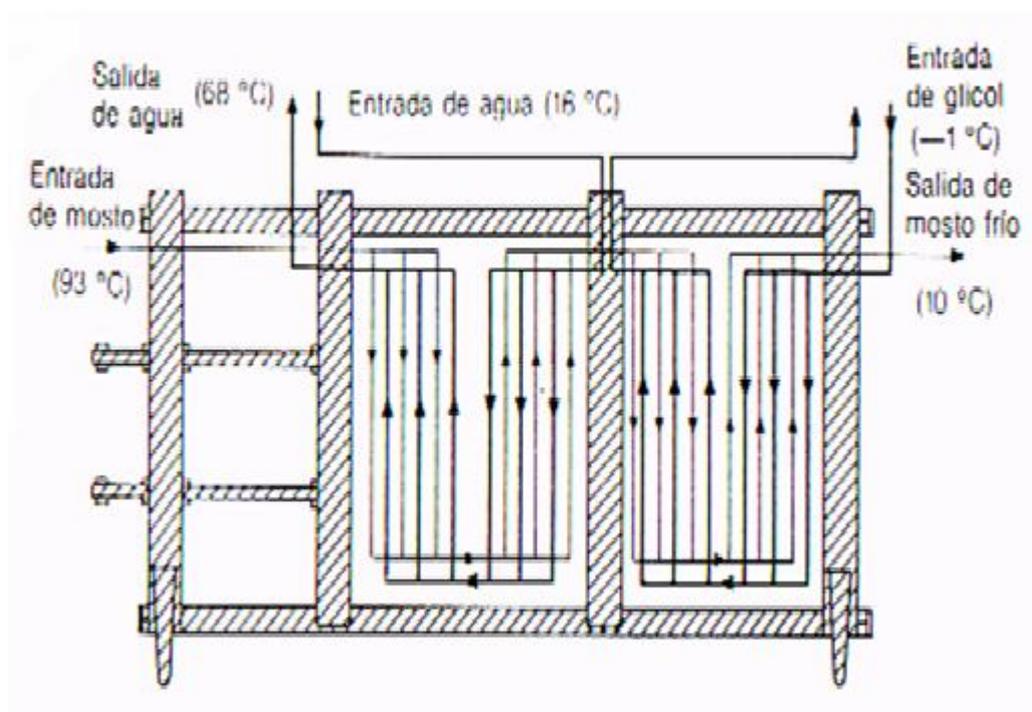
**(III.PTO.3.2.4. “EBULLICIÓN/LUPULADO”)**



**CALDERA DE EBULLICION DEL MOSTO**

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**

**(III.PTO.3.2.5. “ACONDICIONAMIENTO DEL MOSTO”)**

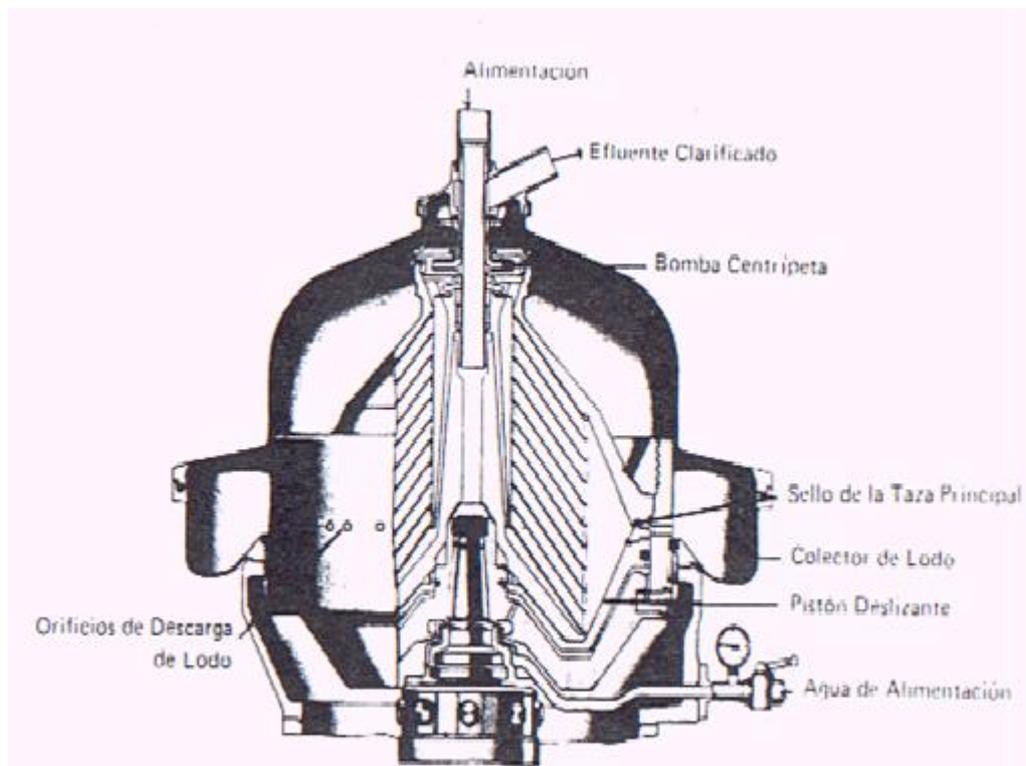


**CAMBIADOR DE CALOR**

**ENFRIAMIENTO DEL MOSTO**

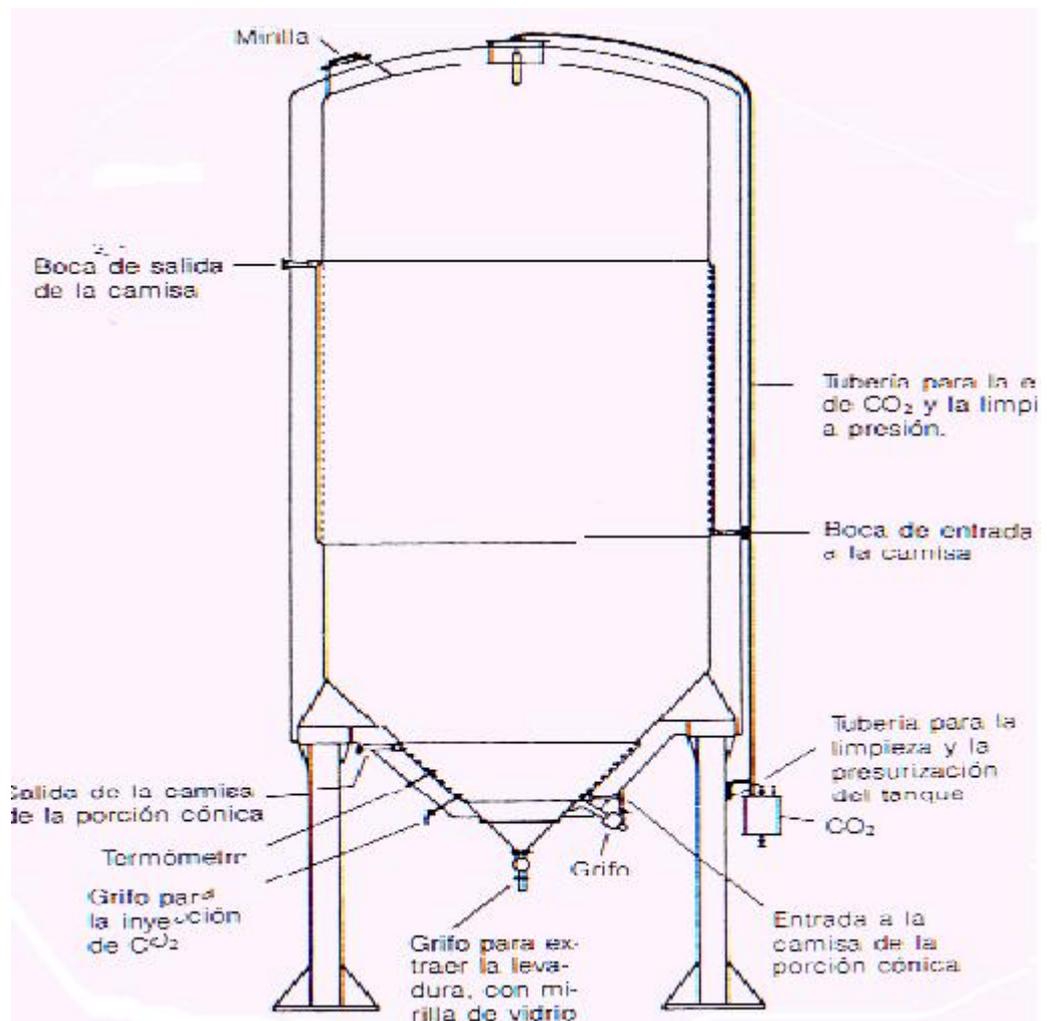
**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**

**(III.PTO.3.2.5 “ACONDICIONAMIENTO DEL MOSTO”)**



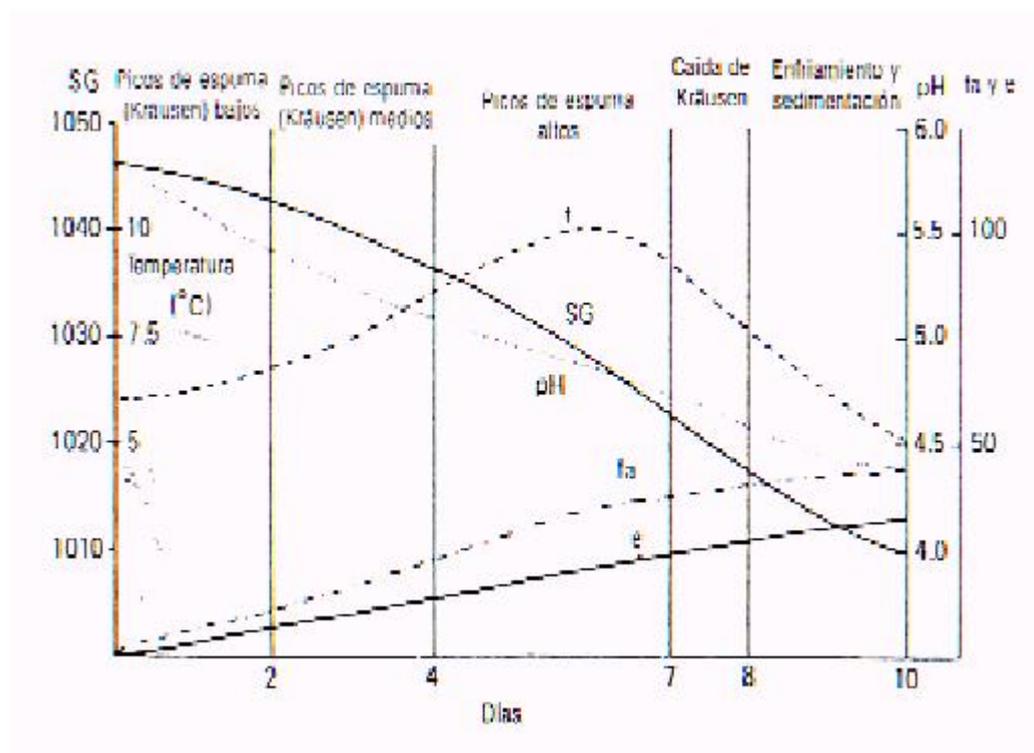
**CENTRIFUGADORA WESTPHALIA**

**CLARIFICACIÓN DEL MOSTO MEDIANTE CENTRIFUGACIÓN**

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA****(III.PTO.3.3.1. “FERMENTACIÓN”)****TANQUE DE FERMENTACION Y MADURACION  
CILINDROCÓNICO**

## ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA

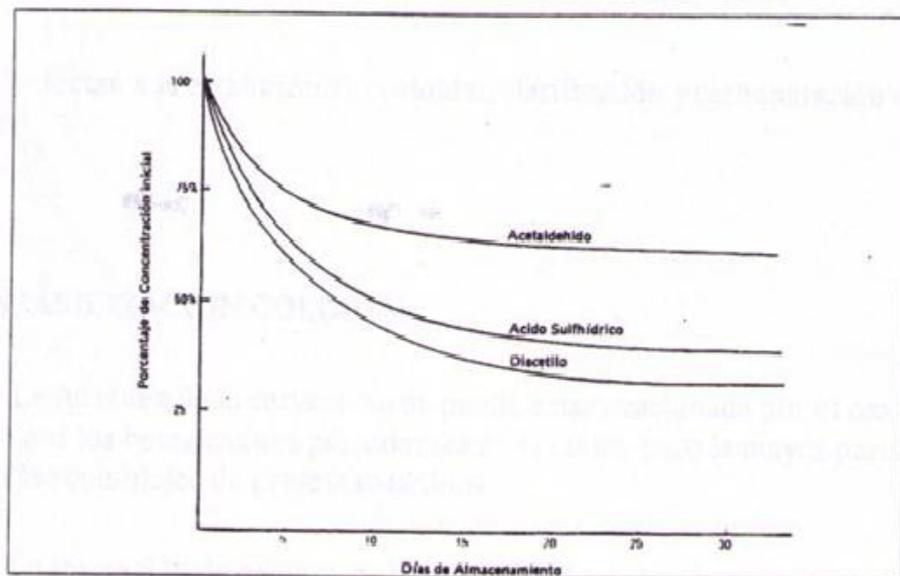
### (III.PTO.3.3.1. "FERMENTACIÓN")



**CURSO DE FERMENTACIÓN BAJA TIPO LAGER**  
**SG, DENSIDAD DEL MOSTO**  
**Fa, ALCOHOLES (mg/l)**  
**e, ESTERES (mg/l)**

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**

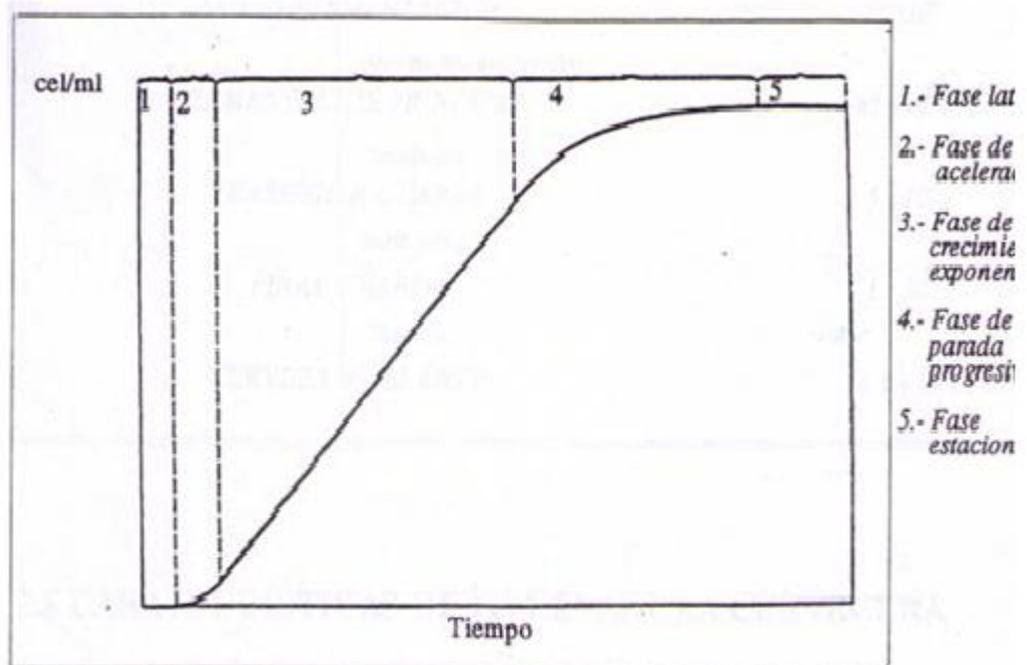
**(III.PTO.3.3.2. "GUARDA")**



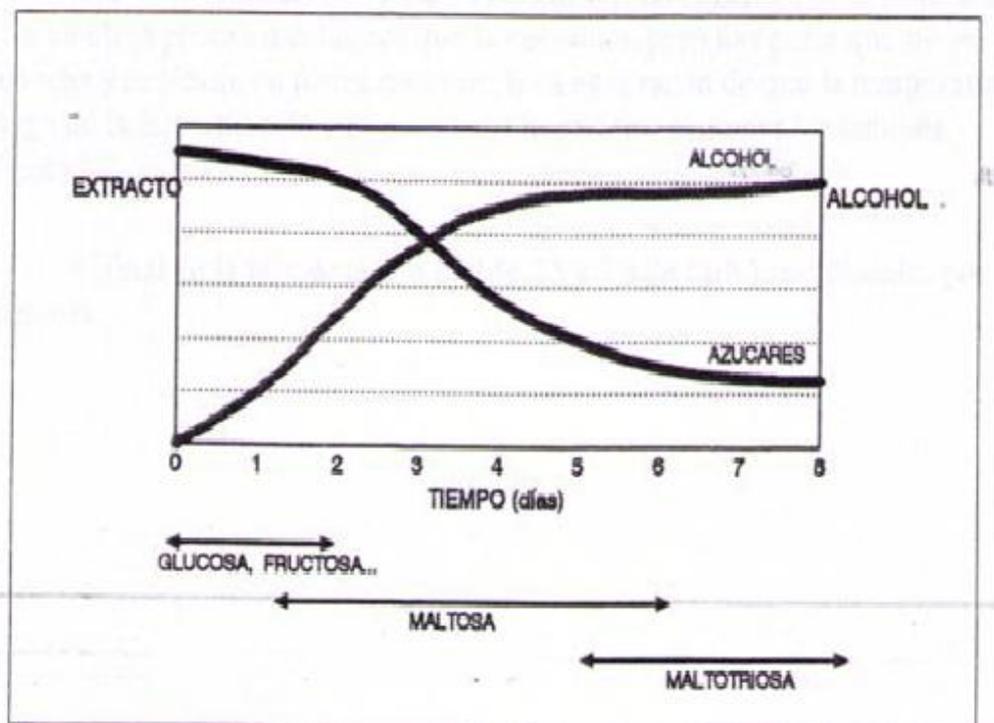
**REDUCCION DE COMPUESTOS INDESEABLES EN GUARDA  
PROCESO TRADICIONAL**

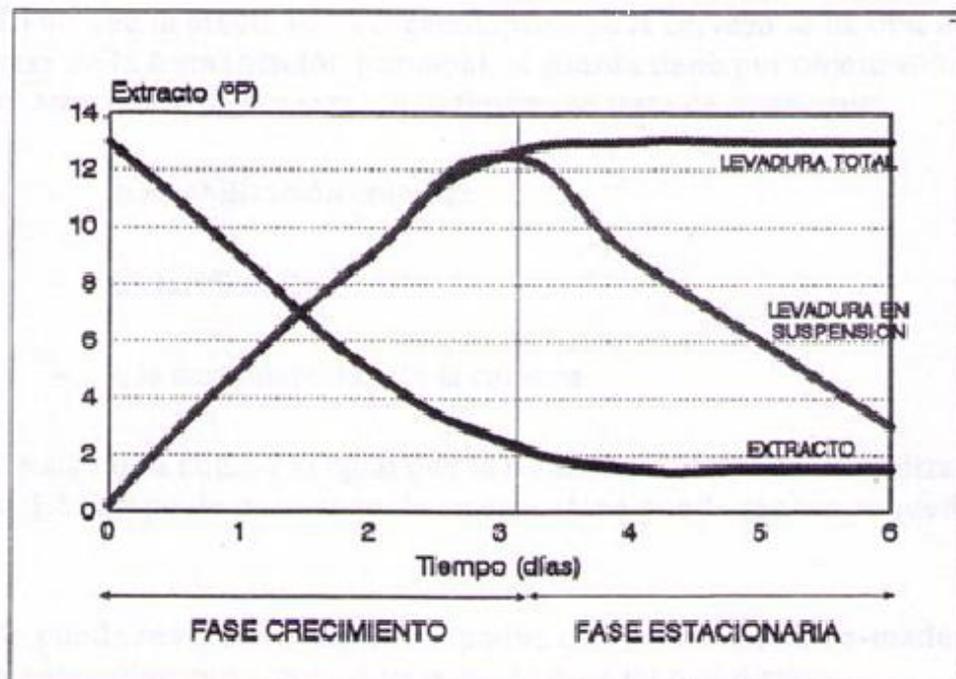
**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**

**(III.PTO.3.3.3.1 “PROCESO TRADICIONAL ”)**



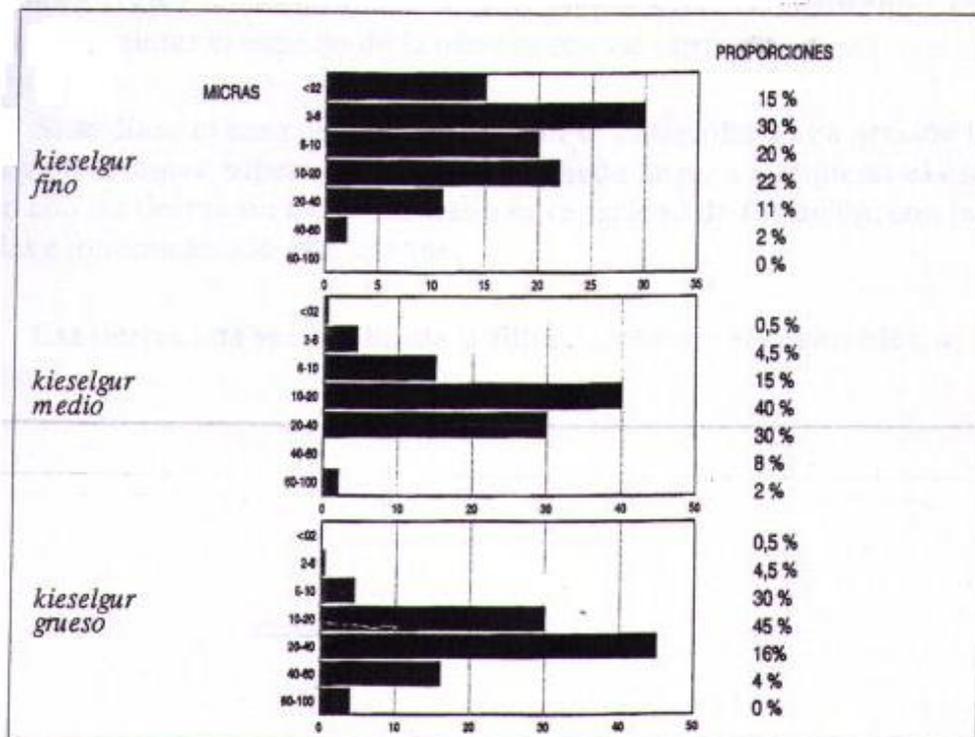
**CRECIMIENTO CELULAR**

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA****(III.PTO.3.3.3.1. "PROCESO TRADICIONAL")****ASIMILACIÓN SECUENCIAL DE LOS AZUCARES**

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA****(III.PTO.3.3.3.2. “PROCESO DE  
FERMENTACION/MADURACION ACELERADA”)****DIAGRAMA FERMENTACIÓN / MADURACIÓN**

## ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA

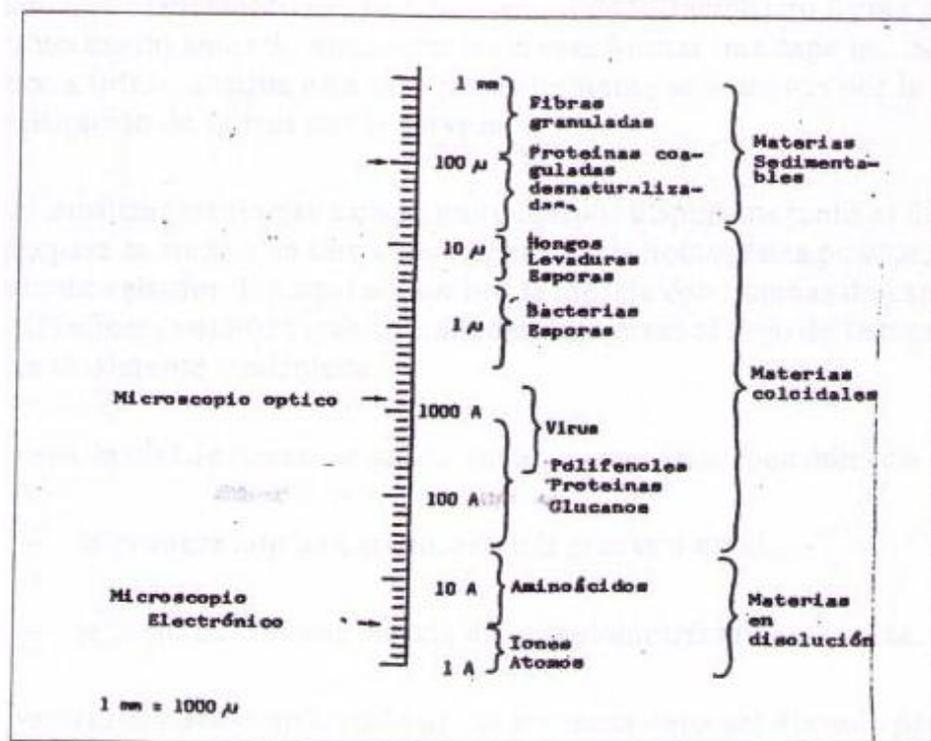
### (III.PTO.4. "CLARIFICACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA CERVEZA")



### GRANULOMETRIA DE LAS TIERRAS DE DIATOMEAS

## ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA

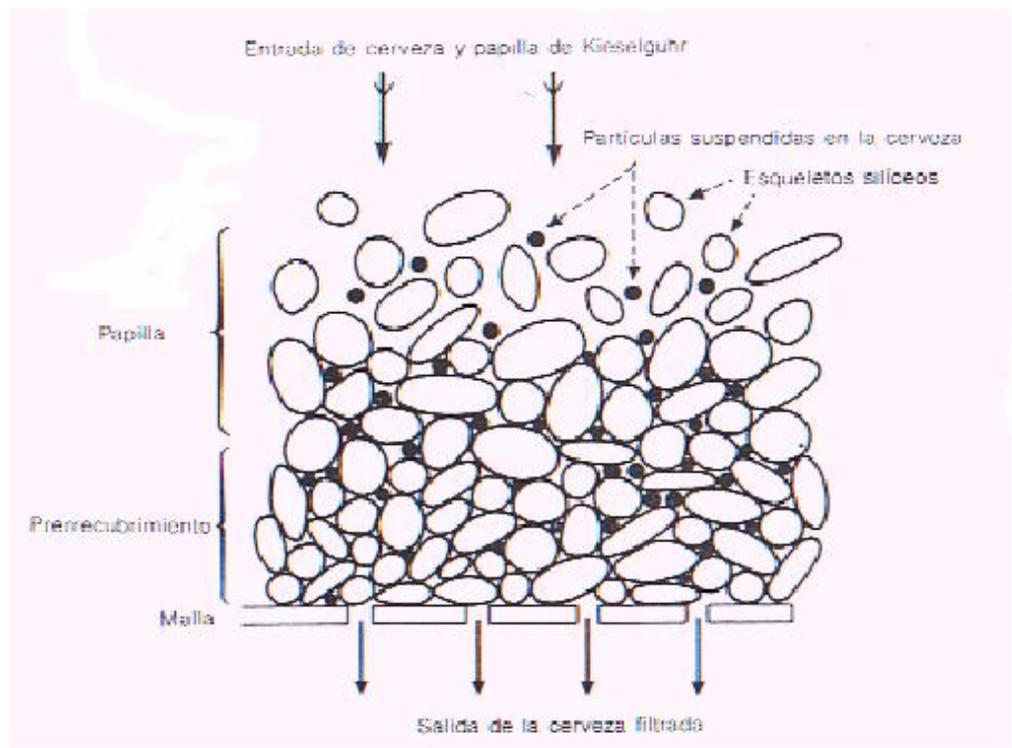
### (III.PTO.4. "CLARIFICACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA CERVEZA")



### TAMAÑO DE LAS PARTICULAS DEL TURBIO

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**

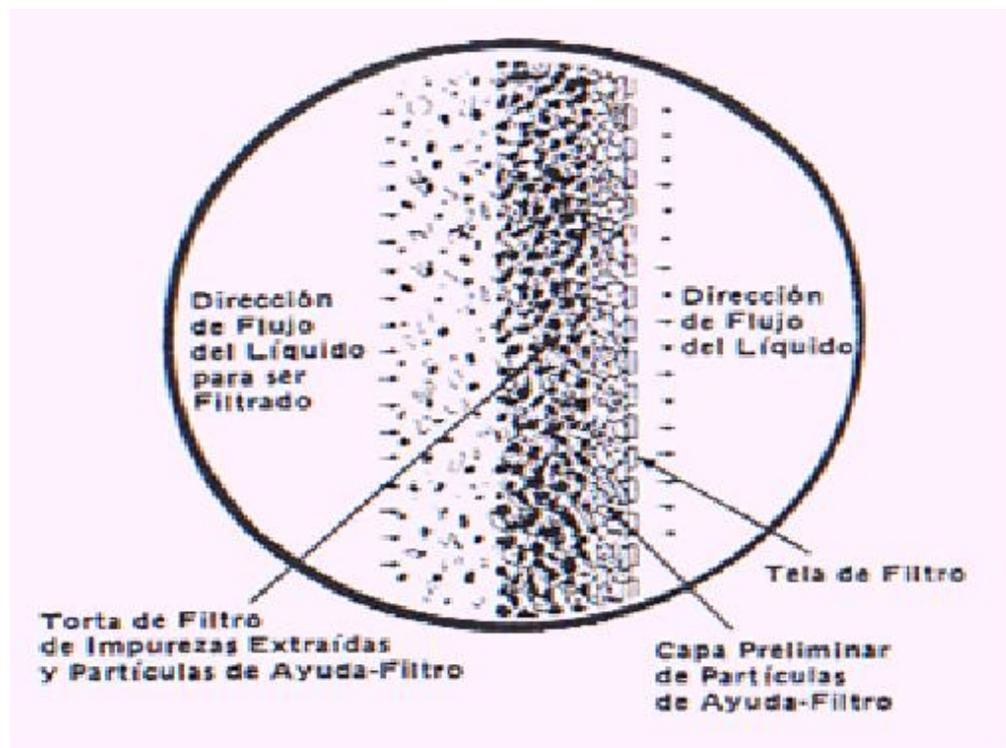
**(III.PTO.4. “CLARIFICACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA CERVEZA”)**



**FILTACIÓN A TRAVES DEL KIESELGUR.  
(COADYUVANTE UTILIZADO).**

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**

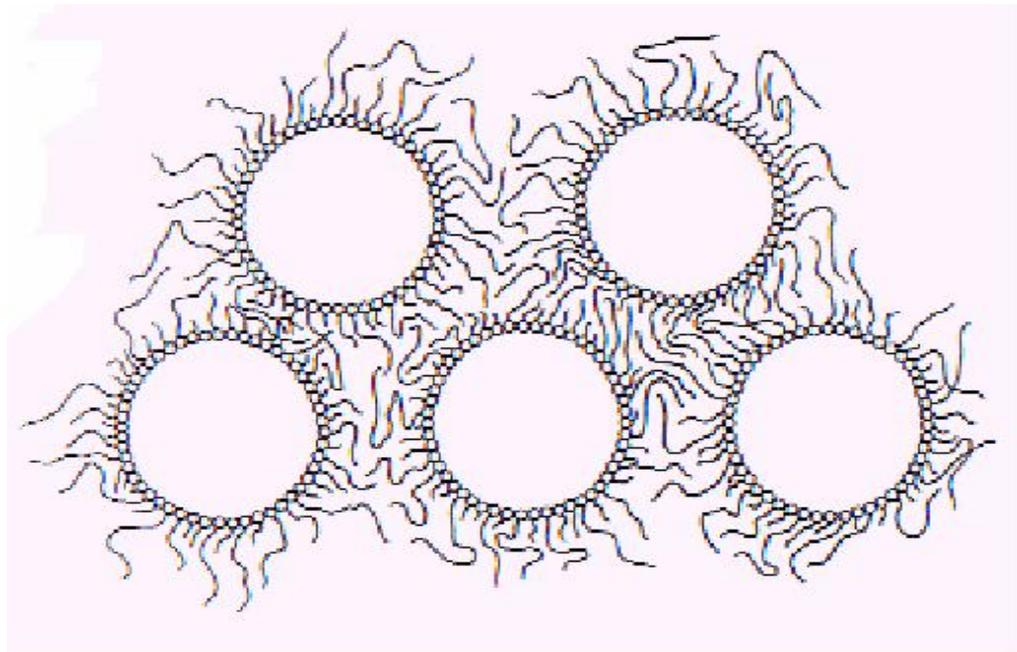
**(III.PTO.4. “CLARIFICACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA CERVEZA”)**



**FILTRACIÓN A TRAVES DE TIERRAS DIATOMEAS.**

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**

**(III.PTO.4. “CLARIFICACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA CERVEZA”)**



**ESTRUCTURA DE LA ESPUMA DE CERVEZA**

**ESTABILIZANTES DE ESPUMA**

## ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA

### (III.PTO.6. “LIMPIEZA E HIGIENIZACIÓN”)

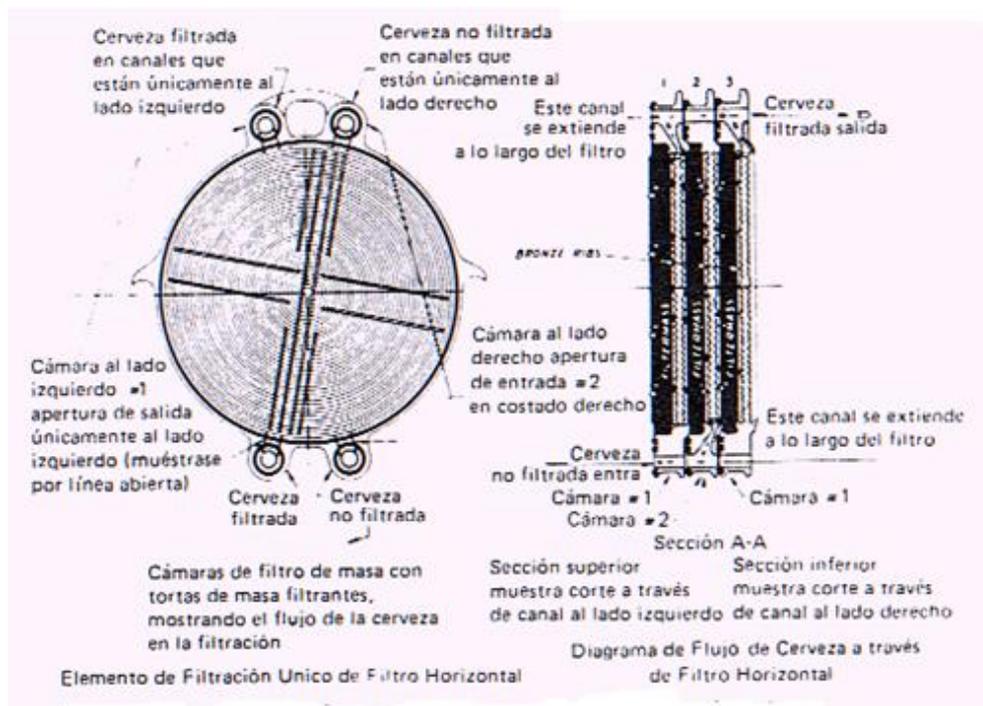
	Poder disolvente de materia orgánica	Poder humectante (penetración de los detergentes)	Poder dispersante (mantenimiento en suspensión de material insoluble)	Poder de aclaramiento	Actividad germicida	Poder sequestrador de calcio (mantenimiento del carbonato en disolución)	Poder disolvente de calcio (disolución de sales de calcio en una disolu- ción alcalina)
Sosa cáustica	5	1	1	1	3		
Carbonato sódico	2	1	1	1	1		
Metasilicato sódico	3	3	4	3	2		
Ortosilicato sódico	3	2	4	3	3		
Fosfato trisódico	2	2	4	3	2		
Agentes humectantes		5	4	5			
Tripolifosfato sódico	2	1	3	2		3	
Hexametáfosfato sódico			4	2		4	1
EDTA						5	5
Gluconato sódico						5	3

\* Intensidad de las distintas propiedades expresadas en una escala en la que el máximo es 5. Las mezclas de sosa cáustica, metasilicato sódico, agentes humectantes y tripolifosfato sódico cubren la mayor parte de las exigencias. El EDTA y los gluconatos se incluyen en las mezclas necesarias para la eliminación de piedra de cerveza e incrustaciones en las superficies de calentamiento, el primero en disolución ácida y el segundo en disolución débilmente alcalina.

## AGENTES DE LIMPIEZA

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**

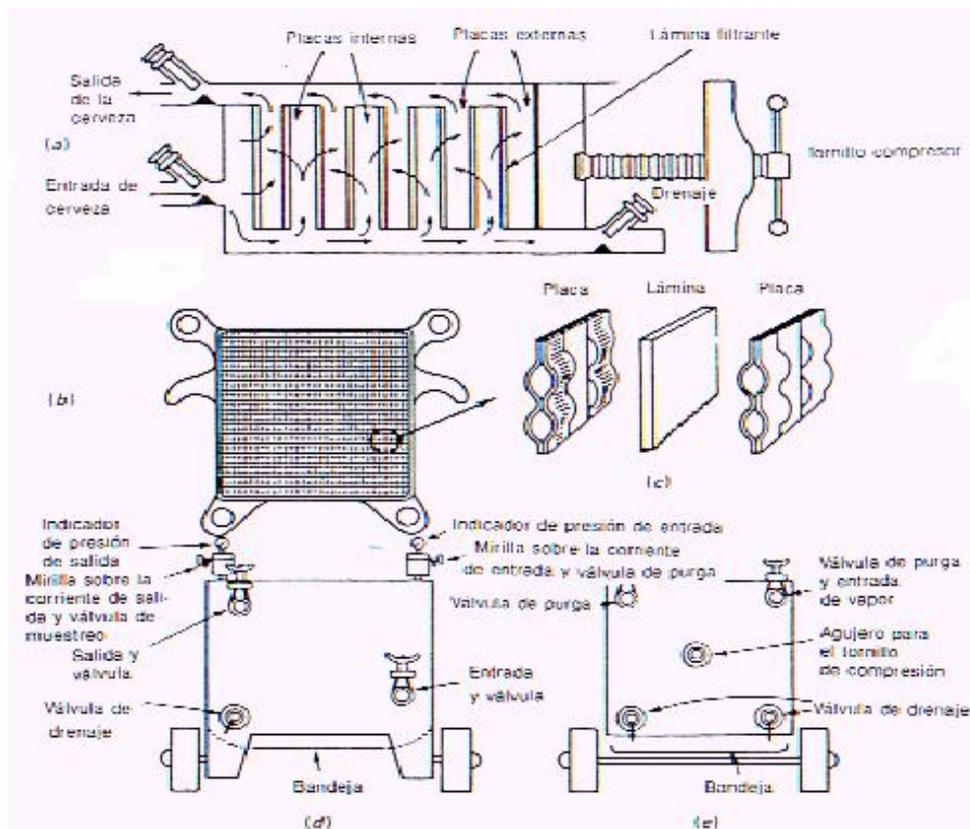
**(IV.PTO.2. "FILTRO")**



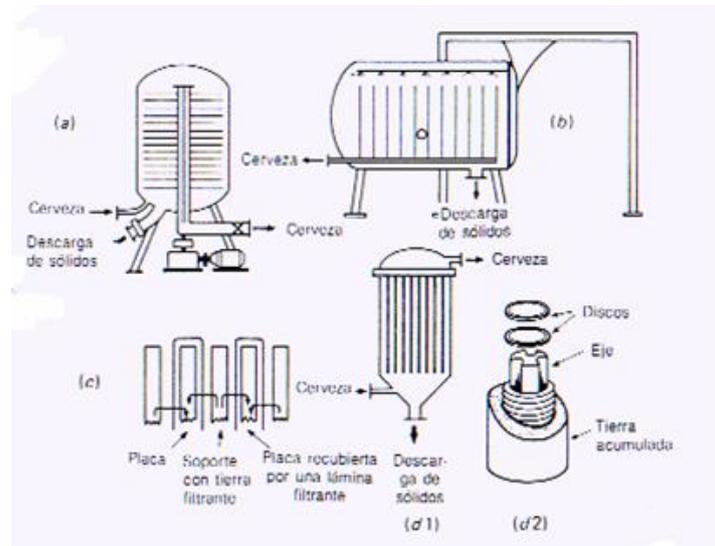
**INTRODUCCIÓN. FILTRO DE MASA.**

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**

**(IV.PTO.2. "FILTRO")**

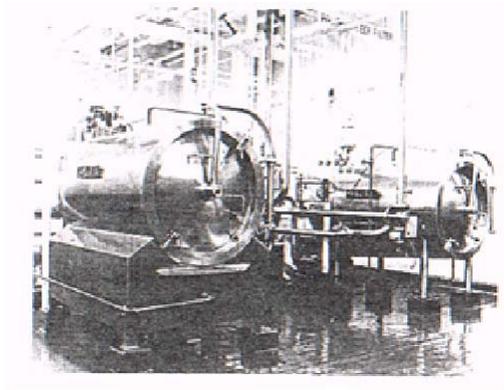


**FILTROS DE PLACAS.**

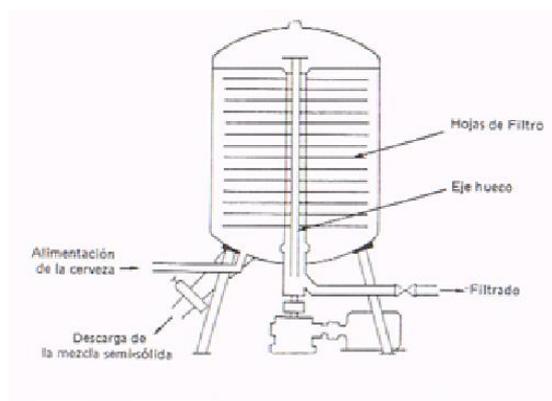
**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA****(IV.PTO.2. "FILTRO")****FILTROS DE PLACAS, DE BUJIAS.**

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**

**(IV.PTO.2. "FILTRO")**

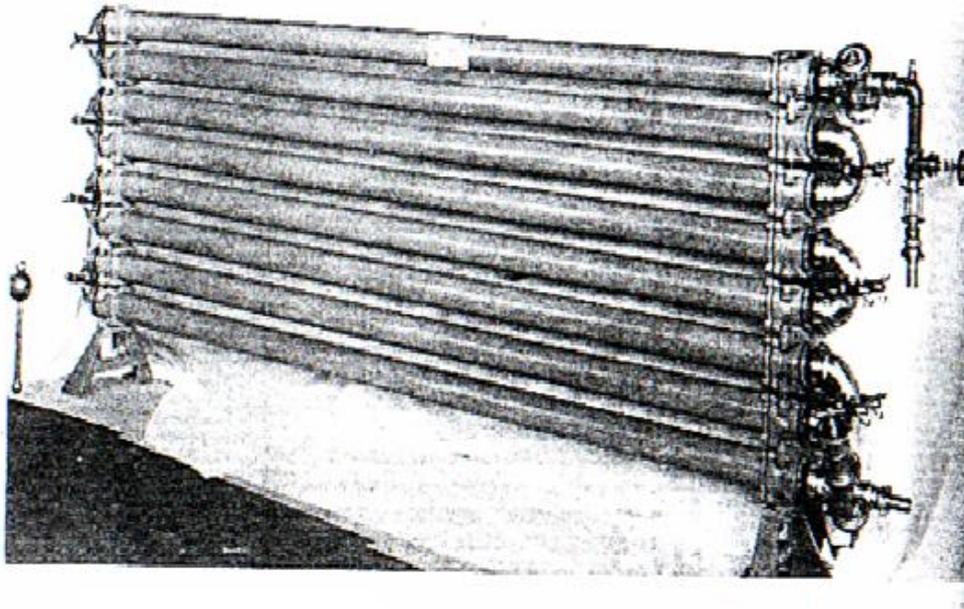


**FILTRO DE PRESION DE HOJA VERTICAL**



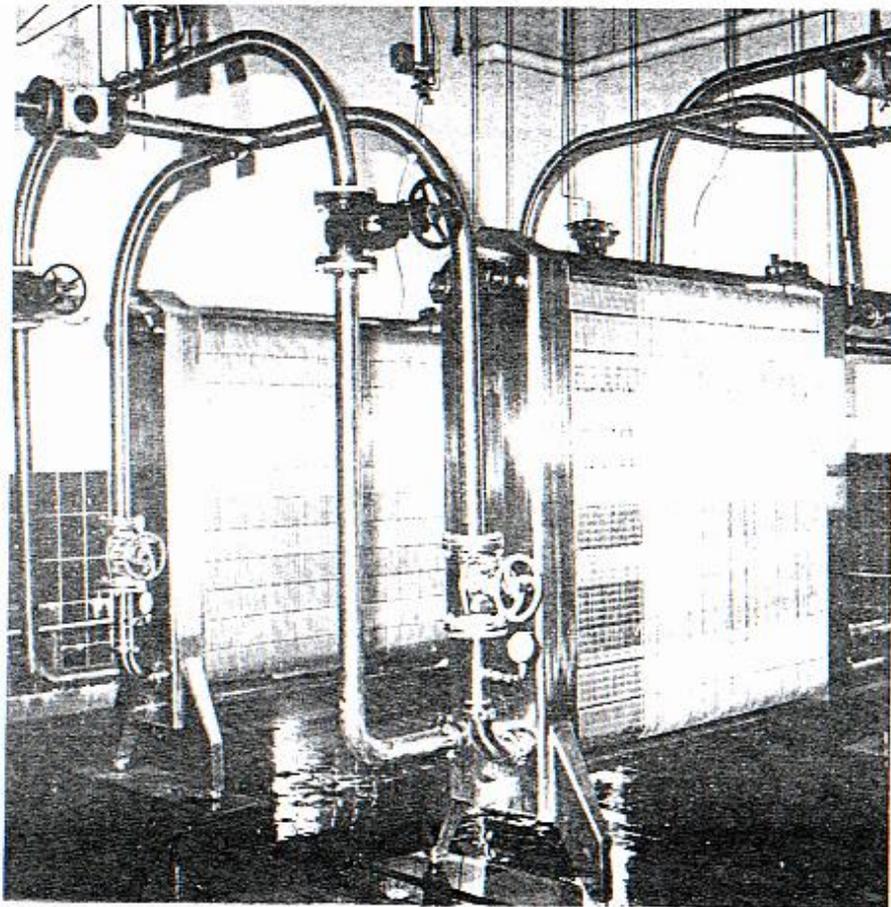
**FILTRO DE PRESION DE HOJA HORIZONTAL**

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA  
(IV.PTO.3. "INTERCAMBIADOR DE CALOR")**



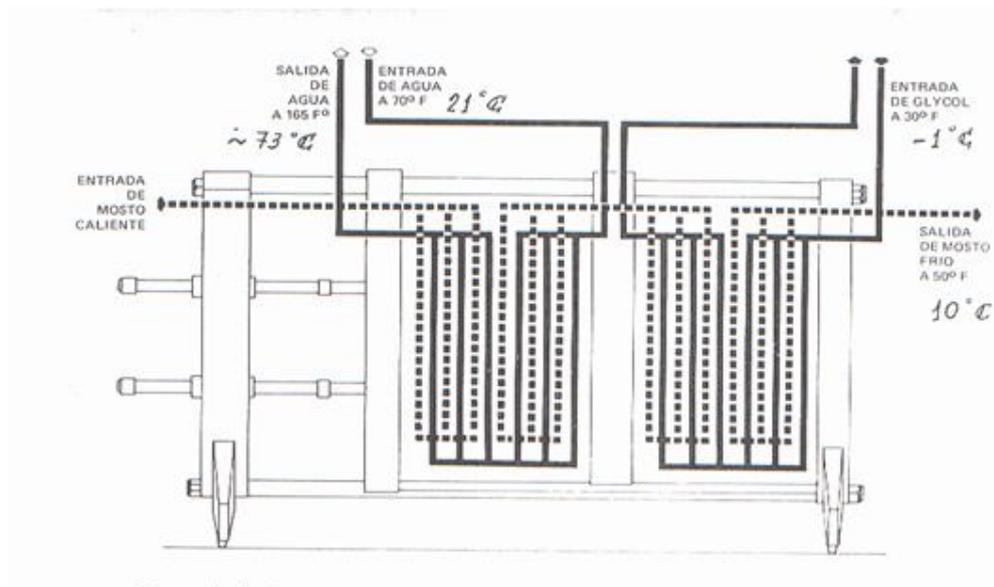
**ENFRIADOR DE DOBLE TUBO.**

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**  
**(IV.PTO.3. “INTERCAMBIADOR DE CALOR”)**



**ENFRIADOR DE PLACAS.**

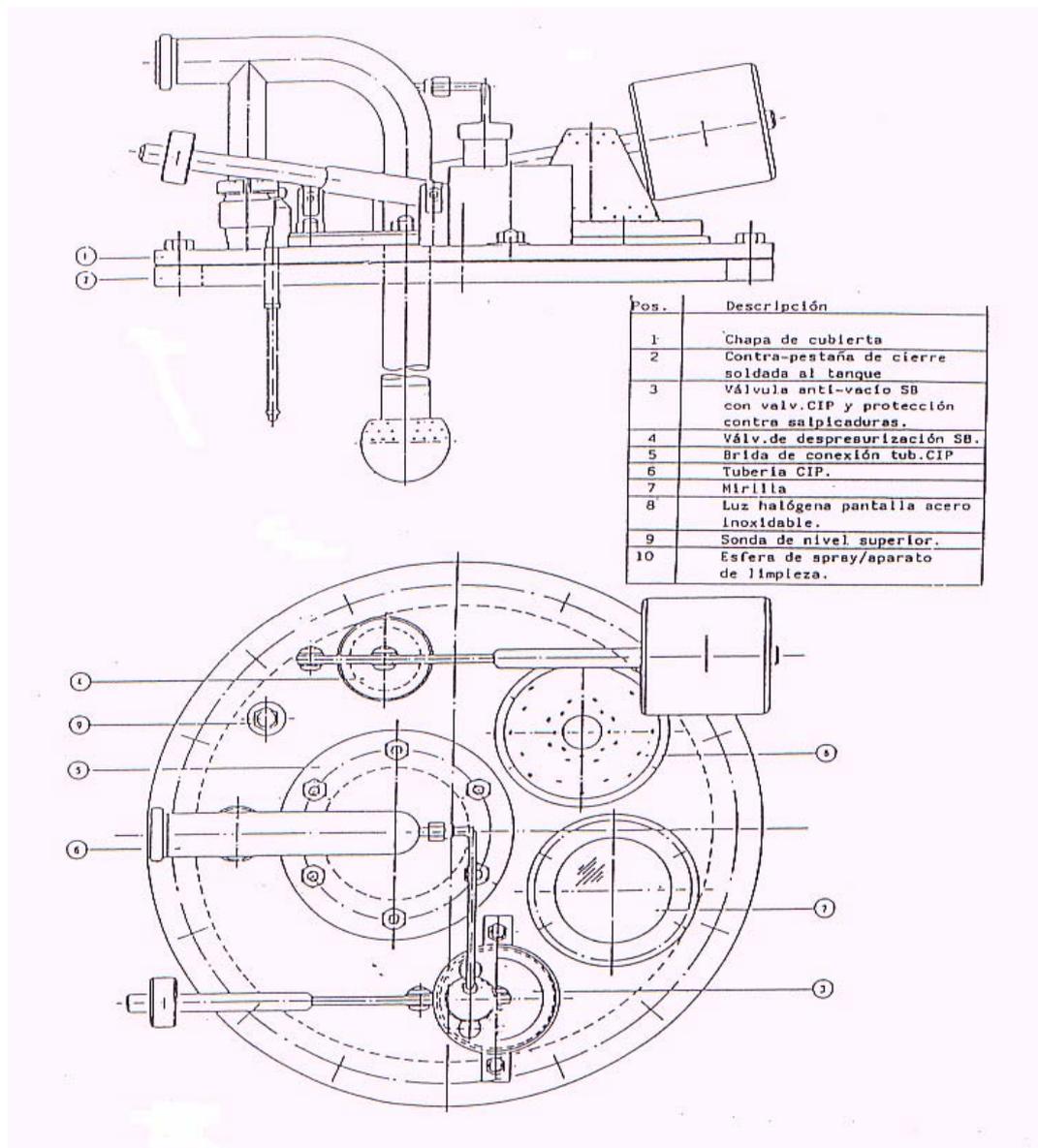
**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**  
**(IV.PTO.3. "INTERCAMBIADOR DE CALOR")**



**ENFRIADOR DE PLACAS.**

## ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA

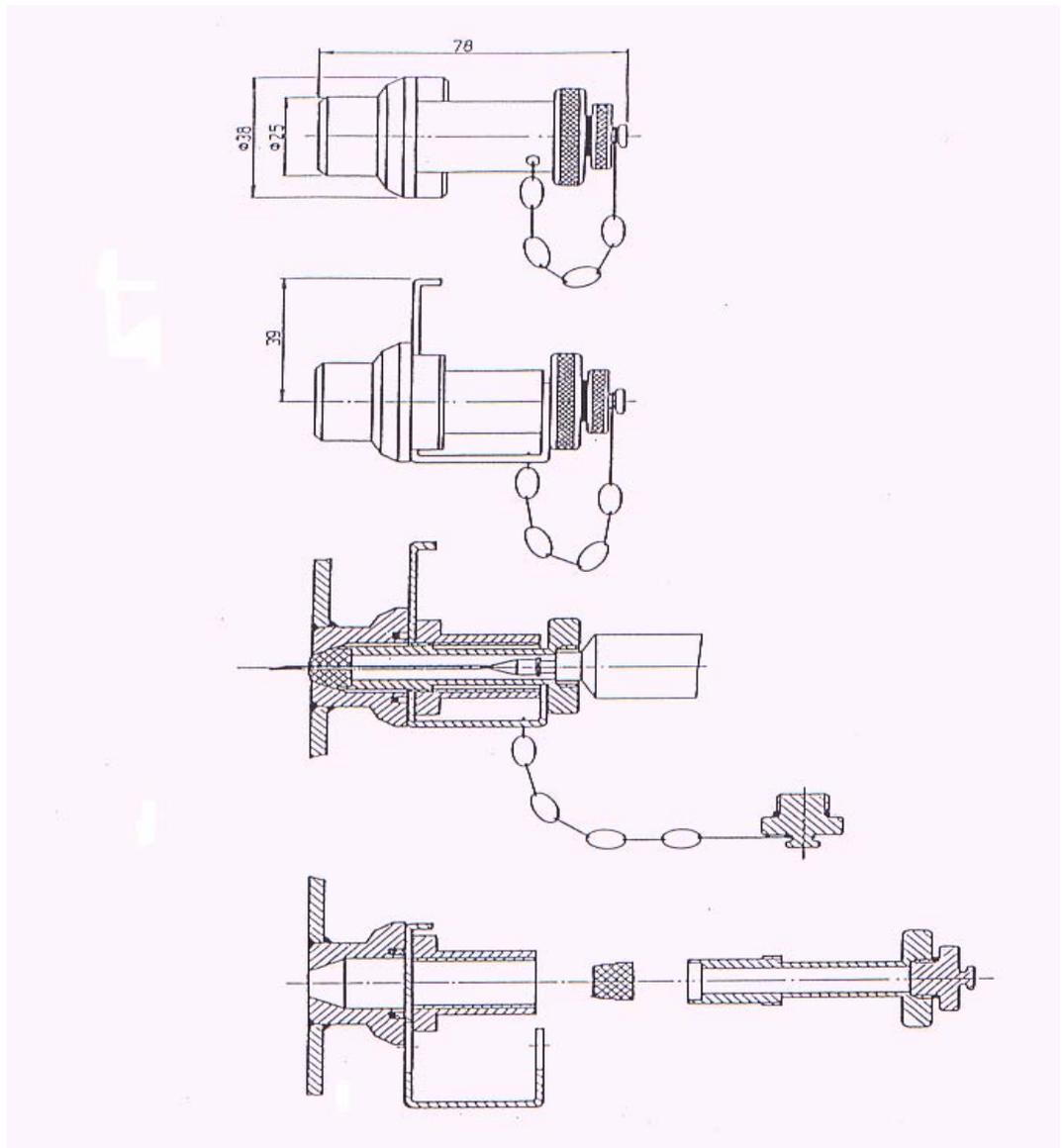
## (IV.PTO.4.TANQUES GUARDA)



## CABEZA DE LOS TANQUES

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**

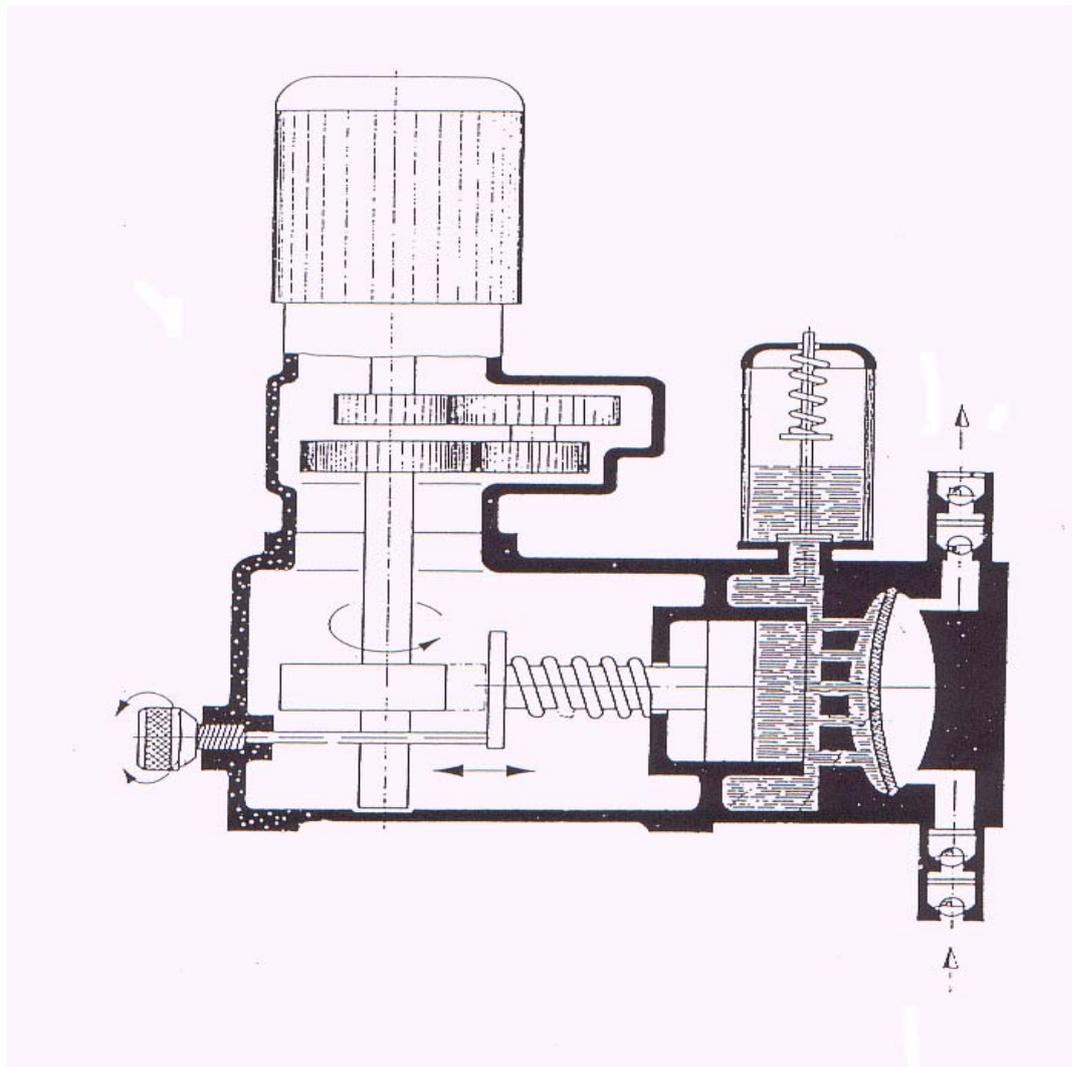
**(IV.PTO.4.TANQUES GUARDA)**



**MUESTREO**

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**

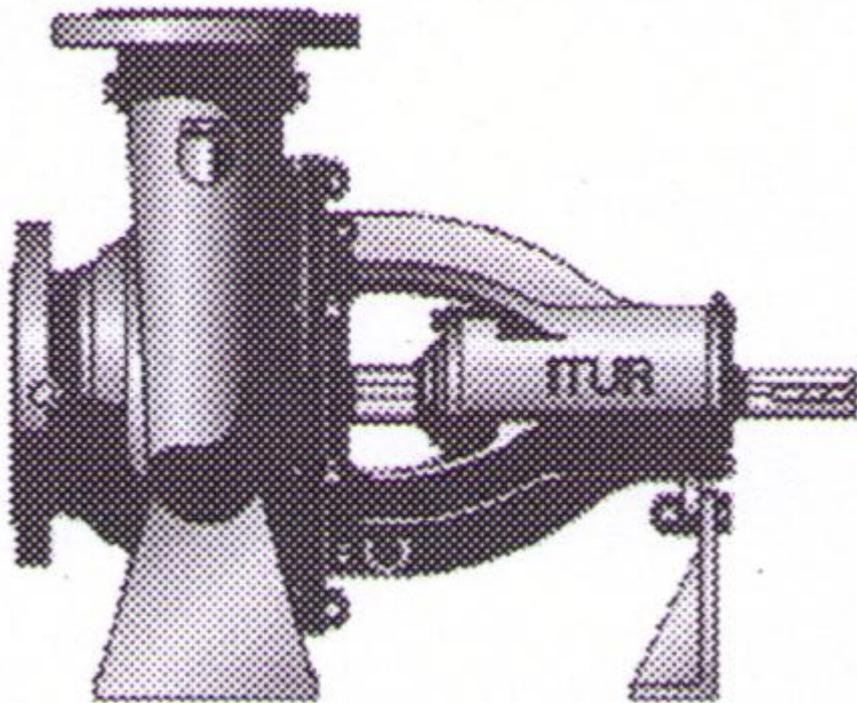
**(IV.PTO.6.DEPOSITO KIESELGUR)**



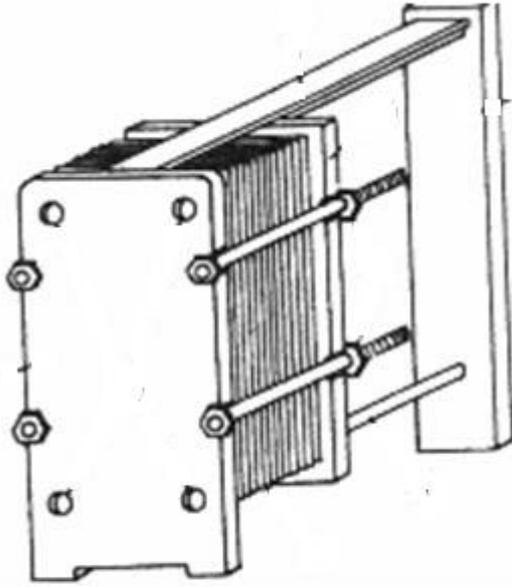
**BOMBA DOSIFICADORA**

**ANEXO DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA**

**(IV.PTO.10.BOMBAS)**

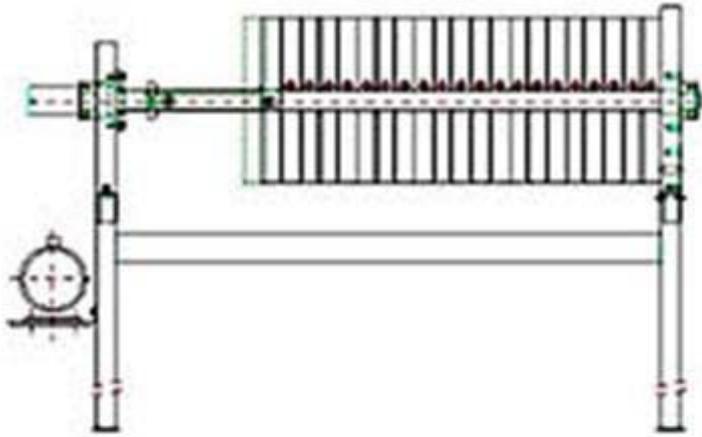


**BOMBA CENTRÍFUGA NORMALIZADA (DIN-24255)  
SERIE IN**



## - CÁLCULOS -

**“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTOS POST-FERMENTATIVOS DE MOSTOS DE CERVEZA”**



39  
148

## **0. INTRODUCCIÓN.**

En la memoria de cálculo se han diseñado los equipos de una sala de “Tratamientos Post-fermentativo” de una factoría de cerveza.

Dicha sala tiene que soportar un caudal diario de 350 Hl, de mosto de cerveza proveniente de la sala de fermentación. Este caudal se divide en 2 ciclos de filtración de 10 h. cada uno, dejando 4 h. (2 y 2) para los lavados.

El proceso a seguir en la sala, fundamentalmente, será:

- 1) Enfriar el mosto proveniente de la sala de fermentación.
- 2) Filtrar y clarificar la cerveza.
- 3) Acondicionar y guardar hasta obtener la cerveza final.

El enfriamiento del mosto se realizara mediante un intercambiador de marco y placas. La filtración mediante un filtro prensa de tierras diatomeas ya que son los que dan mejores resultados de clarificación. Por ultimo, el acondicionamiento final se realizara en tanques adecuados a tal fin.

## **I. DISEÑO DEL FILTRO.**

La filtración se realiza en un filtro prensa de marco y placas usando como coadyuvante de filtración Kieselgur (tierras diatomeas).

### **I.1. Rendimiento de la filtración.**

Se entiende por rendimiento de filtración, el caudal de cerveza filtrada por unidad de tiempo y de superficie. (Hl / h m<sup>2</sup>)

El rendimiento es hasta cierto punto una magnitud medible. En la actualidad no existe ningún ensayo fundamental y adaptado a la práctica industrial que indique cual debe ser el rendimiento ideal de filtración con Kieselgur.

Así se ha visto experimentalmente que para filtros de placas se aplica un rendimiento medio de 3 Hl/h m<sup>2</sup>.

$$\text{Rendimiento} = \text{Caudal} / (\text{Tiempo} \times \text{Superficie})$$

$$\text{Rendimiento medio} = 3 \text{ Hl/h m}^2.$$

### **I.2. Cálculo de la superficie de filtración.**

Los ciclos de filtración en el filtro prensa son largos, comparándolos con los de otros filtros como son los de masas o los

de bujías. En la planta se realizaran dos ciclos de filtración por día de 10 horas cada uno. Utilizándose 4 horas (2 y 2 en cada ciclo) más en el lavado, pasteurización y posterior puesta en marcha.

Al ser cada ciclo de 10 h., y tener un rendimiento medio de filtración 3 Hl/h m<sup>2</sup>, en cada ciclo se filtraran:

$$3 \text{ Hl/h m}^2 \cdot 10 \text{ h} = 30 \text{ Hl/ m}^2$$

Como el caudal diario de la sala es de 350 Hl, (Q = 350 Hl/día), y a lo largo del día se realizan dos filtraciones. Se obtiene pues un caudal de 175 Hl en cada proceso de filtración.

$$\frac{350 \text{ Hl/ dia}}{2 \text{ filtr./ dia}} = 175 \text{ Hl/ filtración}$$

Para obtener la superficie de filtro (S) necesaria:

$$S = \frac{1 \text{ m}^2}{30 \text{ Hl}} \cdot 175 \text{ Hl} = 5,83 \text{ m}^2$$

Por tanto, el filtro adecuado al proceso debe tener una superficie:

$$\mathbf{S = 5,83 \text{ m}^2}$$

### **I.3. Espesor de Kieselgur en precapa.**

La densidad del Kieselgur ( $\rho$ ) es de 1/3 kg/l, la dosis de precapa se sitúa entre 0,5 y 1 kg/m<sup>2</sup> de Kieselgur.

En este caso se toma una dosis de precapa de 0,8 kg/m<sup>2</sup>

$$0,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 3 \cdot \frac{\text{l}}{\text{kg}} = 2,4 \frac{\text{l}}{\text{m}^2} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

El espesor ( $L_0$ ) de la torta de precapa es:

$$\mathbf{L_0 = 2,4 \text{ mm}}$$

### **I.4. Cálculo de espesor de la torta.**

Se ha calculado experimentalmente que el  $\Delta P_0 = 0,2$  bar y el incremento de presión a lo largo de la filtración suele estar comprendido sobre los 3 bar.

Para este estudio se aplica la ecuación para tortas incompresibles (el espesor de Kieselgur se toma a motivos de cálculo como incompresible):

$$\frac{1}{A} \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{\Delta P}{r \cdot \mu \cdot (L_0 + L)}$$

Siendo:

- A Área de la sección transversal del filtro (m<sup>2</sup>)
- V Volumen de filtrado (m<sup>3</sup>)
- t Tiempo (s)
- $\Delta P$  Diferencia de presión a ambos lados de la torta (N/m<sup>2</sup>)
- r Resistencia específica de la torta, referida al volumen de torta (1/m<sup>2</sup>)
- $\mu$  Viscosidad (kg/m·s)
- L Espesor de la torta (m)
- L<sub>0</sub> Espesor del medio filtrante (m)

Como la velocidad de flujo es constante:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{V}{t} = cte$$

La integral es inmediata:

$$\frac{V}{t} = \frac{\Delta P}{r \cdot \mu \cdot L_0 + r \cdot \mu \cdot L} \quad A$$

Teniendo en cuenta la caída de presión respecto al volumen filtrado tenemos:

$$\Delta P = \frac{r \cdot \mu \cdot L_0 \cdot V}{t \cdot A} + \frac{r \cdot \mu \cdot L \cdot V}{t \cdot A}$$

(1)                      (2)

Calculo de V/t:

$$V = 175 \text{ Hl} = 17.500 \text{ l} = 17.5 \text{ m}^3$$

$$t = 10 \text{ horas} = 36000 \text{ s}$$

$$V/t = \frac{17.5}{36000} = 4,86 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(1) \text{ "Medio Filtrante (Kieselgur)" } \Rightarrow \Delta P = \frac{r \cdot \mu \cdot L_0 \cdot V}{t \cdot A}$$

Siendo:

$$\Delta P = 0,2 \cdot 10^5 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$L_0 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ (m)}$$

$$V/t = 4,86 \cdot 10^{-4} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$A = 5,83 \text{ (m}^2\text{)}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (1) y despejando:

$$0,2 \cdot 10^5 = \frac{r \cdot \mu \cdot 2,4 \cdot 10^{-3} \cdot 4,86 \cdot 10^{-4}}{5,83} \Rightarrow r \cdot \mu = 0,99965 \cdot 10^{11} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}}$$

Este último valor es constante a lo largo del proceso, por tanto,

sustituyendo en (2) y despejando se obtiene el valor de L:

$$(2) \text{ "Torta"} \quad \Rightarrow \quad \Delta P = \frac{r \cdot \mu \cdot L \cdot V}{t \cdot A}$$

Siendo:

$$\Delta P = 2,8 \cdot 10^5 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$r \cdot \mu = 0,99965 \cdot 10^{11} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}}$$

$$V/t = 4,86 \cdot 10^{-4} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$A = 5,83 \text{ (m}^2\text{)}$$

Sustituyendo los valores de la ecuación (2):

$$2,8 \cdot 10^5 = \frac{0,99965 \cdot 10^{11} \cdot L \cdot 4,86 \cdot 10^{-4}}{5,83}$$

Y despejando el espesor (L):

$$L = \frac{\Delta P \cdot A}{r \cdot \mu \cdot (V/t)} \quad \Rightarrow \quad L = \frac{2,8 \cdot 10^5 \cdot 5,83}{0,99965 \cdot 10^{11} \cdot 4,86 \cdot 10^{-4}} = 0,0336 \text{ m}$$

$$L = 0,0336 \text{ m} \cdot 1000 \text{ mm/m} = 33,6 \text{ mm}$$

Por lo tanto el espesor total de la torta será:

$$L + L_0 = 33,6 + 2,4 = 36 \text{ mm}$$

Al elegir el espesor se sobredimensiona en un 10% por motivos de seguridad.  $\Rightarrow \mathbf{L + L_0 = 36 \cdot 1,1 = 39,6 \text{ mm}}$

### **I.5. Cálculo del número de placas.**

Con los datos obtenidos, se ha optado por un filtro de marcos y placas especialmente adecuado para trabajar con tierras diatomeas.

Siendo:

- Dimensiones de las placas 800 x 800 mm
- Superficie filtrante de cada placa 0,92 m<sup>2</sup>

Teniendo en cuenta que la superficie filtrante de la placa es de 0,92 m<sup>2</sup> y la superficie de filtración total del filtro, calculada anteriormente, es de 5,83 m<sup>2</sup>

$$\frac{5,83}{0,92} \approx 7 \text{ placas}$$

7 placas - 1 placa (formada por dos mitades de la cabeza y cola del filtro) = 6 placas

A las que le corresponden 7 marcos.

**I.6. Características técnicas.**

Filtro de marcos y placas para tierras diatomeas marca CINTER.

- TAMAÑO DE LA PLACA: 800 x 800 mm.
- ANCHO DE BASTIDOR: 1200 mm.
- ALTO: 1330 mm.
- LONGITUD TOTAL DEL FILTRO: Mínima 2300 mm.  
Máxima 4710 mm.
- LONGITUD UTIL PARA PLACAS: Mínima 1200 mm.  
Máxima 3500 mm.
- ESPESOR DE MARCO: 80 mm.
- SUPERFICIE FILTRANTE: 0,92 m<sup>2</sup>
- PRESION DE TRABAJO: 0 -7 bar.

## **II. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE PLACAS.**

Sobre un intercambiador base V4 (indicado para caudales menores de 7 m<sup>3</sup> y 1 paso sobre los dos circuitos). Siendo el caudal de la cerveza procedente de la sala de fermentación de 2,5 m<sup>3</sup> / h., para evitar problemas de desprendimiento de la torta de filtración.

### **II.1. Condiciones de servicio.**

	Caudal	T <sup>a</sup> Entrada	T <sup>a</sup> Salida
Primario	2,5 m <sup>3</sup> /h	1 °C	- 1 °C
Secundario	-----	- 10 °C	-----

El fluido primario es el mosto de cerveza, que es el líquido a enfriar, actuando como fluido secundario el refrigerante (glicol). Se producirá un intercambio de calor entre ambos fluidos en el que la cerveza se enfriará y el refrigerante ganará temperatura.

**Hipótesis.**

Se supone 2 hipótesis iniciales para que mediante métodos iterativos llegar al cálculo del intercambiador:

1) Caudal del refrigerante:

$$q_2 = 1.500 \text{ kg/h}$$

2) Número de placas:

$$N = 11$$

**II.2. Método de cálculo.**

Siendo :

$$S' = S_0 \cdot (N - 2)$$

$$S = \frac{Q}{k \cdot \Delta T_m}$$

Donde: S' es la superficie real del intercambiador.

S es la superficie necesaria.

Se calculará S' y S y se compararan hasta que mediante métodos iterativos ambas sean lo mas aproximado posible. Por tanto, habrá que conseguir que:

$$S' \approx S$$

**1) CALCULO DE S':**

$$S' = S_0 \cdot (N - 2)$$

Siendo:

S' Superficie real del Intercambiador.

N Número de placas.

S<sub>0</sub> Superficie unitaria de placa.  
(depende del Intercambiador)

Para el modelo (V4)  $\Rightarrow S_0 = 0,043 \text{ m}^2$

Numero de placas  $\Rightarrow N = 11$  (hipótesis)

Sustituyendo en:  $S' = S_0 \cdot (N - 2)$

$$S' = 0,043 \cdot (11 - 2) = \mathbf{0,387 \text{ m}^2}$$

**2) CALCULO DE S:**

$$S = \frac{Q}{k \cdot \Delta T_m}$$

Siendo:

S Superficie necesaria (m<sup>2</sup>)

Q Carga total (kcal/h)

K Coeficiente de intercambio (kcal/h m<sup>2</sup> °C)

$\Delta T_m$  Incremento logarítmico de  $T^a$  media (°C)

Donde:

$$1) Q = q_1 \cdot c_1 \cdot (T_{e1} - T_{s1}) = q_2 \cdot c_2 \cdot (T_{s2} - T_{e2})$$

$$2) \Delta T_m = \frac{\Delta T_c - \Delta T_f}{Ln \frac{\Delta T_c}{\Delta T_f}}$$

$$3) \frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{e_0}{\lambda_0}$$

1.- flujo de cerveza.

2.- flujo del refrigerante.

### 2.1) CALCULO DE Q:

$$Q = q_1 \cdot c_1 \cdot (T_{e1} - T_{s1}) = q_2 \cdot c_2 \cdot (T_{s2} - T_{e2})$$

Siendo:

Q Balance térmico (kcal / h)

qi Caudal másico (kg/ h)

ci Calor específico (kcal / kg·°C)

T<sub>si</sub> Temperatura de salida (°C)

T<sub>ei</sub> Temperatura de entrada (°C)

Siendo conocido:

$$q_1 = 2500 \text{ kg/h}$$

$$q_2 = 1500 \text{ kg/h}$$

$$c_1 = 1 \text{ kcal/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$c_2 = 0,88 \text{ kcal/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$T_{e1} = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{e2} = -10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{s1} = -1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{s2} = \text{-----}$$

Sustituyendo los valores, se obtiene:

$$Q = 2500 \cdot 1 \cdot (1 - (-1)) = \mathbf{5000 \text{ kcal/ h}}$$

$$5000 = 1500 \cdot 0,88 \cdot (T_{s2} - (-10))$$

$$T_{s2} = -6,21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

## 2.2) CALCULO DE $\Delta T_m$ :

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_c - \Delta T_f}{Ln \frac{\Delta T_c}{\Delta T_f}}$$

T<sup>a</sup> CALIENTE

T<sup>a</sup> FRIA

Fluido caliente	1 °C	-1 °C
Fluido frío	- 6,21 °C	-10 °C
$\Delta T_m$	$\Delta T_c = 7,21 \text{ } ^\circ\text{C}$	$\Delta T_f = 9 \text{ } ^\circ\text{C}$

Sustituyendo los valores, se obtiene:

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_c - \Delta T_f}{Ln \frac{\Delta T_c}{\Delta T_f}} = \frac{7,21 - 9}{Ln \frac{7,21}{9}} = \mathbf{8,07 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

### 2.3) CALCULO DE K:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{e_0}{\lambda_0}$$

Siendo:

- K Coeficiente de intercambio (kcal / h·m<sup>2</sup>·°C)
- e<sub>0</sub> Espesor de las placas (m)
- λ<sub>0</sub> Conductividad térmica de las placas (kcal / h·m<sup>2</sup>·°C/m)
- α<sub>i</sub> Coeficiente de la película (kcal / h·m<sup>2</sup>·°C)

Por tanto para calcular K habrá que conocer α<sub>i</sub> y  $\frac{e_0}{\lambda_0}$ :

$$\frac{e_0}{\lambda_0} = 5 \cdot 10^{-5} \quad \text{Para el acero inoxidable.}$$

α<sub>1</sub> es función de la velocidad de circulación de la cerveza ( v<sub>1</sub> ).

α<sub>2</sub> es función de la velocidad de circulación del refrigerante ( v<sub>2</sub> ).

Se calcula la velocidad de circulación, mediante:

$$v_1 = \frac{q_1}{0,36 \cdot s_0 \cdot x_i} \quad \text{y} \quad v_2 = \frac{q_2}{360 \cdot s_0 \cdot x_i \cdot \rho_i}$$

con:

- $v_i$  velocidad de circulación (m/s)
- $s_0$  sección de paso por canal (cm<sup>2</sup>)
- $q_2$  caudal másico (kg/h)
- $q_1$  caudal volumétrico (m<sup>3</sup>/h)
- $x_i$  número de canales por paso
- $\rho_i$  densidad (kg/dm<sup>3</sup>)

Primero se calculará el número de canales por paso ( $x_i$ ).

Siendo el n° de pasos  $n_i = 1$ .

$$x_i = \frac{N-1}{2 \cdot n_i} = \frac{11-1}{2 \cdot 1} = 5$$

En función del modelo a usar y del tipo de placas, mediante tablas calculamos  $s_0$ . Para un intercambiador V4  $\Rightarrow s_0 = 3,06 \text{ cm}^2$ .

Por tanto resulta que:

$$q_1 = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_2 = 1500 \text{ kg/h}$$

$$s_0 = 3,06 \text{ cm}^2$$

$$\rho_i = 1,31 \text{ kg/dm}^3$$

$$x_i = 5$$

Sustituyendo los valores, se obtiene:

$$v_1 = \frac{2,5}{0,36 \cdot 3,06 \cdot 5} = 0,453 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{y} \quad v_2 = \frac{1500}{360 \cdot 3,06 \cdot 5 \cdot 1,31} = 0,207 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

En función de la temperatura y la velocidad de circulación del fluido, mediante ábacos (ver anexo-1), se consigue el coeficiente de película ( $\alpha_i$ ) en (kcal / h·m<sup>2</sup>·°C)

Obteniéndose:

$$v_1 = 0,453 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ (cerveza } \approx \text{ a } 0 \text{ }^\circ\text{C)} \Rightarrow \alpha_1 = 8.300 \text{ kcal / h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$$

$$v_2 = 0,207 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ (refrigerante } \approx \text{ a } -10 \text{ }^\circ\text{C)} \Rightarrow \alpha_2 = 3.750 \quad "$$

Conocido  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  y  $\frac{e_0}{\lambda_0}$ , se puede calcular K:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{e_0}{\lambda_0}$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{8300} + \frac{1}{3750} + 5 \cdot 10^{-5}$$

$$\frac{1}{k} = 4,371 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \mathbf{K = 2287,55 \text{ kcal / h} \cdot \mathbf{m^2 \cdot ^\circ C}}$$

**CALCULO DE S:**

$$S = \frac{Q}{k \cdot \Delta T_m}$$

Sustituyendo los valores de Q, K y  $\Delta T_m$  calculados:

$$S = \frac{5000}{2287,55 \cdot 8,07} = \mathbf{0,271 \text{ m}^2}$$

**II.3. Comparación de S' y S.**

$$S' = 0,387 \text{ m}^2$$

$$S = 0,271 \text{ m}^2$$

La superficie real del intercambiador  $S' \gg S$  superficie necesaria, por lo que el intercambiador ha salido sobredimensionado.

Cambiando las hipótesis de las que se partió y mediante métodos iterativos se llega a que el intercambiador ideal es:

1) Caudal del refrigerante:

$$q_2 = 1.250 \text{ kg/h}$$

2) Número de placas:

$$N = 9$$

Con estas nuevas hipótesis se calcula de nuevo  $S'$  y  $S$ , comparándolas entre si.

**CALCULO DE S':**

$$S' = S_0 \cdot (N - 2)$$

Siendo:

$S'$  Superficie real del Intercambiador.

$N$  Número de placas.

$S_0$  Superficie unitaria de placa.

( depende del Intercambiador)

$$\text{Para el modelo (V4)} \quad \Rightarrow \quad S_0 = 0,043 \text{ m}^2$$

$$\text{Numero de placas} \quad \Rightarrow \quad N = 9 \text{ (hipótesis)}$$

$$\text{Sustituyendo en:} \quad S' = S_0 \cdot (N - 2)$$

$$S' = 0,043 \cdot (9 - 2) = \mathbf{0,30 \text{ m}^2}$$

**CALCULO DE S:**

$$S = \frac{Q}{k \cdot \Delta T_m} \quad \text{Siendo:}$$

- S Superficie necesaria (m<sup>2</sup>)  
Q Carga total (kcal/h)  
K Coeficiente de intercambio (kcal/h m<sup>2</sup> °C)  
 $\Delta T_m$  Incremento logarítmico de T<sup>a</sup> media (°C)

Donde:

$$1) \quad Q = q_1 \cdot c_1 \cdot (T_{e1} - T_{s1}) = q_2 \cdot c_2 \cdot (T_{s2} - T_{e2})$$

$$2) \quad \Delta T_m = \frac{\Delta T_c - \Delta T_f}{\ln \frac{\Delta T_c}{\Delta T_f}}$$

$$3) \quad \frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{e_0}{\lambda_0}$$

1.- flujo de cerveza.

2.- flujo del refrigerante.

El valor de Q no varia, sin embargo los de  $\Delta T_m$  y K si ya que son función de q<sub>2</sub>.

**CALCULO DE  $\Delta T_m$ :**

$$Q = q_2 \cdot c_2 \cdot (T_{s2} - T_{e2})$$

Como:  $Q = 5000 \text{ kcal/ h}$        $q_2 = 1250 \text{ kg/ h}$

$c_2 = 0,88 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$        $T_{e2} = -10 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$5000 = 1250 \cdot 0,88 \cdot (T_{s2} - (-10))$$

$$\Rightarrow T_{s2} = - 5,45 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_c - \Delta T_f}{\text{Ln} \frac{\Delta T_c}{\Delta T_f}}$$

T<sup>a</sup> CALIENTE

T<sup>a</sup> FRIA

Fluido caliente	1 °C	-1 °C
Fluido frío	- 5,45 °C	-10 °C
$\Delta T_m$	$\Delta T_c = 6,45 \text{ } ^\circ\text{C}$	$\Delta T_f = 9 \text{ } ^\circ\text{C}$

Sustituyendo los valores, se obtiene:

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_c - \Delta T_f}{\text{Ln} \frac{\Delta T_c}{\Delta T_f}} = \frac{6,45 - 9}{\text{Ln} \frac{6,45}{9}} = \mathbf{7,65 \text{ } ^\circ}$$

**CALCULO DE K:**

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{e_0}{\lambda_0}$$

Siendo:

- K Coeficiente de intercambio (kcal / h·m<sup>2</sup>·°C)
- e<sub>0</sub> Espesor de las placas (m)
- λ<sub>0</sub> Conductividad térmica de las placas (kcal / h·m<sup>2</sup>·°C/m)
- α<sub>i</sub> Coeficiente de película (kcal / h·m<sup>2</sup>·°C)

Por tanto para calcular K habrá que conocer α<sub>i</sub> y  $\frac{e_0}{\lambda_0}$ :

$$\frac{e_0}{\lambda_0} = 5 \cdot 10^{-5} \quad \text{Para el acero inoxidable.}$$

α<sub>1</sub> es función de la velocidad de circulación de la cerveza ( v<sub>1</sub> ).

α<sub>2</sub> es función de la velocidad de circulación del refrigerante ( v<sub>2</sub> ).

Se calcula la velocidad de circulación, mediante:

$$v_1 = \frac{q_1}{0,36 \cdot s_0 \cdot x_i} \quad \text{y} \quad v_2 = \frac{q_2}{360 \cdot s_0 \cdot x_i \cdot \rho_i}$$

Siendo:

$v_i$	velocidad de circulación	(m/s)
$s_0$	sección de paso por canal	(cm <sup>2</sup> )
$q_2$	caudal másico	(kg/h)
$q_1$	caudal volumétrico	(m <sup>3</sup> /h)
$x_i$	número de canales por paso	
$\rho_i$	densidad	(kg/dm <sup>3</sup> )

Primero se calculará el número de canales por paso ( $x_i$ ).

Siendo el n° de pasos  $n_i = 1$ .

$$x_i = \frac{N-1}{2 \cdot n_i} = \frac{9-1}{2 \cdot 1} = 4$$

En función del modelo a usar y del tipo de placas, mediante tablas calculamos  $s_0$ . Para un intercambiador V4  $\Rightarrow s_0 = 3,06 \text{ cm}^2$ .

Por tanto resulta que:

$$q_1 = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_2 = 1250 \text{ kg/h}$$

$$x_i = 4$$

$$s_0 = 3,06 \text{ cm}^2$$

$$\rho_i = 1,31 \text{ kg/dm}^3$$

Sustituyendo los valores, se obtiene:

$$v_1 = \frac{2,5}{0,36 \cdot 3,06 \cdot 4} = 0,56 \frac{m}{s} \quad \text{y} \quad v_2 = \frac{1250}{360 \cdot 3,06 \cdot 4 \cdot 1,31} = 0,21 \frac{m}{s}$$

En función de la temperatura y la velocidad de circulación del fluido, mediante ábacos (ver anexo-1), se consigue el coeficiente de película ( $\alpha_i$ ) en (kcal / h·m<sup>2</sup>·°C)

Obteniéndose:

$$v_1 = 0,56 \frac{m}{s} \text{ (cerveza } \approx \text{ a } 0 \text{ } ^\circ\text{C)} \Rightarrow \alpha_1 = 8.700 \text{ kcal / h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$$

$$v_2 = 0,21 \frac{m}{s} \text{ (refrigerante } \approx \text{ a } -10 \text{ } ^\circ\text{C)} \Rightarrow \alpha_2 = 3.750 \quad "$$

Conocido  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  y  $\frac{e_0}{\lambda_0}$ , se puede calcular K:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{e_0}{\lambda_0}$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{8700} + \frac{1}{3750} + 5 \cdot 10^{-5}$$

$$\frac{1}{k} = 4,316 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \mathbf{K = 2317 \text{ kcal / h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}}$$

**CALCULO DE S:**

Sustituyendo los valores de Q, K y  $\Delta T_m$  calculados de nuevo:

$$S = \frac{Q}{k \cdot \Delta T_m} = \frac{5000}{2317 \cdot 7,65} = \mathbf{0,29 \text{ m}^2}$$

Este resultado ya se puede tomar como bueno, pues la superficie necesaria (S) es aproximadamente igual que la superficie real del intercambiador (S').

$$S \approx S'$$

$$S' = 0,30 \approx S = 0,29$$

Luego el Intercambiador a usar según el modelo elegido (V4) será de 9 placas y el caudal del refrigerante será de 1250 kg / h.

**Hipótesis validas.**

1) Caudal del refrigerante:

$$q_2 = 1.250 \text{ kg/h}$$

2) Número de placas:

$$N = 9$$

**II.4. Características técnicas.**

Intercambiador de calor tipo de placas y de la marca Vicard.

- MODELO: V4
- CAUDAL MAXIMO: 7 m<sup>3</sup>/h
- NUMERO DE PLACAS: 5-200
- SUPERFICIE MAXIMA: 2 m<sup>2</sup>
- PRESION MAX. TRABAJO: 25 kg/cm<sup>2</sup>
- LARGO: 200-500 mm
- ANCHO: 160 mm
- ALTO: 500 mm
- SUP. UNITARIA DE PLACA: 0,043 m<sup>2</sup>
- ESPESOR DE PLACAS: > 0,6 mm
- $\phi$  TUB. ENTR. INTERCAM.: 25 mm
- PESO DE LA PLACA: 0,4 kg
- PESO DEL BASTIDOR: 25 - 70 kg
- MATERIAL DE PLACAS: Hastelloy.
- MATERIAL DE JUNTAS: Vitón.
- TIPO DE CIRCULACION: Vertical (monopaso)

### **III. DISEÑO DE LOS TANQUES DE GUARDA.**

Los tanques de almacenamiento de cerveza (en el modelo vertical) tienen un diseño óptimo, en el que la longitud del mismo equivale a ocho quintos del diámetro del tanque. Refiriéndose, siempre a medidas internas del mismo. ( $L = 8/5 d$ )

El tiempo de guarda de la cerveza antes de pasar a la planta de embotellado no debe exceder de 4 días.

Los tanques se diseñan dejando un 20% de espacio libre para el CO<sub>2</sub> de la cerveza.

En la guarda la cerveza contiene entre 5 y 6 g/l de CO<sub>2</sub> en disolución. Consultando tablas, (ver anexo-2) se tiene que para esa concentración de CO<sub>2</sub> y para 0 °C que es la temperatura a la que se realiza la maduración, la presión está entre 1,5 y 1,9 atm.

#### **Nº de Tanques necesarios:**

Se realizan 2 filtraciones al día de 175 Hl. cada una y el periodo de almacenamiento en estos es de 4 días. Luego el numero de tanques será:

$$(2 \text{ tanques/día}) \times (4 \text{ días} + 1 \text{ de llenado}) = 10 \text{ Tanques.}$$

### **III.1. Dimensiones.**

Los depósitos serán verticales con cabeza y fondo de tipo elipsoidal y el cuerpo cilíndrico, estando sostenido sobre 4 patas.

El volumen de cerveza que debe albergar cada tanque es de 175 Hl. siendo recomendable dejar un 20% libre para el CO<sub>2</sub>

$$175 \text{ Hl} \cdot 1,2 = 210 \text{ Hl}$$

Se calculara por tanto un depósito cuyo volumen interno sea de 210 Hl.

- La cabeza elipsoidal es del tipo K2 (C.E.R.A.P.) CODIGO ESPAÑOL DE RECIPIENTES Y APARATOS A PRESION.

Para el tipo K2, la altura del casquete es un cuarto del diámetro y el volumen es igual a  $\pi/24 \cdot d^3$  (ver anexo-3).

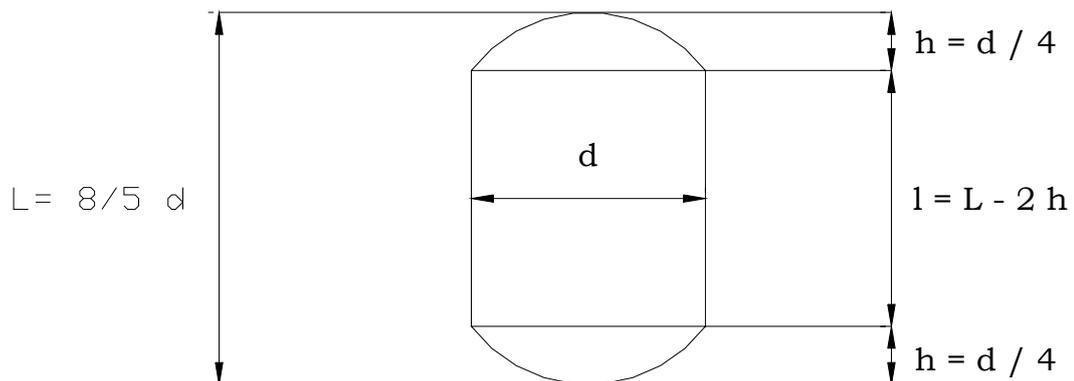
$$V_{\text{elipsoidal}} = \frac{\pi}{24} \cdot d^3 = 0,131 \cdot d^3$$

$$h_{\text{elipsoidal}} = d/4$$

- El cuerpo será de forma cilíndrica.

$$V_{\text{cilindro}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} l$$

Ver figura:



$$l = L - 2 h_{\text{elipsoidal}} = L - d/2$$

VOLUMEN = VOLUMEN CILINDRICO + 2 VOLUMEN ELIPSOIDAL

$$V_{TOTAL} = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot \left( L - \frac{d}{2} \right) + (2 \cdot 0,131 d^3)$$

Como la longitud del depósito es de 8/5 veces el diámetro del mismo:  $L = 8/5 d$

Entonces:

$$V_{TOTAL} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \left( \frac{8}{5} d - \frac{d}{2} \right) + 0,262 \cdot d^3$$

El volumen total del depósito es de  $210 \text{ Hl} = 21 \text{ m}^3$ .

$$21 = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot 1.1}{4} + 0,262 \cdot d^3 \Rightarrow d = 2,652 \text{ m}$$

Entonces:

$$\mathbf{d = 2,652 \text{ m.}}$$

$$\mathbf{L = 8/5 d = 4,243 \text{ m.}}$$

$$\mathbf{h_{\text{elipsoidal}} = d/4 = 0,663 \text{ m}}$$

$$\mathbf{l = L - 2 h_{\text{elipsoidal}} = 2,917 \text{ m.}}$$

### **III.2 Cálculo de espesores.**

Los espesores del tanque se calcularan según el CODIGO DE DISEÑO A.S.M.E. (AMERICAN SOCIETY OF AMERICAN ENGINEERS).

Se calculara el espesor del tanque sometido a presión interna. Expresando las fórmulas en función de las dimensiones interiores.

Se calculara tanto el espesor para el cuerpo cilíndrico, como para la cabeza y fondo elipsoidal, mediante las expresiones: (ver anexo-4).

#### **CASCO CILINDRICO.**

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P} + C. A.$$

**CASQUETE ELIPSOIDAL.**

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P} + C. A.$$

Siendo:

P Presión de diseño o presión máxima de trabajo permitida. (lb/pulg<sup>2</sup>)

S Valor del esfuerzo del material (tablas, ver anexo-11).

E Eficiencia de la junta (tablas, ver anexo-13).

R Radio interior. (pulgadas)

D Diámetro interior. (pulgadas)

t Espesor de la pared. (pulgadas)

C.A. Margen por corrosión. (pulgadas)

Todas las variables son conocidas, unas por medio de tablas otras porque han sido calculadas, a excepción de la Presión de diseño (P). Esta se calcula a partir de la Presión de operación.

La presión de operación, es la presión que se requiere en el proceso del que forma parte el recipiente, a la cual trabaja normalmente este.

En estos tanques la presión es la del proceso que es de 1,9 atm. más la presión debida a la columna de líquido.

Los depósitos son verticales y tienen una altura (H) a nivel de líquido de:

$$H = h_{\text{elipsoidal}} + h_{\text{liq.-cilindro}}$$

$$V_{\text{total}} = 17,5 \text{ m}^3.$$

$$V_{\text{elipsoidal}} = \pi/24 \cdot d^3 = 0,131 \cdot d^3$$

$$h_{\text{elipsoidal}} = d/4$$

Sustituyendo  $d = 2,652 \text{ m}$ .

$$V_{\text{elipsoidal}} = 2,44 \text{ m}^3.$$

$$h_{\text{elipsoidal}} = 0,663 \text{ m}.$$

Por tanto:

$$V_{\text{liq.-cilindro}} = 17,5 - 2,44 = 15,06 \text{ m}^3.$$

$$V_{\text{liq.-cilindro}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h_{\text{liq.-cilindro}}$$

Sustituyendo V y d y despejando  $h_{\text{liq.-cilindro}}$ , se obtiene:

$$h_{\text{liq.-cilindro}} = 2,726 \text{ m}.$$

Obteniéndose así:

$$H = h_{\text{elipsoidal}} + h_{\text{liq.-cilindro}} = 0,663 + 2,726 = 3,39 \text{ m}.$$

$$3,39 \text{ m} \cdot 3,28083 \text{ ft/m} = 11,12 \text{ ft}$$

Tomando la densidad específica de la cerveza como 1, para 11,12 ft la sobrepresión de la columna de cerveza es de: (ver anexo-14).

$$11,12 \times 0,433 = 4,81 \text{ lb/pulg}^2.$$

La sobrepresión creada por el dióxido de carbono es de 1,9 atm.

$$1.9 \text{ atm} \cdot 14,70 \frac{\text{lb/pulg}^2}{\text{atm}} = 27,93 \text{ lb/pulg}^2$$

La Presión de operación resulta ser:

$$P_{\text{OPERACION}} = 27,93 + 4,81 = 32,74 \text{ lb/pulg}^2$$

La PRESIÓN DE DISEÑO, es la presión que se emplea para diseñar el recipiente. Se recomienda diseñar un recipiente y sus componentes para una presión mayor que la presión de operación. Este requisito se satisface utilizando una presión de diseño de 30 lb/pulg<sup>2</sup> ó un 10 % más que la presión de trabajo, la que sea mayor de las dos. (ver anexo-9)

$$\text{Presión diseño} = 1,1 \cdot \text{Presión operación}$$

$$P_{\text{DISEÑO}} = 1,1 \cdot 32,74 = 36,014 \text{ lb/pulg}^2$$

Para el diseño del tanque se utiliza una chapa de acero inoxidable 18 % Cr, 8 % Ni. Con un contenido en carbono menor al 0,04 % (gran soldabilidad con eficiencia de la junta “E” examinada por zonas, ver anexo-13), que en el código ASME viene especificada como SA-240 (304L). Según la tabla de propiedades de los

materiales de acero inoxidable, para nuestra temperatura de aproximadamente de 0 °C que equivale al intervalo (-20 y 100 °F), resulta un valor máximo de esfuerzo permitido:

$$S = 15.700 \text{ lb/pulg}^2 \text{ (ver anexo-11)}$$

Aplicando las fórmulas para el cálculo de espesores.

### **CASCO CILINDRICO.**

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P} + C. A.$$

Siendo:

$$P \quad 36,014 \text{ lb/pulg}^2$$

$$S \quad 15.700 \text{ lb/pulg}^2$$

$$E \quad 0,85$$

$$R \quad 52,204(d= 2,652/2 =1,326m \cdot 39,370079 \text{ pulg/m})$$

$$C.A. \quad 0,125 \text{ pulg}$$

$$t = \frac{36,014 \cdot 52,204}{15.700 \cdot 0,85 - 0,6 \cdot 36,014} + 0,125 = 0,141 + 0,125 = 0,266 \text{ pulg}$$

Sabiendo que 1 metro son 39,370079 pulgadas.

$$0,266 \text{ pulg.}/0,039370079 \text{ pulg./mm.} = 6,75 \text{ mm.}$$

**Espesor del casco cilíndrico = 6,75 mm.**

**CABEZA ELIPSOIDAL.**

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P} + C. A.$$

Siendo:

P	36,014 lb/pulg <sup>2</sup>
S	15.700 lb/pulg <sup>2</sup>
E	0,85
D	104,408 pulg. (D= 2,652 m x 39,370079 pulg/m)
C.A.	0,125

Sustituyendo los valores en la ecuación se obtiene:

$$t = \frac{36,014 \cdot 104,408}{2 \cdot 15.700 \cdot 0,85 - 0,2 \cdot 36,014} + 0,125 = 0,141 + 0,125 = 0,266 \text{ pulgadas}$$

Espesor de la cabeza elipsoidal = 0,266 pulg.

Sabiendo que 1 metro son 39,370079 pulgadas.

Entonces:

$$0,266 \text{ pulg.} / 0,039370079 \text{ pulg./mm.} = 6,75 \text{ mm.}$$

**Espesor de la cabeza y fondo elipsoidal = 6,75 mm.**

#### **IV. DISEÑO DE LOS TANQUES TAMPÓN.**

Los tanques tampón se instalan justo antes y después de la filtración.

Su misión es la de absorber los choques de presión producidos, por ejemplo por varios depósitos pequeños, con diferencias de alturas, distancias extremas, etc.

Gracias a estos tanques (tampón) se consigue eliminar las variaciones en el caudal, debidas principalmente a los entre 2 y 5 minutos que se suele tardar en conectar la cerveza de un nuevo depósito (de la sala de fermentación) a la red, al acabarse el que estaba suministrando la cerveza para filtrar.

Los tanques se diseñan dejando un 20 % de espacio libre para el CO<sub>2</sub> de la cerveza.

Debido a la función que desempeñan (absorber los choques de presión) serán necesarios 2 depósitos, situados uno a la entrada y otro a la salida del filtro.

#### **IV.1. Dimensiones.**

Para los tanques tampón se utilizan depósitos verticales de cabeza elipsoidal (K2), tronco cilíndrico y fondo tronco-cónicos.

Partiendo de un depósito que debe contener 5 m<sup>3</sup> de cerveza y al tener que dejar un 20 % libre para el CO<sub>2</sub>.

$$5 \text{ m}^3 \cdot 1,2 = 6 \text{ m}^3$$

Se calculara por tanto un depósito cuyo volumen interno sea de 6 m<sup>3</sup>.

Para ello se parte de las siguientes especificaciones:

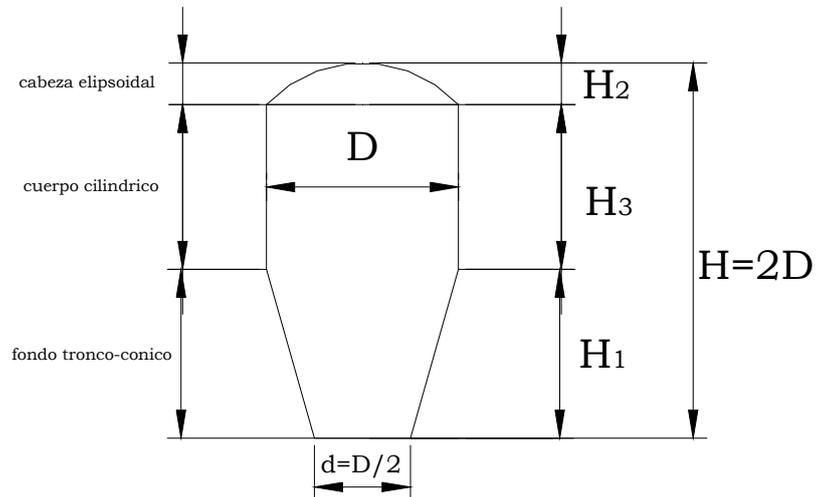
- La cabeza elipsoidal es del tipo K2 (C.E.R.A.P.), donde el volumen y la altura son: (ver anexo-3)

$$V_{\text{ELIPSOIDAL}} = \pi/24 \cdot D^3 = 0,131 \cdot D^3 \quad H_2 = D/4$$

- La altura (H) del tanque es 2 veces el diámetro (D) del mismo.  $\Rightarrow H = 2 \cdot D$
- El diámetro menor (d) del tronco-cono es la mitad del mayor.  $\Rightarrow d = D/2$
- El volumen del tronco-cono es 1/3 del volumen total.

$$V_{\text{TRONCO CONO}} = 1/3 V_{\text{TOTAL}}$$

(Ver figura de carácter ilustrativo)



$$H = H_1 + H_2 + H_3 = 2 D$$

$$V_{\text{total}} = V_{\text{tronco-cónico}} + V_{\text{cilindro}} + V_{\text{elipsoidal}}$$

Se sabe que:

$$V_{\text{tronco-cónico}} = 1/3 V_{\text{total}}$$

Por tanto:

$$V_{\text{total}} = 1/3 V_{\text{total}} + V_{\text{cilindro}} + V_{\text{elipsoidal}}$$

$$2/3 V_{\text{total}} = V_{\text{cilindro}} + V_{\text{elipsoidal}}$$

Como:

$$V_{\text{elipsoidal}} = 0,131 \cdot D^3$$

$$V_{\text{cilindro}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H_3$$

$$V_{\text{total}} = 6 \text{ m}^3$$

Sustituyendo, se obtiene:

$$4 = 0,131 \cdot D^3 + \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H_3 \Rightarrow \text{ecuación (I)}$$

La ecuación no se puede resolver al tener 2 incógnitas y una sola ecuación, para resolverla se pondrá  $H_3$  como función de  $D$ , para ello será necesario conocer  $H_1$  y  $H_2$  también como función de  $D$ .

Sabiendo que:

$$2D = H_1 + H_2 + H_3$$

$$H_3 = 2D - H_1 - H_2 \Rightarrow \text{ecuación (II)}$$

Para hallar  $H_1$  como función de  $D$ , se partirá de:

$$V_{\text{TRONCO CONO}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot H_1 \cdot (R^2 + r \cdot R + r^2)$$

Como  $R = D/2$  y  $r = D/4$ , sustituyendo:

$$V_{\text{TRONCO CONO}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot H_1 \cdot \left( \left( \frac{D}{2} \right)^2 + \frac{D}{4} \cdot \frac{D}{2} + \left( \frac{D}{4} \right)^2 \right)$$

$$V_{\text{TRONCO CONO}} = \frac{7}{48} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot H_1$$

$$V_{\text{TRONCO CONO}} = 1/3 V_{\text{TOTAL}} = 1/3 (6) = 2 \text{ m}^3$$

Igualando se obtiene:  $2 = \frac{7 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot H_1}{48}$

Despejando (H<sub>1</sub>):  $H_1 = \frac{96}{7 \cdot \pi \cdot D^2}$

Como (según C.E.R.A.P)  $H_2 = D/4$

Sustituyendo (H<sub>1</sub>) y (H<sub>2</sub>) en la ecuación (II)  $\Rightarrow H_3 = 2D - H_1 - H_2$

Resulta:

$$H_3 = 2D - \frac{96}{7 \cdot \pi \cdot D^2} - \frac{D}{4}$$

$$H_3 = \frac{56 \cdot \pi \cdot D^3 - 384 - 7 \cdot \pi \cdot D^3}{28 \cdot \pi \cdot D^2}$$

$$H_3 = \frac{49 \cdot \pi \cdot D^3 - 384}{28 \cdot \pi \cdot D^2}$$

Por ultimo sustituyendo este valor de (H<sub>3</sub>) en la ecuación (I):

$$4 = 0,131 \cdot D^3 + \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H_3$$

$$4 = 0,131 \cdot D^3 + \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{49 \cdot \pi \cdot D^3 - 384}{28 \cdot \pi \cdot D^2}$$

$$4 = 0,131 \cdot D^3 + \frac{49 \cdot \pi \cdot D^3 - 384}{4 \cdot (28)}$$

$$4 = 0,131 \cdot D^3 + \frac{49 \cdot \pi \cdot D^3 - 384}{112}$$

$$4 \cdot 112 = 112 \cdot 0,131 \cdot D^3 + 49 \cdot \pi \cdot D^3 - 384$$

$$448 + 384 = (112 \cdot 0,131 + 49 \cdot \pi) D^3$$

$$D^3 = \frac{832}{(112 \cdot 0,131 + 49 \cdot \pi)} = 4,93$$

$$D^3 = 4,93 \quad \Rightarrow \quad D = 1,702 \text{ m.}$$

Entonces:

$$\mathbf{D = 1,702 \text{ m.}}$$

$$\mathbf{d = D/2 = 0,851 \text{ m.}}$$

$$\mathbf{H_2 = D/4 = 0,425 \text{ m.}}$$

$$\mathbf{H_1 = \frac{96}{7 \cdot \pi \cdot D^2} = 1,507 \text{ m.}}$$

$$\mathbf{H_3 = \frac{49 \cdot \pi \cdot D^3 - 384}{28 \cdot \pi \cdot D^2} = 1,472 \text{ m.}}$$

#### **IV.2. Cálculo de espesores.**

Se calculara los espesores de los tanques sometidos a presión interna. Expresando las fórmulas en función de las dimensiones interiores. Según el CODIGO DE DISEÑO A.S.M.E. (AMERICAN SOCIETTY OF MECHANICAL ENGINEERS).

Para el cuerpo cilíndrico, como para la cabeza elipsoidal, y fondo tronco-cónico mediante las expresiones: (ver anexos-4y5)

#### **CASCO CILINDRICO.**

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P} + C. A.$$

**CABEZA ELIPSOIDAL.**

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P} + C. A.$$

**SECCION CONICA.**

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \cos \alpha \cdot (S \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C. A.$$

Siendo:

P Presión de diseño o presión máxima de trabajo permitida. (lb/pulg<sup>2</sup>)

S Valor del esfuerzo del material (tablas, ver anexos-11).

E Eficiencia de la junta (tablas, ver anexos-13).

R Radio interior. (pulgadas)

D Diámetro interior. (pulgadas)

$\alpha$  La mitad del ángulo en el vértice. (grados)

t Espesor de la pared. (pulgadas)

C.A. Margen por corrosión. (pulgadas)

Todas las variables son conocidas, unas por medio de tablas otras porque han sido calculadas en el apartado anterior a excepción de la Presión de diseño (P). Esta se calcula a partir de la Presión de operación.

La presión de operación, es la presión que se requiere en el

proceso del que forma parte el recipiente, a la cual trabaja normalmente este.

En estos tanques la presión es la del proceso más la presión debida a la columna de líquido.

Para calcular la presión de operación se tomara la altura de líquido como la del tanque completo. Se obtiene que la altura es:

$$2 \cdot D = 2 \cdot 1,702 = 3,404 \text{ m} \cdot 3,28083 \text{ ft/m} = 11,17 \text{ ft}$$

Que equivalen a una presión de (ver anexo-14):

$$11,17 \cdot 0,433 = 4,83 \text{ lb/pulg}^2.$$

La cerveza verde (cerveza sin filtrar) que viene desde los tanques de la planta de fermentación suele tener entre 2,5 y 3,5 g/l de CO<sub>2</sub> en disolución. Mirando las tablas, para esa concentración y a la temperatura de 0 °C., se obtiene que la presión de CO<sub>2</sub> máxima en el tanque es de 1,1 atm. (ver anexo-2)

$$1 \text{ atm} = 14,70 \text{ lb/pulg}^2$$

$$1,1 \text{ atm} \cdot 14,70 = 16,17 \text{ lb/pulg}^2$$

La  $P_{OPERACION}$  es la suma de la presión creada por el  $CO_2$  y por la del nivel del líquido:

$$P_{OPERACION} = 16,17 + 4,83 = 21 \text{ lb/pulg}^2$$

La PRESION DE DISEÑO es la presión que se emplea para diseñar el recipiente. Se recomienda diseñar un recipiente y sus componentes para una presión mayor que la operación. Este requisito se satisface utilizando una presión de diseño de 30 lb/pulg<sup>2</sup> ó un 10 % más que la presión de trabajo, la que sea mayor. (ver anexo-9)

$$\text{Presión diseño} = 1,1 \cdot \text{Presión operación}$$

$$P_{DISEÑO} = 1,1 \cdot 21 = 23,1 \text{ lb/pulg}^2$$

En este caso la  $P_{DISEÑO}$  resulta ser menor de 30 lb/pulg<sup>2</sup> por lo que se toma esta para el calculo de los espesores:

$$P_{DISEÑO} = 30 \text{ lb/pulg}^2$$

Para el diseño del tanque se utiliza una chapa de acero inoxidable 18 % Cr, 8 % Ni. Con un contenido en carbono menor al 0,04 % (gran soldabilidad con eficiencia de la junta “E” examinada

por zonas, ver anexo-13), que en el código ASME viene especificada como SA-240 (304L). Según la tabla de propiedades de los materiales de acero inoxidable, para nuestra temperatura de aproximadamente de 0 °C que equivale al intervalo (-20 y 100 °F), resulta un valor máximo de esfuerzo permitido:

$$S = 15.700 \text{ lb/pulg}^2 \text{ (ver anexo-11)}$$

Aplicando las fórmulas para el cálculo de espesores.

#### **CASCO CILINDRICO.**

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P} + C. A.$$

Siendo:

$$P \quad 30 \text{ lb/pulg}^2$$

$$S \quad 15.700 \text{ lb/pulg}^2$$

$$E \quad 0,85$$

$$R \quad 33,5(D= 1,702/2 =0,851\text{m} \cdot 39,370079 \text{ pulg/m})$$

$$C.A. \quad 0,125$$

$$t = \frac{30 \cdot 33,5}{15.700 \cdot 0,85 - 0,6 \cdot 30} = 0,075 \text{ pulgadas}$$

Las normas señalan que el espesor mínimo de cascos y cabezas sin tener en cuenta C.A., deberá ser 3/32 pulg. (ver anexo-6). Como en este caso es menor, entonces el espesor será: 3/32 “ + C.A.

Espesor del casco cilíndrico = 3/32 + 0,125 = 0,219 pulg.

Sabiendo que 1 metro son 39,370079 pulgadas.

Entonces:

$$0,219 \text{ pulg.} / 0,039370079 \text{ pulg./mm.} = 5,5 \text{ mm.}$$

**Espesor del casco cilíndrico = 5,5 mm.**

#### **CABEZA ELIPSOIDAL.**

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P} + C. A.$$

Siendo:

P 30 lb/pulg<sup>2</sup>

S 15.700 lb/pulg<sup>2</sup>

E 0,85

D 67 pulg. (D= 1,702 m x 39,370079 pulg/m)

C.A. 0,125

Sustituyendo los valores en la ecuación se obtiene:

$$t = \frac{30 \cdot 67}{2 \cdot 15.700 \cdot 0,85 - 0,2 \cdot 30} = 0,075 \text{ pulgadas}$$

Al ser al igual que con el casco cilíndrico el espesor menor al permitido por norma. (3/32 pulg. Sin tener en cuenta el margen de corrosión.)

Entonces el espesor resulta ser: 3/32 " + C.A.

Espesor de la cabeza elipsoidal = 3/32 + 0,125 = 0,219 pulg.

Sabiendo que 1 metro son 39,370079 pulgadas.

Entonces:

$$0,219 \text{ pulg.} / 0,039370079 \text{ pulg./mm.} = 5,5 \text{ mm.}$$

**Espesor de la cabeza elipsoidal = 5,5 mm.**

### **SECCION CONICA:**

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \cos \alpha \cdot (S \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C. A.$$

Siendo:

P 30 lb/pulg<sup>2</sup>

S 15.700 lb/pulg<sup>2</sup>

E 0,85

D 67 pulg. (D= 1,702 m x 39,370079 pulg/m)

$\alpha = \beta/2$   $\beta = \arctg(0,425/1,507) = 15,75^\circ$  ;  $\alpha = 7,87^\circ$

C.A. 0,125

Sustituyendo los valores en la ecuación se obtiene:

$$t = \frac{30 \cdot 67}{2 \cdot \cos 7,87 \cdot (15.700 \cdot 0,85 - 0,6 \cdot 30)} = 0,075 \text{ pulgadas}$$

Al ser, al igual que con el casco cilíndrico, el espesor menor al permitido por norma. (3/32 pulg. Sin tener en cuenta el margen de corrosión.)

Entonces el espesor resulta ser: 3/32 “ + C.A.

Espesor de la cabeza elipsoidal = 3/32 + 0,125 = 0,219 pulg.

Sabiendo que 1 metro son 39,370079 pulgadas.

Entonces:

$$0,219 \text{ pulg.} / 0,039370079 \text{ pulg./mm.} = 5,5 \text{ mm.}$$

**Espesor de la sección cónica = 5,5 mm.**

## **V. DISEÑO DEL DEPOSITO DE KIESELGUR.**

Es un depósito cilíndrico a presión atmosférica y cuya función es la de servir de recipiente de guarda y mezcla de las tierras diatomeas.

El depósito de Kieselgur se instala justo antes de la filtración. En su interior lleva un mezclador que gira mediante un motor y va homogeneizando la masa que se forma al mezclar las tierras diatomeas con el agua.

### Calculo del volumen necesario de pasta:

Al empezar la filtración se añade al filtro una dosis de precapa de 0,8 kg/m<sup>2</sup>.

Como el filtro calculado tiene un área de 5,83 m<sup>2</sup>, entonces:

$$0,8 \text{ kg/m}^2 \cdot 5,83 \text{ m}^2 = 4,664 \text{ kg}$$

Las dosis de Kieselgur durante la filtración se sitúa entre 300 y 400 g/Hl de cerveza. (para los cálculos se tomara el valor medio 350 g/Hl).

En una etapa de filtración se filtran 175 Hl.

$$350 \text{ g/Hl} \cdot 175 \text{ Hl} = 61250 \text{ g} = 61,25 \text{ kg de Kieselgur en una etapa.}$$

Por tanto la masa total de Kieselgur será la suma de la dosis de precapa y la de filtración:

$$\text{Masa total de Kieselgur} = 4,664 + 61,25 = 65,914 \text{ kg}$$

La densidad del Kieselgur es de 1/3 kg/l por lo que el volumen total de Kieselgur será:

$$V_{\text{kieselgur}} = 65,914 \text{ kg} \cdot 3 \text{ l/kg} = 197,742 \text{ l de Kieselgur.}$$

Para formar la pasta se añade agua en proporción de 4 kg de agua por 1 de Kieselgur.

$$\text{Peso}_{\text{Agua}} = 65,914 \text{ kg} \cdot 4 = 263,656 \text{ kg}$$

$$V_{\text{agua}} = 263,656 \text{ l}$$

El volumen total de la pasta será la suma de ambos ( $V_{\text{kieselgur}} + V_{\text{agua}}$ )

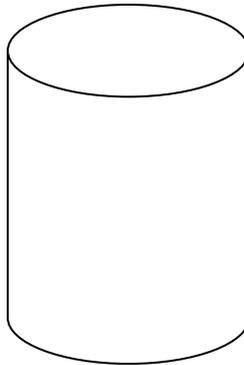
$$V_{\text{pasta}} = 197,742 \text{ l} + 263,656 \text{ l} = 461,398 \text{ l}$$

Sobredimensionando en un 10 % el depósito para la adición de pequeñas cantidades de coadyuvantes y por razones de seguridad:

$$V_{\text{total}} = 461,398 \text{ l} \cdot 1,1 = 507,54 \text{ l}$$

**V.1. Dimensiones.**

El tanque es cilíndrico a presión atmosférica y la altura es 2 veces su diámetro.



$$V_{cil} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4}$$

$$V = 0,507 \text{ m}^3 \quad H = 2D$$

$$0,507 \text{ m}^3 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot 2 \cdot D}{4} \Rightarrow D^3 = \frac{0,507 \cdot 2}{\pi} = 0,322 \text{ m}^3$$

Por tanto, se obtiene:

$$\mathbf{D = 0,685 \text{ m}}$$

$$\mathbf{H = 1,370 \text{ m}}$$

### **V.2. Cálculo de espesores.**

La construcción se realiza casi siempre mediante soldadura a tope, empleando virolas de igual altura a la de los anchos comerciales de las chapas (al objeto de evitar recortes y reducir mano de obra) y de espesores decrecientes a medida que van situadas a mayor altura.

Su espesor teórico necesario puede calcularse mediante la fórmula:

$$e = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma}$$

Siendo:

- e Espesor (mm).
- P Presión en la parte inferior de la virola, igual al producto de la distancia al borde superior del depósito por el peso específico del líquido a almacenar (kg/cm<sup>2</sup>).
- $\sigma$  Carga de trabajo admisible para el material (kg/cm<sup>2</sup>).
- D Diámetro del tanque (mm).

PESO DE LA PASTA:

El depósito soporta:

$$\text{Peso de la pasta} = 263,656 + 65,914 = 329,57 \text{ kg}$$

$$\text{Área (cm}^2\text{)} = \pi \cdot D^2 / 4 = \pi \cdot 68,5^2 / 4 = 3.685,28 \text{ cm}^2$$

Luego cada  $\text{cm}^2$  soporta:

$$329,57 \text{ kg} / 3.685,28 \text{ cm}^2 \approx 0,09 \text{ kg/cm}^2$$

Por tanto se tiene que:

$$P = 0,09 \text{ kg/cm}^2$$

$$D = 685 \text{ mm}$$

$\sigma$  Usando como material acero inoxidable (SA- 240, 304L), que tiene como valor de esfuerzo permitido máximo 15.700 lb/pulg<sup>2</sup> (ver anexo-11) y considerando un coeficiente de seguridad (n) de 1,5.

$$\sigma = L_f / n = 1.104 / 1,5 = 735,82 \text{ kg/cm}^2$$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$e = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma} = \frac{0,09 \cdot 685}{2 \cdot 735,82} = 0,04 \text{ mm}$$

Como el espesor mínimo de placa para construcción soldada según la norma es de 1/16" (ver anexo-7)  $\Rightarrow$  1,59 mm

Se tomara ese espesor más el coeficiente debido a la corrosión:

$$e = 1/16 + 0,125 = 0,1875 \text{ pulg.}$$

$$0,1875 \text{ pulg.} / 0,039370079 \text{ pulg./mm.} = 4,75 \text{ mm.}$$

**Espesor del deposito kieselgur = 4,75 mm.**

## **VI. DISEÑO DEL DEPOSITO CIP.**

Es un depósito cilíndrico a la presión atmosférica y cuya función es la de servir de recipiente de guarda y mezcla de los productos de limpieza.

El depósito CIP se instala justo al final de la línea.

En estos tanques se prepara in situ las mezclas de sosa y después sulfúrico mediante el empleo de bombas dosificadoras que están conectadas al tanque y al mismo tiempo se encuentran conectadas a los recipientes de solución principal.

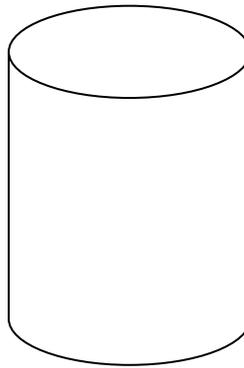
La limpieza consta de una serie de periodos, en los que se irán adicionando los correspondientes volúmenes de agua y solución.

Todas las soluciones deben ir por las tuberías destinadas a tal fin (tuberías de limpieza).

Hay que tener en cuenta la distancia a la que se encuentra el tanque a limpiar del deposito de limpieza, para ello hay que tener en cuenta el volumen de tubería máximo.

**VI.1. Dimensiones.**

El tanque es cilíndrico a presión atmosférica, donde la altura es 2 veces el diámetro.



El tanque se calculara para una capacidad 200 l. aunque en realidad sólo se utilicen en el caso extremo 150 l.

$$V_{cil} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4}$$

$$V = 0,2 \text{ m}^3 \quad H = 2D$$

$$0,2 \text{ m}^3 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot 2 \cdot D}{4} \Rightarrow D^3 = \frac{0,2 \cdot 2}{\pi} = 0,127 \text{ m}^3$$

Resultando:

$$\mathbf{D = 0,5 \text{ m} \quad H = 1 \text{ m}}$$

### **VI.2. Cálculo de espesores.**

La construcción se realiza casi siempre mediante soldadura a tope, empleando virolas de igual altura a la de los anchos comerciales de las chapas (al objeto de evitar recortes y reducir mano de obra) y de espesores decrecientes a medida que van situadas a mayor altura.

Su espesor teórico necesario puede calcularse mediante la fórmula:

$$e = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma}$$

Siendo:

e Espesor (mm).

P Presión en la parte inferior de la virola, igual al producto de la distancia al borde superior del depósito por el peso específico del líquido a almacenar (kg/cm<sup>2</sup>).

$\sigma$  Carga de trabajo admisible para el material (kg/cm<sup>2</sup>).

D Diámetro del tanque (mm).

PESO DEL LIQUIDO = 150 kg.

Este esta distribuido uniformemente sobre el fondo del deposito que es circular y con un área:

$$\text{Área (cm}^2\text{)} = \pi \cdot D^2 / 4 = \pi \cdot 50^2 / 4 = 1.963,5 \text{ cm}^2$$

Luego cada  $\text{cm}^2$  soporta:

$$150 \text{ kg} / 1.963,5 \text{ cm}^2 \approx 0,076 \text{ kg/cm}^2$$

Por tanto se tiene que:

$$P = 0,076 \text{ kg/cm}^2$$

$$D = 500 \text{ mm}$$

$\sigma$  Usando como material acero inoxidable (SA- 240, 304L), que tiene como valor de esfuerzo permitido máximo 15.700 lb/pulg<sup>2</sup> (ver anexo-11) y considerando un coeficiente de seguridad (n) de 1,5.

$$\sigma = L_f / n = 1.104 / 1,5 = 735,82 \text{ kg/cm}^2$$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$e = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma} = \frac{0,076 \cdot 500}{2 \cdot 735,82} = 0,025 \text{ mm}$$

Como el espesor mínimo de placa para construcción soldada según la norma es de 1/16" (ver anexo-7)  $\Rightarrow$  1,59 mm

Se tomara ese espesor más el coeficiente debido a la corrosión:

$$e = 1/16 + 0,125 = 0,1875 \text{ pulg.}$$

$$0,1875 \text{ pulg.} / 0,039370079 \text{ pulg./mm.} = 4,75 \text{ mm.}$$

**Espesor del deposito CIP = 4,75 mm.**

## **VII. TUBERIAS.**

El caudal del fluido en la instalación es de 2,5 m<sup>3</sup> /h, sin embargo en las tuberías antes de entrar en el filtro se incrementa hasta 2,54 m<sup>3</sup> /h debido a que se pone en contacto el flujo del mosto con el coadyuvante de filtración procedente del deposito de Kieselgur.

La velocidad de transporte del liquido en toda la sala a de ser de 1,5 – 2 m/s, para mantener perdidas de cargas razonables.

Para calcular el diámetro de tubería se partirá de la siguiente expresión:

$$S = Q/V$$

De donde: S sección de la tubería (m<sup>2</sup>)

Q caudal del proceso (m<sup>3</sup>/s)

V velocidad de circulación (m/s)

Siendo: V= 1,5 m/s

$$Q = 2,54 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1 \text{ h} / 3600 \text{ s} = 7,06 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{7,06 \cdot 10^{-4}}{1,5} \Rightarrow D^2 = \frac{7,06 \cdot 10^{-4} \cdot 4}{1,5 \cdot \pi} = 5,99 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$D = 0,025 \text{ m}$$

El diámetro normalizado para tubos tipo Schedul es de 1 pulgada.

$$\mathbf{D = 1'' \Rightarrow D_o = 33,4 mm.}$$

### **VII.1. Espesor.**

El espesor mínimo de los tubos sometidos a presión interna viene dado por la fórmula dada a continuación, extraída del código ASA B31:

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot (S \cdot E + P \cdot \delta)} + C$$

Siendo:

- t espesor de cálculo (mm)
- P presión de trabajo (kg/mm<sup>2</sup>)
- S fatiga admisible del material (kg/mm<sup>2</sup>)
- D<sub>0</sub> diámetro exterior del tubo (mm)
- E coeficiente de unión, que varía entre 0,6 y 1, según el procedimiento de soldadura y las verificaciones radiográficas.
- δ coeficiente variable entre 0,4 y 0,6 según temperatura de los aceros.
- C sobreespesor de corrosión, erosión o profundidad de roscado.

Al emplear tubos tipo Schedul, el espesor se debe aumentar en un 12,5%, para tener en cuenta las irregularidades de la fabricación.

Desde un primer momento se realiza una mayoración de la presión hasta 3 atm por motivos de seguridad, observándose la insignificante influencia de esta en el aumento del espesor. A excepción de los tramos (4 y 5) en los que la presión es mayor.

**1er TRAMO.**

Desde la sala fermentación hasta la bomba:

Sabiendo que:

$$P = 3 \text{ atm} = 0,0310 \text{ kg/mm}^2$$

$$D_0 = 33,4 \text{ mm}$$

$$S = 15.000 \text{ lb/pulg}^2 = 10,5 \text{ kg/mm}^2$$

$$E = 0,85$$

$$\delta = 0,5$$

$$C = 2$$

Sustituyendo en:

$$t = \frac{P \cdot D_0}{2 \cdot (S \cdot E + P \cdot \delta)} + C$$

$$t = \frac{0,031 \cdot 33,4}{2 \cdot (10,5 \cdot 0,85 + 0,031 \cdot 0,5)} + 2 = 0,058 + 2 = 2,058 \text{ mm}$$

Al emplear tubos Schedul:

$$2,058 \cdot 1,125 = 2,31 \text{ mm}$$

Consultando tablas (ver anexo-15), el resultado es:

**Schedul 10**

**Dn = 1”**

**Dexterior = 33,4 mm.**

**Espesor = 2,77 mm.**

**Dinterior = 33,4 - 2·2,77 = 27,86 mm.**

**2° TRAMO.**

Desde la bomba hasta el intercambiador:

Sabiendo que:

$$P = 3 \text{ atm} = 0,0310 \text{ kg/mm}^2$$

$$D_0 = 33,4 \text{ mm}$$

$$S = 10,5 \text{ kg/mm}^2$$

$$E = 0,85$$

$$\delta = 0,5$$

$$C = 2$$

Sustituyendo en:

$$t = \frac{P \cdot D_0}{2 \cdot (S \cdot E + P \cdot \delta)} + C$$

$$t = \frac{0,031 \cdot 33,4}{2 \cdot (10,5 \cdot 0,85 + 0,031 \cdot 0,5)} + 2 = 0,058 + 2 = 2,058 \text{ mm}$$

Al emplear tubos Schedul:

$$2,058 \cdot 1,125 = 2,31 \text{ mm}$$

Consultando tablas (ver anexo-15), el resultado es:

**Schedul 10**

**Dn = 1"**

**Dexterior = 33,4 mm.**

**Espesor = 2,77 mm.**

**Dinterior = 33,4 - 2 \cdot 2,77 = 27,86 mm.**

**3er TRAMO.**

Desde el intercambiador hasta el depósito tampón 1°.

Sabiendo que:

$$P = 3 \text{ atm} = 0,0310 \text{ kg/mm}^2$$

$$D_0 = 33,4 \text{ mm}$$

$$S = 10,5 \text{ kg/mm}^2$$

$$E = 0,85$$

$$\delta = 0,5$$

$$C = 2$$

Sustituyendo en:

$$t = \frac{P \cdot D_0}{2 \cdot (S \cdot E + P \cdot \delta)} + C$$

$$t = \frac{0,031 \cdot 33,4}{2 \cdot (10,5 \cdot 0,85 + 0,031 \cdot 0,5)} + 2 = 0,057 + 2 = 2,058 \text{ mm}$$

Al emplear tubos Schedul:

$$2,058 \cdot 1,125 = 2,31 \text{ mm}$$

Consultando tablas (ver anexo-15), el resultado es:

**Schedul 10**

**Dn = 1”**

**Dexterior = 33,4 mm.**

**Espesor = 2,77 mm.**

**Dinterior = 33,4 - 2·2,77 = 27,86 mm.**

**4° TRAMO.**

Desde el depósito tampón 1° hasta el filtro.

Aquí la presión se toma como la mayor que por diseño puede

trabajar el filtro. Que son 7 atm.

Sabiendo que:

$$P = 7 \text{ atm} = 0,072 \text{ kg/mm}^2$$

$$D_0 = 33,4 \text{ mm}$$

$$S = 10,5 \text{ kg/mm}^2$$

$$E = 0,85$$

$$\delta = 0,5$$

$$C = 2$$

Sustituyendo en:

$$t = \frac{P \cdot D_0}{2 \cdot (S \cdot E + P \cdot \delta)} + C$$

$$t = \frac{0,072 \cdot 33,4}{2 \cdot (10,5 \cdot 0,85 + 0,072 \cdot 0,5)} + 2 = 0,134 + 2 = 2,134 \text{ mm}$$

Al emplear tubos Schedul:

$$2,134 \cdot 1,125 = 2,4 \text{ mm}$$

Consultando tablas (ver anexo-15), el resultado es:

**Schedul 10**

**Dn = 1"**

**Dexterior = 33,4 mm.**

**Espesor = 2,77 mm.**

**Dinterior = 33,4 - 2 \cdot 2,77 = 27,86 mm.**

**5° TRAMO.**

Desde el filtro hasta el depósito tampón.

En este tramo la presión va bajando al ir saliendo el fluido del filtro pero sigue siendo un poco mayor a la del proceso general.

Por tanto, resulta:

$$P = 4 \text{ atm} = 0,0410 \text{ kg/mm}^2$$

$$D_0 = 33,4 \text{ mm}$$

$$S = 10,5 \text{ kg/mm}^2$$

$$E = 0,85$$

$$\delta = 0,5$$

$$C = 2$$

Sustituyendo en:

$$t = \frac{P \cdot D_0}{2 \cdot (S \cdot E + P \cdot \delta)} + C$$

$$t = \frac{0,041 \cdot 33,4}{2 \cdot (10,5 \cdot 0,85 + 0,041 \cdot 0,5)} + 2 = 0,076 + 2 = 2,076 \text{ mm}$$

Al emplear tubos Schedul:

$$2,076 \cdot 1,125 = 2,33 \text{ mm}$$

Consultando tablas (ver anexo-15), el resultado es:

**Schedul 10**

**Dn = 1"**

**Dexterior = 33,4 mm.**

**Espesor = 2,77 mm.**

**Dinterior = 33,4 - 2·2,77 = 27,86 mm.**

**6° TRAMO.**

Desde el depósito tampón hasta los tanques de guarda.

$$P = 3 \text{ atm} = 0,0310 \text{ kg/mm}^2$$

$$D_0 = 33,4 \text{ mm}$$

$$S = 10,5 \text{ kg/mm}^2$$

$$E = 0,85$$

$$\delta = 0,5$$

$$C = 2$$

Sustituyendo en:

$$t = \frac{P \cdot D_0}{2 \cdot (S \cdot E + P \cdot \delta)} + C$$

$$t = \frac{0,031 \cdot 33,4}{2 \cdot (10,5 \cdot 0,85 + 0,031 \cdot 0,5)} + 2 = 0,058 + 2 = 2,058 \text{ mm}$$

Al emplear tubos Schedul:

$$2,058 \cdot 1,125 = 2,31 \text{ mm}$$

Consultando tablas (ver anexo-15), el resultado es:

**Schedul 10**

**Dn = 1"**

**Dexterior = 33,4 mm.**

**Espesor = 2,77 mm.**

**Dinterior = 33,4 - 2·2,77 = 27,86 mm.**

**VII.2. Soportes.**

Los apoyos, además de soportar el peso de las tuberías y de los fluidos que estas contienen sin que se produzcan flechas exageradas, deben estar dispuestos de tal forma que no reduzcan la flexibilidad de la conducción, permitiendo los movimientos de dilatación.

1) Como apoyos para tuberías a ras de tierra se utilizaran:

PATINES CON CUÑA (ver anexo-16)

- **Material.** Acero al carbono.

- **Dimensiones.** Para tuberías desde 1/2" hasta 10".

- **Aplicación.** Diseñado para permitir el movimiento de la tubería en dirección horizontal.

- **Peso.** Para 1"  $\Rightarrow$  5,6 kg.

2) Para las tuberías que van suspendidas ( CO<sub>2</sub> y tuberías de limpieza) se utilizara:

ABRAZADERAS DE HORQUILLAS (ver anexo-17)

- **Material.** Acero al carbono.
- **Dimensiones.** Para tuberías desde 1/2” hasta 30”.
- **Aplicación.** Permite una regulación vertical de 30 a 125 mm.
- **Peso.** Para 1”  $\Rightarrow$  0,2 kg.

### **VII.3. Aislamiento.**

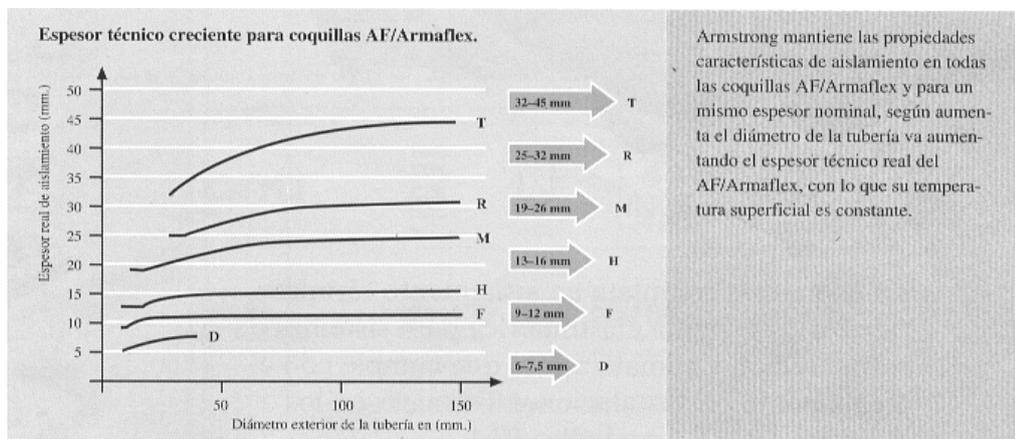
#### **\* Espesores técnicos.**

Existen casos en los que el espesor de un calorifugado viene condicionado por una exigencia técnica; por ejemplo, un fluido determinado que no deba superar cierta temperatura durante un intervalo de tiempo dado; un fluido que circulando por una tubería, experimenta una cierta caída de temperatura por metro lineal, que no debe sobrepasar ciertos límites, etc...

Este último ejemplo es nuestro caso. En el cual tenemos una tubería de 33,4 mm de diámetro exterior y 70 m de longitud,

transportando cerveza a  $-1^{\circ}\text{C}$ , no debiendo pasar su temperatura de  $1^{\circ}\text{C}$  (tuberías que van desde la salida del intercambiador hasta los tanques guarda). La temperatura ambiente se estima en  $30^{\circ}\text{C}$  y el gasto de fluido es de  $2.500\text{ kg/h}$ .

El espesor técnico creciente se calculara a partir del siguiente grafico, suministrado para coquillas de la marca Armstrong:



Observándose que para el  $D_{ext}$  de tubería ( $33,4\text{ mm}$ ) el espesor normalizado es de  $6\text{ mm}$ .

**Campo de aplicación:**

Temperatura interior máxima	105° C
Temperatura interior mínima	-40° C
Conductividad térmica	$1,1 \cdot 10^{-4}$ kcal/h·m·°C
Resistencia al fuego	M - 1
Protección acústica	Según norma DIN 41009

$$\lambda = 0,038 \text{ W/m}\cdot\text{K}$$

## **VIII. CALCULO DE LAS BOMBAS.**

En la instalación se usaran 4 bombas de adición del fluido de un equipo a otro, situados en los siguientes tramos:

- 1) Desde la salida de la sala de fermentación al tanque tampón 1°.
- 2) Tanque tampón 1° al tanque tampón de cola.
- 3) Tanque tampón de cola al último deposito guarda.
- 4) Del deposito C.I.P al tanque tampón 1°.

### **VIII.1 Bombas para los tramos 1,2,3 y 4.**

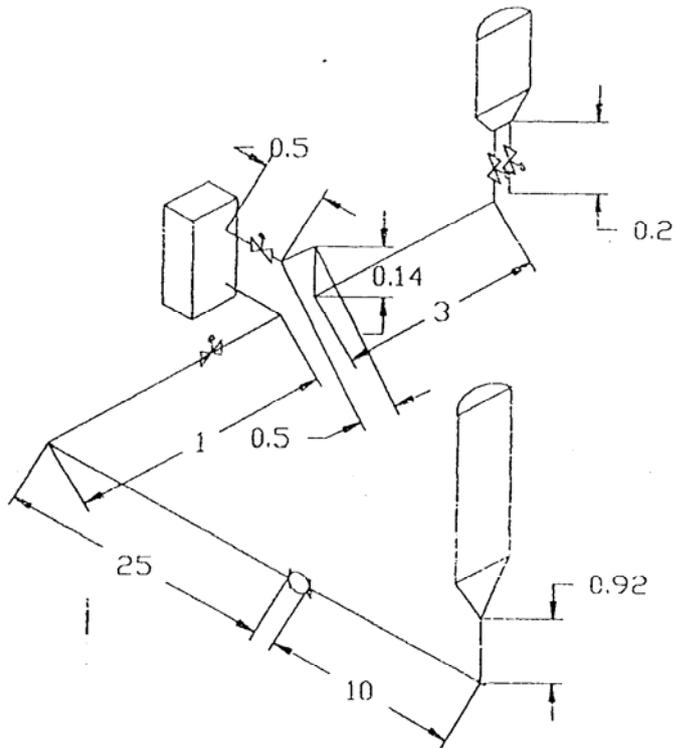
#### **TRAMO 1.**

Este tramo comprende desde el fermentador hasta el tanque tampón 1°.

Se divide en 2 tramos:

- 1- Zona de aspiración: Desde el fermentador hasta la bomba.
- 2- Zona de impulsión: Desde la salida de la bomba hasta el tanque tampón 1°, pasando por el enfriador de placas.

(ver dibujo de carácter ilustrativo)



El diámetro de la tubería de entrada y salida del enfriador esta condicionado por el fabricante siendo su máximo 25 mm.

Se usa, por tanto una tubería de diámetro nominal 1" al que le corresponde un Schedul de 10, con un diámetro exterior de 33,4 mm y un espesor 2,77 mm (según punto VII).

Por lo tanto el diámetro interno de la tubería es de:

$$33,4 \text{ mm} - 2 \cdot (2,77) \text{ mm} = 27,86 \text{ mm}$$

Debido a que la filtración está condicionada, al necesitar un caudal constante para que no existan problemas de desprendimiento de la torta, se empezará a bombear cerveza desde la fermentación hasta el enfriador antes de que empiece la filtración, llenándose así el tanque tampón para que en ningún momento falte cerveza.

$$G = 2,5 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot 1 \text{ h} / 3600 \text{ s} \Rightarrow G = 6,94 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$G = A \cdot V$$
$$G = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V$$

$$V = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 6,94 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,02786^2} = 1,14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Para el cálculo del  $NPSH_{\text{disponible}}$  en la zona de aspiración:

$$NPSH_{\text{disponible}} = z_1 + \frac{P_1 - P_v}{\rho \cdot g} - h_f$$

Siendo:

$z_1$  altura de aspiración (m)

$P_1$  presión del deposito de aspiración (N/ m<sup>2</sup>)

$P_v$  presión de vapor (N/ m<sup>2</sup>)

$\rho$  densidad del fluido (kg/ m<sup>3</sup>)

$g$  aceleración de la gravedad (m/ seg<sup>2</sup>)

$h_f$  pérdidas de cargas (m)

Las longitudes equivalentes (m) de las pérdidas localizadas de carga correspondiente a tuberías, codos, válvulas, etc. se calcula mediante tablas (ver anexo-18).

$L_{\text{equi. aspiración}} = \text{metros de tubería} + 1 \text{ válvula} + 1 \text{ codo}$

$$L_{\text{equi. aspiración}} = 10,92 + 9 + 0,8 = 20,72 \text{ m}$$

El coeficiente de fricción también se calcula mediante tabla a partir de caudales en l/s y velocidades en m/s.

$$h_f = 0,12 \cdot 20,72 = 2,48 \text{ m}$$

La altura de aspiración ( $z_1$ ) equivale a la altura del liquido en el tanque de fermentación (7,4 m) mas la altura de tubería.

$$z_1 = 7,4 + 0,92 = 8,32 \text{ m}$$

La presión existente en el depósito y la presión de vapor en la tubería son:

$$P_1 = 1,5 \text{ atm} \cdot 103323 \text{ (N/ m}^2\text{)}/\text{atm} = 154984,5 \text{ N/ m}^2$$

$$P_{\text{vapor}} = 0,018 \text{ kg/cm}^2 \approx 0,01742 \text{ atm}$$

$$P_{\text{vapor}} = 0,01742 \text{ atm} \cdot 103323 \text{ (N/ m}^2\text{)}/\text{atm} = 1800 \text{ N/ m}^2$$

Sustituyendo los valores obtenidos y sabiendo que:

$$\rho \text{ (densidad del fluido)} = 1000 \text{ kg/ m}^3$$

$$g \text{ (aceleración de la gravedad)} = 9,81 \text{ m/ seg}^2$$

$$NPSH_{\text{disponible}} = z_1 + \frac{P_1 - P_v}{\rho \cdot g} - h_f = 8,32 + \frac{154984,5 - 1800}{1000 \cdot 9,81} - 2,48 = 21,45 \text{ m}$$

En la zona de impulsión:

$$H_w = H + (h_f + h_i) + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g}$$

Siendo:

H altura impulsión – altura de aspiración (m)

H<sub>f</sub> pérdidas de carga en la aspiración (m)

H<sub>i</sub> pérdidas de carga en la impulsión (m)

P<sub>1</sub> Presión del depósito del que se aspira (N/m<sup>2</sup>)

P<sub>2</sub> Presión del depósito al que se impulsa (N/m<sup>2</sup>)

$\rho$  densidad del fluido (kg/ m<sup>3</sup>)

g aceleración de la gravedad (m/ seg<sup>2</sup>)

$L_{\text{equi. impulsión}} = \text{met.tuberías} + 3 \text{ válvulas} + 6 \text{ codos} + \text{intercambiador}$

Las pérdidas de carga debidas al intercambiador se calculan mediante ábaco (ver anexo-1), partiendo de la velocidad de la cerveza en el intercambiador, calculada en el punto II, se obtiene las perdidas de carga en m de columna de H<sub>2</sub>O.

$$L_{\text{equi. impulsión}} = 30,84 + (3 \cdot 9) + (6 \cdot 0,8) + 2,5 = 65,14 \text{ m}$$

$$h_i = 0,19 \cdot 65,14 = 12,37 \text{ m}$$

$$h_f = 2,48 \text{ m}$$

$$P_1 = 1,5 \text{ atm} \cdot 103323 \text{ (N/ m}^2\text{)}/\text{atm} = 154984,5 \text{ N/ m}^2$$

$$P_2 = 1,4 \text{ atm} \cdot 103323 \text{ (N/ m}^2\text{)}/\text{atm} = 144652,2 \text{ N/ m}^2$$

$$\rho \text{ (densidad del fluido)} = 1000 \text{ kg/ m}^3$$

$$g \text{ (aceleración de la gravedad)} = 9,81 \text{ m/ seg}^2$$

$$H = \text{altura de impulsión} - \text{altura de aspiración}$$

altura de aspiración = 8,32 (calculada anteriormente)

altura de impulsión= alt. tub.+alt.liq.en el tanque = 0,2 + 2,8 = 3 m

$$H = 3 - 8,32 = -5,32 \text{ m}$$

Sustituyendo los valores obtenidos en:

$$H_w = H + (h_f + h_i) + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g}$$

$$H_{TOTAL} = -5.32 + (2,48 + 12,37) + \frac{144652,2 - 154984,5}{1000 \cdot 9,81} = 8,47 \text{ m}$$

La potencia (en W) necesaria de la bomba se calcula mediante:

$$\text{Pot.} = Q \cdot H_{TOTAL} \cdot \rho \cdot g$$

Siendo:

$$Q \quad (\text{Caudal volumétrico}) = 6,94 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{TOTAL} = 8,47 \text{ m}$$

$$\rho \quad (\text{densidad del fluido}) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g \quad (\text{aceleración de la gravedad}) = 9,81 \text{ m/seg}^2$$

Sustituyendo los valores:

$$\text{Pot.} = 6,94 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \cdot 8,47 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/seg}^2 = 57,6 \text{ W}$$

$$\text{Pot.} = 57,6 \text{ W} = 0,0576 \text{ kW}$$

Suponiendo un rendimiento de bombeo del 65% resulta:

$$\text{Pot.} = 0,0576 / 0,65 = 0,088 \text{ kW}$$

Teniendo en cuenta la reserva para posibles sobrecargas, el motor para la bomba debe instalarse con una potencia algo mayor que la consumida.

El coeficiente de reserva  $\beta$  se toma dependiendo de la magnitud de W (ver tabla adjunta).

Pot.(kW)	< 1	1 - 5	5 - 50	> 50
$\beta$	2 - 1,5	1,5 - 1,2	1,2 - 1,15	1,1

$$\text{Pot.}_{\text{bomba}} = 0,088 \text{ kW}$$

Mirando en la tabla para Pot.< 1 kW podemos mayorar entre 2 y 1,5.

$$W = \text{Pot.}_{\text{bomba}} \cdot \beta = 0,088 \cdot 2 = 0,176 \text{ kW}$$

Por ultimo sabiendo que 1 C.V. son 0,73545 kW:

$$W = 0,176 / 0,73545 = 0,23 \text{ C.V.}$$

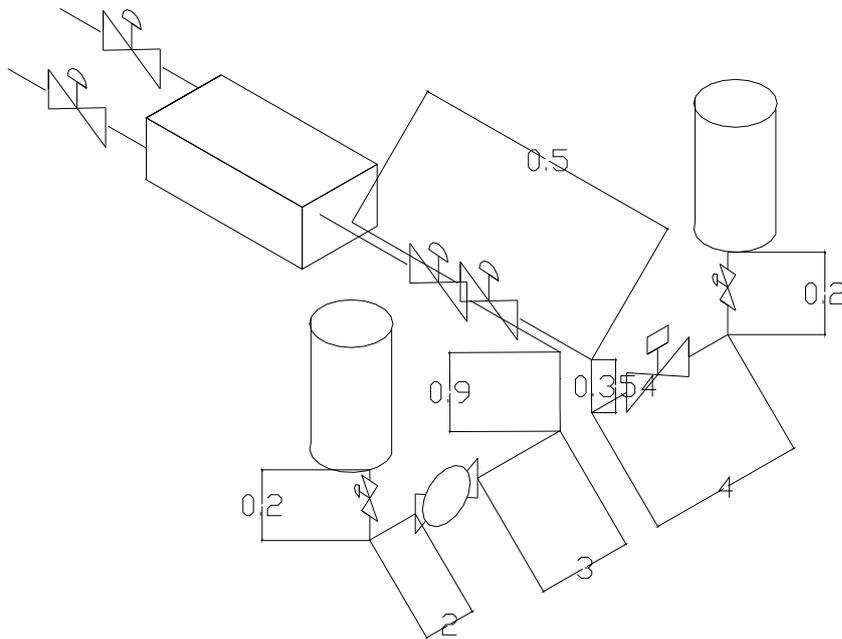
## **TRAMO 2.**

Este tramo comprende desde el tanque tampón 1º hasta el tanque tampón de cola.

Se divide en 2 tramos:

- 1- Zona de aspiración: Desde el tanque tampón 1° hasta la bomba.
- 2- Zona de impulsión: Desde la salida de la bomba hasta el tanque tampón de cola, pasando por el filtro de placas.

(ver dibujo de carácter ilustrativo)



El diámetro de la tubería de entrada y salida del filtro esta condicionado por el fabricante, siendo de 30 mm.

Se usa, por tanto una tubería de diámetro nominal 1" a lo

que le corresponde un Schedul de 10, con un diámetro exterior de 33,4 mm y un espesor 2,77 mm (según punto VII).

Por lo tanto el diámetro interno de la tubería es de:

$$33,4 \text{ mm} - 2 \cdot (2,77) \text{ mm} = 27,86 \text{ mm}$$

Durante el proceso de la filtración es importantísimo mantener constante el caudal, debido a que fluctuaciones en el mismo, pueden afectar a la torta filtrante, provocando su desprendimiento, con la consiguiente parada en la filtración.

$$G = 2,5 \text{ m}^3/\text{h} = 6,94 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

También se debe tener en cuenta el volumen debido a la pasta de Kieselgur.  $\Rightarrow$  0,4614 m<sup>3</sup> / ciclo

Como el ciclo es de 10 horas entonces el caudal de pasta de kieselgur es de  $1,28 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ .

$$G_{\text{total}} = 6,94 \cdot 10^{-4} + 1,28 \cdot 10^{-5} = 7,06 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$G = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V$$

$$V = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 7,06 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,02786^2} = 1,16 \text{ m/s}$$

Para el cálculo del  $NPSH_{disponible}$  en la zona de aspiración:

$$NPSH_{disponible} = z_1 + \frac{P_1 - P_v}{\rho \cdot g} - h_f$$

Siendo:

- $z_1$  altura de aspiración (m)
- $P_1$  presión del deposito de aspiración (N/ m<sup>2</sup>)
- $P_v$  presión de vapor (N/ m<sup>2</sup>)
- $\rho$  densidad del fluido (kg/ m<sup>3</sup>)
- $g$  aceleración de la gravedad (m/ seg<sup>2</sup>)
- $h_f$  pérdidas de cargas (m)

Las longitudes equivalentes (m) de las pérdidas localizadas de carga correspondiente a tuberías, codos, válvulas, etc. se calcula mediante tablas.

$$L_{\text{equi. aspiración}} = \text{metros de tubería} + 1 \text{ válvula} + 1 \text{ codo}$$

$$L_{\text{equi. aspiración}} = 2,2 + 9 + 0,8 = 12 \text{ m}$$

El coeficiente de fricción también se calcula mediante tabla a partir de caudales en l/s y velocidades en m/s.

$$h_f = 0,12 \cdot 12 = 1,44 \text{ m}$$

La altura de aspiración ( $z_1$ ) equivale a la altura del líquido en el tanque de tampón 1º (2,8 m) mas la altura de tubería.

$$z_1 = 2,8 + 0,2 = 3 \text{ m}$$

La presión existente en el depósito y la presión de vapor en la tubería son:

$$P_1 = 1,4 \text{ atm} \cdot 103323 \text{ (N/ m}^2\text{)}/\text{atm} = 144652,2 \text{ N/ m}^2$$

$$P_{\text{vapor}} = 0,018 \text{ kg/cm}^2 \approx 0,01742 \text{ atm}$$

$$P_{\text{vapor}} = 0,01742 \text{ atm} \cdot 103323 \text{ (N/ m}^2\text{)}/\text{atm} = 1800 \text{ N/ m}^2$$

Sustituyendo los valores obtenidos y sabiendo que:

$$\rho \text{ (densidad del fluido)} = 1000 \text{ kg/ m}^3$$

$$g \text{ (aceleración de la gravedad)} = 9,81 \text{ m/ seg}^2$$

$$NPSH_{\text{disponible}} = z_1 + \frac{P_1 - P_v}{\rho \cdot g} - h_f = 3 + \frac{144652,2 - 1800}{1000 \cdot 9,81} - 1,44 = 16,12 \text{ m}$$

En la zona de impulsión:

$$H_w = H + (h_f + h_i) + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g}$$

Siendo:

- H altura impulsión – altura de aspiración (m)
- H<sub>f</sub> pérdidas de carga en la aspiración (m)
- H<sub>i</sub> pérdidas de carga en la impulsión (m)
- P<sub>1</sub> Presión del depósito del que se aspira ( N/m<sup>2</sup> )
- P<sub>2</sub> Presión del depósito al que se impulsa ( N/m<sup>2</sup> )
- ρ densidad del fluido (kg/ m<sup>3</sup>)
- g aceleración de la gravedad (m/seg<sup>2</sup>)

L<sub>equi. impulsión</sub> = metros de tuberías + 3 válvulas + 5 codos + 1 válvula de retención + filtro

Como en el filtro se produce un incremento de presión de:

$$\Delta P = 3 \text{ bar} = 3,099 \text{ kg/cm}^2$$

1 kg/cm<sup>2</sup> equivale a 10 m de columna de H<sub>2</sub>O

$$\Delta P = 3 \text{ bar} = 30,1 \text{ m}$$

$$L_{\text{equi. impulsión}} = 9,46 + (3 \cdot 9) + (5 \cdot 0,8) + 2,5 + 30,1 = 73,06 \text{ m}$$

$$h_i = 0,19 \cdot 73,06 = 13,88 \text{ m}$$

$$h_f = 1,44 \text{ m}$$

$$P_1 = 1,4 \text{ atm} \cdot 103323 \text{ (N/ m}^2\text{)}/\text{atm} = 144652,2 \text{ N/ m}^2$$

$$P_2 = 1,4 \text{ atm} \cdot 103323 \text{ (N/ m}^2\text{)}/\text{atm} = 144652,2 \text{ N/ m}^2$$

$$\rho \text{ (densidad del fluido)} = 1000 \text{ kg/ m}^3$$

$$g \text{ (aceleración de la gravedad)} = 9,81 \text{ m/ seg}^2$$

$$H = \text{altura de impulsión} - \text{altura de aspiración}$$

$$\text{altura de aspiración} = \text{altura de impulsión}$$

$$H = 0 \text{ m}$$

Sustituyendo los valores obtenidos en:

$$H_w = H + (h_f + h_i) + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g}$$

$$H_{TOTAL} = (1,44 + 13,88) = 15,32 \text{ m}$$

La potencia (en W) necesaria de la bomba se calcula mediante:

$$\text{Pot.} = Q \cdot H_{TOTAL} \cdot \rho \cdot g$$

Siendo:

$$Q \text{ (Caudal volumétrico)} = 7,06 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{TOTAL} = 15,32 \text{ m}$$

$$\rho \text{ (densidad del fluido)} = 1000 \text{ kg/ m}^3$$

$$g \text{ (aceleración de la gravedad)} = 9,81 \text{ m/seg}^2$$

Sustituyendo los valores:

$$\text{Pot.} = 7,06 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \cdot 15,32 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/seg}^2 = 106 \text{ W}$$

$$\text{Pot.} = 106 \text{ W} = 0,106 \text{ kW}$$

Suponiendo un rendimiento de bombeo del 65% resulta:

$$\text{Pot.} = 0,106 / 0,65 = 0,16 \text{ kW}$$

Teniendo en cuenta la reserva para posibles sobrecargas, el motor para la bomba debe instalarse con una potencia algo mayor que la consumida.

El coeficiente de reserva  $\beta$  se toma dependiendo de la magnitud de W (ver tabla adjunta).

Pot.(kW)	< 1	1 - 5	5 - 50	> 50
$\beta$	2 - 1,5	1,5 - 1,2	1,2 - 1,15	1,1

$$\text{Pot.}_{\text{bomba}} = 0,16 \text{ kW}$$

Mirando en la tabla para Pot.< 1 kW podemos mayorar entre 2 y 1,5.

$$W = \text{Pot. bomba} \cdot \beta = 0,16 \cdot 2 = 0,32 \text{ kW}$$

Por ultimo sabiendo que 1 C.V. son 0,73545 kW:

$$W = 0,32 / 0,73545 = 0,43 \text{ C.V.}$$

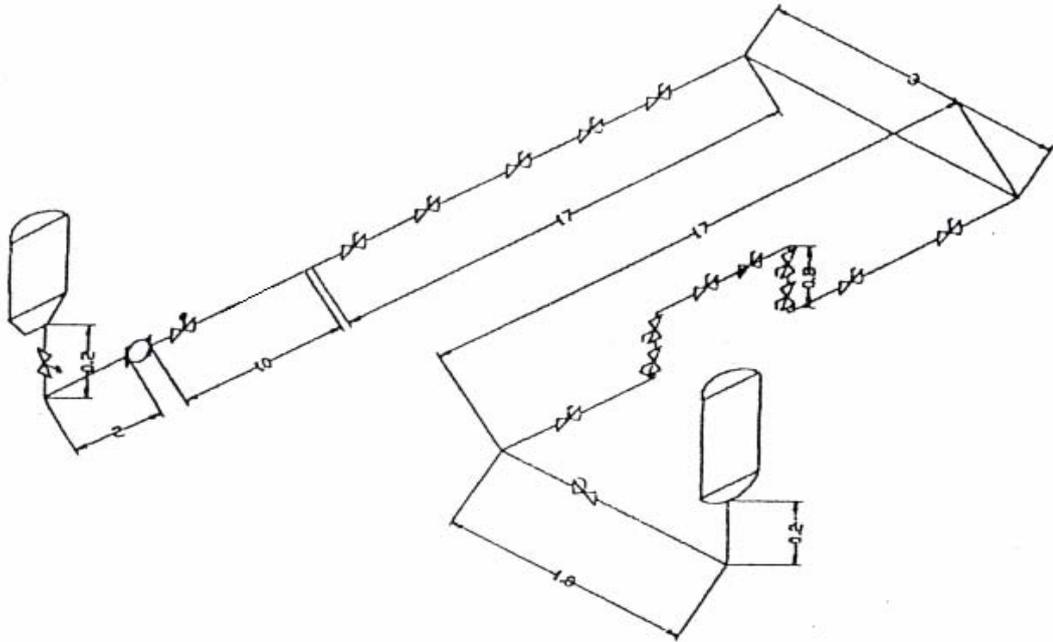
### **TRAMO 3.**

Este tramo comprende desde el tanque tampón hasta el último tanque guarda.

Se divide en 2 tramos:

- 1- Zona de aspiración: Desde el tanque tampón hasta la bomba.
- 2- Zona de impulsión: Desde la salida de la bomba hasta el ultimo tanque guarda.

(ver dibujo de carácter ilustrativo)



**Nota.** El flujo de cerveza al pasar por los tanques octavo y noveno, ha sido desviado de la tubería más cercana al nivel del suelo para pasar por la más alejada, volviendo luego a su tubería primitiva. Este tipo de circunstancias son muy frecuentes al encontrarse otros depósitos lavándose, pasando la cerveza de unos a otros.

Las tuberías calculadas son de diámetro nominal 1" a lo que le corresponde un Schedul de 10, con un diámetro exterior de 33,4 mm y un espesor 2,77 mm (según punto VII).

Por lo tanto el diámetro interno de la tubería es de:

$$33,4 \text{ mm} - 2 \cdot (2,77) \text{ mm} = 27,86 \text{ mm}$$

$$G = 2,5 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot 1 \text{ h} / 3600 \text{ s} \Rightarrow G = 6,94 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$G = A \cdot V$$

$$G = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V$$

$$V = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 6,94 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,02786^2} = 1,14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Para el cálculo del  $NPSH_{disponible}$  en la zona de aspiración:

$$NPSH_{disponible} = z_1 + \frac{P_1 - P_v}{\rho \cdot g} - h_f$$

Siendo:

- $z_1$  altura de aspiración (m)
- $P_1$  presión del deposito de aspiración (N/ m<sup>2</sup>)
- $P_v$  presión de vapor (N/ m<sup>2</sup>)
- $\rho$  densidad del fluido (kg/ m<sup>3</sup>)
- $g$  aceleración de la gravedad (m/ seg<sup>2</sup>)
- $h_f$  pérdidas de cargas (m)

Las longitudes equivalentes (m) de las pérdidas localizadas de carga correspondiente a tuberías, codos, válvulas, etc. se calcula mediante tablas.

$$L_{\text{equi. aspiración}} = \text{metros de tubería} + 1 \text{ válvula} + 1 \text{ codo}$$

$$L_{\text{equi. aspiración}} = 2,2 + 9 + 0,8 = 12 \text{ m}$$

El coeficiente de fricción también se calcula mediante tabla a partir de caudales en l/s y velocidades en m/s.

$$h_f = 0,12 \cdot 12 = 1,44 \text{ m}$$

La altura de aspiración ( $z_1$ ) equivale a la altura del líquido en el tanque tampón (2,8 m) mas la altura de tubería.

$$z_1 = 2,8 + 0,2 = 3 \text{ m}$$

La presión existente en el depósito y la presión de vapor en la tubería son:

$$P_1 = 1,4 \text{ atm} \cdot 103323 \text{ (N/ m}^2\text{)}/\text{atm} = 144652,2 \text{ N/ m}^2$$

$$P_{\text{vapor}} = 0,018 \text{ kg/cm}^2 \approx 0,01742 \text{ atm}$$

$$P_{\text{vapor}} = 0,01742 \text{ atm} \cdot 103323 \text{ (N/ m}^2\text{)}/\text{atm} = 1800 \text{ N/ m}^2$$

Sustituyendo los valores obtenidos y sabiendo que:

$$\rho \text{ (densidad del fluido)} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g \text{ (aceleración de la gravedad)} = 9,81 \text{ m/seg}^2$$

$$NPSH_{disponible} = z_1 + \frac{P_1 - P_v}{\rho \cdot g} - h_f = 3 + \frac{144652,2 - 1800}{1000 \cdot 9,81} - 1,44 = 16,12 \text{ m}$$

En la zona de impulsión:

$$H_w = H + (h_f + h_i) + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g}$$

Siendo:

- H altura impulsión – altura de aspiración (m)
- H<sub>f</sub> pérdidas de carga en la aspiración (m)
- H<sub>i</sub> pérdidas de carga en la impulsión (m)
- P<sub>1</sub> Presión del depósito del que se aspira ( N/m<sup>2</sup> )
- P<sub>2</sub> Presión del depósito al que se impulsa ( N/m<sup>2</sup> )
- $\rho$  densidad del fluido (kg/ m<sup>3</sup>)
- g aceleración de la gravedad (m/seg<sup>2</sup>)

L<sub>equi. impulsión</sub> = met.tuberías + 1 válvula + 3 codos + 15 válvulas de paso recto y asiento inclinado + 23 tes

$$L_{\text{equi. impulsión}} = 50,6 + 9 + (3 \cdot 0,8) + (15 \cdot 2,2) + (23 \cdot 2) = 141 \text{ m}$$

$$h_i = 0,19 \cdot 141 = 26,79 \text{ m}$$

$$h_f = 1,44 \text{ m}$$

$$P_1 = 1,4 \text{ atm} \cdot 103323 \text{ (N/ m}^2\text{)}/\text{atm} = 144652,2 \text{ N/ m}^2$$

$$P_2 = 1,9 \text{ atm} \cdot 103323 \text{ (N/ m}^2\text{)}/\text{atm} = 196313,7 \text{ N/ m}^2$$

$$\rho \text{ (densidad del fluido)} = 1000 \text{ kg/ m}^3$$

$$g \text{ (aceleración de la gravedad)} = 9,81 \text{ m/ seg}^2$$

H = altura de impulsión - altura de aspiración

altura de aspiración = 3 (calculada anteriormente)

$$\text{alt. de impulsión} = \text{alt. tub.} + \text{alt.liq.en el tanque} = 0,2 + 3,39 = 3,59 \text{ m}$$

$$H = 3,59 - 3 = 0,59 \text{ m}$$

Sustituyendo los valores obtenidos en:

$$H_w = H + (h_f + h_i) + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g}$$

$$H_{\text{TOTAL}} = 0,59 + (1,44 + 26,79) + \frac{196313,7 - 144652,2}{1000 \cdot 9,81} = 34,08 \text{ m}$$

La potencia (en W) necesaria de la bomba se calcula mediante:

$$\text{Pot.} = Q \cdot H_{\text{TOTAL}} \cdot \rho \cdot g$$

Siendo:

$$Q \quad (\text{Caudal volumétrico}) = 6,94 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{\text{TOTAL}} = 34,08 \text{ m}$$

$$\rho \quad (\text{densidad del fluido}) = 1000 \text{ Kg/ m}^3$$

$$g \quad (\text{aceleración de la gravedad}) = 9,81 \text{ m/ seg}^2$$

Sustituyendo los valores:

$$\text{Pot.} = 6,94 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \cdot 34,08 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/ m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/ seg}^2 = 232 \text{ W}$$

$$\text{Pot.} = 232 \text{ W} = 0,232 \text{ kW}$$

Suponiendo un rendimiento de bombeo del 65% resulta:

$$\text{Pot.} = 0,232 / 0,65 = 0,356 \text{ kW}$$

Teniendo en cuenta la reserva para posibles sobrecargas, el motor para la bomba debe instalarse con una potencia algo mayor que la consumida.

El coeficiente de reserva  $\beta$  se toma dependiendo de la magnitud de W (ver tabla adjunta).

Pot.(kW)	< 1	1 - 5	5 - 50	> 50
$\beta$	2 - 1,5	1,5 - 1,2	1,2 - 1,15	1,1

$$\text{Pot. bomba} = 0,356 \text{ kW}$$

Mirando en la tabla para Pot.< 1 kW podemos mayorar entre 2 y 1,5.

$$W = \text{Pot. bomba} \cdot \beta = 0,356 \cdot 2 = 0,712 \text{ kW}$$

Por ultimo sabiendo que 1 C.V. son 0,73545 kW:

$$W = 0,712 / 0,73545 = 0,96 \text{ C.V.}$$

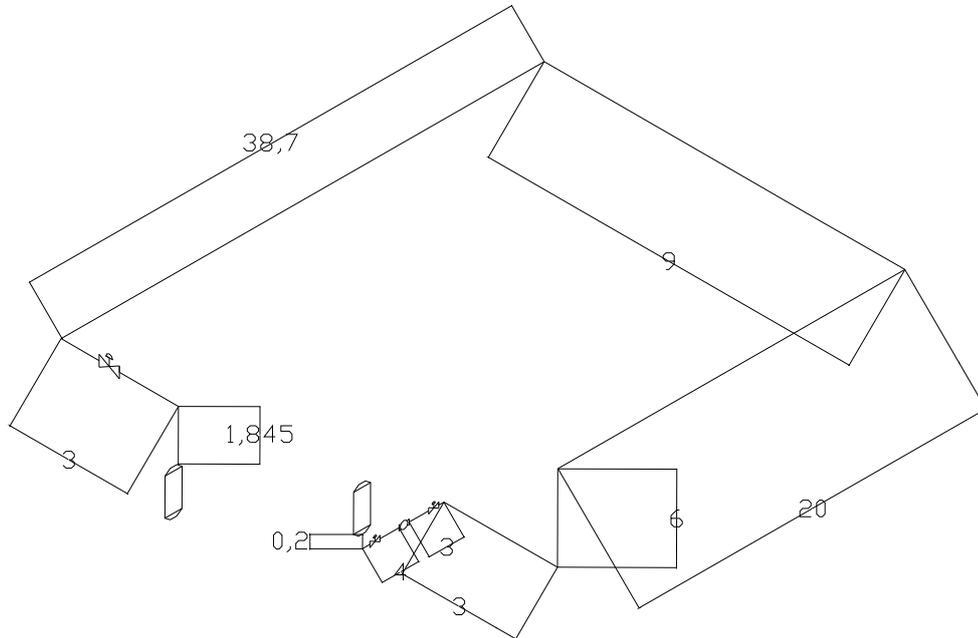
#### **TRAMO 4.**

Este tramo comprende desde el tanque de limpieza hasta el tanque tampón de cabeza.

Se divide en 2 tramos:

- 1- Zona de aspiración: Desde el tanque de limpieza hasta la bomba.
- 2- Zona de impulsión: Desde la salida de la bomba hasta el tanque tampón 1°.

(ver dibujo de carácter ilustrativo)



Estas tuberías van situadas por encima de los tanques y su entrada en ellos se efectúa por la parte superior.

El volumen de líquido es de 150 l para cada enjuague, se recomienda una velocidad cercana a los 2 m/s, utilizando tuberías con un diámetro nominal de 1" de Schedul 10, con un diámetro exterior de 33,4 mm y un espesor 2,77 mm.

Por lo tanto el diámetro interno de la tubería es de:

$$33,4 \text{ mm} - 2 \cdot (2,77) \text{ mm} = 27,86 \text{ mm}$$

$$G = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V$$

$$G = \frac{\pi \cdot 0,02786^2}{4} \cdot 2 = 1,22 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

Para el cálculo del  $NPSH_{disponible}$  en la zona de aspiración:

$$NPSH_{disponible} = z_1 + \frac{P_1 - P_v}{\rho \cdot g} - h_f$$

Siendo:

- $z_1$  altura de aspiración (m)
- $P_1$  presión del deposito de aspiración (N/ m<sup>2</sup>)
- $P_v$  presión de vapor (N/ m<sup>2</sup>)
- $\rho$  densidad del fluido (kg/ m<sup>3</sup>)
- $g$  aceleración de la gravedad (m/seg<sup>2</sup>)
- $h_f$  pérdidas de cargas (m)

Las longitudes equivalentes (m) de las pérdidas localizadas de carga correspondiente a tuberías, codos, válvulas, etc. se calcula mediante tablas.

$$L_{\text{equi. aspiración}} = \text{metros de tubería} + 1 \text{ válvula} + 1 \text{ codo}$$

$$L_{\text{equi. aspiración}} = 4,2 + 9 + 0,8 = 14 \text{ m}$$

El coeficiente de fricción también se calcula mediante tabla a partir de caudales en l/s y velocidades en m/s.

$$h_f = 0,32 \cdot 14 = 4,48 \text{ m}$$

La altura de aspiración ( $z_1$ ) equivale a la altura del liquido en el tanque de limpieza (0,76 m) mas la altura de tubería.

$$z_1 = 0,76 + 0,2 = 0,96 \text{ m}$$

La presión existente en el depósito y la presión de vapor en la tubería son:

$$P_1 = 1 \text{ atm} \cdot 103323 \text{ (N/ m}^2\text{)}/\text{atm} = 103323 \text{ N/ m}^2$$

$$P_{\text{vapor}} = 0,018 \text{ kg/cm}^2 \approx 0,01742 \text{ atm}$$

$$P_{\text{vapor}} = 0,01742 \text{ atm} \cdot 103323 \text{ (N/ m}^2\text{)}/\text{atm} = 1800 \text{ N/ m}^2$$

Sustituyendo los valores obtenidos y sabiendo que:

$$\rho \text{ (densidad del fluido)} = 1000 \text{ kg/ m}^3$$

$$g \text{ (aceleración de la gravedad)} = 9,81 \text{ m/ seg}^2$$

$$NPSH_{\text{disponible}} = z_1 + \frac{P_1 - P_v}{\rho \cdot g} - h_f = 0,96 + \frac{103323 - 1800}{1000 \cdot 9,81} - 4,48 = 6,82 \text{ m}$$

En la zona de impulsión:

$$H_w = H + (h_f + h_i) + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g}$$

Siendo:

- H altura impulsión – altura de aspiración (m)
- H<sub>f</sub> pérdidas de carga en la aspiración (m)
- H<sub>i</sub> pérdidas de carga en la impulsión (m)
- P<sub>1</sub> Presión del depósito del que se aspira ( N/m<sup>2</sup> )
- P<sub>2</sub> Presión del depósito al que se impulsa ( N/m<sup>2</sup> )
- ρ densidad del fluido (kg/ m<sup>3</sup>)
- g aceleración de la gravedad (m/ seg<sup>2</sup>)

L<sub>equi. impulsión</sub> = met.tuberías + 2 válvula + 6 codos + 12 tes

L<sub>equi. impulsión</sub> = 84,545 + (2 · 9) + (6 · 0,8) + (12 · 2) = 131,34 m

$$h_i = 0,32 \cdot 131,34 = 42,02 \text{ m}$$

$$h_f = 4,48 \text{ m}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm} \cdot 103323 \text{ (N/ m}^2\text{)}/\text{atm} = 103323 \text{ N/ m}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} \cdot 103323 \text{ (N/ m}^2\text{)}/\text{atm} = 103323 \text{ N/ m}^2$$

$$\rho \text{ (densidad del fluido)} = 1000 \text{ Kg/ m}^3$$

$$g \text{ (aceleración de la gravedad)} = 9,81 \text{ m/ seg}^2$$

H = altura de impulsión - altura de aspiración

altura de aspiración = 0,96 (calculada anteriormente)

alt. de impulsión = 6 m

$$H = 6 - 0,96 = 5,04 \text{ m}$$

Sustituyendo los valores obtenidos en:

$$H_W = H + (h_f + h_i) + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g}$$

$$H_{TOTAL} = 5,04 + (4,48 + 42,02) = 51,54 \text{ m}$$

La potencia (en W) necesaria de la bomba se calcula mediante:

$$\text{Pot.} = Q \cdot H_{TOTAL} \cdot \rho \cdot g$$

Siendo:

$$Q \quad (\text{Caudal volumétrico}) = 1,22 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{TOTAL} = 51,54 \text{ m}$$

$$\rho \quad (\text{densidad del fluido}) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g \quad (\text{aceleración de la gravedad}) = 9,81 \text{ m/seg}^2$$

Sustituyendo los valores:

$$\text{Pot.} = 1,22 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \cdot 51,54 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/seg}^2 = 616 \text{ W}$$

$$\text{Pot.} = 616 \text{ W} = 0,616 \text{ kW}$$

Suponiendo un rendimiento de bombeo del 65% resulta:

$$\text{Pot.} = 0,616 / 0,65 = 0,947 \text{ kW}$$

Teniendo en cuenta la reserva para posibles sobrecargas, el motor para la bomba debe instalarse con una potencia algo mayor que la consumida.

El coeficiente de reserva  $\beta$  se toma dependiendo de la magnitud de W (ver tabla adjunta).

Pot.(kW)	< 1	1 - 5	5 - 50	> 50
$\beta$	2 - 1,5	1,5 - 1,2	1,2 - 1,15	1,1

$$\text{Pot.}_{\text{bomba}} = 0,947 \text{ kW}$$

Mirando en la tabla para Pot.< 1 kW podemos mayorar entre 2 y 1,5.

$$W = \text{Pot.}_{\text{bomba}} \cdot \beta = 0,947 \cdot 2 = 1,894 \text{ kW}$$

Por ultimo sabiendo que 1 C.V. son 0,73545 kW:

$$W = 1,894 / 0,73545 = 2,5 \text{ C.V.}$$

**VIII.2. Elección de las bombas.**

Una vez calculadas numéricamente la altura total de impulsión y la potencia de la bomba requerida para cada tramo, se ha optado por la adquisición de bombas de la marca ITUR serie IN.

Para la designación de esta, se utilizan una serie de tablas suministradas por el fabricante, mediante el caudal en m<sup>3</sup>/h y la altura total en metros se determina la bomba adecuada para cada tramo (ver anexo-19 y 20).

	TRAMO 1°	TRAMO 2°	TRAMO 3°	TRAMO 4°
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	2,5	2,54	2.5	4,4
H <sub>TOTAL</sub> (m)	8,47	15,32	34,08	51,54
<b>BOMBA SELECCIONADA</b>				
Modelo	32/160	32/200	32/160	32/200
Potencia absorbida (CV)	0,23	0,43	0,96	2,5
Motor (rpm)	1.450	1.450	2.900	2.900

## **IX. REGULACION.**

En este capítulo se citara las variables cuyas medidas y control resultan imprescindibles para el buen funcionamiento de la instalación propuesta, así como la instrumentación mínima necesaria al respecto.

Se ha optado por la utilización de “unidades de regulación” controladas mediante autómata programable, unido a su vez a un soporte informático, que sirva no sólo para controlar la filtración, sino todo el proceso.

### **IX.1. Medidores de caudal.**

Para la medida de caudal en el proceso, se ha optado por un caudalímetro electromagnético. Instalado sobre la tubería. Especialmente diseñadas para sectores de alimentación y bebidas.

#### **\* Especificaciones:**

- Caudalímetro electromagnético MAGFLO DN 25.
- Marca Danfoss.
- Temperatura de operación: - 20 a 50° C.
- Rango de velocidades: 0 - 10 m/s.
- Alimentación: 110 - 120 V. 220 - 230 V. A.C. 24D.C.
- Salida: 4 - 20 mA.

### **IX.2. Sensores de temperatura.**

Para la medida de temperaturas se ha optado por la utilización de termómetros con sonda de platino tipo Pt - 100. Que está conectado a un indicador digital (display) que le dará el valor de la medida al operario, y al mismo tiempo dispone de una salida de 4 - 20 mA para su conexión al autómata.

**\* Especificaciones:**

- Termómetro Pt - 100 serie 800, modelo 85300XX3/5
- Marca Digital Stars.
- Rango de medidas: - 99,9 °C a 199,9° C
- Alimentación: 125 ó 220 V C.A. 12 ó 24 V D.C.
- Salidas analógicas y digitales: 4 - 20 mA 0 - 10 V.

### **IX.3. Transmisores de presión.**

Para el control de las mediadas de presión se ha optado por un transmisor de presión de medición piezoresistiva. Instalado directamente sobre la tubería.

**\* Especificaciones:**

- Transmisor de presión tipo AKS.
- Marca Danfoss.

- Rango de presiones: 0 - 25 bar.
- Alimentación : 10 a 30 V D.C.
- Salidas: 4 -20 mA.

#### **IX.4. Indicadores de nivel.**

Para la medida de nivel se ha optado por un indicador, cuyo principio de medición son los ultrasonidos llevando incorporados directamente su display. El indicador va roscado directamente sobre la cabeza del tanque.

##### **\* Especificaciones:**

- Indicador de nivel. Modelo Lit 25.
- Marca GREYLINE INSTRUMENTS INC.
- Rango de medidas: 0 - 7,8 m.
- Resolución: 0,25 cm.
- Alimentación: 110 - 220 V A.C. 24 V D.C.
- Salida: 4 - 20 mA.

#### **IX.5. Convertidor de frecuencia VLT 2.000.**

Para variar la velocidad de los motores de las bombas, para poder controlar el caudal, la presión e incluso en caso de mal funcionamiento detener el proceso.

##### **\* Especificaciones:**

- Convertidor de frecuencia VLT 2.000 serie PACK.

- Marca Danfoss.
- Potencia de 0,34 a 4 kW.
- Alimentación 220 V A.C.

### **IX.6. Turbidez.**

Para evitar el problema de que una rotura en cualquier placa de filtro produzca desmoronamiento de la torta filtrante o cualquier tipo de inconveniente y hagan que el proceso de filtración no sea correcto. Existen en el mercado equipos compactos de estos denominados E.B.C. Cuya misión consiste en detener el proceso en los supuestos anteriormente citados y en avisar al operador mediante señal acústica.

### **IX.7. Válvulas.**

Para el control de caudal en el enfriador se ha optado por una válvula solenoide modulante.

**\* Especificaciones:**

- Válvula solenoide modulante tipo EVS/M6.
- Marca Danfoss.
- Alimentación: 24 V D.C.
- Señal analógica: 4 - 20 mA.

· Válvula todo-nada.

**\* Especificaciones:**

- Válvula de solenoide EVSI/15. (Igual al anterior).

**IX.8. Autómata.**

Para el control del proceso se ha optado por un autómata programable que recibirá a su entrada las señales de los correspondientes reguladores 4 - 20 mA ó 0 - 10 V; este a su vez por ordenador.

**\* Especificaciones:**

- Modelo SATTCONTROL 125.
- Marca Alfa Control.
- Memoria de programa Mb.
- Número de E/S 2.048.
- Entradas y salidas analógicas y digitales.

**IX.9. Displays.**

Para que en la sala de filtración el operador pueda tener una pronta información, se opta por la utilización de displays; en aquellos casos en los que el medidor no los traiga directamente de fábrica.

**\* Especificaciones:**

- Modelo 8211625
- Marca DITAL STARS.
- Salida: 4 - 20 mA.

**IX.10 EQUIPO INFORMATICO.**

Procesador tipo Intel Core 2 Duo E6300, con disco duro de 250 G.B. y memoria de 2048 MB.

**IMPORTE DEL PROYECTO**

IMPORTANDO EL PRESENTE PROYECTO LA CANTIDAD DE UN  
MILLON TRESCIENTOS SETENTA MIL VEINTI SEIS EUROS CON  
SESENTA Y UN CENTIMOS.

PUERTO REAL, 15 DE MAYO DEL 2007

EL INGENIERO QUIMICO

SAMUEL GUMIER LORENZO

**BIBLIOGRAFÍA**

- “ELABORACION DE CERVEZA”.

AUTOR: IAN S. HORNSEY. EDITORIAL : ACRIBIA S.A.

- “EL CERVECERO EN LA PRACTICA”. SEGUNDA EDICIÓN.

AUTOR: ASOCIACIÓN DE MAESTROS CERVECEROS DE LAS AMÉRICAS. EDITORIAL: MADISON WISCOUSIN.

- “BIOTECNOLOGIA DE LA CERVEZA Y LA MALTA”

AUTOR: J.S. HOGH. EDITORIAL : ACRIBIA S.A.

- “CURSO DE CERVECERÍA, FERMENTACIÓN Y GUARDA”

GRUPO CRUZCAMPO (Dirección de formación y desarrollo).

“CURSO DE CERVECERÍA, CLARIFICACIÓN Y  
CONDICIONAMIENTO”

GRUPO CRUZCAMPO (Dirección de formación y desarrollo).

- “DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DE INGENIERÍA Y SERVICIOS EN CERVECERÍA”.

ESCUELA SUPERIOR DE CERVEZA Y MALTA. MADRID 1.989.

- “CURSO DE CERVECERÍA”.

INGENIERÍA: GRUPO CRUZCAMPO (Dirección de formación y desarrollo).

- “INGENIERÍA QUÍMICA”. TERCERA EDICIÓN.

AUTORES: J. M. COULSON. J. F. RICHARDSON. EDICIONES REVERTE S.A. TOMOS I Y II.

- “MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO”. SEXTA EDICIÓN.

AUTOR: ROBERT H. PERRY. EDITORIAL MC. GRAW- HILL. TOMOS I Y II.

- “FILTRACIÓN. PRINCIPLES AND PRACTICES”. PART. I.

CLIDE ORR.

- “CERAP”. CÓDIGO ESPAÑOL DE RECIPIENTES Y APARATOS A

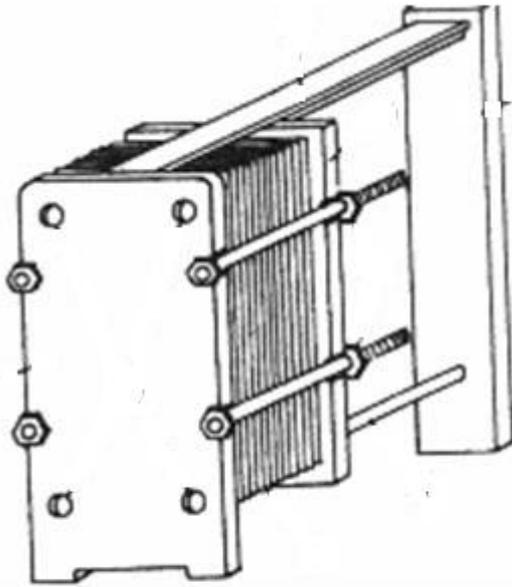
PRESIÓN. MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO.  
CETRO DE PUBLICACIONES. 1.992.

- “MANUAL DE RECIPIENTES A PRESIÓN”. DISEÑO Y CALCULO.  
AUTOR: EUGENE F. MEGYESY. EDITORIAL: LIMUSA NORIEGA.

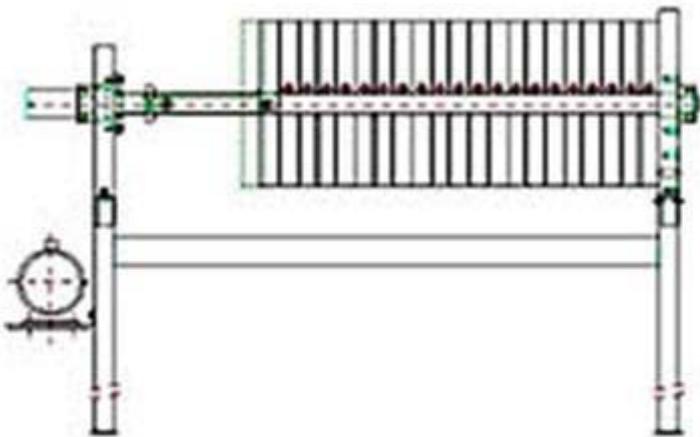
- “REVISTA, ALIMENTACION, EQUIPOS Y TECNOLOGIA”  
LOS TANQUES CILINDRO-CONICOS Y EL TIEMPO DE GUARDA.

**WEBS**

- “WWW.ALFALAVAL.COM”
- “WWW.ITUR.ES”
- “WWW.AINIA.ES”
- “WWW.MOLEBRAU.COM”
- “WWW.CERVECEROS.ORG”
- “WWW.ENERGUIA.COM”
- “WWW.SEDICAL.COM”
- WWW.MAPYA.ES
- “WWW.CERVECERIA.INFO”

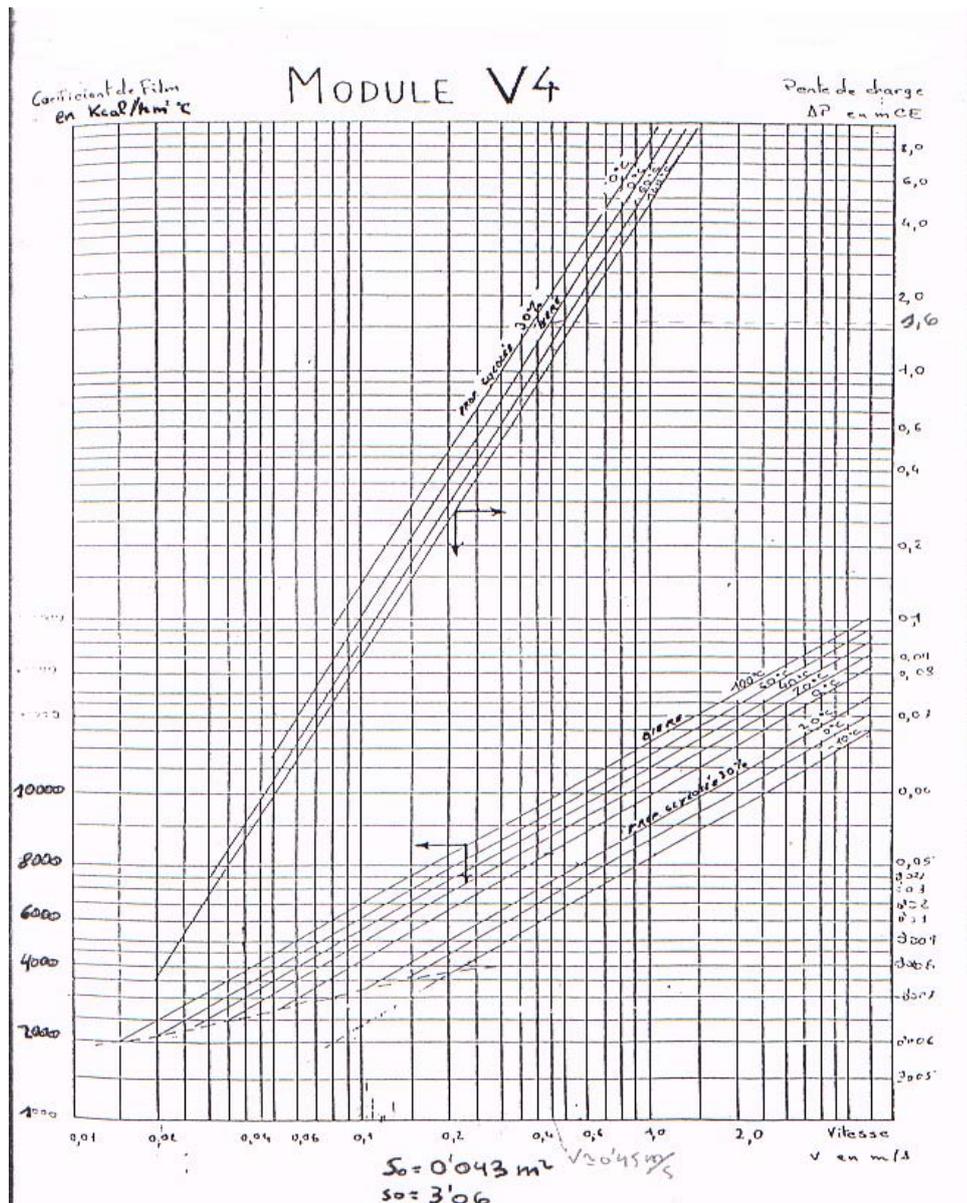


## - ANEXOS DE CALCULO -



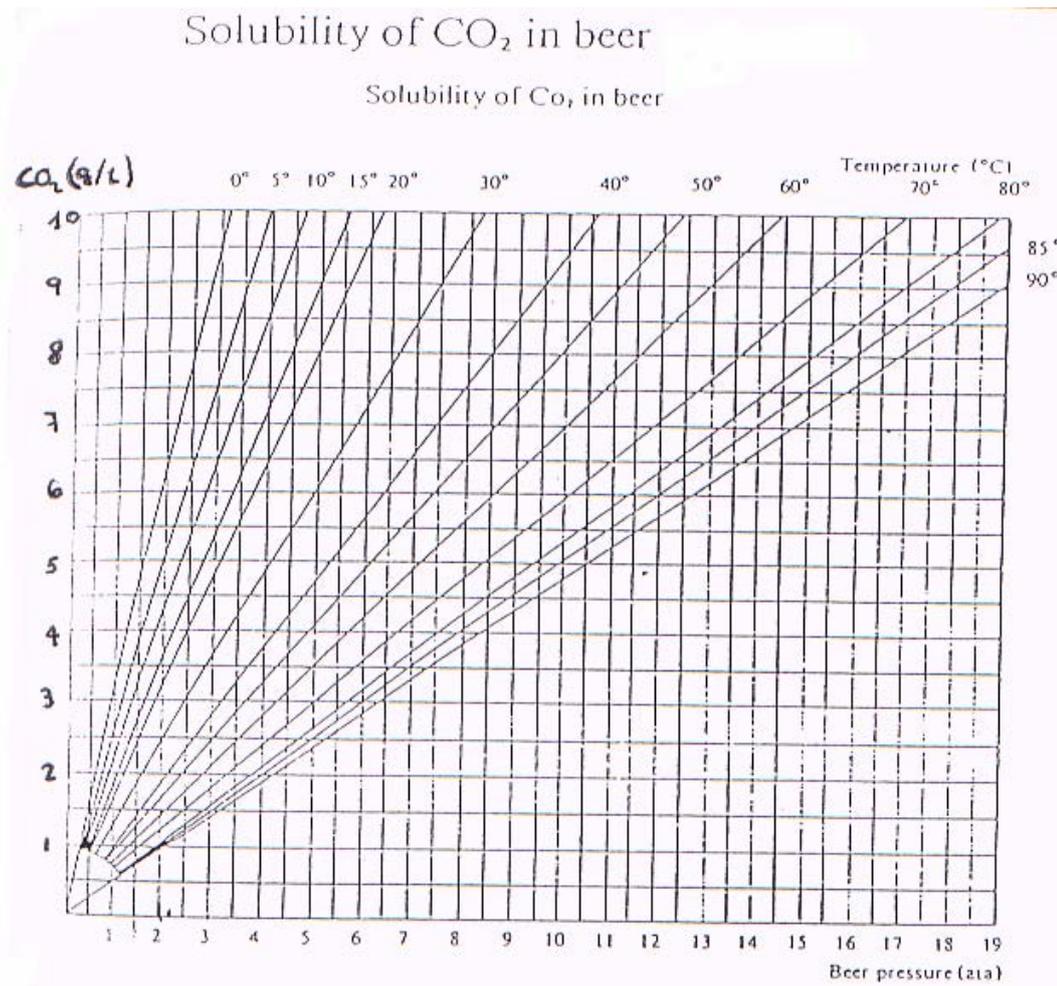
ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO

“INTERCAMBIADOR DE CALOR”



**ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO**

**“DISEÑO DE TANQUES”**

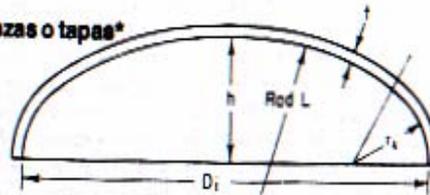


**SOLUBILIDAD DEL CO<sub>2</sub> EN LA CERVEZA**

## ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO

## "DISEÑO DE TANQUES"

TABLA 6-51 Volúmenes de cabezas o tapas\*



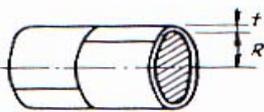
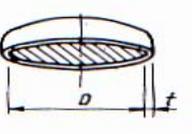
Tipo de cabeza	Radio de articulación $r_s$	$h$	$L$	Volumen	% Error	Observaciones
De platos estándar	Aprox. $3t$	.....	Aprox. $D_i$	Aprox. $0.050D_i^3 + 1.65tD_i^2$	$\pm 10$	$h$ varía con $t$
Toriférica o A.S.M.E.	$0.06L$	.....	$D_i$	$0.0808D_i^3$	$\pm 0.1$	$r_s$ debe ser el valor mayor de $0.06L$ y $3t$
Toriférica o A.S.M.E	$3t$	.....	$D_i$	Aprox. $0.513htD_i^2$	$\pm 8$	
Elipsoidal	.....	.....	.....	$\pi D_i^2 h / 6$	0	Proporciones estándar
Elipsoidal	.....	$D_i/4$	.....	$\pi D_i^3 / 24$	0	
Hemisférica	.....	$D_i/2$	$D_i/2$	$\pi D_i^3 / 12$	0	Caso truncado: $h$ = altura $d$ = diámetro en el extremo pequeño
Cónica	.....	.....	.....	$\pi h(D_i^2 + D_i d + d^2) / 12$	0	

\*Utilícese unidades congruentes.

## VOLÚMENES Y ALTURAS DE CABEZAS Y FONDOS

## ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO

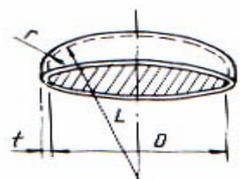
## "DISEÑO DE TANQUES"

<b>PRESION INTERNA</b>	
FORMULAS EXPRESADAS EN FUNCION DE LAS DIMENSIONES INTERIORES	
<p> <b>P</b> = Presión de diseño o presión máxima de trabajo permitida, lb/pulg<sup>2</sup>  <b>S</b> = Valor del esfuerzo del material, lb/pulg<sup>2</sup>, página 159  <b>E</b> = Eficiencia de la junta, página 142  <b>R</b> = Radio interior, pulgadas  <b>D</b> = Diámetro interior, pulgadas  <b>t</b> = Espesor de pared, pulgadas  <b>C.A.</b> = Margen por corrosión, pulgadas         </p>	
A	<b>CASCO CILINDRICO (COSTURA LONGIT.)<sup>1</sup></b>
	$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$ $P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Generalmente rige el esfuerzo en la costura longitudinal. Ver página anterior.</li> <li>2. Cuando el espesor de pared exceda de la mitad del radio interior o P exceda de 0.385 SE, se aplicarán las fórmulas dadas en el Apéndice del Código, 1-2.</li> </ol>	
B	<b>ESFERA Y CABEZA HEMISFERICO</b>
	$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$ $P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para las cabezas sin brida recta, úse la eficiencia de la junta de la cabeza al casco si es menor que la eficiencia de las costuras de la cabeza.</li> <li>2. Cuando el espesor de pared exceda de 0.356 R, o P exceda de 0.665 SE, se aplicarán las fórmulas dadas en el Apéndice 1-3 de las normas.</li> </ol>	
C	<b>CABEZA ELIPSOIDAL 2:1</b>
	$t = \frac{PD}{2SE - 0.2P}$ $P = \frac{2SEt}{D + 0.2t}$
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para las cabezas elipsoidales cuya relación del eje mayor al eje menor sea diferente de 2:1, véase el Apéndice 1-4 (c) de las normas.</li> </ol>	

## ESPESOR DE CASCOS Y CABEZAS

**ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO**

**“DISEÑO DE TANQUES”**

<b>PRESION INTERNA</b>																	
<b>FORMULAS EXPRESADAS EN FUNCION DE LAS DIMENSIONES INTERIORES</b>																	
<p>P = Presión de diseño o presión máxima de trabajo permitida, lb/pulg<sup>2</sup>                      S = Valor de esfuerzo del material, lb/pulg<sup>2</sup>, página 159                      E = Eficiencia de la junta, página 142                      R = Radio interior, pulgadas                      D = Diámetro interior, pulgadas                      α = La mitad del ángulo en el vértice, grados                      L = Radio interior del casquete, pulgadas                      r = Radio interior de las curvaturas, pulgadas                      t = Espesor de pared, pulgadas                      C.A. = Margen por corrosión, pulgadas</p>																	
<b>D</b>  	<b>CONO Y SECCION CONICA</b>																
	$t = \frac{PD}{2 \cos \alpha (SE - 0.6P)}$ $P = \frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$																
	<p>1. La mitad del ángulo en el vértice, α no mayor de 30°                      2. Cuando α es mayor de 30°, se requiere un análisis especial (Apéndice I-5(e) del Código)</p>																
<b>E</b>  	<b>CABEZA ASME BRIDADA Y ALABEADA (CABEZA TORISFERICA)</b>																
	Cuando L/r = 16 2/3																
	$t = \frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$ $P = \frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$																
Cuando Lr/ menor de 16 2/3																	
$t = \frac{PLM}{2SE - 0.2P}$ $P = \frac{2SEt}{LM + 0.2t}$																	
<b>VALORES DEL FACTOR "M"</b>																	
L/r	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
M	1.00	1.03	1.06	1.08	1.10	1.13	1.15	1.17	1.18	1.20	1.22	1.25	1.28	1.31	1.34	1.36	1.39
L/rt	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	16.3	*
M	1.41	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.65	1.69	1.72	1.75	1.77	
* LA MAXIMA RAZON PERMITIDA ES: L = D + 2t (véase la nota 2 de la página opuesta)																	

**ESPESOR DE CASCOS Y CABEZAS**

## ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO

## "DISEÑO DE TANQUES"

REGLAS DE LAS NORMAS RELACIONADAS CON DIVERSOS SERVICIOS		
Servicio	Extractos abreviados de los requisitos de las normas	Párrafo de la norma
Aire	Todos los recipientes sujetos a presión para aire comprimido, excepto lo que se indica como permitido en este párrafo, deberán tener una abertura de inspección adecuada. Los recipientes de espesor mínimo requerido menor de 1/4 de pulgada que hayan de usarse para aire comprimido deberán tener un margen por corrosión no menor de 1/6 del espesor de placa calculado. Espesor mínimo 3/32 pulg.	UG - 46 (a)  UCS - 25  UG 16-(b) (6)
Gases y líquidos inflamables y/o nocivos	No se usarán conexiones expandidas.	UG - 43 (g)
Sustancias peligrosas	Las juntas soldadas a tope de recipientes que contienen sustancias letales deberán radiografiarse completamente. Cuando se fabriquen de acero al carbono o de bajo contenido de aleación se someterán a tratamiento térmico posterior a la soldadura. Las juntas de las diversas categorías deberán cumplir con lo dispuesto en el párrafo UW-2. No se usarán placas de acero que correspondan a las especificaciones SA-36 y SA-283.	UW - 2 (a)  UW - 2 (a)  UCS - 6 (b) (1)
Vapor de agua	Los recipientes con espesor mínimo requerido menor de 1/4 de pulgada que hayan de usarse para vapor de agua deberán tener un margen por corrosión no menor de 1/6 del espesor de placa calculado. Espesor mínimo, de cascos y cabezas, 3/32 de pulg.	UCS - 25  UG-16 (b) (6)
Calderas de vapor sin fuego directo (1)	Con presiones de diseño en exceso de 50 lb/pulg <sup>2</sup> , las juntas de las diversas categorías deberán cumplir con el párrafo UW-2. No se usarán las placas de acero que correspondan a las especificaciones SA-36 y SA-283. Espesor mínimo, de cascos y cabezas, 1/4 de pulg.	UCS - 6 (b) (2)  UG-16 (b) (5)
Agua (2)	Los recipientes con espesor mínimo requerido menor de 1/4 de pulgada que hayan de usarse para servicio de agua deberán tener un margen por corrosión no menor de 1/6 del espesor de placa calculado. Espesor mínimo de cascos y cabezas, 3/32 de pulg.	UCS - 25  UG-16 (b) (6)
<b>NOTAS:</b> 1. Las calderas de vapor sin fuego directo pueden construirse también de acuerdo con las reglas de la sección 1 de las normas. 2. Los recipientes para servicio de agua excluidos de lo que abarcan las normas aparecen en la lista U-1 (c)(6) y (7).		

## ESPESOR MINIMO

## ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO

### “DISEÑO DE TANQUES”

<b>REGLAS DE LAS NORMAS CON RELACION A DIFERENTES ESPESORES DE PARED DEL RECIPIENTE.</b>								
Espesor de pared, pulg.	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{1}{2}$
Notas aplicables	2, 4, 15 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14	2, 4, 15 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14	2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11 12, 14, 15	2, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14	4, 6, 8, 9 11, 12, 14 15	4, 6, 8, 9 11, 12, 14 15	7, 8, 9, 11, 12, 14, 15	7, 8, 9, 11, 12, 14, 15
Espesor de pared, pulg.	$\frac{9}{16}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{15}{16}$	1
Notas aplicables	7, 10, 11, 12, 14, 15	7, 10, 11, 12, 14, 15	7, 10, 13, 16, 20	7, 10, 13, 16, 20	7, 10, 13, 16, 20	7, 10, 13, 16, 20	7, 10, 13, 16, 20	7, 10, 13, 16, 20
Espesor de pared, pulg.	$1\frac{1}{16}$	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{3}{16}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{5}{16}$	$1\frac{3}{8}$	$1\frac{7}{16}$	$1\frac{1}{2}$ y mayores
Notas aplicables	7, 13, 16, 17, 20	7, 13, 16, 17, 20	7, 13, 16, 17, 20	7, 13, 16, 17, 20, 19, 22	7, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22	7, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22	7, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22	7, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21
<p style="margin: 0;">Notas (Extractos breves de los requisitos de las normas)</p>								
<p>1. El espesor mínimo de placa para construcción soldada no deberá ser menor de 1/16 de pulg. El espesor mínimo de cascos y cabezas para servicio en aire comprimido, en vapor de agua o en agua, deberá ser 3/32 de pulg.</p> <p>2. La marca del fabricante no deberá ser de estampado profundo por dado.</p> <p>3. En servicio de aire comprimido, de vapor de agua y de agua deberá dejarse margen por corrosión no menor de 1/6 del espesor de placa calculado.</p> <p>4. Las aberturas sencillas soldadas hasta para tubo de 3 pulg, no requieren refuerzo.</p> <p>5. El espesor mínimo de cascos y cabezas de calderas de vapor no sujetas a fuego directo no deberá ser menor de 1/4 de pulg.</p> <p>6. Para juntas longitudinales soldadas es aceptable la unión a traslape de doble filete completo.</p> <p>7. Las aberturas sencillas soldadas para tubo hasta de 2 pulg, no requieren refuerzo.</p> <p>8. Es aceptable la junta de traslape de un solo filete con soldaduras de tapón para la sujeción de cabezas no mayores de 24 pulg de diámetro exterior a cascos.</p> <p>9. Espesor máximo del refuerzo para soldadura a tope: 3/32 de pulg.</p> <p>10. Espesor máximo para soldadura a tope: 1/8 de pulg.</p> <p>11. Es aceptable la junta a traslape de un solo filete completo con soldaduras de tapón para unión circunferencial.</p>							<p>UG-16 (b)</p> <p>UG-16(b) (6)</p> <p>UG-77 (b)</p> <p>UCS-25</p> <p>UG-36 (c) (3)</p> <p>UG-16 (b) (5)</p> <p>Tabla UW-12</p> <p>UG-36 (c) (3)</p> <p>Tabla UW-12</p> <p>UW-35 (a)</p> <p>UW-35 (a)</p> <p>Tabla UW-12</p>	

### ESPESOR MINIMO

## ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO

### “DISEÑO DE TANQUES”

<b>REGLAS DE LAS NORMAS CON RELACION A DIFERENTES ESPESORES DE PARED DEL RECIPIENTE (Continuación)</b>	
Notas (Extractos breves de los requisitos de las normas)	
12. Son aceptables las juntas a traslape de un solo filete completo sin soldaduras de tapón para la sujeción de cabezas convexas hacia el lado de presión a los cascos.	Tabla UW-12
13. Las juntas soldadas de recipientes de presión sujetos a fuego directo comprendidas en la Categoría B serán del tipo (1) ó (2). Requieren tratamiento térmico posterior a la soldadura.	UW-2 (d) (1) (2)
14. Es aceptable la junta a tope sencilla soldada sin solera de respaldo para uniones circunferenciales no mayores de 24 pulg de diámetro exterior.	Tabla UW-12
15. Para unión circunferencial son aceptables las juntas a traslape de doble filete completo.	Tabla UW-12
16. No deberán usarse placas de acero que correspondan a las especificaciones SA-36 y SA-283.	UCS-6 (b) (4)
17. El espesor máximo del refuerzo para soldaduras a tope es 3/16 de pulg.	UW-35 (a)
18. Las juntas soldadas a tope en material de clasificación P-1 deberán ser radiografiadas totalmente	USC-57
19. El tratamiento térmico posterior a la soldadura de los materiales P-1 es forzoso para todas las conexiones y accesorios soldados.	Tabla UCS-56
20. Para uniones circunferenciales o longitudinales se usarán juntas a tope con doble soldadura o juntas a tope con soldadura sencilla y solera de respaldo.	Tabla UW-12
21. Las juntas soldadas a tope hechas de acuerdo con los tipos No. (1) y No. (2) serán examinadas radiográficamente en toda su longitud.	UW-11 (a) (2)
22. El tratamiento térmico posterior a la soldadura de los materiales P-1 no es forzoso siempre que se precaliente el material.	Tabla UCS-56 Nota (2)(a)(b)

### ESPESOR MINIMO

## ANEXO DE LA MEMORIA DE CÁLCULO

### “DISEÑO DE TANQUES”

#### PRESION INTERNA

##### 1. PRESION DE OPERACION

La presión que se requiere en el proceso del que forma parte el recipiente, a la cual trabaja normalmente éste.

##### 2. PRESION DE DISEÑO

La presión que se emplea para diseñar el recipiente. Se recomienda diseñar un recipiente y sus componentes para una presión mayor que la de operación. Este requisito se satisface utilizando una presión de diseño de 30 lb/pulg<sup>2</sup> o 10% más que la presión de trabajo, la que sea mayor. También debe tomarse en consideración la presión del fluido y de cualquier otra sustancia contenida en el recipiente. Ver las tablas de la página 29 para la presión de los fluidos.

##### 3. MAXIMA PRESION PERMITIDA DE OPERACION

La presión interna a la que está sujeto el elemento más débil del recipiente correspondiente al esfuerzo máximo admisible, cuando se supone que el recipiente está:

- a) en estado de desgaste por corrosión
- b) a una temperatura determinada
- c) en posición normal de trabajo
- d) bajo el efecto de otras cargas (carga de viento, presión externa, presión hidrostática, etc.) que son aditivas a la presión interna.

Una práctica común que siguen muchos usuarios y fabricantes de recipientes sujetos a presión es considerar la presión máxima de trabajo permitida de la cabeza o del casco, y no la de elementos pequeños como bridas, aberturas, etc.

Véanse las tablas de la página 28 para la máxima presión permitida para bridas.

Véanse las tablas de la página 118 para la máxima presión permitida para tubos.

Se emplea muy a menudo la expresión máxima presión permitida “nuevo” y “frío”. Esta es la presión a la cual está sujeto el elemento más débil del recipiente al punto máximo admisible, cuando el recipiente:

- a) no está corroido (es nuevo)
- b) la temperatura no afecta su resistencia (temperatura ambiente) (frío)

y las otras dos condiciones anteriores (c y d) tampoco necesitan ser tomadas en consideración.

##### 4. PRESION DE LA PRUEBA HIDROSTATICA

Una y media veces la máxima presión permitida de operación o la presión de diseño cuando no se hacen los cálculos para determinar la presión máxima permitida de trabajo.

Si el valor del esfuerzo del material del recipiente a la temperatura de diseño es menor que a la temperatura de prueba, la presión de prueba hidrostática debe incrementarse proporcionalmente.

### PRESIÓN DE DISEÑO

## ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO

### “DISEÑO DE TANQUES”

En este caso, la presión de prueba será:

$$1.5 \times \text{Pres. máx. perm. de T} \times \frac{\text{Valor del esf. a la temp. de prueba}}{\text{Valor del esf. a la temp. de diseño}} \\ \text{(o pres. de diseño)}$$

Los recipientes para los que la presión máxima permitida de trabajo esté limitada por las bridas, deberán probarse a la presión indicada en la tabla siguiente:

Presión nominal en servicio primario	150 lb	300 lb	460 lb	600 lb	900 lb	1500 lb	2500 lb
Presión de prueba hidrostática del casco	425	1100	1450	2175	3250	5400	9000

Prueba hidrostática de los recipientes multicámaras: norma UG-99 (e)

Puede efectuarse una prueba neumática en lugar de una prueba hidrostática, de acuerdo a la norma UG-100

Las pruebas necesarias para establecer la presión máxima de trabajo permitida cuando la resistencia de alguna parte del recipiente no puede calcularse con un grado satisfactorio de seguridad, están prescritas en la norma UG-101.

#### 5. VALORES DEL ESFUERZO MAXIMO PERMITIDO

Los valores del esfuerzo de tensión máximo permitido para diferentes materiales se presentan en la tabla de la página 139. El esfuerzo a compresión máximo permitido para usar en el diseño de recipientes cilíndricos sujetos a cargas que produzcan esfuerzo de compresión en el casco debe determinarse de acuerdo a la norma, párrafo UG-23(b), (c) y (d).

#### 6. EFICIENCIA DE LAS JUNTAS

La eficiencia de los diferentes tipos de juntas soldadas aparece en la tabla de la página 142. La eficiencia de las cabezas o casquetes sin costura está tabulada en la página 144.

Las páginas que siguen contienen fórmulas que se emplean para calcular el espesor de pared requerido y la presión máxima de trabajo permitida para los tipos de casco y de cabeza de uso más frecuente. Las fórmulas para casco cilíndrico se dan para la costura longitudinal, ya que es la que rige generalmente.

El esfuerzo de la costura circunferencial rige solamente cuando la eficiencia de la junta circunferencial es menor que la mitad de la eficiencia de la junta longitudinal, o cuando además de la presión interna, hay cargas adicionales (carga de viento, reacción de las siletas), que producen flexión o tensión longitudinales. La razón de esto es que el esfuerzo que se origina en la costura circunferencial es igual a la mitad del que se origina en la costura longitudinal.

De acuerdo con lo anterior, las fórmulas para la costura circunferencial son:

$$t = \frac{PR}{2SE + 0.4P} \quad P = \frac{2SEt}{R - 0.4t}$$

Véase la notación en la página siguiente.

**ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO**

**“DISEÑO DE TANQUES”**

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES - ACERO INOXIDABLE													
P-No. 8 Grupo No. 1													
COMPOSICION NOMINAL, 18 Cr - 8 Ni	Cedencia min. 30 000 lb/pulg <sup>2</sup> Tension min. 75 000 lb/pulg <sup>2</sup>	TABLA 1				COMPOSICION NOMINAL, 16 Cr - 12 Ni - 2Mo.	Cedencia min. 30 000 lb/pulg <sup>2</sup> Tension min. 75 000 lb/pulg <sup>2</sup>	TABLA 3					
		Producto	No. de Espec.	Grado	Notas			Producto	No. de Espec.	Grado	Notas		
		Placa	SA-240	304	2 3			Placa	SA-240	316	2 3		
		Tubo s/c	SA-213	TP304H	2			Placa	SA-240	317	2 3		
		Tubo s/c	SA-213	TP304H	—			Tubo s/c	SA-213	TP316H	2		
		Tubo s/c	SA-312	TP304H	2			Tubo s/c	SA-213	TP316H	—		
		Tubo s/c	SA-312	TP304H	—			Tubo s/c	SA-312	TP316H	2		
		Tubo s/c	SA-376	TP304H	2			Tubo s/c	SA-312	TP316H	—		
		Tubo s/c	SA-376	TP304H	—			Tubo s/c	SA-312	317	2		
		Tubo s/c	SA-452	TP304H	—			Tubo s/c	SA-376	TP316H	2		
Tubo soldada	SA-182	F304	2	Tubo s/c	SA-376	TP316H	—						
Forj.	SA-182	F304H	—	Tubo soldada	SA-452	TP316H	—						
Forj.	SA-182	F304H	—	Forj.	SA-182	F316H	2						
Barra	SA-479	304	2 3 5	Forj.	SA-182	F316H	—						
				Barra	SA-479	316	2 3 5						
COMPOSICION NOMINAL, 25 000 Tension 70 000	Cedencia 25 000 Tension 70 000	TABLA 2				COMPOSICION NOMINAL, 25 000 Tension 70 000	Cedencia 25 000 Tension 70 000	TABLA 4					
		Producto	No. de Espec.	Grado	Notas			Producto	No. de Espec.	Grado	Notas		
		Placa	SA-240	304L	—			Placa	SA-240	316L	—		
		Tubo s/c	SA-213	TP304L	—			Tubo s/c	SA-213	TP316L	—		
		Tubo s/c	SA-312	TP304L	—			Tubo s/c	SA-312	TP316L	—		
		Forj.	SA-182	F304L	—			Forj.	SA-182	F316L	4		
Barra	SA-479	304L	5	Barra	SA-479	316L	5						
VALORES MAXIMOS DE ESFUERZO PERMITIDO, 1 000 lb/pulg <sup>2</sup>													
PARA TEMPERATURAS DEL METAL NO MAYORES DE, GRADOS F													
MATERIALES DE LA TABLA	-20+100	200	300	400	500	600	650	700	750	800	850	900	NOTAS
1	18.8	17.8	16.6	16.2	15.9	15.9	15.9	15.9	15.5	15.2	14.9	14.7	1
2	15.7	15.7	15.3	14.7	14.4	14.0	13.7	13.5	13.3	13.0	—	—	1
3	18.8	18.8	18.4	18.1	18.0	17.0	16.7	16.3	16.1	15.9	15.7	15.5	1
4	15.7	15.7	15.7	15.5	14.4	13.5	13.2	12.9	12.6	12.4	12.1	—	1
5	15.7	13.3	11.9	10.8	10.0	9.4	9.2	9.0	8.8	8.6	8.4	—	
MATERIALES DE LA TABLA	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	
1	14.4	13.8	12.2	9.8	7.7	6.1	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4	1
3	10.0	9.8	9.5	8.9	7.7	6.1	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4	
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	1
5	10.7	10.6	10.5	10.3	9.3	7.4	5.5	4.1	3.1	2.3	1.7	1.2	
NOTAS:													
1. Estos valores de esfuerzo mayores exceden en 2-3% pero no exceden del 90% de la resistencia a la cedencia a tal temperatura. El uso de estos valores puede producir cambios dimensionales, debidos a la deformación por resaca. No se recomiendan estos valores de esfuerzo para bridas ni juntas empacadas ni en otras aplicaciones en las que una deformación ligera pueda ocasionar fuga o mal funcionamiento.													
2. A temperaturas superiores a 100 F, estos valores de esfuerzo se aplican solamente cuando se trata de acero al carbono o aloy.													
3. Para temperaturas superiores a 100 F, estos valores de esfuerzo pueden usarse sólo si el material se trata termicamente, calentándolo a una temperatura mínima de 1 300 F y enfriándolo rápidamente en agua o por algún otro medio.													
4. Resistencia mínima especificada a tensión, 65.0 lb/pulg <sup>2</sup> .													
5. El uso de tablas de presión externa para el material en forma de barra de medidas estándares se permite únicamente para aceros austeníticos.													

**VALORES DE LOS ESFUERZOS DEL MATERIAL**

**ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO**

**"DISEÑO DE TANQUES"**

RESISTENCIA QUIMICA DE LOS METALES														
Sustancia	Hierro y acero	Latón rojo	Bronce comercial	Plomo	Cobre	Aluminio	Níquel	Inconel	Metal Monel	Ac. Inox. Tipo 304	Ac. Inox. Tipo 316	Ac. Inox. Tipo 347	Ac. Inox. Carpenter "20"	Hastelloy "B" o "C"
	Acido acético, crudo	C	C	F	C	F	A	C	C	C	C	C	C	A
Puro	X	C	F	C	F	A	C	C	C	C	C	C	A	A
Vapores	X	C	F	C	F	A	C	C	C	C	C	C	A	A
150 lb/pulg <sup>2</sup> a 400°F	X	C	F	C	F	A	C	C	C	C	C	C	A	A
Anhidrido acético	C	F	F	C	F	A	C	C	C	C	C	C	A	A
Acetona	C	F	F	C	F	A	C	C	C	C	C	C	A	A
Cloruro de aluminio	A	X	X	A	X	A	A	C	C	A	A	A	A	A
Sulfato de aluminio	A	X	X	A	X	A	A	C	C	A	A	A	A	A
Alumbres	X	F	F	A	F	A	C	C	C	A	A	A	A	A
Gas amoniaco, seco	F	F	F	A	F	A	C	C	C	A	A	A	A	A
húmedo	F	F	F	A	F	A	C	C	C	A	A	A	A	A
Cloruro de amonio	F	F	F	A	F	A	C	C	C	A	A	A	A	A
Hidróxido de amonio	A	X	X	A	X	A	A	C	C	A	A	A	A	A
Nitrato de amonio	A	F	F	A	F	A	C	C	C	A	A	A	A	A
Fosfato de amonio	A	C	C	A	C	A	X	-	-	A	A	A	A	A
Sulfato de amonio	F	A	F	A	F	A	C	C	C	A	A	A	A	A
Anilina, aceite de anilina	A	-	-	-	-	-	-	-	-	A	A	A	A	A
Colorantes de anilina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	A	A	A	A
Cloruro de bario	-	-	-	X	X	A	-	-	-	A	A	A	A	A
Hidróxido de bario	-	-	-	A	X	A	-	-	-	A	A	A	A	A
Sulfuro de bario	-	-	-	A	X	A	-	-	-	A	A	A	A	A
Cerveza	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Licores de azúcar de remolacha	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Benceno, benzol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bencina, éter de petróleo, nafta	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Licor negro de sulfato	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Acido bórico	X	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bromo	X	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Las notas continúan en la página siguiente

- En ausencia de oxígeno
- 125° máximo.
- Todos los porcentajes; 70°.
- Hasta ebullición.
- 5% a temperatura ambiente.
- Hasta 122°.
- El hierro y el acero se pueden oxidar considerablemente en presencia de agua y aire
- Las aleaciones de alto contenido de cobre están prohibidas por las normas; el latón amarillo es aceptable.
- El Hastelloy "C" se recomienda hasta 105°.
- Cuando el color no es importante. No usar con ácido c.p.
- De temperatura ambiente hasta 212°. La humedad inhibe el ataque.
- Gas; 70°
- Hasta 506°.
- Hastelloy "C" a temperatura ambiente.
- Desde temperatura ambiente hasta 158°.
- A temperatura ambiente.
- Cuando no es objetable la decoloración.
- 5% máximo; 150° máximo.
- Satisfactorio para vapores hasta 212°.

**RESISTENCIA QUÍMICA DEL MATERIAL**

**ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO**  
**"DISEÑO DE TANQUES"**

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
1 	<p>Jointa 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.</p> <p>Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura.</p>	1.00	0.85	0.70
2  En juntas circunferenciales únicamente	<p>Jointa 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
3 	<p>Jointa a tope de un solo cordón sin tira de respaldo</p>	—	—	0.60
4 	<p>Jointa a traslape de doble filete completo</p>	—	—	0.55
5 	<p>Jointa a traslape de un solo filete completo con soldaduras de tapón</p>	—	—	0.50
6 	<p>Jointa a traslape de un solo filete completo sin soldaduras de tapón</p>	—	—	0.45

**EFICIENCIA DE LAS JUNTAS**

## ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO

### “DISEÑO DE TANQUES”

<b>PRESION DE LOS FLUIDOS</b>										
<b>CARGA ESTATICA</b>										
<p>El fluido contenido en el recipiente ejerce presión sobre las paredes del mismo. Cuando el fluido está en reposo, la intensidad de la presión en un punto es igual en todas direcciones hacia los lados y el fondo del recipiente y varía según la altura del fluido respecto al punto en el que se esté considerando la presión.</p> <p>Cuando sea aplicable, la carga estática deberá sumarse a la presión de diseño del recipiente.</p> <p>Las tablas de esta página indican las relaciones entre la presión y la altura del agua.</p> <p>Para determinar la presión de cualquier otro fluido que no sea agua, los valores de las tablas deberán multiplicarse por la densidad específica del fluido en cuestión.</p> <p style="text-align: center;"><b>Presión en libras por pulgada cuadrada para diferentes cargas de agua</b></p>										
Carga, en pies	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		0.43	0.87	1.30	1.73	2.16	2.60	3.03	3.46	3.90
10	4.33	4.76	5.20	5.63	6.06	6.49	6.93	7.36	7.79	8.23
20	8.66	9.09	9.53	9.96	10.39	10.82	11.26	11.69	12.12	12.56
30	12.99	13.42	13.86	14.29	14.72	15.15	15.59	16.02	16.45	16.89
40	17.32	17.75	18.19	18.62	19.05	19.48	19.92	20.35	20.78	21.22
50	21.65	22.08	22.52	22.95	23.38	23.81	24.25	24.68	25.11	25.55
60	25.98	26.41	26.85	27.28	27.71	28.14	28.58	29.01	29.44	29.88
70	30.31	30.74	31.18	31.61	32.04	32.47	32.91	33.34	33.77	34.21
80	34.64	35.07	35.51	35.94	36.37	36.80	37.24	37.67	38.10	38.54
90	38.97	39.40	39.84	40.27	40.70	41.13	41.57	42.00	42.43	42.87
<p>NOTA: Un pie de agua a 62° Fahrenheit produce una presión de 0.433 libras por pulgada cuadrada. Para hallar la presión por pulgada cuadrada para cualquier carga en pies no considerada en la tabla superior, multiplique la carga en pies por 0.433.</p> <p style="text-align: center;"><b>Cargas de agua en pies que corresponden a una presión dada en libras por pulgada cuadrada</b></p>										
Presión, lb./pulg <sup>2</sup>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2.3	4.6	6.9	9.2	11.5	13.9	16.2	18.5	20.8
10	23.1	25.4	27.7	30.0	32.3	34.6	36.9	39.3	41.6	43.9
20	46.2	48.5	50.8	53.1	55.4	57.7	60.0	62.4	64.7	67.0
30	69.3	71.6	73.9	76.2	78.5	80.8	83.1	85.4	87.8	90.1
40	92.4	94.7	97.0	99.3	101.6	103.9	106.2	108.5	110.8	113.2
50	115.5	117.8	120.1	122.4	124.7	127.0	129.3	131.6	133.9	136.3
60	138.6	140.9	143.2	145.5	147.8	150.1	152.4	154.7	157.0	159.3
70	161.7	164.0	166.3	168.6	170.9	173.2	175.5	177.8	180.1	182.4
80	184.8	187.1	189.4	191.7	194.0	196.3	198.6	200.9	203.2	205.5
90	207.9	210.2	212.5	214.8	217.1	219.4	221.7	224.0	226.3	228.6
<p>NOTA: Una presión de una libra por pulgada cuadrada equivale a 2.309 pies de agua a 62° F. Por lo tanto, para hallar la carga en pies de agua para cualquier presión que no aparezca en la tabla, multiplique por 2.309 la presión en libras por pulgada cuadrada.</p>										

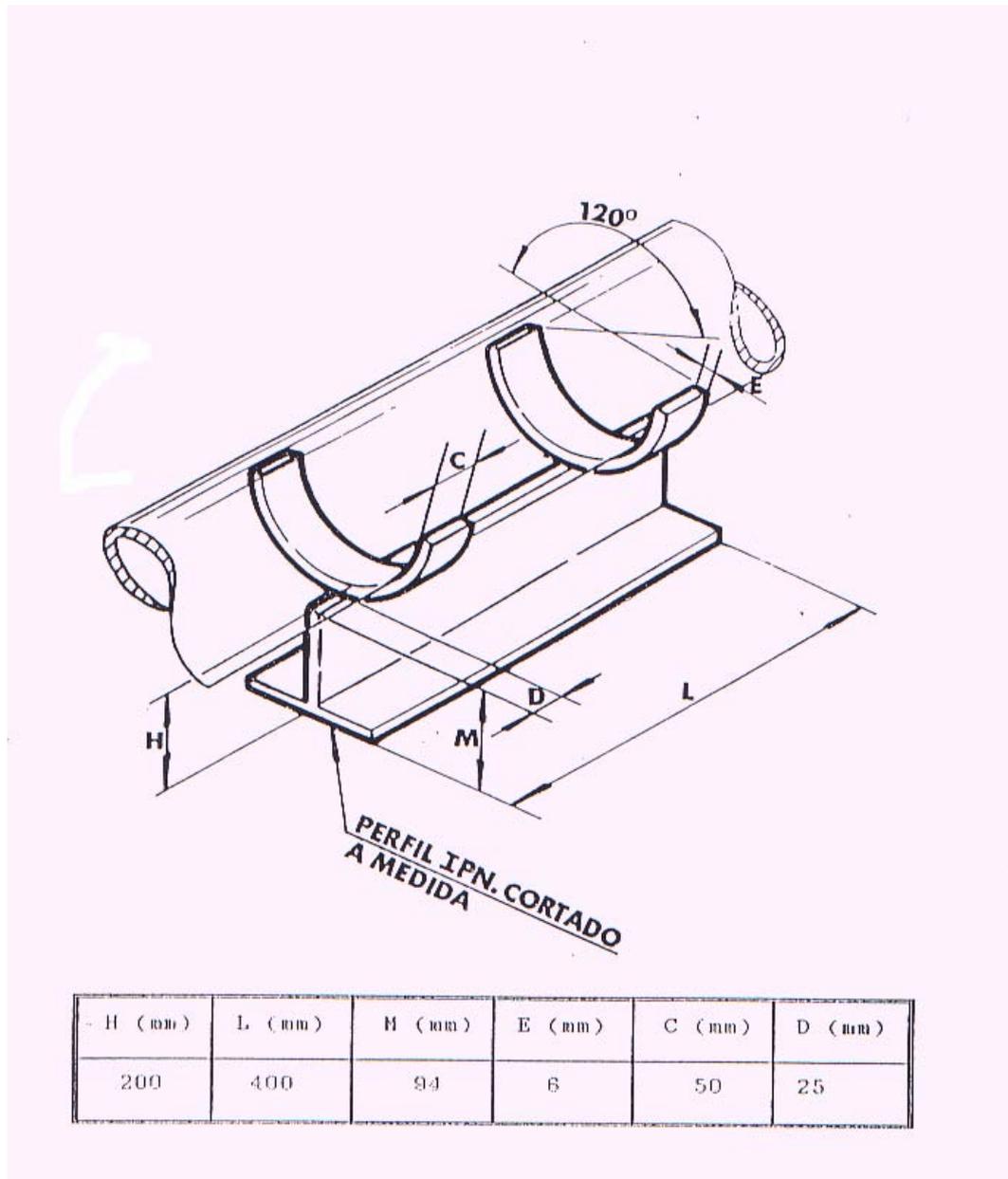
### PRESIÓN EJERCIDA POR EL LIQUIDO

## ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO

## "ESPESOR DE TUBERIAS"

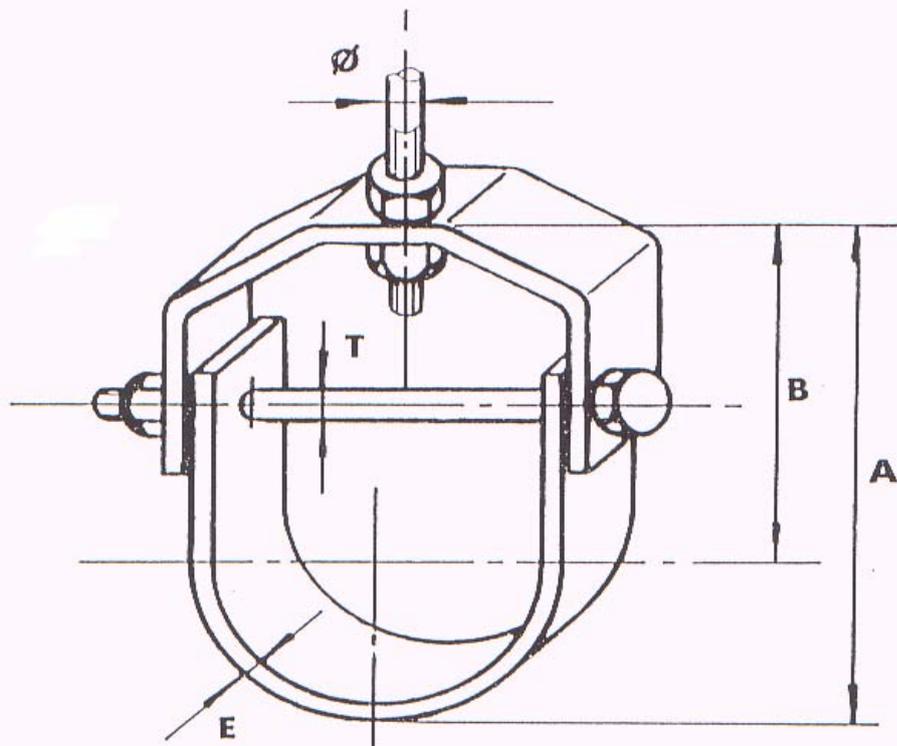
DIAMETRO NOMINAL (in.)	DIAMETRO EXTERIOR (mm)	ESPESORES (en mm)																		
		SCHEDULE																		
		10	20	30	40	60	80	100	120	140	160									
1/8	10.23	1.24			1.71		2.41													
1/4	13.71	1.65			2.23		3.01													
3/8	17.14	1.65			3.31		3.29													
1/2	21.33	2.10			3.76		3.73													4.75
3/4	26.67	2.10			3.67		3.71													5.53
1	31.40	2.77			3.37		4.54													6.25
1 1/2	48.26	2.77			3.68		5.08													7.11
2	60.32	2.77			3.31		5.53													8.71
2 1/2	89.90	3.04			5.48		7.52													11.10
3	114.3	3.04			4.01		3.56			11.10										13.48
4	148.27	3.40			7.11		10.77			14.27										16.23
5	219.07	3.74	6.35	7.01	4.17	10.31	12.70	15.06		18.31	20.61									23.11
6	273	4.19	6.35	7.80	9.27	12.70	15.06	18.23	21.41	25.4	28.57									38.57
8	323.85	4.57	6.35	8.28	10.31	14.27	17.45	21.41	25.4	33.57	33.12									33.12
10	355.60	4.35	7.91	9.52	11.10	15.06	19.05	23.50	26.97	31.75	35.71									35.71
12	444.4	4.35	7.91	9.52	12.70	16.94	21.41	24.19	30.71	36.50	39.67									39.67
14	457.1	4.35	7.91	11.10	14.27	18.23	23.80	29.36	34.11	39.67	44.45									44.45
16	508	4.35	9.52	12.70	15.06	20.62	24.18	31.75	36.10	44.45	49.23									49.23
18	509.60	4.35	9.52	14.27	17.45	23.80	30.71	38.10	44.45	52.37	56.72									56.72
20	762	7.91	12.70	15.87																

## SCHEDULES

**ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO****“SOPORTE DE TUBERIAS”****A RAS DE SUELO**

## ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO

## "SOPORTE DE TUBERIAS"

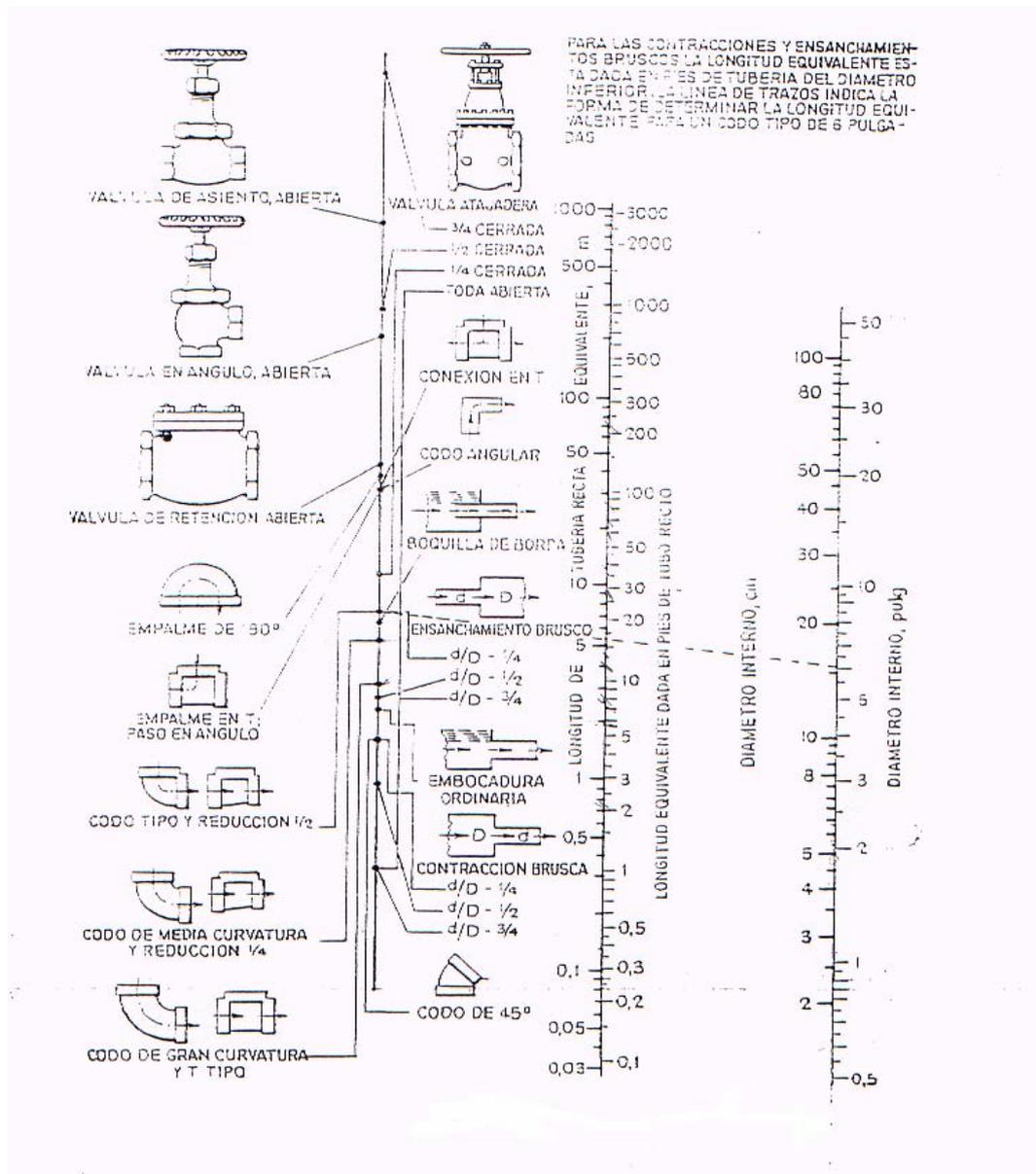


$\Delta$ (mm)	B (mm)	E (mm)	T (mm)	$\phi$ (mm)
96	79	25 x 3	H Ø	H 10

## SUSPENDIDAS

**ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO**

**"BOMBAS"**



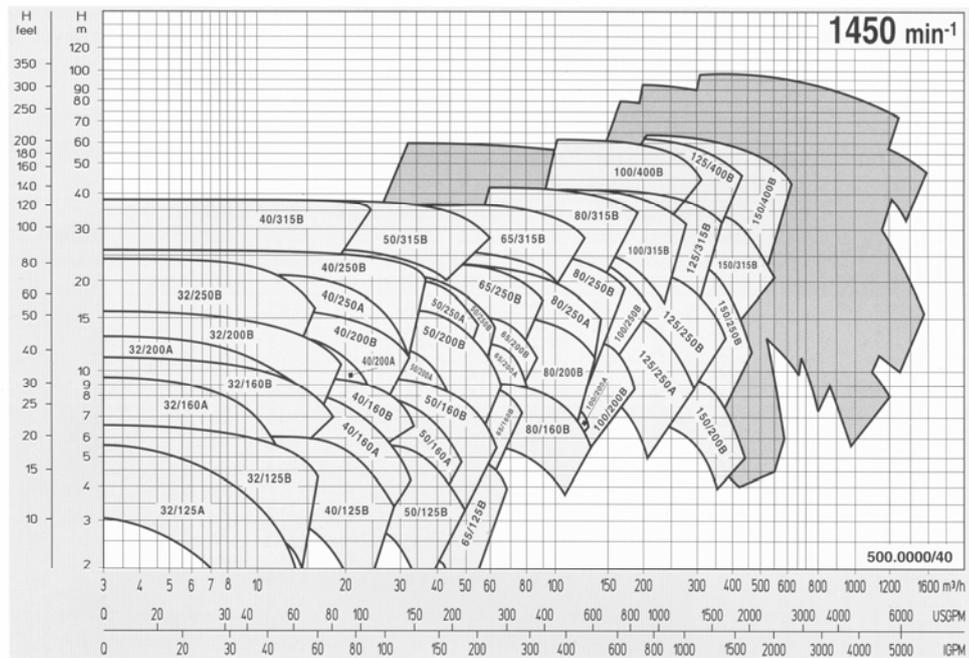
**PERDIDAS DE CARGAS**

## ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO

### “BOMBAS”

#### DIAGRAMAS DE SELECCION

Estos diagramas permiten una selección rápida del tipo de bomba más adecuado. Habrá ocasiones en que una vez seleccionada una bomba, será posible encontrar también otro modelo que satisfaga las condiciones de trabajo con mejores rendimientos o menor NPSH requerido. En estos casos, la selección final se hará en base a las curvas particulares de cada bomba.

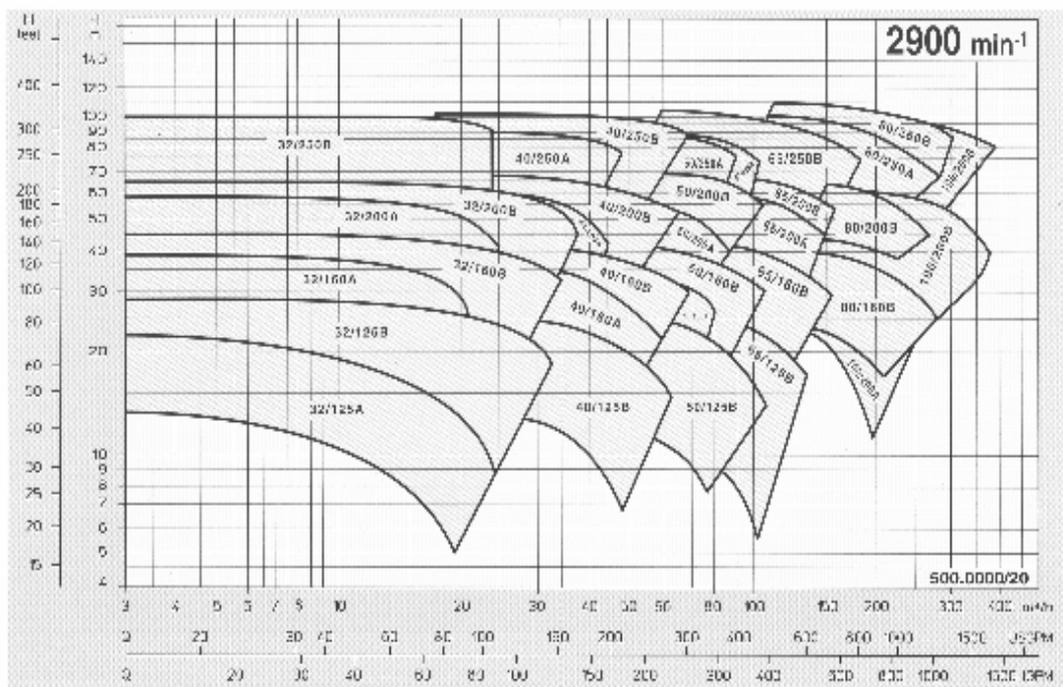


■ Extensión de la gama.  
 □ Tamaños complementarios.

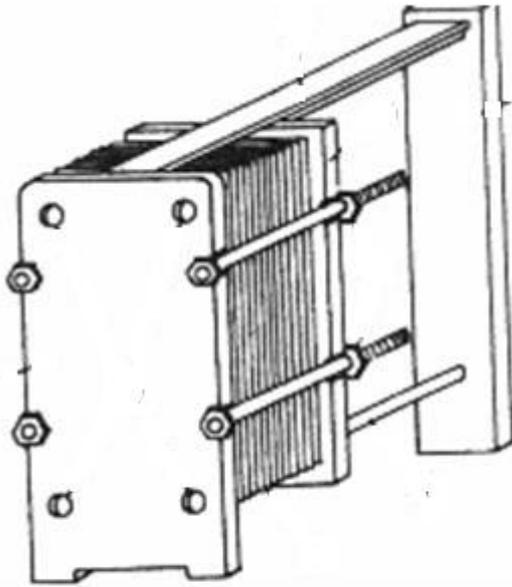
### SELECCIÓN

**ANEXO DE LA MEMORIA DE CALCULO**

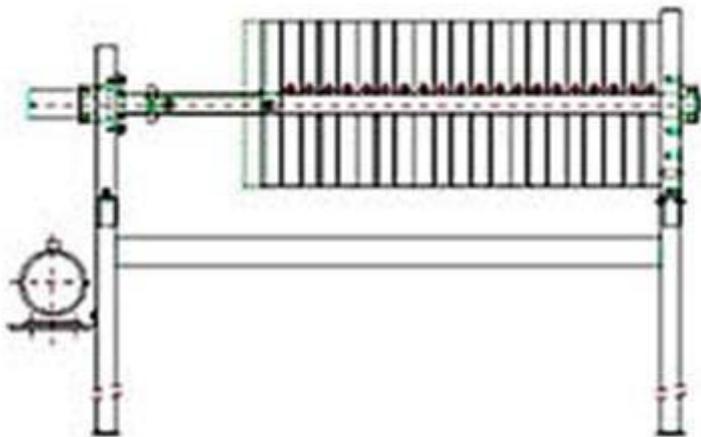
**“BOMBAS”**

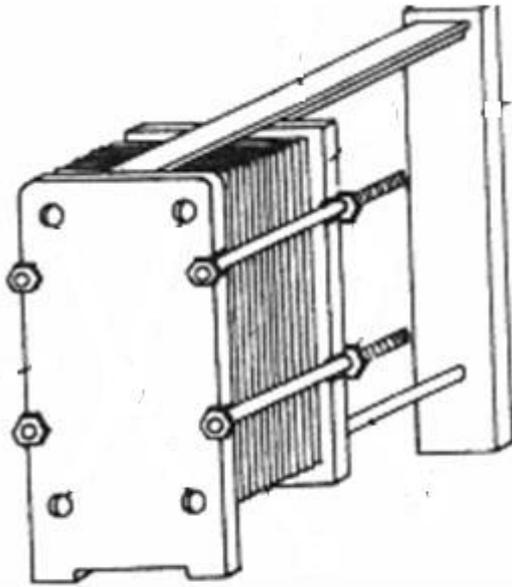


**SELECCIÓN**

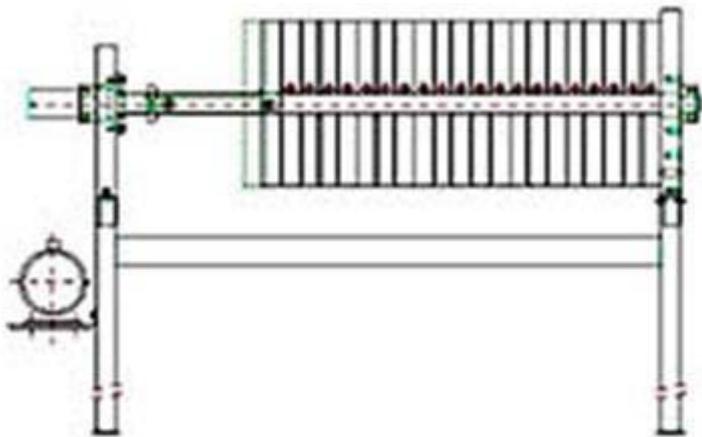


## DOCUMENTO 2: PLANOS





**- PLANOS -**



## **INDICE**

Plano n° 1. - SITUACIÓN.

Plano n° 2. - UBICACION.

Plano n° 3. - SITUACIÓN DE SALAS.

Plano n° 4. - UBICACIÓN DE EQUIPOS EN PLANTA.

Plano n° 5. - REPRESENTACIÓN DE LAS TUBERÍAS DE PROCESO.

Plano n° 6. - FILTRO PRENSA.

Plano n° 7. - INTERCAMBIADOR DE CALOR.

Plano n° 8. - TANQUE GUARDA.

Plano n° 9. - TANQUE TAMPON.

Plano n° 10. - TUBERÍAS DE LIMPIEZA Y CO<sub>2</sub>.

Plano n° 11. - DIAGRAMA DE CONTROL.



PROVINCIA DE HUELVA

HUELVA

PROVINCIA DE HUELVA

HUELVA

SANLÚCAR DE BARRAMEDA

SANLÚCAR DE BARRAMEDA

RIO

Punta del Castillo del Espíritu Santo

El Pino Gordo

Punta de Malandar

LA JARA

CADIZ

ycia.

tijo

ja

10

10

10

Lucana

Lucana

Santa Domingo

Santa Domingo

La Vicaría

La Vicaría

Pico Plata

Pico Plata

Rincón Malillo

Rincón Malillo

Pago-Liana

Pago-Liana

El Ható

El Ható

Charruado Viejo

Charruado Viejo

Cruz de Término

Cruz de Término

Casa del Troto

Casa del Troto

Casa de la Blanca

Casa de la Blanca

Casa de la Cañada

Casa de la Cañada

Casa de la Jara

Casa de la Jara

Casa de la Palma

Casa de la Palma

Casa de la Cañada

Criaderos de Merisno

Las Adelfas

La Palma

Quince Pinos

Chipiona

Santa Domingo

La Vicaría

Pico Plata

Rincón Malillo

Los Adelfas

La Palma

Quince Pinos

Chipiona

Santa Domingo

La Vicaría

Pico Plata

Rincón Malillo

Los Adelfas

La Palma

Quince Pinos

Chipiona

Santa Domingo

La Vicaría

Pico Plata

Rincón Malillo

Los Adelfas

La Palma

Quince Pinos

Chipiona

Santa Domingo

La Vicaría

Pico Plata

Rincón Malillo

Los Adelfas

La Palma

Quince Pinos

Chipiona

Santa Domingo

La Vicaría

Pico Plata

Rincón Malillo

Los Adelfas

La Palma

Quince Pinos

Chipiona

Santa Domingo

La Vicaría

Pico Plata

Rincón Malillo

Los Adelfas

La Palma

Quince Pinos

Chipiona

Santa Domingo

La Vicaría

Pico Plata

Rincón Malillo

Los Adelfas

La Palma

Quince Pinos

Chipiona

Santa Domingo

La Vicaría

Pico Plata

Rincón Malillo

Los Adelfas

La Palma

Quince Pinos

Chipiona

Santa Domingo

La Vicaría

Pico Plata

Rincón Malillo

Los Adelfas

La Palma

Quince Pinos

Chipiona

Santa Domingo

La Vicaría

Pico Plata

Rincón Malillo

Los Adelfas

La Palma

Quince Pinos

Chipiona

Santa Domingo

La Vicaría

Pico Plata

Rincón Malillo

Los Adelfas

La Palma

Quince Pinos

Chipiona

Santa Domingo

La Vicaría

Pico Plata

Rincón Malillo

Los Adelfas

La Palma

Quince Pinos

Chipiona

Santa Domingo

La Vicaría

Pico Plata

Rincón Malillo

Los Adelfas

La Palma

Quince Pinos

Chipiona

Santa Domingo

La Vicaría

Pico Plata

Rincón Malillo

Los Adelfas

La Palma

Quince Pinos

Chipiona

Santa Domingo

La Vicaría

Pico Plata

Rincón Malillo

Los Adelfas

La Palma

Quince Pinos

Chipiona

Santa Domingo

La Vicaría

Pico Plata

Rincón Malillo

Los Adelfas

La Palma

Quince Pinos

Chipiona

Santa Domingo

La Vicaría

Pico Plata

Rincón Malillo

Los Adelfas

La Palma

Quince Pinos

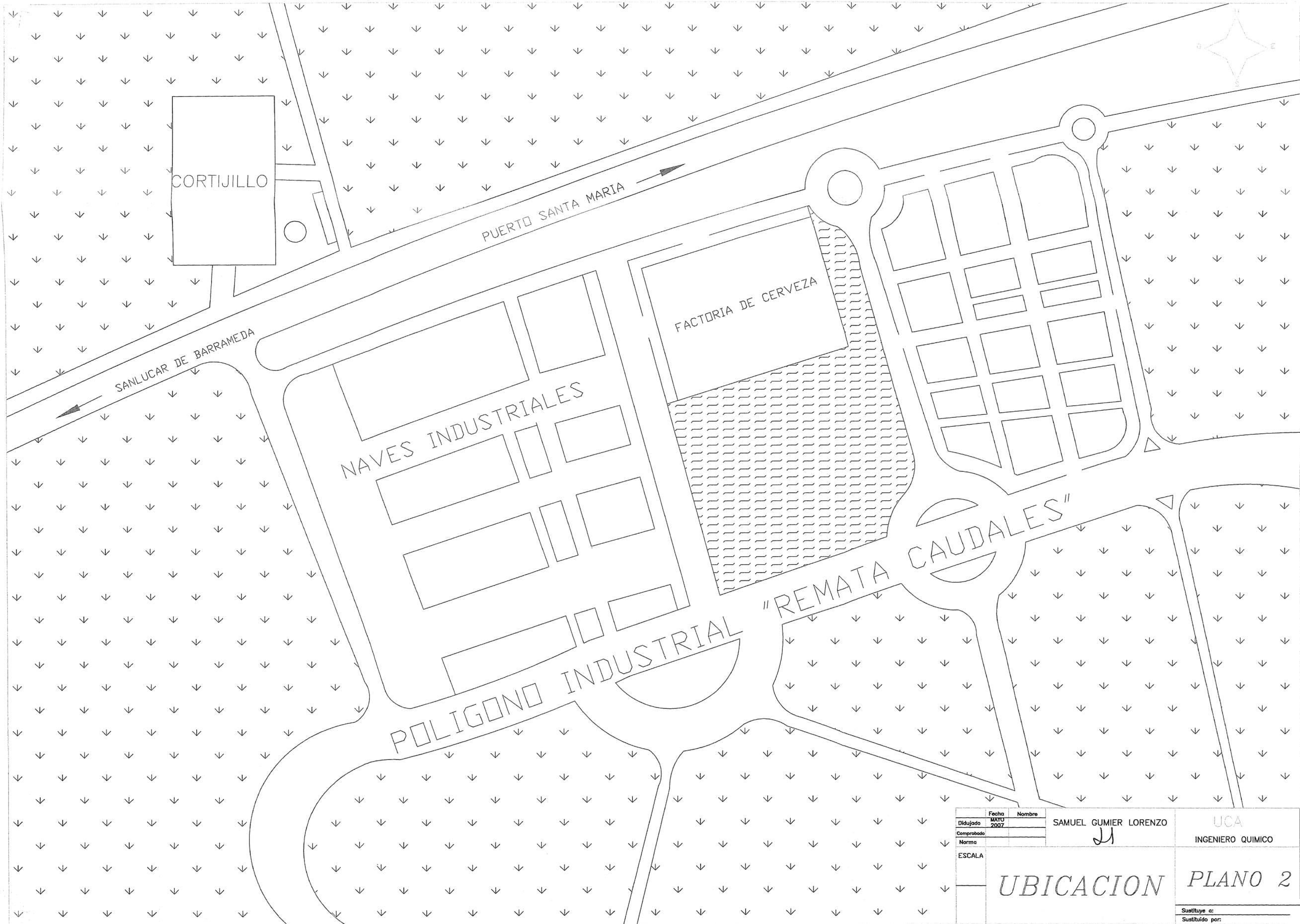
Chipiona

Santa Domingo

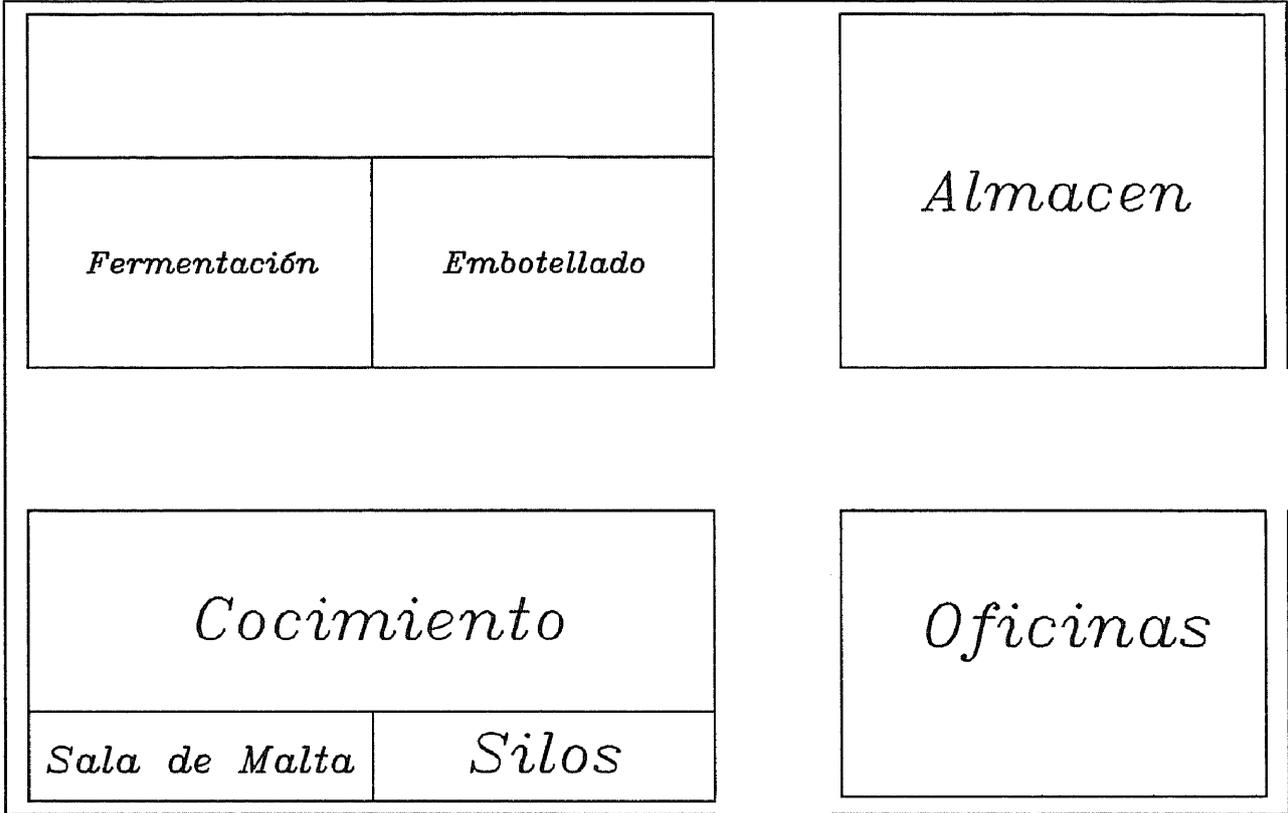
La Vicaría

Pico Plata

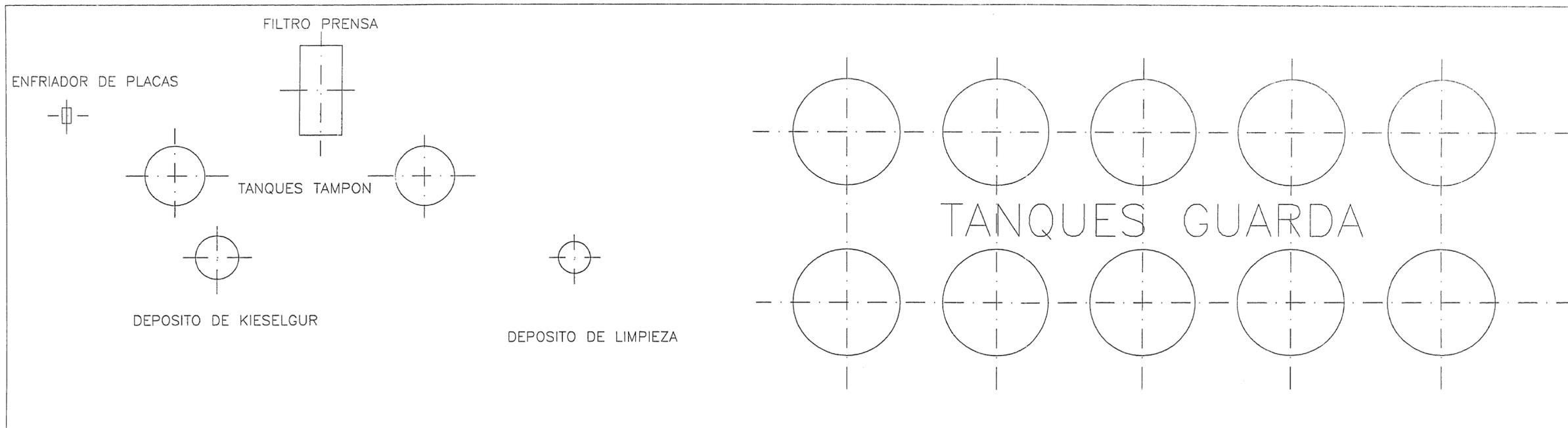
Rincón Malillo



Fecha	Nombre	SAMUEL GUMIER LORENZO	UCA INGENIERO QUIMICO
Didujado	MAYO 2007		
Comprobado		J	UBICACION
Norma			
ESCALA			PLANO 2
		Sustituye a: _____ Sustituido por: _____	

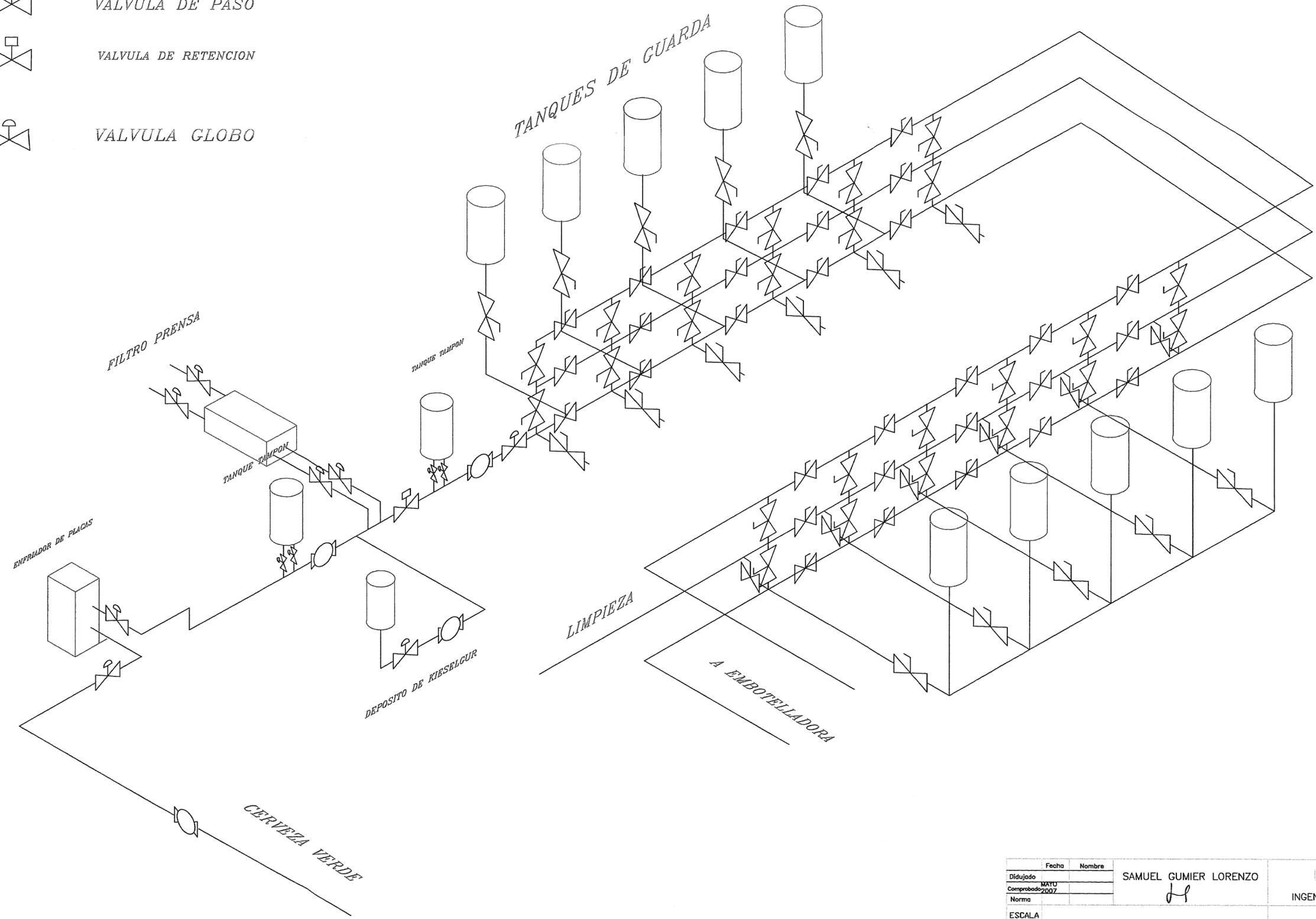


	Fecha	Nombre	SAMUEL GUMIER LORENZO <i>SG</i>	UCA INGENIERO QUIMICO
Didujado	MAYO 2007			
Comprobado				
Norma				
ESCALA	SITUACION DE SALAS			PLANO 3
				Sustituye a:
				Sustituido por:

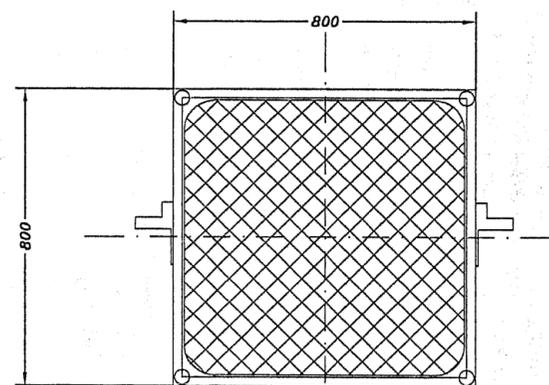
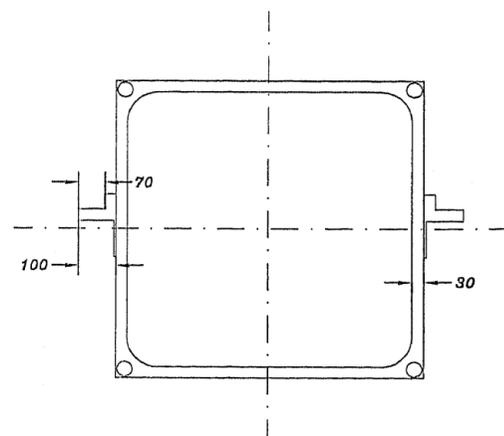
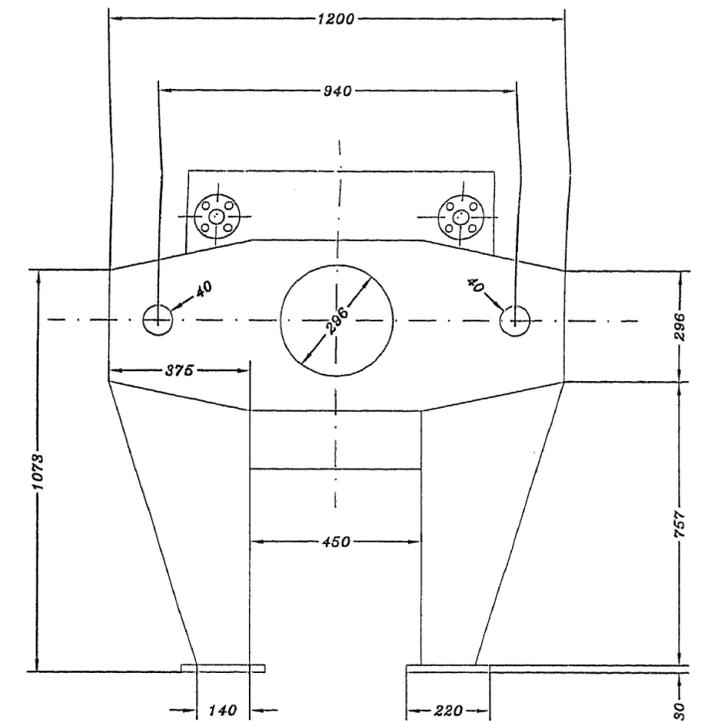
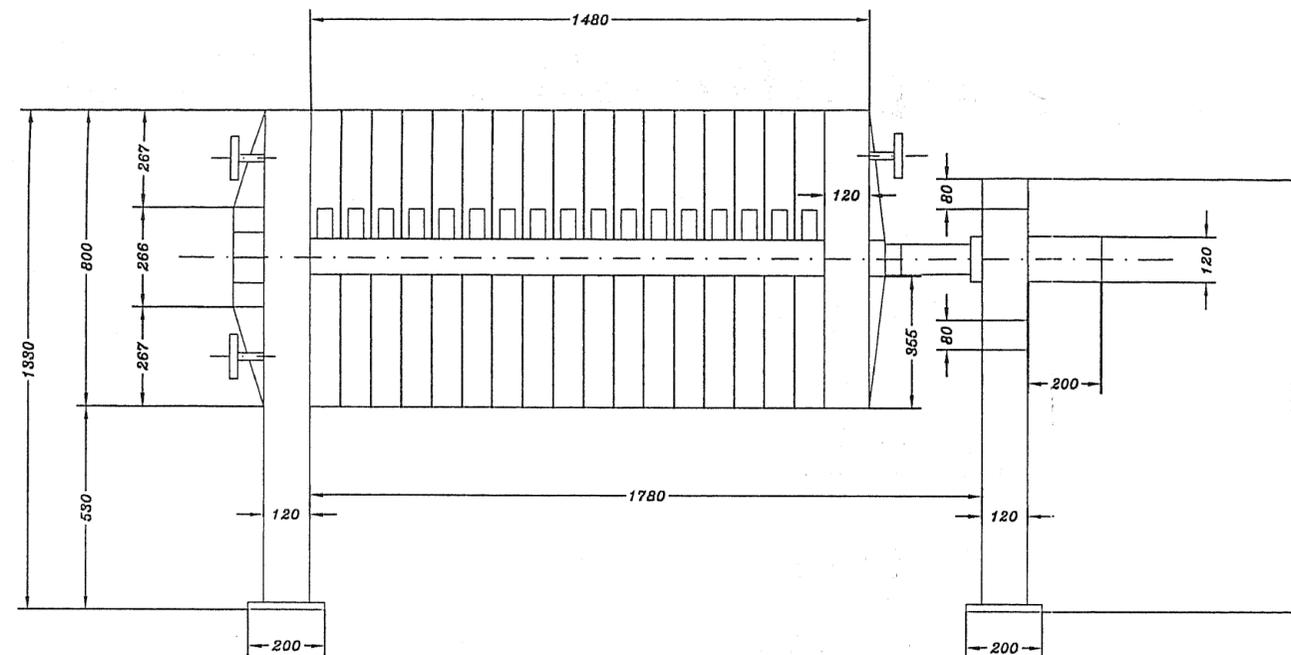
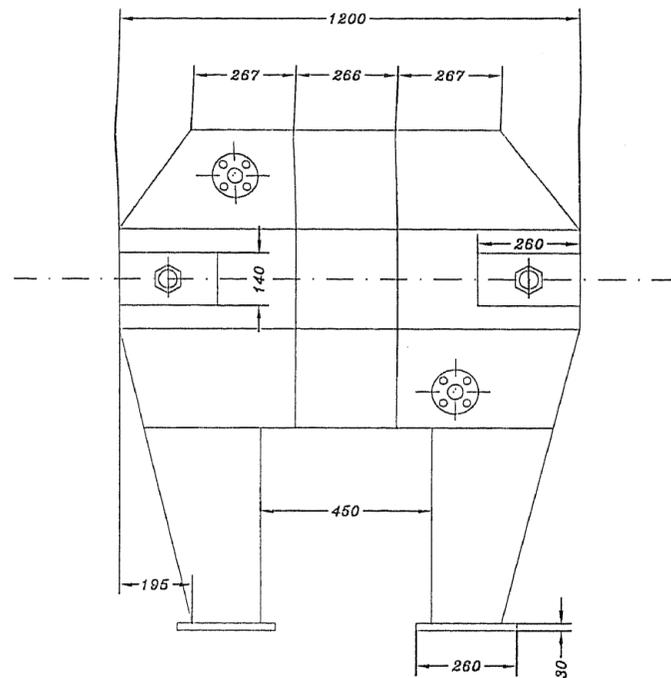


	Fecha	Nombre	
Didujado		SAMUEL GUMIER LORENZO	UCA
Comprobado			INGENIERO QUIMICO
Norma			
ESCALA	UBICACION DE EQUIPOS		PLANO 4
			Sustituye a:
			Sustituido por:

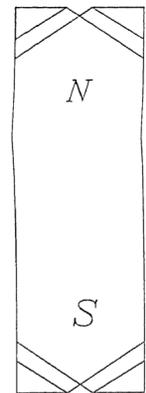
-  VALVULA DE PASO
-  VALVULA DE RETENCION
-  VALVULA GLOBO



Fecha	Nombre	SAMUEL GUMIER LORENZO <i>SL</i>	UCA INGENIERO QUIMICO
Disujado	MAYU		
Comprobado	2007		
Norma			
ESCALA	TUBERIAS DE PROCESO		PLANO 5
Sustituye a:			Sustituido por:



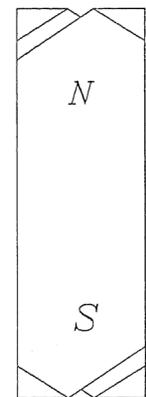
	Fecha	Nombre	SAMUEL GUMIER LORENZO <i>ll</i>	UCA INGENIERO QUIMICO
Didujado	MAYO 2007			
Comprobado				
Norma				
ESCALA	FILTRO PRENSA			PLANO 6
1:20				
Sustituye a:				
Sustituido por:				



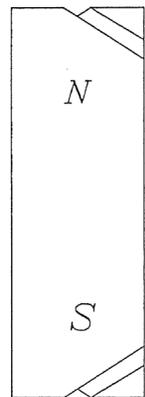
PLACA  
ENTRADA



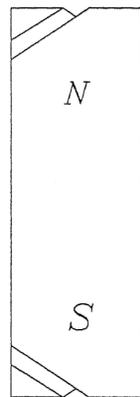
PLACAS  
2, 4, 6



PLACAS  
3, 5, 7



PLACA  
RETORNO  
8



PLACA  
RETORNO 9

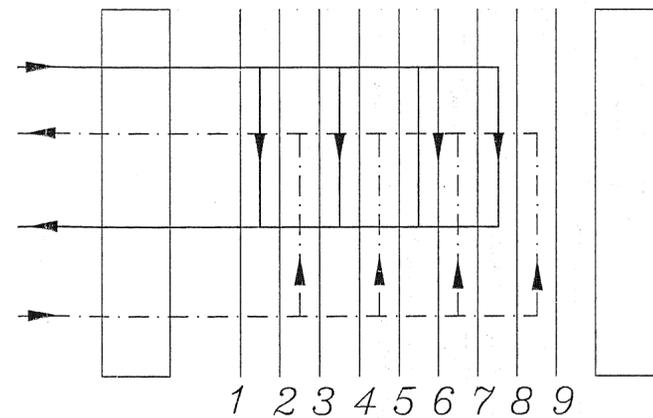
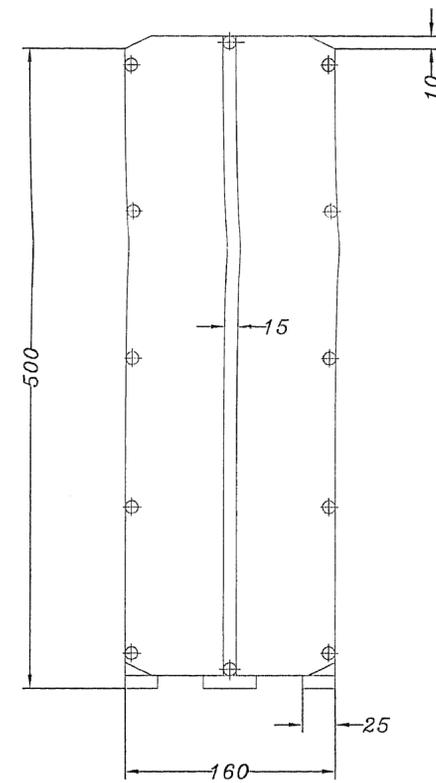
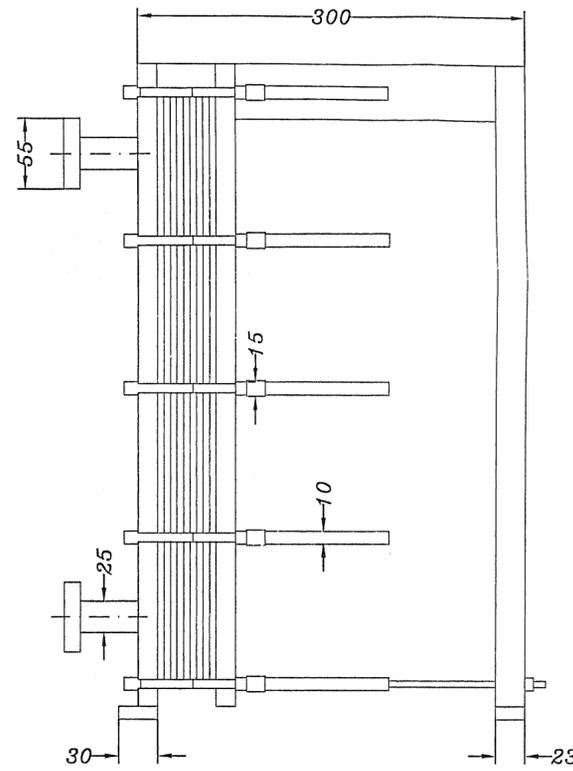
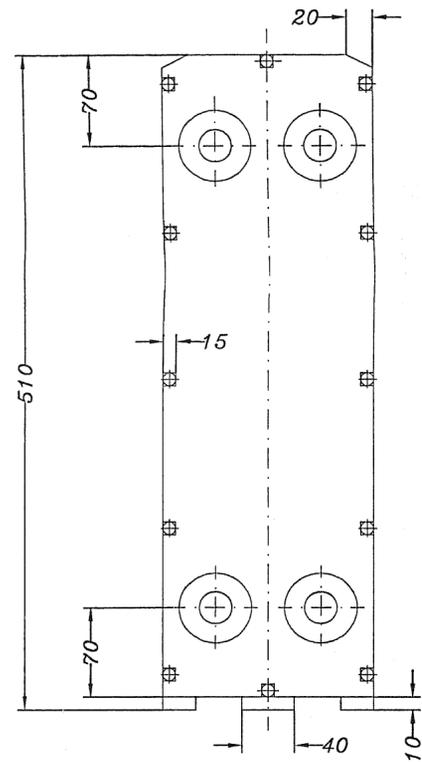
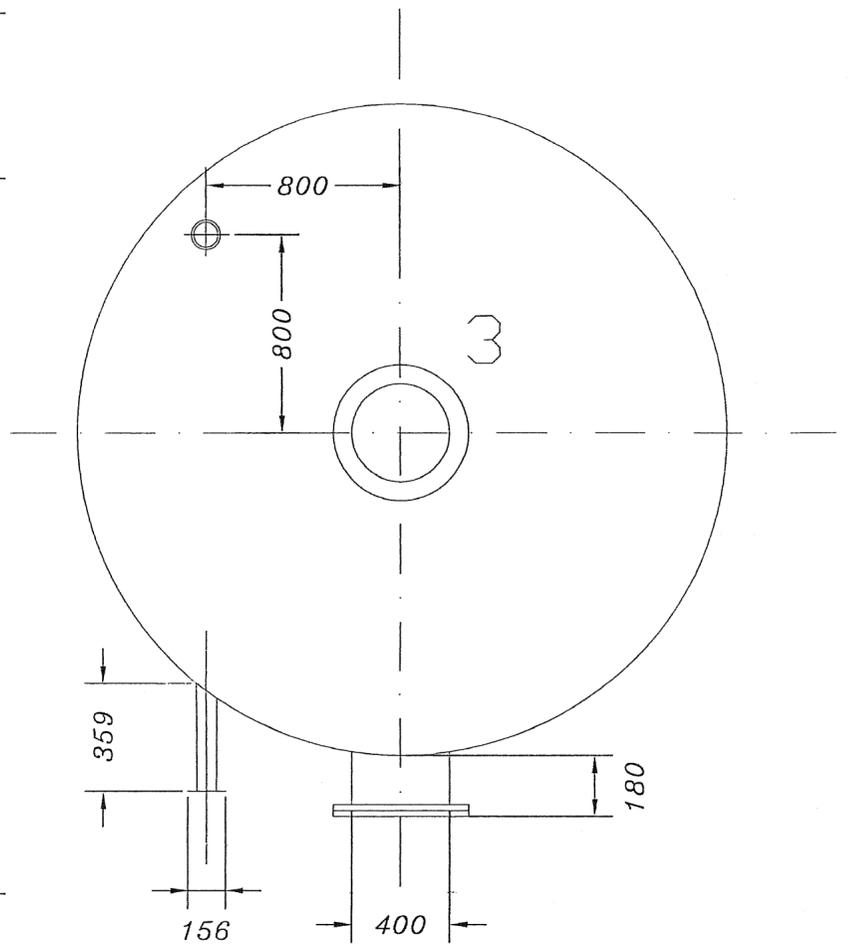
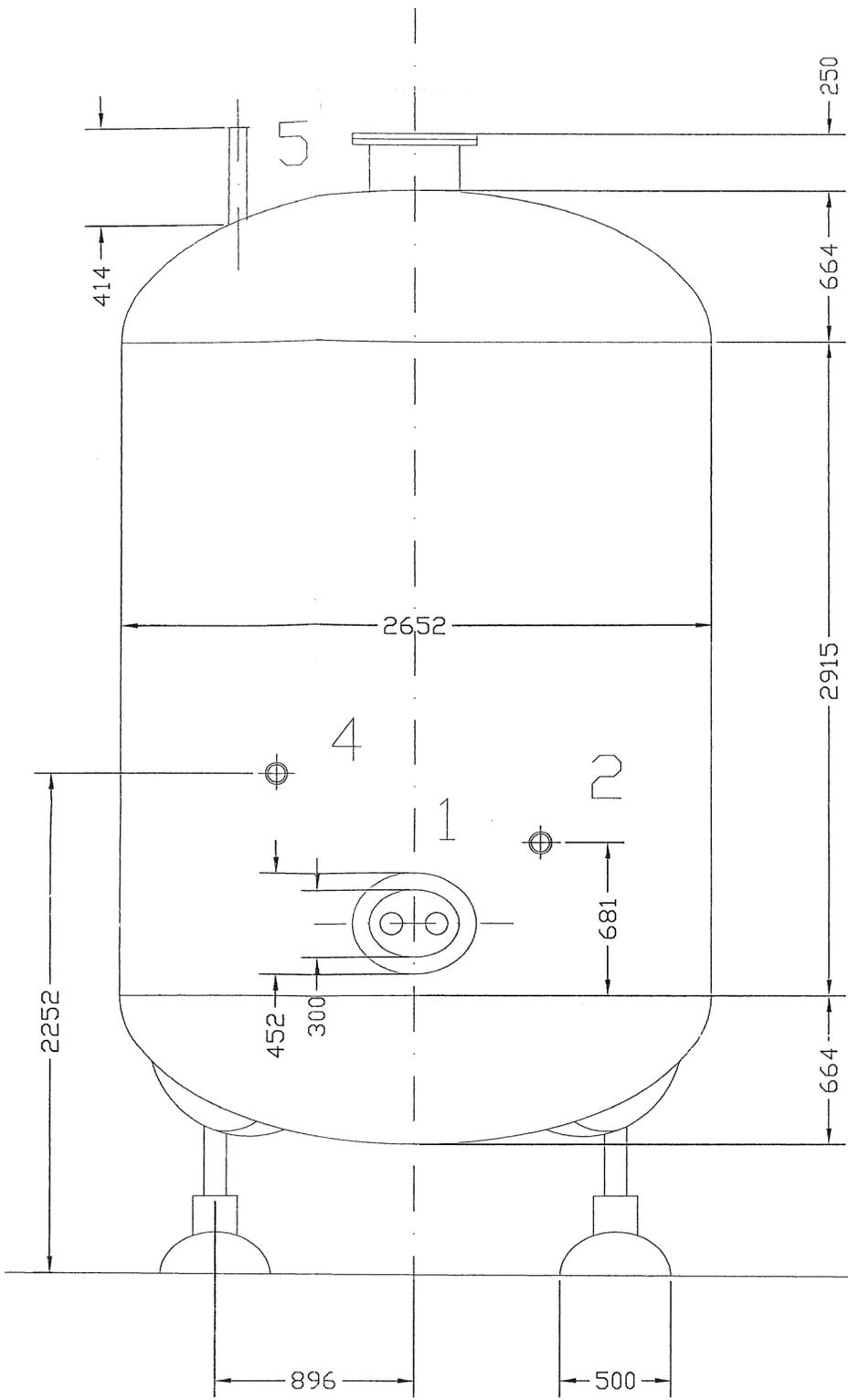


DIAGRAMA  
DE FLUJO

————— REFRIGERANTE  
- - - - - CERVEZA

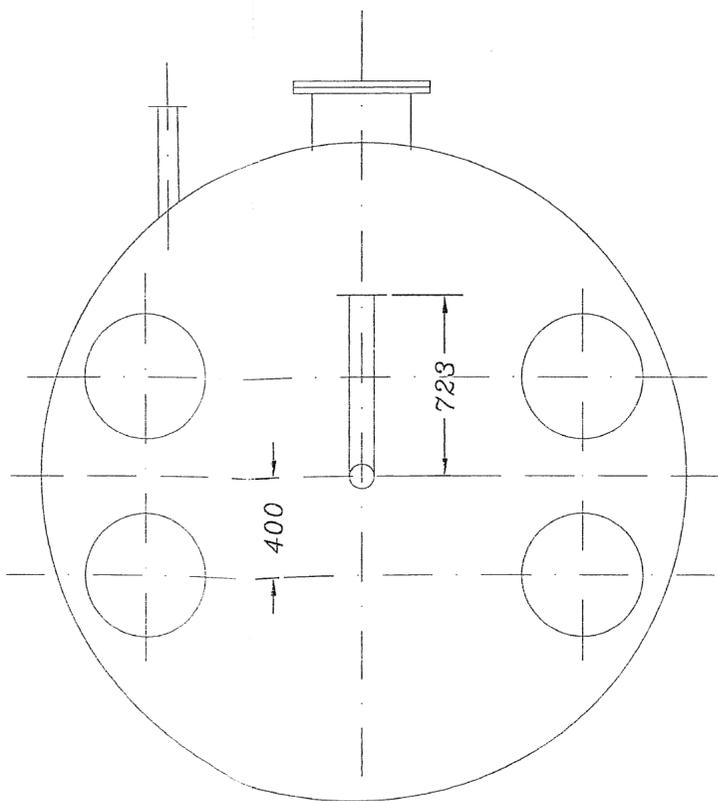
Fecha	MAYO 2007	Nombre	SAMUEL GUMIER LORENZO	UCA
Didujado				INGENIERO QUIMICO
Comprobado				
Norma				
ESCALA	1:5	INTERCAMBIADOR DE CALOR		PLANO 7
				Sustituye a:
				Sustituido por:



VISTA SUPERIOR

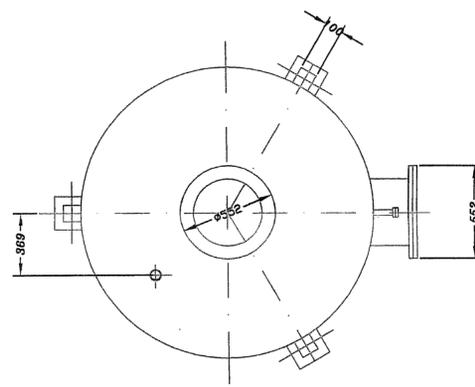
LEYENDA

- 1. Boca de hombre.
- 2. Toma de muestras
- 3. Boca de cabeza
- 4. Entrada de CO<sub>2</sub>
- 5. Salida de CO<sub>2</sub>

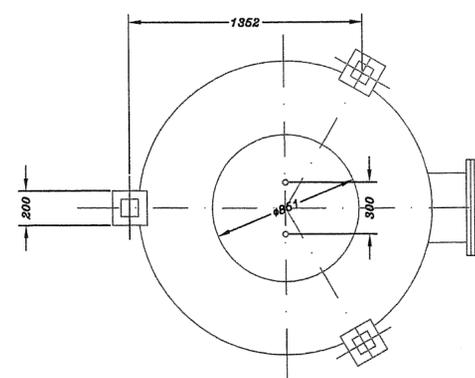
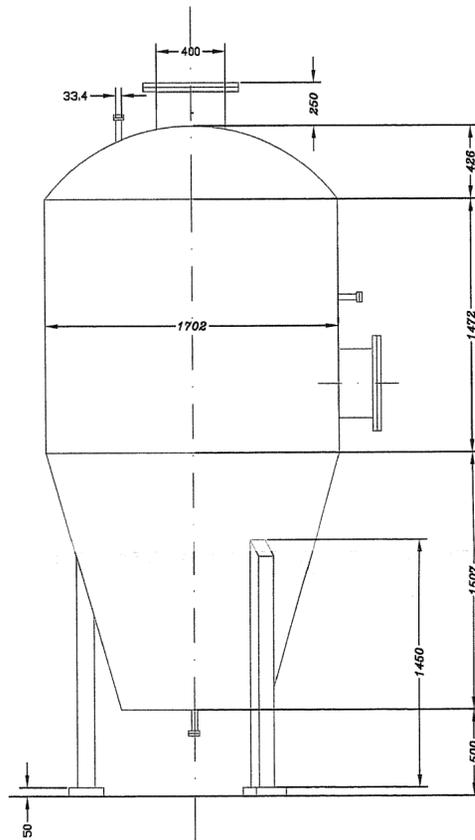


VISTA INFERIOR

Fecha	Nombre	SAMUEL GUMIER LORENZO	UCA INGENIERO QUIMICO
Mayo 2007			
Comprobado			
Norma			
ESCALA	1:20		PLANO 8
TANQUES GUARDA			
Sustituye a:			
Sustituido por:			

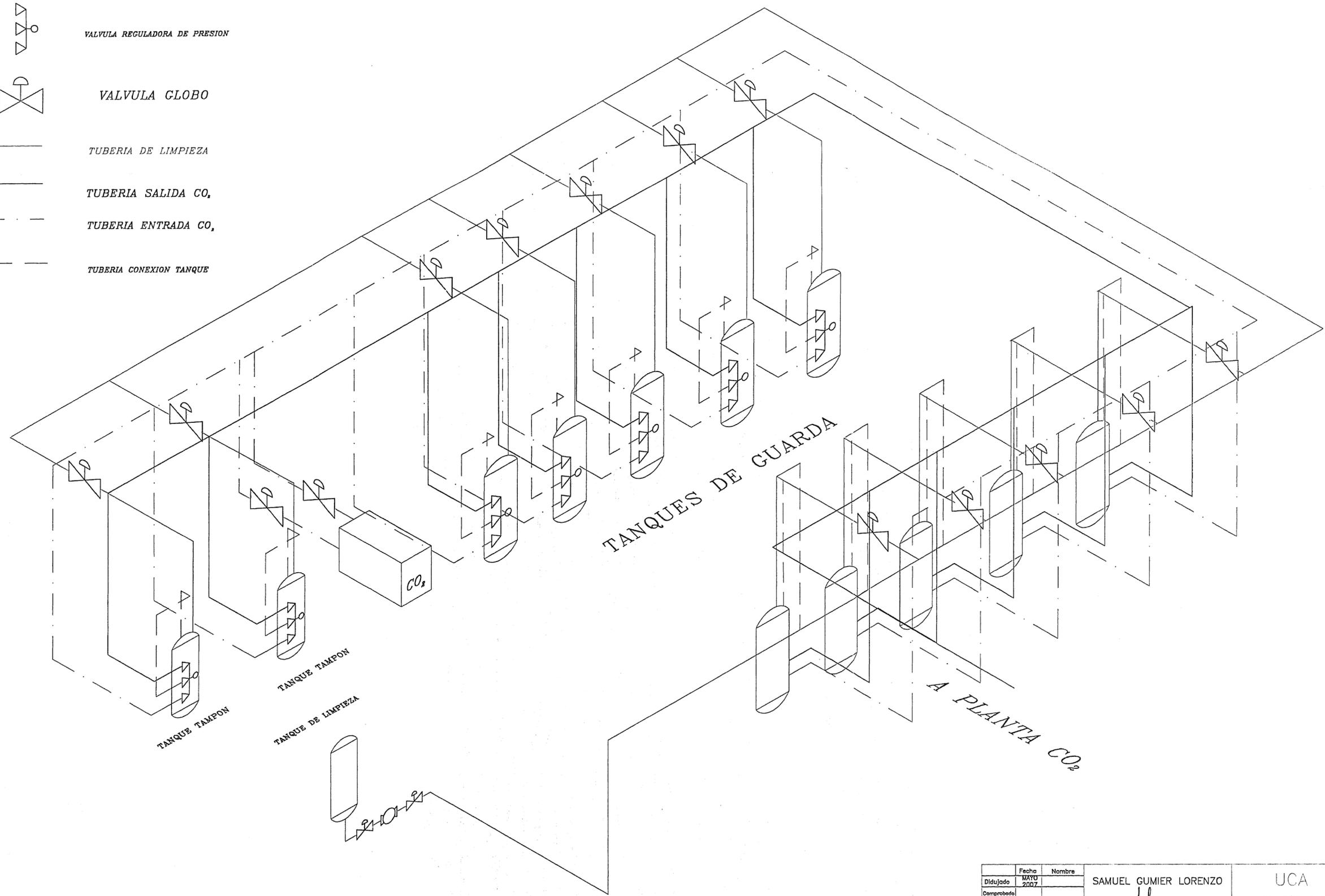
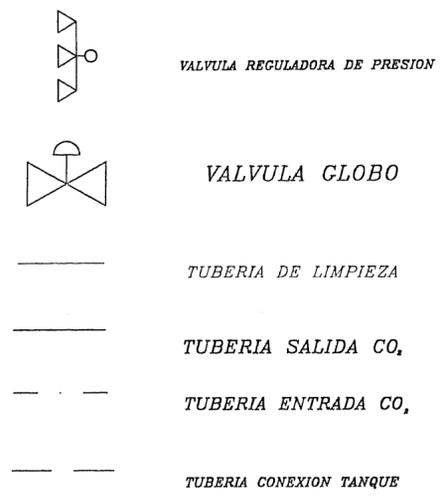


VISTA SUPERIOR

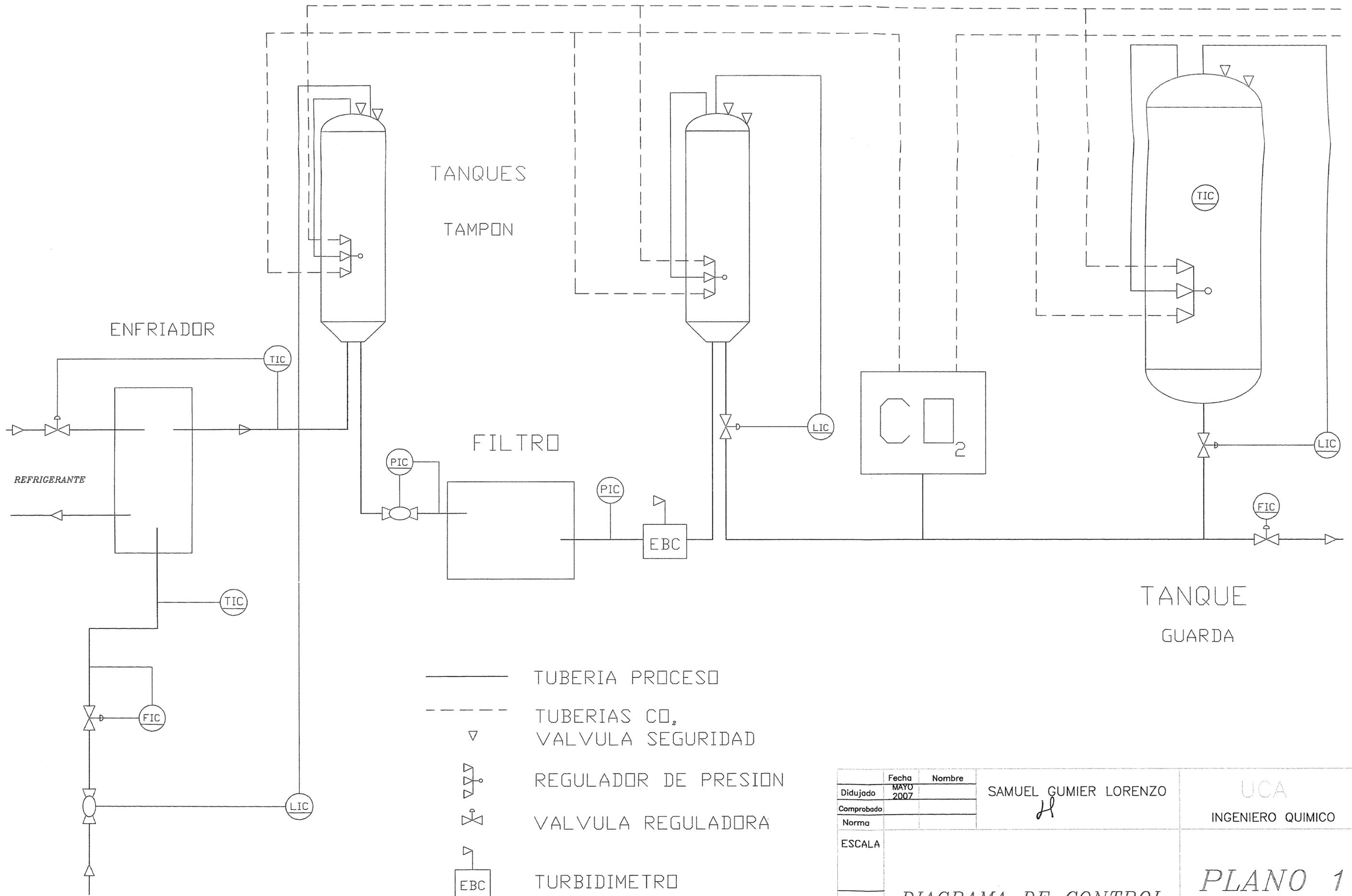


VISTA INFERIOR

Fecha	Nombre	UCA
Dibujado	SAMUEL GUMIER LORENZO	INGENIERO QUIMICO
Comprobado	<i>(Signature)</i>	
Norma		
ESCALA		
1:20	TANQUE TAMPON	PLANO 9

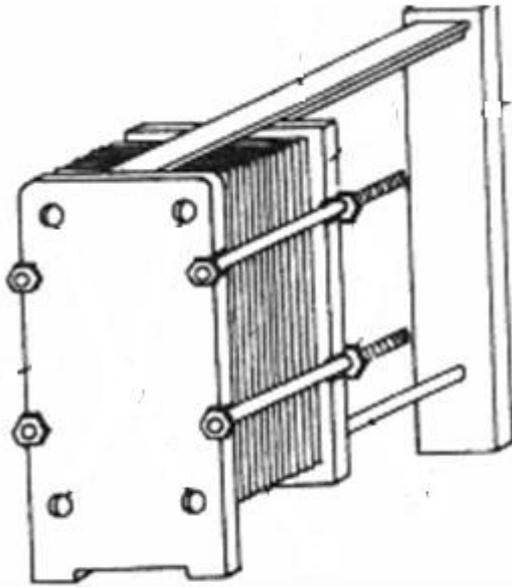


Fecha	Nombre	SAMUEL GUMIER LORENZO	UCA
Mayo 2007			
Comprobado		L	INGENIERO QUIMICO
Norma			
ESCALA	TUBERIAS DE LIMPIEZA Y CO <sub>2</sub>		PLANO 10
Sustituye a:			Sustituido por:

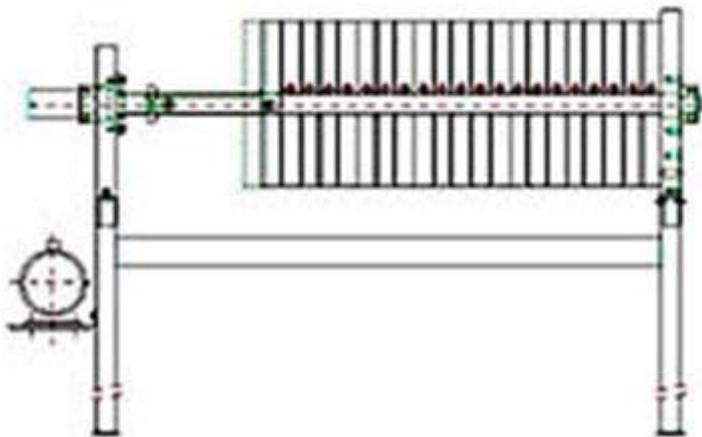


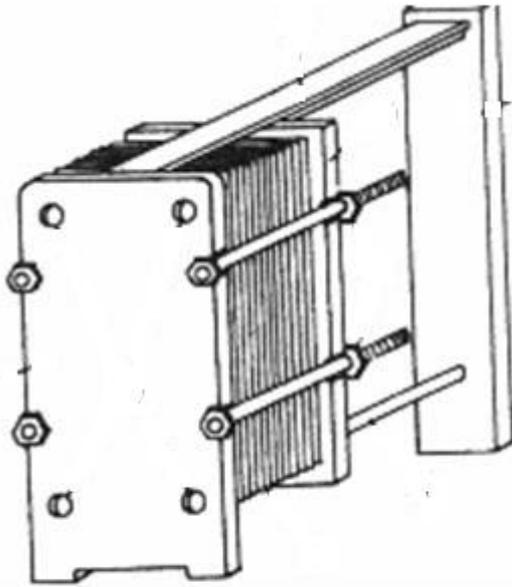
- TUBERIA PROCESO
- - - - - TUBERIAS CO<sub>2</sub>
- ▽ VALVULA SEGURIDAD
- ▽▽ REGULATOR DE PRESION
- ▽▽ VALVULA REGULADORA
- EBC TURBIDIMETRO

Fecha	Nombre	SAMUEL GUMIER LORENZO <i>HL</i>	UCA INGENIERO QUIMICO
Didujado MAYO 2007			
Comprobado			
Norma			
ESCALA	DIAGRAMA DE CONTROL		PLANO 11
Sustituye a:			
Sustituido por:			

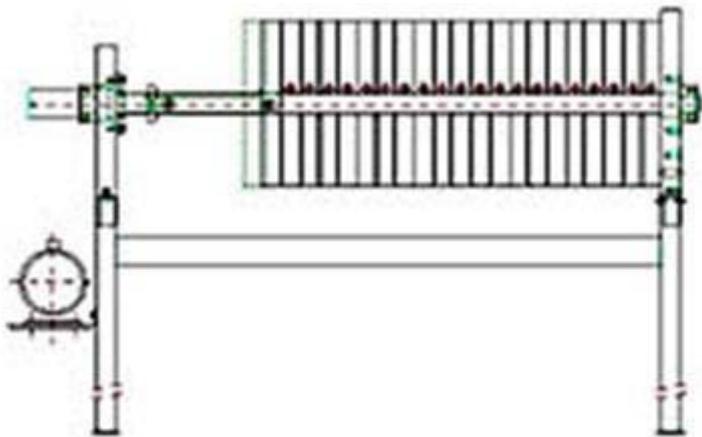


## DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES





## - PLIEGO DE CONDICIONES -



**INDICE**

1. - Condiciones Generales.
  
2. - Condiciones Facultativas.
  
3. - Condiciones Técnicas referentes a materiales, ensayos, pruebas y especificaciones.
  - 3.1. Materiales
  - 3.2. - Ensayos e inspecciones.
  
4. - Condiciones Económicas y Administrativas.
  
5. - Condiciones de Seguridad e Higiene.

**1. CONDICIONES GENERALES.**

.- El objeto del contrato a que se refiere este pliego de condiciones, así como el resto de la documentación, es la ejecución del proyecto cuyo título encabeza el estudio.

.- El pliego de condiciones se remite a la descripción de los equipos proyectados en la memoria y demás documentos que acompañan, y se consideran a estos efectos como un complemento de este documento.

.- Todas las condiciones exigidas en el presente pliego de condiciones, así como en los documentos que configuran el presente proyecto, deberán ser cumplidas por las empresas suministradoras, o en su defecto por el Contratista, con la máxima exactitud. La instalación se contrata totalmente terminada y debe ajustarse en todo, a los planos y documentos del presente proyecto.

.- Se supone que el contratista ha verificado un cuidadoso estudio de los documentos que componen el proyecto y que por tanto, acepta implícitamente las condiciones del presente Pliego de Condiciones, así como los posibles errores que se hayan podido producir.

.- Conforme es preceptivo, el contratista tendrá siempre a mano un libro de ordenes, diligenciado con la firma del Ingeniero Director y el que llevara las ordenes que la Dirección Técnica le interese dar por escrito.

.- El cliente tendrá relación directa con el Director de Obras, con el que realizará un contrato haciendo constar todo tipo de condiciones, sean generales o económicas y la responsabilidad que este tiene ante él de todo lo referente a la ejecución de las obras de que consta el presente proyecto.

.- El Director de Obras a su vez contratará a la empresa constructora (contratista), y está quedará así relacionada con él y

será responsable ante él mismo de todo lo que afecte o sea de su incumbencia en lo relacionado con la ejecución de las obras.

.- El contratista con carácter general viene obligado a ejecutar enumeradamente todas las obras que se le contratan así como cumplir escrupulosamente las condiciones estipuladas en este pliego y en el contrato, así cuantas ordenes le dé verbalmente o por escrito la Dirección Técnica.

.- De la calidad y buena ejecución del proyecto contratado, será el contratista el único responsable, no teniendo derecho a indemnización alguna por el mayor precio que pudiera costarle ni por las erradas maniobras que cometiera durante el transcurso del mismo, siendo de su cuenta y riesgo independientemente de la inspección que de ellas haya podido haber hecho la Dirección Técnica.

.- En la realización del proyecto se seguirá las normas de seguridad para los operarios y transeúntes, siendo el contratista el único responsable de los accidentes que pueda ocurrir.

.- Todos los documentos del contrato deberán ir sellados y registrados por cuenta del contratista. Cualquier multa que se derive del incumplimiento de estos requisitos, será por cuenta del contratista.

.- Las empresas suministradoras de las materias primas y accesorios que hacen falta para la realización de este proyecto deberán cumplir las condiciones exigidas en el presente Pliego de Condiciones. Asimismo, en cualquier caso, el responsable directo de que se cumpla lo anteriormente expuesto serán éstas.

.- Es facultad del Director de Obra decidir si el contratista o las empresas suministradoras respetan las condiciones exigidas. De no ser así, el mismo tendrá capacidad de devolver los materiales o de decidir si las construcciones, a su criterio defectuosas habrán de ser modificadas o, en último caso totalmente reconstruidas.

.- Si el incumplimiento de lo anteriormente fuese reiterado, el Director de Obra, se reserva el derecho de sustituir al contratista,

no habiendo por parte del mismo derecho alguno de exigir indemnizaciones.

.- En caso de que por error u omisión no estuviese recogido en el presente proyecto determinadas condiciones de índole técnico es facultad exclusiva del Director de Obra el decidir cuales serán las mismas. En ningún caso tendrá derecho el contratista de asumir dicha responsabilidad.

.- Si ocurriese lo contrario, el Ingeniero Director tendrá capacidad para devolver todo tipo de material que considere no cumpla las especificaciones requeridas, así como de reconstruir todas aquellas construcciones realizadas que tengan defectos según su criterio.

.- El Ingeniero Director se reservará el derecho a establecer condiciones de índole Técnica durante el proceso de montaje y realización del presente proyecto que, por error u omisión, no aparecieran recogidas en ninguno de los documentos que lo integran.

.- El Ingeniero que realiza el presente proyecto podrá asumir la Dirección Técnica de las obras y será responsable directo ante la empresa constructora de cualquier desperfecto que se derive de un cálculo erróneo de los elementos que cuenta el presente proyecto.

.- La Dirección Técnica de acuerdo con la empresa contratista jerarquizará al personal del que dispone para la ejecución del proyecto, con el fin de conseguir una mejor organización en la ejecución del mismo.

.- Todas aquellas órdenes que se den por escritas por Técnicos o mandos intermedios deberán ser confirmadas por la máxima jerarquía, en nuestro caso el Director Técnico de las obras.

.- El Ingeniero Director se reserva el derecho a realizar las pruebas, ensayos e inspecciones que crea oportunas durante la realización de las obras y montajes.

.- La empresa que contrata las obras será elegida por adjudicación directa.

## **2. CONDICIONES FACULTATIVAS.**

.- El objeto del contrato a que se refiere este pliego de condiciones, así como los planos y restantes documentos que lo acompañan es la instalación de una Planta de Tratamientos Post-fermentativos de Mostos de Cerveza, con capacidad para 350 Hl/día, compuesta principalmente por:

- 1 Enfriador de placas.
- 1 Filtro de diatomeas y su depósito de Kieselgur.
- 2 Tanques Tampón.
- 10 Tanques de Guarda.
- 1 Tanque de agua para limpieza.

.- En lo sucesivo se emplean los siguientes términos en el sentido que a continuación se exponen:

- La palabra propiedad se aplicará a la empresa (o factoría) donde se ubicara la planta.

- Por director se entenderá el técnico (o técnicos) que se ocupa de la dirección facultativa del proyecto.

- El fabricante será la empresa adjudicataria de la instalación.

.- El Ingeniero, asumirá la Dirección Técnica de las obras y será responsable ante la empresa constructora de cualquier desperfecto que se derive de un cálculo erróneo de los elementos de que consta el presente Proyecto.

.- La Dirección Técnica de acuerdo con la empresa contratista, jerarquizará al personal del que disponga para la ejecución de la obra, con el fin de conseguir una mejor organización y eficaz ejecución de la misma.

.- El contratista deberá tener siempre un número de trabajadores proporcional a la extensión y clase de los trabajos a realizar, siempre a juicio de la Dirección Técnica. Estos serán de aptitud reconocida y experimentados en su oficio.

.- Permanentemente habrá en obra un encargado apto para optimizar, organizar y vigilar la ejecución del proyecto.

.- El contratista deberá enviar también un Técnico de grado medio como mínimo que permanecerá durante el plazo de ejecución del proyecto para vigilar la actuación del personal, interpretar los planos y haga cumplir las órdenes de la Dirección Técnica y cuanto este en el pliego de condiciones que se especifica. La Dirección Técnica podrá en caso de reconocida aptitud del encargado, eximir al contratista de la permanencia del Técnico de grado medio.

.- El Ingeniero Director, así como el Ingeniero tendrán las facultades de Directores Técnicos de los trabajos a realizar.

.- Se entiende que el contratista realizara todos los trabajos por sí mismo y con personal propio. La Dirección Técnica podrá tolerar el subcontratar algunos trabajos a otras empresas cuando el carácter especial de estos así lo requiera.

.- Si con motivo de las obras el contratista causara algún

desperfecto en las propiedades colindantes tendrá que repararlo por cuenta suya. Asimismo adoptara cuantas medidas sean necesarias para evitar la caída de materiales y herramientas que pudieran ser objetos de accidentes.

.- El Ingeniero se reserva el derecho de realizar las pruebas, ensayos e inspecciones que crea oportuna durante la realización de las obras y montajes.

.- El contratista deberá atender cuantas órdenes verbales o escritas le sean dirigidas por el Ingeniero encaminadas a una mejor realización de las obras.

.- Todas las órdenes que se den por técnicos o mandos intermedios deberán de ser confirmadas por la máxima jerarquía, en nuestro caso el Director Técnico de las obras.

.- El contratista tiene la obligación de realizar esmeradamente toda la instalación, debiendo en caso de duda solicitar pertinentemente la aclaración por la Dirección Técnica.

.- Solamente son objeto de contrato las obras comprendidas en los planos y demás documentos del presente proyecto, no obstante, el contratista tiene la obligación de ejecutar todas las ordenes con respecto al proyecto que le ordene la Dirección Técnica de acuerdo con la propiedad como ampliación o mejora del mismo.

.- Teniendo en cuenta que la elección del contratista por parte de la propiedad se funde en sus cualidades personales y conocimientos se establece en caso de quiebra o muerte de él, quedar rescindida la contrata a no ser que la propiedad admita su continuación por los socios o herederos.

.- También se rescindiré el contrato, cuando se incumpla las obligaciones por parte del contratista que han sido contratadas en este pliego de condiciones y ordenes complementarias dadas por la Dirección Técnica, o cuando el proyecto lleve una lentitud exagerada y no justificada a juicio de la Dirección. Se considerara como causa de rescisión el que el contratista ceda todo o parte de la obra sin autorización de la Dirección Técnica, o se traspase el

contrato sin permiso de la propiedad.

.- La Dirección Técnica podrá reducir la cantidad de unidades establecidas en cualquier partida si el curso de los trabajos fuera conveniente, a su juicio, sin derecho por parte de la contrata, a variación alguna en los precios establecidos en su caso, sujetándose a los precios establecidos en el presupuesto.

.- Si a juicio del Ingeniero hubiese alguna parte de la instalación mal ejecutada tendrá el contratista la obligación de demoler y volverla a ejecutar tantas veces sean necesarias, hasta que merezca aprobación, no teniendo derecho por estas causas a indemnización alguna aún cuando las condiciones se hayan notado después de la recepción de la instalación.

.- El contratista estará obligado a pagar los Impuestos y Seguros Sociales de todo el personal de las obras, no teniendo que intervenir para nada en ello la Entidad Propietaria.

.- El contratista será responsable ante los Tribunales de Justicia de los accidentes que por inexperiencia o descuido

sobreviniesen de la instalación.

.- Las reclamaciones que el contratista quiera hacer contra órdenes demandadas del Director de obras, sólo podrán presentarlas a través del mismo ante la propiedad. Si estas son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en el contrato. Contra las disposiciones de orden técnico o facultativas del Director de Obras no se admitirán reclamaciones, pudiendo el contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Director de obras, al cual podrá limitar su contestación al acuso de recibo que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamación.

.- Siempre que se crea necesario o conveniente introducir una modificación en cualquier parte de las obras por exigirlo así el mejor estudio que durante la construcción se haya hecho de la configuración de terreno, el Director de obras procederá a redactar el correspondiente proyecto reformativo.

.- Formalizado el proyecto de variación y aprobado por la

Entidad de cuya cuenta corre la obra, se dará conocimiento de ésta al contratista, entendiéndose que no se le admitirán otras reclamaciones que las que puedan referirse a la fijación de precios no previstos en el presupuesto que sirva de base a la Contrata, o las relativas a las diferencias del coste por valor de la sexta parte en más o menos comparativamente por el importe total de dicha Contrata.

.- Se supone que el contratista ha verificado un cuidadoso estudio de los documentos que componen el presente Proyecto y que por tanto, acepta implícitamente las condiciones del presente Pliego de Condiciones, así como los posibles errores que se hayan podido producir.

.- El contratista no podrá hacer por su cuenta alteraciones en ninguna de las partes del Proyecto Aprobado, sin autorización escrita del Director de Obras, sin cuyo requisito no le serán abonados los aumentos que pudieran resultar a consecuencia de las variaciones no autorizadas.

.- Queda obligado el contratista a cumplir lo estipulado en todas las Leyes de Reglamento de carácter Oficial, así como las demás Leyes y disposiciones vigentes que le sean de aplicación durante la construcción, conforme a la legislación sobre Obras Públicas.

.- El constructor, basándose en las indicaciones del Proyecto, redactará un programa de montaje, detallando los extremos siguientes:

- Distribución de la ejecución en fases, orden y tiempo de montaje de los elementos de cada fase.
- Descripción del equipo que empleará en el montaje de cada fase.
- Apeos, grúas, cimbras y otros elementos de sujeción provisional.
- Personal preciso para realizar cada fase con especificación de su calificación.
- Elemento de seguridad y protección del personal.
- Comprobación de replanteo.

- Comprobación de las alineaciones y aplomos.

.- El Director Técnico aconseja a la empresa constructora, que obligue a la propiedad disponer a su cargo los siguientes puntos:

- Energía eléctrica a pie de obra.
- Aire comprimido para máquinas neumáticas a pie de obra.

.- Si por cualquier causa hubiera necesidad de rescindir el contrato, por cuenta ajena al contratista, se le abonara a este todas las obras ejecutadas, así como los materiales acopiados a pie de obra para su prosecución, siempre que sean de recibo y en cantidad proporcional a al obra pendiente de ejecución, aplicando los precios que fije la Dirección Técnica.

En el momento de rescisión del contrato el contratista retirara todas las herramientas y medios auxiliares, salvando la propiedad toda la responsabilidad en caso contrario, por extravío o robo y sin perjuicio de que pueda este ordenar retirarlos y almacenarlos por cuenta del contratista sin entorpecer la prosecución de las obras. Cuando por naturaleza de los trabajos haya elementos auxiliares

que no sea posible retirarlos, (como apeos, encofrados,...) quedara en obra hasta su terminación, abonándose al contratista la cantidad fijada de común acuerdo en concepto de indemnización.

.- Cuando la rescisión de la contrata fuera por causa de incumplimiento del contratista, se le abonara la obra hecha que sea de recibo y los materiales acopiados en buen estado y cantidad necesaria para la obra hasta el momento en calidad de indemnización por daños y perjuicios.

.- El contratista o su representante autorizado comunicara con una antelación de 45 días hábiles por escrito al Ingeniero Director la fecha prevista de la terminación del proyecto.

El Ingeniero Director, en caso de conformidad con la citada comunicación del contratista, la elevara con antelación de un mes para que este proceda al nombramiento de un representante para la recepción provisional.

.- La propiedad o representante a que se refiere la cláusula anterior fijara la fecha de recepción provisional y a dicho objeto

citara por escrito al Ingeniero Director y al contratista o su representante.

.- El contratista bien personalmente bien por medio de un autorizado tiene la obligación de asistir a las recepciones de las obras.

.- De la recepción provisional se extenderá acta por triplicado que firmara:

- El representante de la propiedad.
- El Ingeniero Director.
- El contratista o su representante.

Siempre que hayan asistido al acto de la recepción, retirando un ejemplar de dicha acta cada uno de los firmantes.

Si el contratista o su representante no asisten a la recepción provisional el representante de la propiedad le remitirá con acuso de recibo un ejemplar del acta.

.- El acta de recepción provisional hará constar el estado de terminación conforme al proyecto, así como todas las diferencias u omisiones que se observan y se emplazara al contratista para que

subsane las diferencias, que por no ser sustanciales, no hayan impedido la recepción. Empezando a contar el plazo de garantía que se fija en un año, durante el cual el contratista responderá a los defectos de construcción que aparecieren.

Dicho plazo se suspende en el momento en que se observen deficiencias graves, volviendo a correr en el momento que hayan sido subsanadas. Las reparaciones efectuadas tendrán la misma garantía de un año, contándose el plazo desde la fecha de terminación de la reparación.

.- Si las obras no se encuentran en estado de ser recibidas se hará constar en el acta y se especificara en la misma las precisas y detalladas instrucciones que el Ingeniero Director debe señalar al contratista para remediar los defectos observados, fijándose un plazo para subsanarlos, pasado el cual se efectuara una nueva recepción de las obras.

Si el contratista no hubiese cumplido, se declara rescindida la contrata con pérdida de fianza, a no ser que la propiedad acceda a concederle un nuevo plazo.

.- El Ingeniero Director citara con acuse de recibo al contratista o a su delegado, fijando la fecha en que ha de procederse a la medición general, la cual será función del plazo establecido para la liquidación provisional.

.- El contratista o su delegado autorizado tiene la obligación de asistir a la toma de datos y realización de la medición general que efectuara el Ingeniero Director. Si por causa que le sean imputables no cumple tal obligación, no podrá ejecutar reclamación alguna en orden al resultado de aquellas mediciones ni acerca de las actas de la propiedad que se pasen en tal resultado de aquellas mediciones, sin previa alegación y justificación.

.- Para la realización de la medición general se utilizaran datos complementarios, la comprobación del proyecto, el libro de incidencias si lo hubiera, el de órdenes y cuantos otros estimen necesarios el Ingeniero Director y el contratista.

De dicha medición se redactara el oportuno documento en cuadruplicado, que firmara el Ingeniero con la conformidad del contratista o su representante autorizado y el visto bueno del

Ingeniero, retirando un ejemplar para cada uno de ellos y remitiendo los demás al Ingeniero Director y a la propiedad.

.- Si el contratista o su delegado no ha asistido a la medición, el Ingeniero Director le remitirá con acuse de recibo un ejemplar del documento.

Las reclamaciones que el contratista estime oportunas hacer contra el resultado de la medición general las dirigirá por escrito a la propiedad por medio del Ingeniero Director, el cual la elevara aquella con su conformidad.

.- El Ingeniero Director formulara la liquidación aplicando el resultado de la medición general, los precios y condiciones económicas del contrato.

Los reparos que estime oportuno el contratista, a la vista de la liquidación provisional, las dirigirá por escrito a la propiedad de la forma establecida en el artículo anterior y dentro del plazo reglamentario, pasado el cual se entenderá que se encuentra conforme con el resultado y detalle de la liquidación.

.- Los gastos de conservación durante el plazo de garantía

comprendido entre las recepciones provisionales y definitivas corren a cargo del contratista.

.- Si la planta fuese utilizada antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones causadas por el uso, correrán a cargo de la propiedad. Las reparaciones de los vicios o defectos de la instalación, serán a cargo del contratista. En caso de duda será inapelable la decisión del Ingeniero Director, sin caber recurso contra ella.

.- Después de la recepción provisional de la instalación y en el caso de que esta corriera a cargo del contratista, no debe haber en ella mas herramientas, útiles, materiales,... que los indispensables para su guardería, limpieza o para los trabajos que fueran precisos efectuar.

.- Si el contratista siendo su obligación, no atiende a la conservación de la instalación durante el plazo de garantía, y en el caso de que la instalación no haya sido ocupada por el propietario antes de la recepción definitiva, el Ingeniero Director en representación de la propiedad procederá a disponer todo lo

preciso para que atienda la guardería, limpieza, y todo lo que fuese necesario para su buena conservación, abonándose todo ello por medio de la contrata.

.- En todo caso el contratista debe revisar y reparar la instalación durante el plazo expresado.

Al abandonar el contratista la instalación tanto por buena terminación como en caso de rescisión del contrato esta obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Ingeniero Director fije.

.- Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubiesen efectuado trabajos cualesquiera, se procederá de la siguiente forma para su abono:

1. - Si los trabajos que se realicen estuviesen especificados en el proyecto y sin causa justificada o por causa justificada no se hubiera realizado por el contratista a su debido tiempo y el Ingeniero Director exigiera su realización durante el plazo de garantía, será valorado a los precios que figuren en el presupuesto y abonados de acuerdo a lo establecido.

2. - Si se han ejecutado trabajos precisos para la recepción de desperfectos ocasionados por el uso de la instalación por haber sido utilizada durante dicho plazo por la propiedad, se valoraran y abonaran los precios previamente acordados.

3. - Si se han ejecutado trabajos para reparación por desperfectos ocasionados por deficiencias de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonara por ello al contratista.

.- La puesta en marcha y pruebas de la instalación será a cargo de la Dirección Técnica, así como el adiestramiento del personal que en adelante se haga cargo de la conducción de la planta. Para ello será a cargo de la propiedad los siguientes puntos:

- El combustible para las pruebas.
- El aire comprimido para los instrumentos.
- Posibilitar la descarga libre de vapor, producido durante las pruebas previas de forma que no se establezcan condicionamiento de ningún tipo sobre la operación en este periodo.

- El acabado completo de la instalación en los puntos que no hace referencia la especificación técnica, y que sean imprescindibles para la puesta en marcha, deberá estar el personal que se hará cargo de la instalación acompañando al Director Técnico u otros especialistas al objeto de que su adiestramiento sea lo más completo posible.

.- La empresa constructora deberá reunir los requisitos que dispone el Reglamento Español de Aparatos A Presión en el Capítulo IV “**Fabricantes, instaladores y usuarios**” en sus artículos 9 y 10:

**Art. 9. ° Fabricantes.**- Se consideran Empresas fabricantes aquellas que utilizan medios propios para la fabricación y ensamblaje total o parcial de los componentes de aparatos incluidos en este Reglamento, y que estén inscritas en el Libro de Registro que a tal efecto dispondrán las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía.

Los fabricantes y reparadores de los aparatos afectados por este Reglamento son responsables de que los mismos ofrezcan las garantías debidas para el fin a que se destinan, y deberán conocer las características y procedencia de los materiales empleados. Esta responsabilidad se entenderá sin perjuicio de la que pueda corresponder a terceros.

A las Empresas dedicadas a la reparación de aparatos a presión se les exigirán las mismas condiciones que a los fabricantes, e igualmente será necesaria su inscripción en el Libro Registro de reparadores de las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía.

Todas las Empresas fabricantes quedarán automáticamente inscritas como Empresas reparadoras.

Los talleres de construcción y reparación llevarán un Libro Registro, visado y sellado por la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, en el que se hará constar la clase de aparato, fecha de construcción o reparación, características que lo identifiquen y nombre y dirección del cliente. Esta exigencia no será de aplicación para aquellos aparatos que, por sus características, no precisen de dicho control y así se establezca en la correspondiente ITC.

Queda autorizado el Ministerio de Industria y Energía para fijar las condiciones que deben cumplir los fabricantes y talleres de reparación de los aparatos incluidos en este Reglamento.

**Art. 10. Instaladores.-** La instalación de los aparatos a que se refiere el presente Reglamento se realizará por Técnico o Empresa instaladora debidamente autorizados a estos efectos por la correspondiente Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, responsabilizándose ante este Organismo de cualquier deficiencia que pudiera observarse, así como del cumplimiento de lo que, a estos efectos, se dispone en el presente Reglamento.

Las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía llevarán un Libro Registro donde figurarán los instaladores autorizados.

Los instaladores llevarán un Libro Registro visado y sellado por las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía de su residencia, en el que se hará constar las instalaciones realizadas, aparatos, características, emplazamiento, cliente y fecha de su terminación. Estos Libros Registro serán revisados

periódicamente por aquellas Delegaciones Provinciales, que dejarán constancia de estas revisiones.

Si la instalación del aparato a presión fuese realizada y dirigida por personal propio del usuario, éste deberá solicitar previamente la autorización a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, adjuntando documentación justificativa de disponer del personal técnico y de medios apropiados.

Queda autorizado el Ministerio de Industria y Energía para establecer las condiciones exigibles a los instaladores y a las Empresas dedicadas a la instalación de los aparatos afectados por este Reglamento.

.- El usuario deberá reunir los requisitos que dispone el Reglamento Español de Aparatos a Presión en el capítulo IV **“Fabricantes, instaladores y usuarios”** en su artículo 11:

**Art. 11. Usuarios.-** Los usuarios de los aparatos sujetos a este Reglamento deberán tener presentes las normas de seguridad y mantenimiento que correspondan en cada caso, conservando en buen estado tanto los aparatos como sus accesorios.

Además, llevarán un Libro Registro, visado y sellado por la correspondiente Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, en el que figurarán todos los aparatos afectados por este Reglamento que tengan instalados, indicándose en el mismo: Características, procedencia, suministrador, instalador, fecha en que se autorizó la instalación y fecha de la primera prueba y de las pruebas periódicas. Igualmente figurarán las inspecciones no oficiales y reparaciones efectuadas con detalle de las mismas, Entidad que las efectuó y fecha de su terminación.

No se incluirán en el Libro Registro las botellas y botellones de G.L.P. u otros gases, sifones, extintores y aparatos análogos, de venta normal en el comercio.

.- La instalación y puesta en servicio deberá cumplir los requisitos que dispone el Reglamento Español de Aparatos a Presión en el capítulo VI “**Autorización y puesta en servicio**” en sus artículos 21,22 y 23:

**Art. 21. Autorización de instalación.-** La instalación de los aparatos comprendidos en este Reglamento, con las excepciones que se indiquen en las ITC, precisará la autorización previa de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente, debiendo presentarse la solicitud en dicho Organismo por el interesado o persona legalmente autorizada.

A la solicitud se acompañará proyecto suscrito por Técnico titulado competente, visado por el Colegio Oficial que corresponda, extendido de acuerdo con lo especificado en las ITC

**Art. 22. Autorización de puesta en servicio.-** Para la puesta en servicio de la instalación será necesario presentar en la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía la correspondiente solicitud, acompañada de los siguientes documentos:

1º Certificado del fabricante del aparato, en el que se hará constar que éste cumple la Reglamentación en vigor, el código y normas utilizadas en su fabricación, pruebas a que ha sido sometido y el resultado de las mismas, incluyendo una copia del acta correspondiente a la prueba hidráulica.

Si se tratase de un aparato de tipo serie, se hará constar que responde plenamente al proyecto bajo el cual se hizo la inscripción en el Registro existente en la correspondiente Dirección General.

En los aparatos procedentes de importación, este documento será extendido por un Técnico titulado competente e irá acompañado de otro certificado expedido por la Administración del país de origen o alguna Entidad de control reconocida oficialmente en el mismo, legalizado por el representante español en dicho país, en el que se acredite que los cálculos, materiales empleados, proceso de fabricación y ensayos realizados son conformes con el código y normas utilizadas.

2. ° Certificados de pruebas en el lugar de emplazamiento, para aquellos aparatos que se instalen con carácter fijo y requieran la correspondiente inspección según el artículo 14, en el que se describirán las pruebas a que ha sido sometido el aparato en el lugar en que ha sido instalado, con el resultado de las mismas, haciéndose constar que la instalación reúne las condiciones reglamentarias, se ajustan al proyecto presentado al solicitar la autorización de instalación y que su funcionamiento es correcto. Este certificado será extendido por el instalador y, en su caso, por la Entidad colaboradora que haya supervisado la instalación.

Si el aparato ha sido sometido a la prueba hidráulica, se acompañará una copia del acta correspondiente a la misma.

**Art. 23.** Cuando se compruebe por alguna Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía que un aparato a presión es manifiestamente peligroso, podrá ordenar cautelarmente la puesta fuera de servicio del mismo e iniciar expediente de cancelación de su inscripción registral, elevando la correspondiente propuesta a la Delegación General de Industrias Siderometalúrgicas y Navales o a la de Minas e Industrias de la Construcción según proceda, la cual podrá cancelar la inscripción del tipo de que se trate, previo informe del Consejo Superior del Ministerio de Industria y Energía y, en todo caso, con audiencia del fabricante y del usuario del aparato.

.- En general, cualquier otro aspecto no incluido específicamente en el presente Pliego de Condiciones será regulado por el Reglamento Español de Aparatos a Presión, que recibe las normas generales y que se cumplimentan con las Instrucciones Técnicas Complementarias “MIE AP1”; referente a calderas, economizadores, precalentadores de aire y sobrecalentadores, y “MIE AP2”; referente a tuberías para fluidos.

**3. CONDICIONES TECNICAS REFERENTES A MATERIALES, ENSAYOS, PRUEBAS Y ESPECIFICACIONES.**

**3.1. Materiales.**

.- Todos los materiales que se emplean en los trabajos serán de primera calidad y cumplirán las condiciones que a tal efecto se especifican con detalle en el pliego de condiciones.

Asimismo, cumplirán todos los requisitos establecidos en otros pliegos de condiciones para la recepción de materiales aprobado por la autoridad competente con carácter nacional.

.- Corresponde al contratista redactar la documentación necesaria para los pedidos de materiales de tramitación oficial, deduciendo de las mediciones del proyecto y de la composición de los precios las cantidades y preparando instancias, oficios,... con el numero de copias correspondientes. En cuanto a los pedidos particulares que realice el contratista, le corresponde hacer las

propias mediciones, sin que nadie pueda alegar la existencia de errores en más o menos, sobre lo que realmente sea necesario de lo que figure en el proyecto.

.- La simple inspección de algunos materiales por parte de los Técnicos Directores, no supone la recepción de los mismos, no eximiéndose la responsabilidad contractual del contratista, a estos efectos hasta la recepción definitiva de la instalación. Los Directores Técnicos tendrán en todo momento derecho a someter a los materiales empleados a cuantas pruebas y análisis consideren oportunas, en la forma y lugar que disponga, pudiendo ordenar si el resultado no fuese satisfactorio, a su juicio, desechar la partida entera. Las pruebas correrán por cuenta del contratista.

.- Las tuberías y conducciones de agua y vapor serán normalizadas con las normas ASTM, serán de acero estirado sin soldadura.

.- El material de los depósitos será de acero inoxidable.

.- Las válvulas, accesorios y aparatos de medidas serán de

acero fundido según normas ASTM CF8C. Las válvulas serán bridas de acuerdo con la ANSI 81610.

.- Las válvulas de seguridad deberán cumplir la normativa al respecto de acuerdo con UNE 9-100-76.

.- Las juntas que se usarán para uniones con bridas serán juntas espirometálicas constituidas a base de amianto con armaduras metálicas.

.- Los materiales usados para pernos y tuercas en base a las normas ASTM son: ASTM A193-D16 para formas y ASTM A 194-Gr4 para tuercas.

.- Las características mecánicas de los redondos empleados en los anclajes de solería, dependerán del valor de la adherencia del hormigón. Para el acero se tomara  $7 \text{ kg/cm}^2$ .

.- El cemento que servirá de base para la confección del hormigón de la cimentación, será del tipo denominado Pórtland,

debiendo reunir las condiciones exigidas en la Jefatura de Industria, asimismo el contratista realizara cuantos ensayos y pruebas crea necesario, no debiendo en ningún caso dejarlo expuesto a la acción de la humedad, serán almacenados en lugar seco y ventilado.

.- Los áridos a utilizar con el mismo fin, podrán provenir de los ríos, arroyos o canteras, teniendo la grava un tamaño de 2 a 5 cm como máximo.

.- Puesto que la calidad de los aditivos es muy difícil de controlar, no se permitirá el uso de aditivos sin la autorización previa de la Dirección Técnica. En todo caso se le exigirá al fabricante la garantía correspondiente.

### **3.2. - Ensayos e inspecciones.**

.- Los materiales laminados deberán someterse a ensayos a tracción, una pieza de lotes de 25.

.- Si los resultados de los ensayos no corresponden a los establecidos en el artículo siguiente, se someterán a un ensayo posterior, un número doble de piezas y si estos resultados no son satisfactorios, serán rechazados.

.- Las pruebas de tracción se especificarán según normas DIN 1542, 1543, 1602 y 1622.

.- Se efectuarán ensayos de doblados en las chapas según especificaciones de la norma DIN 1605 hasta que los extremos se toquen.

.- Para la determinación de las características mecánicas de los electrodos recubiertos destinados a la soldadura por arco de los perfiles laminados en la estructura metálica, se someterán a los ensayos de tracción y resistencia según prescripción de la norma UNE 14022.

.- Los redondos de acero para los anclajes de pilares se someterán a muestreo, ensayándose estas muestras a tracción,

para comprobar límite elástico, tensión de rotura y alargamiento de rotura, asimismo se comprobará la adherencia de los mismos con barras introducidas en los bloques de hormigón en masa una longitud de 60 veces el diámetro, debiendo partirse antes de salirse del hormigón. Se someterán también a ensayos de doblados y plegados a 180° para comprobar su plasticidad, no debiendo presentar grietas por la parte exterior.

.- Siempre que el Director de Obras lo considere necesario, se realizarán ensayos en el hormigón, bien para determinar su plasticidad con un ensayo de consistencia mediante el cono de Abrams, o bien determinando su resistencia característica a los 28 días mediante ensayo de compresión con probetas cilíndricas normalizadas.

.- Además de lo indicado en artículos anteriores se realizaran todos los ensayos que el Director Técnico crea conveniente. Todo ello deberá ser objeto del Director de la obra, verificando este todas las pruebas, ensayos, y reconocimientos que se determinen para los materiales que en la instalación se

empleen.

El contratista, como parte interesada, podrá presenciar cuantas pruebas se realicen, sufragando los gastos que de ellas se deriven.

.- Para los materiales que entren en la obra y no se detallan condiciones, serán de primera calidad y antes de colocarlos deberán ser aprobados por el Ingeniero Director.

.- Los defectos, deformaciones, grietas, roturas, etc. será motivo suficiente para ordenar la demolición de la obra efectuada, con la consiguiente reconstrucción, todo ello a juicio del Ingeniero Director.

.- Para el desarrollo de las obras y operaciones no consignadas se atenderá a las normas de buena práctica constructiva a lo detallado en los planos y a las instrucciones del Ingeniero Director.

.- Las soldaduras de las partes a presión deberán verificar la legislación vigente.

.- Todas las instalaciones deben ser inspeccionadas a lo largo de su construcción por una autoridad inspectora conforme con lo definido en el apartado anterior. El deber del inspector, en perjuicio de la responsabilidad del fabricante, es el de establecer el número suficiente de inspecciones para asegurarse que los materiales, diseño, fabricación y pruebas de los depósitos cumplen todos los requisitos legales.

.- La autoridad inspectora notificará al fabricante, antes de iniciarse el proceso de fabricación, sobre las etapas en las que se requerirán inspecciones específicas. El fabricante avisará con antelación necesaria a la inspección para la realización de dichas inspecciones. No obstante, el inspector podrá realizar inspecciones en cualquier etapa de la fabricación y rechazar el material o trabajos defectuosos.

.- La autoridad inspectora tendrá acceso en todo momento al taller del fabricante durante el periodo de construcción y podrá inspeccionar el fabricado en cualquier etapa del proceso de construcción y rechazar cualquier parte que no está de acuerdo

con los requisitos legales.

.- En general, las instalaciones y pruebas estarán de acuerdo con la ITC AP1 y el capítulo V “ **Inspecciones y Pruebas**” en sus artículos 12 al 20 del Reglamento de Aparatos a Presión:

**Art. 12.** Los aparatos afectados por este Reglamento serán inspeccionados durante su fabricación a efectos de controlar que su construcción se lleve a efecto de acuerdo con el código o norma previstos, y, en su caso, que se ajusta al tipo oficialmente registrado.

Estas inspecciones se llevarán a efecto por el departamento de control de calidad del fabricante o por una Entidad colaboradora, indistintamente, en todo caso quedará constancia de las mismas.

**Art. 13.** Todo aparato afectado por el presente Reglamento se someterá, antes de su instalación y utilización, al examen correspondiente y a la prueba hidrostática que para cada caso se determine en las ITC.

Para la prueba hidrostática, el aparato en cuestión se someterá, completamente lleno de agua y a la temperatura ambiente, a la prueba de presión que corresponda. Con la autorización previa de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, se podrá sustituir el agua por otro líquido.

Durante la prueba se mantendrá la presión el tiempo necesario para examinar el aparato y observar si existen fugas o se producen deformaciones y si éstas son permanentes.

Para estos ensayos es imprescindible que estén al descubierto y sin pintura todas las chapas y juntas.

Los aparatos industriales que posean un revestimiento interior se someterán a la prueba de presión con dicho revestimiento.

Antes de realizar las pruebas de presión se comprobará que los aparatos de medida y protección que han de utilizarse para las mismas, cumplen las prescripciones reglamentarias.

Cuando así lo determine la ITC que corresponda, la inspección y primera prueba de presión podrá hacerse por muestreo.

La primera prueba de presión se efectuará, cuando sea posible, en los talleres del fabricante, y si se trata de un aparato importado, en el lugar indicado por el destinatario del mismo. Esta prueba, de acuerdo con las ITC, será efectuada por el fabricante o por alguna Entidad colaboradora, y de la misma se levantará la correspondiente acta, de la cual conservará un ejemplar el fabricante, otro la Entidad colaboradora que, en su caso, haya realizado la prueba y el tercero se enviará a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía.

Excepcionalmente podrá efectuarse esta prueba en el taller del constructor extranjero si la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía así lo admite, siempre que dicha prueba haya sido efectuada por alguna Entidad de control reconocida en el país de origen y que el certificado correspondiente a esta prueba sea legalizado por el Consulado español correspondiente.

Si las pruebas son satisfactorias, el aparato se punzará en la forma prevista en el artículo 20.

Las Delegaciones provinciales del Ministerio de Industria y Energía podrán eximir o aprobar variaciones en la realización de la prueba hidrostática, en las circunstancias siguientes:

1. Aparatos en los que esté contraindicada la prueba hidrostática, o en los que deban disminuirse los valores de las presiones efectivas de prueba hidrostática.

En estos casos, el fabricante o importador deberá justificar documentalmente las circunstancias especiales que concurren, y propondrá los valores de prueba hidrostática o las pruebas de otro tipo que deberán realizarse para garantizar la seguridad del aparato en régimen de servicio.

2. Aparatos que una vez montados y que por sus especiales características no admitan total o parcialmente la prueba de presión hidrostática. Estos casos deberán ser debidamente justificados y se acompañarán certificaciones de los Organismos competentes, acreditando los resultados de las pruebas y ensayos realizados en los talleres del fabricante sobre cada uno de los componentes del aparato. El constructor o importador del aparato propondrá las pruebas a realizar en el lugar del emplazamiento.

Si se trata de aparatos de importación, los anteriores documentos deberán ser legalizados por el representante español en el país de origen. Cuando las pruebas propuestas por el fabricante o el importador y aprobadas por la Administración sean de mayor peligrosidad que la prueba hidrostática, el fabricante o el importador deberá proveer los medios necesarios para que se reduzca al mínimo el peligro que la realización de aquéllas pueda suponer para el personal de inspección.

Además, el fabricante o el importador deberá suscribir una cobertura de seguro de accidentes para el personal, de acuerdo con lo dispuesto en la legislación laboral vigente.

**Art. 14. Inspecciones y pruebas en el lugar de emplazamiento.-** Los aparatos afectados por este Reglamento, con las excepciones indicadas en las ITC, que se instalen con carácter fijo, deberán ser inspeccionados antes de su puesta en servicio por el instalador de los mismos, exigiéndose, para aquellas instalaciones que presenten mayor riesgo potencial, que sean supervisados además por alguna Entidad colaboradora.

Estas inspecciones se llevarán a cabo en el lugar de emplazamiento de los aparatos en cuestión y durante ellas se comprobará si reúnen las condiciones reglamentarias, si la

instalación se ha realizado de acuerdo con el proyecto presentado y si el funcionamiento es correcto.

Dicha inspección se efectuará en presencia de los representantes del fabricante y del usuario del aparato, sin que la ausencia de aquél sea motivo de retraso o aplazamiento de la prueba, que se llevará a cabo en la forma prevista, pero haciendo constar la ausencia del representante en cuestión.

Tras poner en funcionamiento el aparato, se examinará el mismo, regulándose las válvulas de seguridad y precintándose los órganos de regulación en la posición que corresponda.

Si durante la prueba de funcionamiento se observasen irregularidades que pudieran dar lugar a averías o causar daños a personas o bienes, se interrumpirá inmediatamente el funcionamiento del aparato. La prueba deberá repetirse tan pronto se hayan corregido las causas que dieron lugar a las anomalías observadas.

Los aparatos previstos inicialmente para instalaciones fijas que cambien posteriormente de emplazamiento, deberán someterse también al examen y pruebas a que se refiere este artículo.

Los aparatos se someterán también a la prueba hidrostática si, por haber sufrido alguna anomalía durante el transporte o por alguna razón, el instalador o el Entidad colaboradora así lo estiman, y en todo caso, si no han sufrido dicha prueba en los talleres del constructor. De esta prueba se levantará la correspondiente acta, que será extendida por triplicado, quedando un ejemplar para el usuario del aparato, otro para el instalador o Entidad colaboradora que efectúe la prueba, y el tercer ejemplar se enviará a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía.

**Art. 15. Inspecciones y pruebas de aparatos reparados.-** Los aparatos que hayan sufrido una reparación, que afecte a las partes sometidas a presión, deberán superar una prueba hidrostática

igual a la de primera prueba y en sus mismas condiciones, si así lo precisan a juicio de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, a la que previamente se habrá informado de la mencionada reparación.

Una vez efectuada la prueba, y siempre que sea posible, se examinará el interior de los aparatos reparados para detectar cualquier defecto que puedan presentar las chapas y demás materiales de que están contruidos, y especialmente la presencia de corrosiones. Si no fuese posible un examen de su interior, el aparato se someterá a ensayos radiográficos, ultrasonidos u otros análogos, siempre que ello se considere necesario.

Estas inspecciones y pruebas se llevarán a efecto por alguna Entidad colaboradora, extendiendo la correspondiente acta por triplicado, para el usuario, Entidad colaboradora y Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, que, a la vista de la misma, acordará si procede su puesta en servicio.

**Art. 16. Inspecciones y pruebas periódicas.-** Los aparatos sujetos al presente Reglamento deberán someterse periódicamente a una inspección y una prueba de presión, así como a las comprobaciones y exámenes que para cada caso se indiquen en las ITC.

En casos especiales debidamente justificados y a petición de parte interesada, la correspondiente Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía podrá aprobar una disminución de los valores de las presiones prescritas para la prueba hidrostática o la sustitución de estas pruebas por otras pruebas o ensayos análogos.

En las instalaciones de trabajo continuo donde la realización de las pruebas periódicas de los distintos aparatos pueda ocasionar graves perjuicios, podrá fijarse, de acuerdo con el usuario y previa conformidad de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, la fecha en que, dentro del plazo reglamentario deberán realizarse aquellas pruebas para que los perjuicios resulten mínimos.

El usuario cuidará de que todas las partes accesibles del aparato estén abiertas y debidamente preparadas para su examen, tanto interior como exterior.

No se retirará el material aislante, la mampostería o las partes fijas del aparato a menos que se sospeche la existencia de ciertos tipos de deterioro peculiares en partes inaccesibles del mismo o que se aprecie alguna fuga de fluido.

Si los resultados de la inspección periódica, incluida la prueba de presión, fuesen satisfactorios, se procederá al punzado o marcado indicado en el artículo 20.

Las inspecciones y pruebas periódicas serán realizadas por el instalador del aparato, el servicio de conservación de la Empresa en la cual esté instalado o alguna de las Entidades colaboradoras, y cuando se trate de recipientes destinados al transporte de gases comprimidos, licuados o disueltos a presión, excepto las cisternas, extintores o recipientes análogos, las pruebas periódicas podrán ser realizadas por la misma Empresa encargada de su relleno, todo ello de acuerdo con lo dispuesto por las ITC Si efectúa esta revisión es el instalador o el servicio de conservación de la Empresa en la cual se encuentra el aparato a presión, deberá justificar ante la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía que dispone de personal idóneo y medios suficientes para llevarlas a cabo.

Estas pruebas se efectuarán en presencia del usuario, extendiéndose acta por triplicado, quedando uno de los ejemplares en poder del usuario, otro será para el instalador o Empresa que ha realizado la prueba y el tercero se enviará a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía.

**Art. 17.** Las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía ejercerán un sistema de control, por muestreo estadístico, sobre las inspecciones a que se refieren los artículos anteriores y, sin perjuicio de ello, de oficio, por propia iniciativa o por acuerdo de la Dirección General de Industrias

Siderometalúrgicas y Navales, o a instancia de parte interesada, dispondrán cuantas inspecciones extraordinarias consideren necesarias.

**Art. 18. Aparatos para pruebas y ensayos.-** Las pruebas de presión se efectuarán con una bomba adecuada al aparato que deba probarse. Dicha bomba contará con los dispositivos de seguridad necesarios para impedir, de una forma eficaz y segura, que durante el ensayo pueda sobrepasarse la presión de prueba.

Los dispositivos, materiales y personal necesario para efectuar las pruebas, controles y ensayos serán facilitados por el fabricante, el instalador, la Entidad colaboradora o el usuario del aparato.

**Art. 19. Placas e identificación del aparato.-**

*1. Placa de diseño:* Todo aparato sometido a la prueba de presión deberá ir provisto de una placa donde se grabarán la presión de diseño, y, en su caso, la máxima de servicio, el número de registro del aparato y la fecha de la primera prueba y sucesivas. En las ITC se indicarán los aparatos que quedan exentos de esta obligación.

Las placas de diseño serán facilitadas por la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente a la provincia en la cual se efectúe la prueba.

*2. Identificación:* Todo aparato objeto de este Reglamento llevará una identificación en la que consten, entre otros datos, los siguientes:

- 2.1. Nombre o razón social del fabricante.
- 2.2. Contraseña y fecha de registro del tipo, si procede.
- 2.3. Número de fabricación.
- 2.4. Características principales.

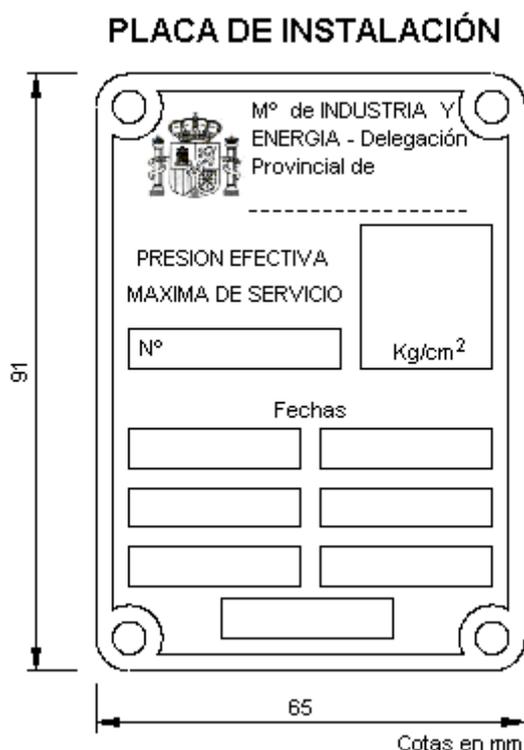
Las placas de diseño e identificación se fijarán, mediante remaches, soldadura o cualquier otro medio que asegure su inamovilidad, en un sitio visible del aparato, y en ningún caso podrán retirarse del mismo.

**Placas.**- Todo aparato objeto de esta ITC irá provisto de las placas de diseño e identificación previstos en el artículo 19 del Reglamento de aparatos a presión, siguiendo como modelo el diseño:

### **MODELO DE FICHA TÉCNICA**

TIPO:	FABRICANTE: DOMICILIO SOCIAL: Población: Provincia:
CAMPO DE APLICACIÓN:  MARCA O SIGNO DEL FABRICANTE:	CARACTERISTICAS DEL TIPO: Sistema: Funcionamiento: Combustible: Presión de diseño: Kg/cm <sup>2</sup> Hoja 1/x
OBSERVACIONES:	
REGISTRADO POR LA DIRECCION GENERAL DE INDUSTRIAS SIDEROMETALURGICAS Y NAVALES	CONTRASEÑA DE INSCRIPCIÓN:

Además llevarán una placa de instalación como la de la figura adjunta, en donde conste el número de registro del aparato, la presión máxima correspondiente a las pruebas de instalación y periódicas, ver pagina siguiente:



Las placas de instalación serán facilitadas por la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente al lugar de instalación, y se fijaran mediante remaches, soldadura o cualquier otro medio que asegure su inamovilidad, en un sitio visible del aparato, y en ningún caso podrán retirarse del mismo.

**Art. 20. Contrastación.-** Si el examen y prueba de presión dan resultados satisfactorios, el encargado del servicio constructor, instalador, conservador, Entidad colaboradora o Delegación

Provincial grabará en la placa correspondiente la presión de diseño y, en su caso, la máxima de servicio, el número de registro que corresponda al aparato y la fecha de prueba.

.- Todos los accesorios y aberturas cumplirán los artículos de la ITC MIE-AP1 en su capítulo VI.

.- El agua de alimentación a la instalación deberá cumplir los requisitos establecidos por la norma UNE 9-075-78.

.- No se permite el vaciado directo al alcantarillado de las descargas de agua de los equipos, purgas de vapor y condensados, debiendo existir un dispositivo intermedio con el fin de evitar vacíos y sobrepresiones en estas redes.

.- El fabricante de las válvulas certificará la composición química y características mecánicas de los materiales utilizados en cada uno de los elementos principales de la válvula y asimismo la realización de la prueba hidrostática del cuerpo se abrirá la válvula a la presión de dos veces la de diseño.

**4. - CONDICIONES ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS.**

.- El sistema de adjudicación será mediante subasta pública, por parte de la Propiedad, que se encargará de anunciarla en los medios y tiempos que se consideren adecuados.

.- Las ofertas se presentarán por triplicado. Se ajustarán al estado de mediciones facilitado y tendrán el siguiente contenido:

- Objeto y tipo de la misma.
- Plazo de ejecución y fecha prevista para su iniciación.
- Oficinas donde estarán de manifiesto el Proyecto previsto.
- Garantía provisional exigida por la Propiedad.

- Proposición económica. Esta documentación deberá ir en un sobre cerrado, firmado por el licitado e independientemente del resto de la documentación.

.- El precio de la oferta base se entiende para la instalación

en perfectas condiciones de acabado y funcionamiento, e incluir sin limitaciones los siguientes conceptos:

- Importe de los materiales especificados en las mediciones.
- Importe de los materiales no especificados en las mismas y que sean necesarios para un adecuado funcionamiento y acabado de la instalación.
- Mano de obra necesaria para la ejecución de los trabajos en el tiempo previsto.
- Portes hasta pie de obra y descarga.
- Embalajes.
- Seguros.
- Impuestos y arbitrios.
- Gastos de legalización del Proyecto definitivo.

.- Cualquier incidencia en el ritmo general de la obra, que suponga un retraso en los trabajos propios del Instalador, serán comunicados por escrito a la Dirección Facultativa, proponiendo las nuevas fechas de terminación. El incumplimiento de este trámite invalidará cualquier justificación de retraso.

.- En caso de que el Instalador no cumpliera con algún punto del presente Proyecto, lo cual será juzgado discrecionalmente por la Dirección Facultativa, la Propiedad podrá contratar con terceros la ejecución de partidas consideradas, incluyendo la compra del equipo necesario, con cargo al Instalador, con independencia de reclamar los perjuicios a que hubiera lugar y sin que con ello exima al Instalador de la responsabilidad de iniciar la obra.

.- En el momento del contrato quedarán recogidas las penalizaciones en que incurrirá el Instalador por incumplimiento del plazo.

.- La medición de la instalación se hará por el tipo de unidades establecidas en el “Presupuesto” y siguiendo el mismo criterio empleado en la medición del proyecto.

La valoración se obtendrá aplicando a las diversas unidades el precio establecido para ellas en el presupuesto, añadiendo a este el porcentaje, que en su caso, corresponda al beneficio industrial.

.- La forma de pago será como sigue:

- 5 % al firmar el contrato.

- Certificaciones mensuales según la obra realizada, de la que se deducirá un 10 % en concepto de garantía, que responderá de la correcta ejecución de los trabajos, del cumplimiento de los plazos fijados y del cumplimiento de las estipulaciones contractuales.

- Los acopios de material se abonarán por el 70 % del valor que figure en la oferta.

- El pago se hará por letras aceptadas a 180 días a partir del día último que corresponde a la certificación, siendo los gastos de emisión y negociación por cuenta del Instalador.

.- Al finalizar la obra y después de la entrega provisional se devolverá al Instalador el 4.5 % del importe de retención, quedando en poder de la Propiedad el resto del mencionado importe, en concepto de garantía. Esta garantía será devuelta al transcurrir un año de la entrega provisional, produciéndose entonces la recepción definitiva.

.- Las distintas partidas se abonarán como se describe a continuación:

- El hormigonado se abonará por el volumen real utilizado, de acuerdo con las mediciones. Los morteros se abonarán siguiendo el mismo criterio.

- Los aceros se abonarán por Kg de peso, incrementado en un 5 % por despuntes y tolerancias.

- Los depósitos, aparatos, tuberías y válvulas, bombas y demás elementos de la instalación, se abonarán de acuerdo con las condiciones generales de venta estipuladas por la correspondiente firma suministradora.

- Las obras no especificadas se abonarán por unidad característica de las mismas, de acuerdo con las mediciones que resulten.

.- El abono de las obras ejecutadas se llevará a cabo mediante certificaciones parciales, previa medición y valoración de la forma establecida.

.- La valoración de las unidades de obra que no figuren en el

presupuesto se verificaran aplicando a cada una la unidad de medida que sea mas apropiada, a juicio del Ingeniero Director y aplicándose el precio vigente, antes de comenzar la ejecución de la citada unidad, en caso de estar ya realizada el que fije la Dirección Técnica.

.- Los precios y costes indicados en el Documento “Presupuestos”, se entienden que corresponden al momento de la redacción del presente Proyecto. En aquellos casos que se produzcan incrementos en los mismos, los cuales sean ajenos al Director Técnico de Obras, serán expuestos a la Sociedad Contratante, la cual salvo existencia de los mismos en su propio almacén para su suministro a la obra, deberá aceptar la oportuna corrección del Presupuesto.

.- Cuando por causas de rescisión del contrato u otra cualquiera, fuera necesario valorar unidades de obra que no estén totalmente terminadas, se utilizara la descomposición de precio que en cuestión establezca la Dirección Técnica.

.- Cuando haya de ejecutarse obras cuya unidad no figure en el presupuesto, el contratista viene obligado advertirlo antes de su ejecución para que sean fijados los precios contradictorios correspondientes. Si no se tiene en cuenta este requisito se sobre entiende que el contratista acepta la forma de medición y precio que fije la Dirección Técnica.

.- El Director de Obras percibirá por su trabajo el 2.5 % del total, cobrándose esta cantidad por certificaciones parciales mensuales, paralelas a las correspondientes que irá pagando el cliente, según se vayan realizando.

.- El autor del Proyecto percibirá por su valor el 2.5 % del total del importe de la obra, cobrando esta cantidad una vez entregado el proyecto al cliente y habiendo aceptado este, será responsable de todos los daños que pudieran derivarse de un mal diseño o cálculo de cualquier elemento de que consta la instalación.

.- La recepción provisional se llevará a cabo una vez

superadas las pruebas descritas previa solicitud del Instalador a la Propiedad y la Dirección Facultativa.

.- La recepción definitiva tendrá lugar al año de la recepción provisional, previo examen de la Dirección Facultativa, aceptándose ésta si las instalaciones responden a las condiciones exigidas en el Proyecto.

.- El Ingeniero Director redactará la liquidación definitiva en el plazo de 3 meses, contados a partir de la recepción definitiva.

.- Los reparos que el contratista estime oportuno formular a la liquidación definitiva deberán dirigirlos por escrito a la propiedad por medio del Ingeniero Director, quien la elevará a aquella con su informe.

Si pasado el plazo de 30 días el contratista no ha contestado por escrito se entenderá que se encuentra conforme con el resultado y detalle de la liquidación.

.- Una vez aprobada la liquidación definitiva el Ingeniero

Director expedirá certificación de la misma si el saldo es favorable al contratista. Si fuera favorable a la propiedad esta requerirá al contratista para que proceda al reintegro del exceso percibido, y en tanto aquel no lo hiciera así no se procederá a la devolución de la fianza.

.- Para la formalización judicial del compromiso, las partes deberán prever en el contrato la renuncia a los fueros propios que pudieran corresponderles y su sometimiento antes los jueces y tribunales que se expresan en el citado contrato.

.- La instalación deberá ser garantizada en buen estado de funcionamiento, durante el período de garantía de un año. Durante este período, el Instalador tendrá que corregir todos los defectos de funcionamiento que puedan aparecer, sea cual sea su origen.

.- La Propiedad podrá encomendar al Instalador el mantenimiento de la instalación durante un período de cinco años a partir de la recepción provisional y en las condiciones que se definan a tal efecto.

.- El plazo de terminación de las obras puede ser ampliado por causas de fuerza mayor, como puede ser:

- Días de lluvias, heladas o intenso frío.
- Días de fiesta no previstos o por huelgas no imputables al contratista.
- Falta de material constructivo no imputable al contratista.

**5. - CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE.**

.- Son obligaciones generales del empresario y subsidiariamente de la Dirección Facultativa:

1. - Cumplir las disposiciones de la DGSHT y cuantas en materia de Seguridad e Higiene del Trabajo fueran de pertinente aplicación en los centros o lugares de trabajo de la Empresa por razón de las actividades laborales que en ella se realicen.

2. - Adoptar cuantas medidas fueren necesarias en orden a la más perfecta organización y plena eficacia de la debida previsión de los riesgos que puedan afectar a la vida, integridad y salud de los trabajadores al servicio de la Empresa.

3. - Proveer cuanto fuere preciso tanto para el mantenimiento de las máquinas, herramientas y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad como para el normal funcionamiento de los Servicios Médicos, Instalaciones Sanitarias y servicios de higiene para los trabajadores de la Empresa.

4. - Facilitar gratuitamente a los trabajadores los medios de protección personal de carácter perceptivo adecuados a los trabajos que se realicen.

5. - Velar por la práctica de reconocimientos médicos, iniciales y periódicos, a los trabajadores conforme a lo establecido en las disposiciones vigentes.

6. - Observar con todo rigor y exactitud las normas vigentes relativas a los trabajos prohibidos a mujeres y menores e impedir la ocupación de trabajadores en máquinas y actividades peligrosas cuando los mismos sufran molestias o defectos físicos, tales como epilepsia, calambres, vértigos, sordera, anomalías de visión u otros análogos, o se encuentren en exigencias psicofísicas de sus respectivos puestos de trabajo.

7. - Determinar en los niveles jerárquicos definidos en el Reglamento Interior, o en su defecto, mediante instrucciones escritas, las facultades y deberes del personal directivo, técnicos, y mandos intermedios, en orden a la prevención de accidentes o

enfermedades profesionales.

8. - Establecer aquellos cauces constantes que, en cualquier momento, permitan obtener una información adecuada sobre los defectos de prevención que se produzcan y los peligros que se adviertan.

9. - Fomentar la cooperación de todo el personal a sus órdenes para mantener las mejores condiciones de Seguridad, Higiene y Bienestar de los trabajadores de la Empresa.

10. - Promover la más completa formación en materias de Seguridad e Higiene del Trabajo del personal directivo, técnico, mandos intermedios y trabajadores al servicio de la Empresa.

11. - Facilitar instrucción adecuada al personal antes de que comience a desempeñar cualquier puesto de trabajo acerca de los riesgos y peligros que puedan afectar, y sobre la forma, métodos y procesos que deban observarse para prevenirlos o evitarlos.

12. - Consultar con el Comité de Seguridad e Higiene del Trabajo, o al Vigilante de Seguridad, sobre todas aquellas cuestiones relativas a dichas materias que puedan suscitarse con motivo de las actividades desarrolladas en la Empresa.

13. - Adoptar las medidas oportunas para el cumplimiento de las recomendaciones del Comité o Vigilante a que se refiere el número anterior e informarlos, en su caso, de los motivos y razones por los cuales no fueren aceptadas.

14. - Tener a disposición de su personal un ejemplar de DGSHT, y en su caso, del Anexo/os que corresponden a las actividades que en la Empresa se realicen, asimismo habrá de facilitar los expresados ejemplares al Comité de Seguridad e Higiene del Trabajo y a cada uno de sus miembros, y de no existir dicho comité, al Vigilante de Seguridad.

.- El personal Directivo, Técnico y los mandos intermedios en la Empresa tendrán, dentro de sus respectivas competencias, las obligaciones y derechos:

1. - Cumplir personalmente y hacer cumplir al personal a sus órdenes lo dispuesto en esta DGSHT y en el Anexo/os de pertinente aplicación, así como las normas, instrucciones y cuanto específicamente estuvieran establecido en la Empresa sobre Seguridad e Higiene del Trabajo.

2. - Instruir previamente al personal a que se refiere el número anterior de los riesgos inherentes al trabajo que deba realizar, especialmente en los que impliquen riesgos específicos, distintos de los de su ocupación habitual, así como de las medidas de seguridad que deban observar en la ejecución de los mismos.

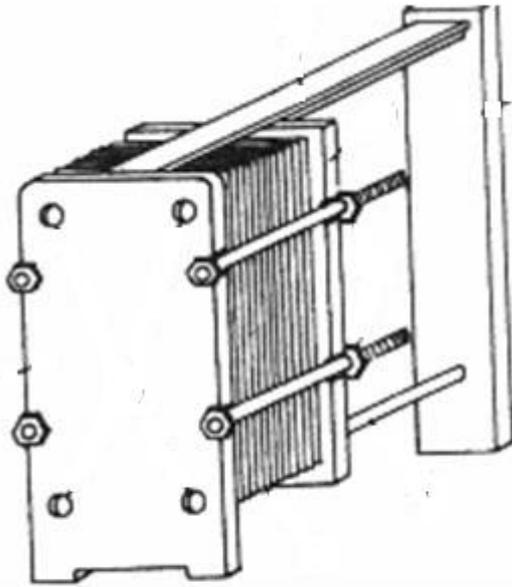
3. - Prohibir o paralizar, en su caso, los trabajos en que se advierta peligro inminente de accidentes o de otros siniestros profesionales cuando no sea posible el empleo de los medios adecuados para evitarlos.

4. - Impedir que mujeres y menores se ocupen de trabajos prohibidos a los mismos, así como el de aquellos trabajadores en los que se adviertan estados o situaciones de los que pudieran derivarse graves peligros para su vida o salud o la de sus compañeros.

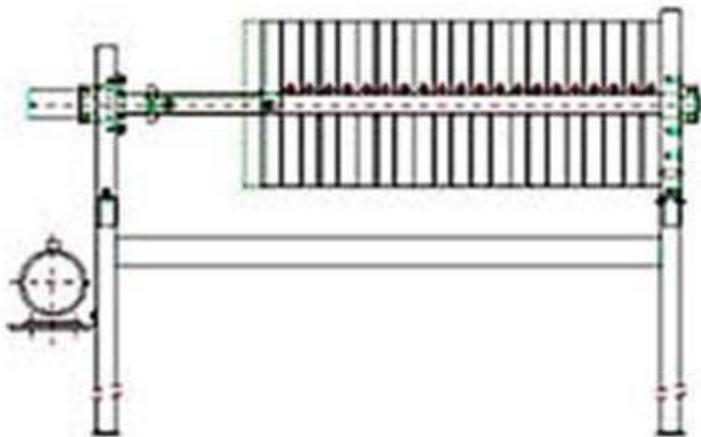
5. - Intervenir con el personal a sus órdenes en la extinción de siniestros que puedan ocasionar víctimas en la Empresa y prestar a éstas los primeros auxilios que deban serles dispensados.

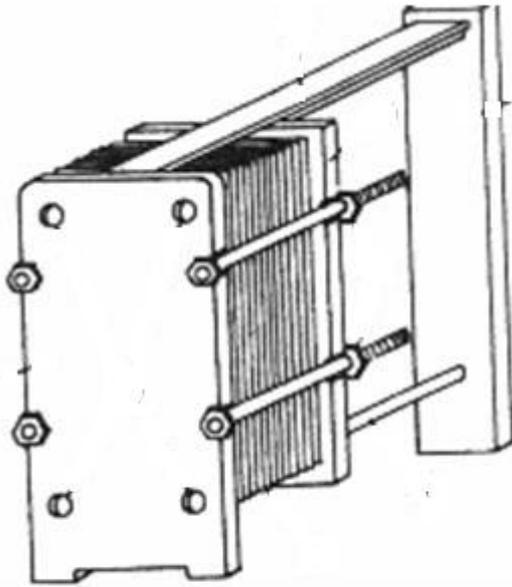
.- Incumbe a los trabajadores la obligación de cooperar en la prevención de riesgos profesionales en la Empresa y el mantenimiento de la máxima higiene en la misma, a cuyos fines deberán cumplir fielmente los preceptos de esta DGSHT y sus instrucciones complementarias, así como las órdenes e instrucciones que a tales efectos les sean dadas por sus superiores. Los trabajadores, expresamente, están obligados a:

1. - Recibir las enseñanzas sobre Seguridad e Higiene y sobre salvamento y socorrismo en los centros de trabajo que les sean facilitadas por la Empresa o en las Instituciones del Plan Nacional.
  
- 2.- Usar correctamente los medios de protección personal y cuidar de su perfecto estado y conservación.
  
- 3.- Dar cuenta inmediata a sus superiores de las averías y deficiencias que puedan ocasionar peligros en cualquier centro o puesto de trabajo.
  
- 4.- Cuidar o mantener su higiene personal, en prevención de enfermedades contagiosas o de molestias a sus compañeros de trabajo.
  
- 5.- Someterse a los reconocimientos médicos preceptivos y a las vacunaciones o inmunizaciones ordenadas por las Autoridades Sanitarias competentes o por el Servicio Médico de la Empresa.

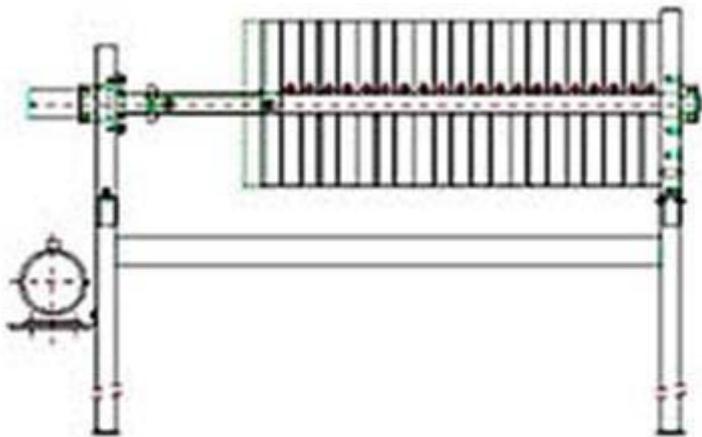


## DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO.





## PRESUPUESTO



**CUADRO DE DESCOMPUESTOS.**

**CAPITULO 1: EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN.**

<b>CONCEPTO</b>	<b>Nº PIEZAS</b>
<p>Filtro de marcos y placas, capaz de filtrar un caudal de 3m<sup>3</sup>/h. formado por cabeza de entrada y de salida, y un vástago de cierre conteniendo 4 mangos de acero inoxidable para conexión a tuberías y barras tirantes guadoras, también de acero inoxidable. El filtro tendrá (según memoria de cálculo) 6 placas y 7 marcos ambos intermedios y de acero inoxidable de 800 x 800 mm. y 80 mm. de espesor con juntas de caucho de butilo e incluso compresor para el apriete.</p>	<p>1</p>
<p>Intercambiador de calor de placas capaz de soportar un caudal de hasta 7m<sup>3</sup>/h. formado por bastidor de acero esmaltado; con placa móvil y placa fija conteniendo 4 mangos de acero inoxidable compuesto (según memoria de cálculo) por 9 placas intermedias de 160 x 500 mm. y 0,6 mm. de espesor.</p>	<p>1</p>

<b>CONCEPTO</b>	<b>N° PIEZAS</b>
<p>Depósito construido con chapa de acero inoxidable 18% Cr, 8% Ni SA-240 (304 L) según normas A.S.M.E. para guarda de cerveza. Con capacidad para 21.000 l. y presiones de trabajo de hasta 10 bar provisto de aislamiento técnico de espuma de poliuretano de 35 Kg/m<sup>3</sup> con un espesor de 12 cm y forro de aislamiento de aluminio. Instaladas tuberías de entrada de cerveza y de CO<sub>2</sub>, boca de hombre elipsoidal, toma de muestreos y cabeza de tanque con válvula antivacio, válvula de despresurización, mirilla, luz halógena y esfera de aparato de limpieza.</p>	<p>10</p>
<p>Depósito tampón construido con chapa de acero inoxidable 18% Cr, 8% Ni SA-240 (304 L) según normas A.S.M.E . Con capacidad para 6.000 l.y presiones de trabajo de hasta 10 bar provisto de aislamiento térmico de espuma de poliuretano de 35 Kg/m<sup>3</sup> con un espesor de 12 cm y forro de aislamiento de aluminio. Instaladas tuberías de entrada de cerveza y de CO<sub>2</sub>, boca de hombre elipsoidal, toma de muestreos y cabeza de tanque con válvula antivacio, válvula de despresurización, mirilla, luz halógena y esfera de aparato de limpieza.</p>	<p>2</p>

<b>CONCEPTO</b>	N° PIEZAS
<p>Depósito construido con chapa de acero inoxidable 18% Cr, 8% Ni para almacenamiento de pasta de Kieselgur de 507 l de capacidad según memoria de cálculo, provistos de agitador de pala y motor para la mezcla. Incluidas bombas dosificadoras, válvula de globo de 1" de Dn y tuberías</p>	1
<p>Depósito de limpieza construido con chapa de acero inoxidable 18% Cr, 8% Ni . Con capacidad para 200 l de disolución de limpieza, provisto de bomba dosificadora para preparar las disoluciones y tuberías de conexión a la instalación.</p>	1
<p>Dosificador de CO<sub>2</sub> en línea compuesto por dosificador, carbonatador en línea, panel electrónico, tuberías, uniones, soldaduras, incluidas válvulas y piezas especiales, instaladas a tuberías con sujecciones y conexiones a válvulas de seguridad y a los tanques.</p>	1

**CUADRO DE DESCOMPUESTOS.  
CAPITULO 2: BOMBAS**

<b>CONCEPTO</b>	<b>N° PIEZAS</b>
<p>Bomba ITUR de eje libre que soporte un caudal de 2,5 m<sup>3</sup>/h. con motor de 1450 r.p.m modelo 32/160. Con selector de velocidades y guarda motor, incluso contrabridas y pequeño material de montaje.</p>	1
<p>Bomba ITUR de eje libre que soporte un caudal de 2,54 m<sup>3</sup>/h. con motor de 1450 r.p.m modelo 32/200. Con selector de velocidades y guarda motor, incluso contrabridas y pequeño material de montaje.</p>	1
<p>Bomba ITUR de eje libre que soporte un caudal de 2,5 m<sup>3</sup>/h. con motor de 2900 r.p.m modelo 32/160. Con selector de velocidades y guarda motor, incluso contrabridas y pequeño material de montaje.</p>	1
<p>Bomba ITUR de eje libre que soporte un caudal de 4,4 m<sup>3</sup>/h. con motor de 2900 r.p.m modelo 32/200. Con selector de velocidades y guarda motor, incluso contrabridas y pequeño material de montaje.</p>	1

**CUADRO DE DESCOMPUESTOS.**

**CAPITULO 3: TUBERÍAS Y ACCESORIOS.**

<b>CONCEPTO</b>	<b>N° PIEZAS</b>
<p>M. lineal de tubería de acero inoxidable electrosoldada de 1" de Dn y espesor de 2,77 mm. (Schedul 10), uniones roscadas de piezas especiales, pasamuros y elementos de sujeción. Incluido calorifugado de aislante de espuma elastomérica de célula cerrada de color negro de 6 mm. de diámetro según memoria de cálculo.</p>	<p>190</p>
<p>Válvula globo de diámetro nominal de 1" construida en acero inoxidable con palanca y abertura de ¼ de vuelta para presión de trabajo de hasta 16 Kg/cm<sup>2</sup>.</p>	<p>11</p>
<p>Válvula de retención de diámetro nominal de 1" construida en acero inoxidable con palanca y abertura de ¼ de vuelta para presión de trabajo de hasta 16 Kg/cm<sup>2</sup>.</p>	<p>1</p>

<b>CONCEPTO</b>	<b>N° PIEZAS</b>
<p>Válvula tipo macho de diámetro nominal de 1" construida en acero inoxidable con palanca y abertura de ¼ de vuelta para presión de trabajo de hasta 16 Kg/cm<sup>2</sup>.</p>	54
<p>Codo de 90° de acero inoxidable para conducto circular de tipo helicoidal de 1" de diámetro nominal, uniones a tuberías electrosoldadas.</p>	32
<p>Codo en T de acero inoxidable para conducto circular de tipo helicoidal de 1" de diámetro nominal, uniones a tuberías electrosoldadas.</p>	23
<p>Codo en T doble de acero inoxidable para conducto circular de tipo helicoidal de 1" de diámetro nominal, uniones a tuberías electrosoldadas.</p>	22

**CUADRO DE DESCOMPUESTOS.**

**CAPITULO 4: EQUIPOS DE CONTROL.**

<b>CONCEPTO</b>	<b>N° PIEZAS</b>
<p>Medidor de caudal electromagnético con salidas digitales y analógicas, incluso display. Conexiones y equipos de acoplamiento entre medidor y elemento controlador.</p>	1
<p>Termómetro con sonda de platino, salidas digitales y analógicas, incluso display. Conexiones y equipos de acoplamiento entre medidor y elemento controlador.</p>	12
<p>Indicador de nivel por ultrasonido, salidas digitales y analógicas, incluso display. Conexiones y equipos de acoplamiento entre medidor y elemento controlador.</p>	12
<p>Transmisor de presión de sensor piezoresistivo, salidas digitales y analógicas, incluso display. Conexiones y equipos de acoplamiento entre medidor y elemento controlador.</p>	2

<b>CONCEPTO</b>	N° PIEZAS
<p>Convertidor de frecuencia (1,5 – 32 KVA), salidas digitales y analógicas incluso display.</p> <p>Conexiones y equipos de acoplamiento entre medidor y elemento controlador.</p>	1
<p>Equipo turbidimetro nefelometrito para controlar la turbidez en el filtro.</p> <p>Conexiones y equipos de acoplamiento entre medidor y elemento controlador.</p>	1
<p>Válvula solenoide para regulación de caudal de 1” de Dn para roscar. Actuador para control “todo-nada”, con amortiguador de golpes.</p> <p>Conexiones y equipos de acoplamiento entre medidor y elemento controlador.</p>	20
<p>Válvula solenoide para regulación de caudal de 1” de Dn para roscar. Actuador para control “modulante”, con amortiguador de golpes.</p> <p>Conexiones y equipos de acoplamiento entre medidor y elemento controlador.</p>	2

<b>CONCEPTO</b>	N° PIEZAS
<p>Controlador logico programable (según memoria de calculo) con salidas digitales y analógicas, incluso display.</p> <p>Conexiones y equipos de acoplamiento entre medidor y elemento controlador.</p>	<p>1</p>
<p>Equipo informático; procesador intel core 2 puó, con 250 G.B. de disco duro y 2048 M.B. de memoria RAM.</p>	<p>1</p>

**PRESUPUESTO****CAPITULO 1: EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN**

<b>CONCEPTO</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>Nº PIEZAS</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
Filtro de tierras Cinter. Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida	13.206,40	1	13.206,40
Intercambiador de placas Vicard. Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida	892,82	1	892,82
Tanque de guarda. Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida	80.308,79	10	803.087,90
Deposito tampón. Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida	14.894,46	2	29.788,92
Deposito de kieselgur. Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida	4.120,80	1	4.120,80
Deposito CIP. Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida	2.482,41	1	2.482,41
Dosificador de CO <sub>2</sub> . Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida	10.290,41	1	10.290,41
<b>TOTAL CAPITULO 1</b>			<b>863.869,66</b>

Asciende el precio total de la partida a la cantidad de ochocientos sesenta y tres mil ochocientos sesenta y nueve euros con sesenta y seis céntimos.

**PRESUPUESTO.****CAPITULO 2: BOMBAS.**

<b>CONCEPTO</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>Nº PIEZAS</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
Bomba Itur modelo 32/160 de 1450 rpm. Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida.	247,8	1	247,8
Bomba Itur modelo 32/200 de 1450 rpm. Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida.	318	1	318
Bomba Itur modelo 32/160 de 2900 rpm. Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida.	405,16	1	405,16
Bomba Itur modelo 32/160 de 2900 rpm. Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida.	550,53	1	550,53
<b>TOTAL CAPITULO 2</b>			<b>1.521,49</b>

Asciende el precio total de la partida a la cantidad de mil quinientos veinti y un euros con cuarenta y nueve céntimos.

**PRESUPUESTO****CAPITULO 3: TUBERÍAS Y ACCESORIOS**

<b>CONCEPTO</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>Nº PIEZAS</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
Metro lineal de tubería de acero inoxidable DN 1" y Schedul 10. Incluido aislante de espuma elastomérica Medida la unidad montada. Mano de obra incluida.	52,10	190	9.899
Válvula globo DN 1". Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida	292,54	11	3.217,94
Válvula retención DN 1". Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida	312	1	312
Válvula tipo macho DN 1". Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida	246	54	13.284
Codo de 90° DN 1". Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida	66,20	32	2.118,40
Codo en T DN 1". Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida	81,50	23	1.874,50
Codo en T doble DN 1". Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida	99,60	22	2.191,20
<b>TOTAL CAPITULO 3</b>			<b>32.897,04</b>

Asciende el precio total de la partida a la cantidad de treinta y dos mil ochocientos noventa y siete euros con cuatro céntimos.

**PRESUPUESTO****CAPITULO 4: EQUIPOS DE CONTROL**

<b>CONCEPTO</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>N° PIEZAS</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
Caudalimetro electromagnetico Danfos. Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida	456	1	456
Termómetro con sonda de platino Digital Star. Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida	457,2	12	5.486,40
Indicador de nivel por ultrasonido Greyline. Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida.	165	12	1980
Transmisor de presión de sensor piezoresistivo Danfoss. Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida.	288	2	576
Convertidor de frecuencias. Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida.	1.206	1	1.206
Equipo turbidimetro nefelometrico para el filtro. Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida.	588	1	588
Válvula solenoide para regulación de caudal "todo-nada" DN 1". Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida.	172,29	20	3.445,80
Válvula solenoide para regulación de caudal "modulante" DN 1". Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida.	336	2	672

Controlador logico programable. Válvula solenoide para regulación de caudal “todonada” DN 1”. Medida la unidad instalada. Mano de obra incluida.	1.680	1	1.680
Equipo informático	1.170	1	1.170
<b>TOTAL CAPITULO 4</b>			<b>17.260,20</b>

Asciende el precio total de la partida a la cantidad de diecisiete mil dos cientos sesenta euros con veinte céntimos.

**CUADRO DE PRESUPUESTOS**

CAPÍTULO 1: EQUIPOS DE LA INSTLACIÓN.....	863.869,66
CAPÍTULO 2: BOMBAS.....	1.521,49
CAPÍTULO 3: TUBERÍAS Y ACCESORIOS.....	32.897,04
CAPÍTULO 4: EQUIPOS DE CONTROL.....	17.260,20
	<hr/>
<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL.....</b>	<b>915.548,39</b>
13% GASTOS GENERALES S/E.M.....	119.021,29
6% BENEFICIO INDUSTRIAL.....	54.932,90
	<hr/>
<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA.....</b>	<b>1.089.502,58</b>
10% HONORARIOS TÉCNICOS S/ E M.....	91.554,84
	<hr/>
<b>COSTO GENERAL (PEC + HONORARIOS).....</b>	<b>1.181.057,42</b>
16% I.V.A.....	188.969,19
	<hr/>
<b>COSTE TOTAL DEL PROYECTO.....</b>	<b>1.370.026,61</b>
	<b>EUROS</b>

EL IMPORTE TOTAL DEL PRESENTE PROYECTO ES DE :

UN MILLON TRESCIENTOS SETENTA MIL  
VEINTI SEIS EUROS CON SESENTA Y UN CENTIMOS.

CÁDIZ, 15 DE MAYO DE 2007

EL INGINIERO QUÍMICO:  
SAMUEL GUMIER LORENZO.

