UCA Universidad de Cádiz

Universidad de **Cádiz**

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

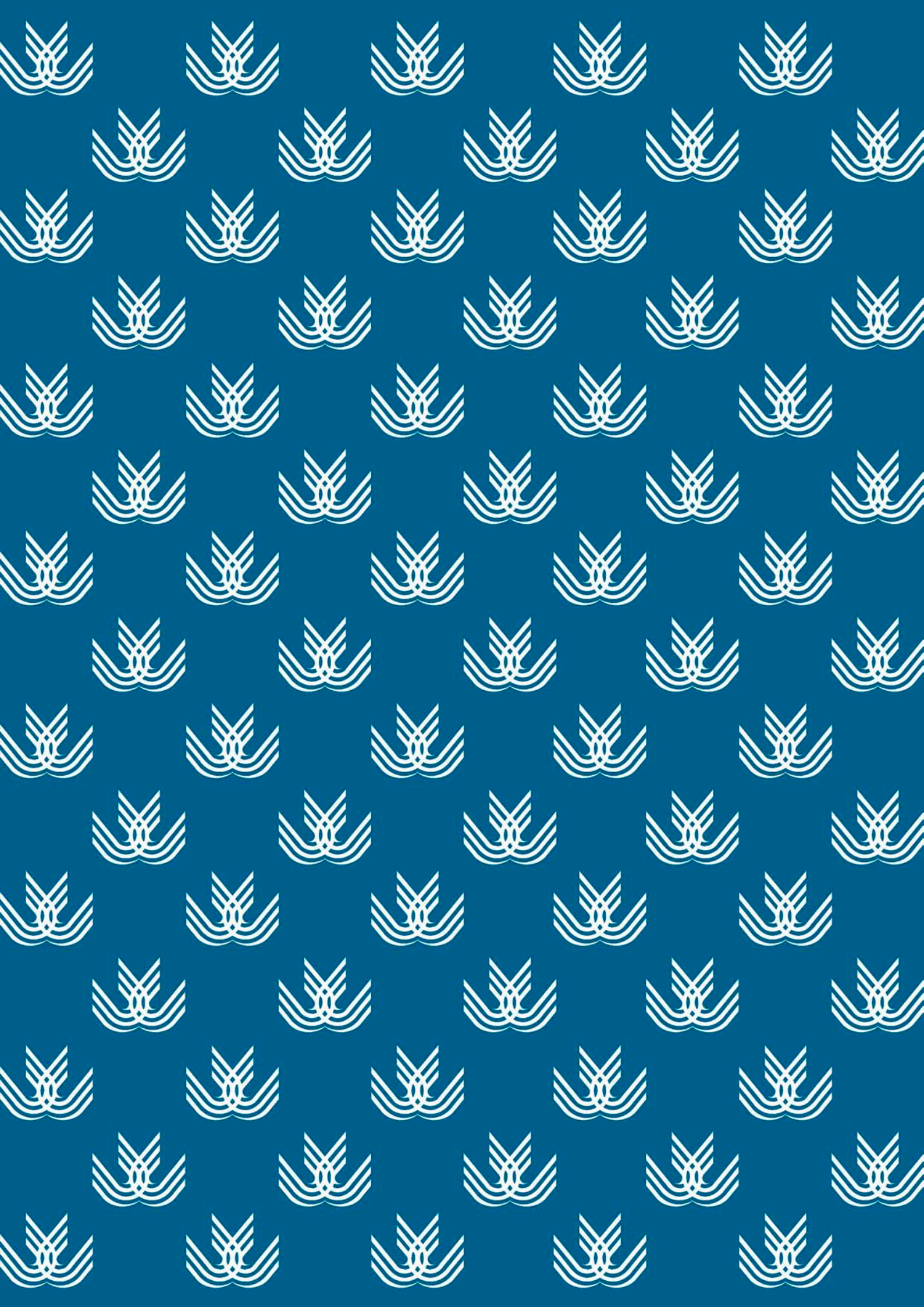
Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Titulo: Extracción de la Lignina a partir de la cáscara de la almendra

Autora: Mª José DURÁN SILES

Fecha: Marzo 2007



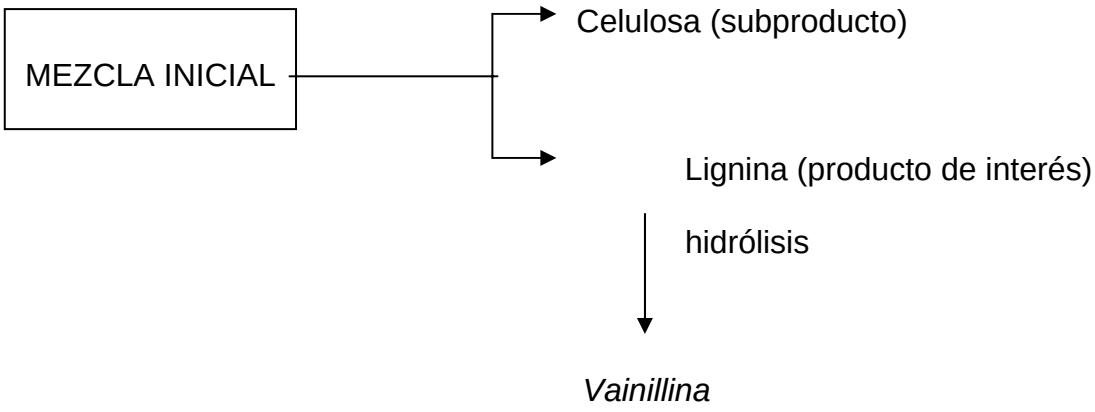
El siguiente proyecto de nombre "*Extracción de la lignina a partir de la cáscara de almendra"* , tiene como finalidad la obtención de la lignina a través de un proceso de extracción y reacción química, que se lleva a cabo en el interior de un extractor – reactor químico, con una cantidad determinada de cáscara de almendra previamente molida, y una mezcla de etanol – agua al 50 %.

La importancia de la extracción de la lignina, radica en la posterior hidrólisis que se le realiza a la misma, para la obtención de la vainillina sintética. La vainillina, cuyo nombre procede de vaina, es una planta de la familia de la orquídea. Su aroma característico suave y perfumado, hace que se utilice mucho en industrias alimenticias como aromatizante para repostería, heladería, productos lácteos…. Es un fruto que se desarrolla en zonas americanas, y su obtención es muy dificultosa y económicamente alta.

Debido a su alta comercialización por las diferentes industrias, se estudia el modo de poder adquirirla de modo sintética, siendo uno de los métodos el que se estudia en el presente proyecto.

El estudio se basa en el diseño de un extractor-reactor químico, rodeado por una camisa de vapor que aporta el calor necesario para que se produzca el proceso en su interior, y tres agitadores internos situados a lo largo del equipo, cuya función es la de favorecer el proceso químico.
.

El proceso se resume en el siguiente esquema:



El proceso se diseña con capacidad para obtener 1.400 Kg de lignina por carga, lo que supone unos 300.000 kg de lignina al año. Los equipos que se utilizan son los siguientes:

- extractor –reactor químico equipado con:

  ■ tres agitadores electrónicos internos, cuyas funciones son:

  - agitador de hélice de tres palas con geometría de sierra, cuya función es la de cortar la espuma que se origina durante el proceso
  - agitador de hélice de tres palas, que agita la mezcla para favorecer la reacción química
  - agitador de paleta plana de dos palas, que evita la obstrucción por la decantación de los sólidos en el interior del equipo

  ■ un motor que pone en marcha los agitadores

- una camisa de vapor externa que rodea al reactor-extractor, y aporta el calor necesario para llevar a cabo la reacción o de modo contrario enfriar cuando el proceso haya finalizado, para así favorecer la obtención del producto final

De éstos, el extractor-reactor químico es el equipo principal y por tanto clave para el proceso de extracción –reacción. A este respecto, el resto de equipos se consideran secundarios a efectos de diseño.

El extractor-reactor de diámetro interno de 1.120 mm, se construye de acero al carbono SA- 283 grado C. Consta de una carcasa de 1.700 mm de altura y dos fondos o cabezales soldados (superior e inferior), ambos toriesféricos de tipo *Klopper*. Como material aislante térmico se utiliza lana de vidrio.

En conclusión, el correcto funcionamiento de los equipos citados anteriormente para las condiciones de operación establecidas en el proyecto, harán posible la consecución del objetivo para el cual ha sido diseñado el proceso completo.

INDICE GENERAL

I. MEMORIA.
II. ANEXO DE CÁLCULO.
III. PRESUPUESTO.
IV. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.
V. PLIEGO DE CONDICIONES.
VI. PLANOS.

ÍNDICES

MEMORIA

CAPITULO 1 INTRODUCCION

1. EL CULTIVO DEL ALMENDRO. LA SEMILLA ……4
2. MATERIAS PRIMAS ……7
3. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS ……9
4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN……..11
5. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA……..18
6. INTERÉS COMERCIAL ……...19

CAPITULO 2 DISEÑO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN EN EL EXTRACTOR- REACTOR QUÍMICO.

1. ESTUDIO DE LA EXTRACCIÓN ……..20
2. TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN ……25

CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL EXTRACTOR – REACTOR QUÍMICO

1. DIMENSIONES ……26
2. FLUIDO CALEFACTOR ……27
3. TRANSMISIÓN DE CALOR ……..29
4. DISEÑO MECÁNICO ……..33

CAPÍTULO 4. DISEÑO DE AGITADORES

INTRODUCCIÓN …… 45

APARATOS DE AGITACIÓN ……..45
SUSPENSIÓN DE PARTÍCULAS SÓLIDAS…….46
POTENCIA NECESARIA PARA FORMAR
UNA SUSPENSIÓN DE SÓLIDOS ……47
DESCRIPCIÓN DE LOS AGITADORES
Y RESULTADOS OBTENIDOS ……..48

CAPÍTULO 5. DISEÑO DE TUBERÍAS

1.MATERIALES …..... 51
2. DIÁMETROS NOMINALES ……51
3. ESPESORES ……...53
4. LONGITUDES ……54
5. UNIONES ……55
6. AISLAMIENTO ……56
7. PRUEBAS ……57

CAPÍTULO 6. ACCESORIOS

ACCESORIOS ……57

CAPÍTULO 7. SEGURIDAD

INTRODUCCIÓN ……58
SEGURIDAD EN EL DISEÑO……59
SEGURIDAD EN EL PROCESO …….. 60
SEGURIDAD EN EL PRODUCTO…….... 64

CAPÍTULO 8. PRESUPUESTO

INMOVILIZADO PRINCIPAL ……. 69
COSTES DE OPERACIÓN ……69

ANEXO DE CÁLCULO

CAPITULO 1 INTRODUCCION

1. INTRODUCCION AL CALCULO…….. 4
2. FRACCIONES MÁSICAS, VOLUMETRICAS
Y MOLECULARES INICIALES……..... 4
3. DENSIDAD MEDIA INICIAL…… 5
4. PESO MOLECULAR MEDIO INICIAL…… 5

CAPITULO 2 ESTUDIO DEL PROCESO

1. PLANTEAMIENTO TEORICO…….. .. 6
2. PLANTEAMIENTO PRACTICO…….. 6

CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL EXTRACTOR – REACTOR QUÍMICO.

1. EXTRACTOR-REACTOR QUIMICO…….…… 22
1.1. DIMENSIONES…….…… 22
1.2. FLUIDO CALEFACTOR…..…… 26
1.3. TRANSMISIÓN DE CALOR…….…… 27
1.4. DISEÑO MECÁNICO…… 40
1.5. SOPORTES DE APOYO DEL TANQUE…… 63

CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LOS AGITADORES INTERNOS

1. AGITADORES…….. 66
1.1. CÁLCULO DE LA POTENCIA NECESARIA

PARA PONER EN SUSPENSIÓN PARTICULAS SÓLIDAS…… 66
1.2. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE GIRO DEL RODETE…….. 71
1.3. MATERIAL…….. 72

CAPÍTULO 5. DISEÑO DE TUBERÍAS

1. MATERIALES…… 73
2. DIÁMETROS NOMINALES…… 73
3. ESPESORES…… 78
4. LONGITUDES…… 82
5. AISLAMIENTO……..... 83
6. PRUEBAS…….. 84

SIMBOLOGÍA

1. SIMBOLOGÍA…… 85

PRESUPUESTO

1. INTRODUCCION……1
2. INMOVILIZADO DE ELEMENTOS PRINCIPALES…. 1
3. INMOVILIZADO PRINCIPAL……7
4. COSTES DE OPERACIÓN…….. 8
5. AMORTIZACION……10

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES ……..1
2. DISPOSICINES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO…… 9
3. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO……14
4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO …….. 16
5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL……19

PLIEGO DE CONDICIONES

1. DISPOSICIONES GENERALES …… 1
2. CONDICIONES FACULTATIVAS …….. 2
3. CONDICIONES ECONÓMICAS …….. 4
4. CONDICIONES LEGALES …….. 6
5. CONDICIONES TÉCNICAS ……..10

PLANOS

1. PLANO GENERAL.
2. COTAS
3. DETALLES DE HELICES

MEMORIA

INDICE

CAPITULO 1 INTRODUCCION

1. EL CULTIVO DEL ALMENDRO. LA SEMILLA 4
2. MATERIAS PRIMAS 7
3. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS 9
4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN 11
5. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA 18
6. INTERÉS COMERCIAL 19

CAPITULO 2 DISEÑO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN EN EL EXTRACTOR- REACTOR QUÍMICO.

1. ESTUDIO DE LA EXTRACCIÓN 20
2. TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN 25

CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL EXTRACTOR – REACTOR QUÍMICO

1. DIMENSIONES 26
2. FLUIDO CALEFACTOR 27
3. TRANSMISIÓN DE CALOR 29
4. DISEÑO MECÁNICO 33

CAPÍTULO 4. DISEÑO DE AGITADORES

INTRODUCCIÓN 45
APARATOS DE AGITACIÓN 45

SUSPENSIÓN DE PARTÍCULAS SÓLIDAS 46
POTENCIA NECESARIA PARA FORMAR
UNA SUSPENSIÓN DE SÓLIDOS 47
DESCRIPCIÓN DE LOS AGITADORES
Y RESULTADOS OBTENIDOS 48

CAPÍTULO 5. DISEÑO DE TUBERÍAS

1. MATERIALES 51
2. DIÁMETROS NOMINALES 51
3. ESPESORES 53
4. LONGITUDES 54
5. UNIONES 55
6. AISLAMIENTO 56
7. PRUEBAS 57

CAPÍTULO 6. ACCESORIOS

ACCESORIOS 57

CAPÍTULO 7. SEGURIDAD

INTRODUCCIÓN 58
SEGURIDAD EN EL DISEÑO 59
SEGURIDAD EN EL PROCESO 60
SEGURIDAD EN EL PRODUCTO 64

CAPÍTULO 8. PRESUPUESTO

INMOVILIZADO PRINCIPAL 69
COSTES DE OPERACIÓN 69

CAPÍTULO 1 : INTRODUCCIÓN

1. EL CULTIVO DEL ALMENDRO. LA SEMILLA

El almendro tiene su origen en las regiones montañosas de Asia Central. La proximidad de las poblaciones silvestres naturales con centros de civilización en las montañas de Asia Central, hicieron posible su cultivo, desde épocas remotas. La difusión a diferentes países asiáticos se vio favorecida por el hecho de que la semilla era el mismo tiempo la unidad de propagación y la parte comestible. De este modo se distribuyó por Persia, Mesopotamia y, a través de rutas comerciales, por todas las civilizaciones primitivas.

El almendro se cultiva en España desde hace más de 2.000 años, probablemente introducido por los fenicios y posteriormente propagado por los romanos, ya que ambos lo hicieron motivo de comercio, como se ha comprobado por restos hallados en naves hundidas. Su cultivo se estableció al principio en las zonas costeras, donde sigue predominando, pero también se ha introducido hacia el interior e incluso en las zonas del norte, donde el clima no le es muy favorable.

Dentro del mercado de los frutos secos, la almendra ocupa sin duda el primer lugar tanto a nivel internacional como a nivel nacional. Su importancia se incrementa por la valoración de terrenos marginales, así como por las industrias locales de productos derivados e incluso, por motivos ecológicos.

En los últimos años, se ha implantado la multiplicación del almendro mediante injertos y de híbridos seleccionados, consiguiendo enormes mejoras en el rendimiento de las cosechas, y desechando aquellas variedades con peores características tanto de producción como de calidad del fruto. Por otra parte, la producción mundial de almendra, ha crecido paulatinamente en los últimos años y actualmente Estados Unidos es el principal país productor de almendras, seguido de España e Italia. Ante esta

creciente competitividad, dos factores se vuelven fundamentales en el cultivo del almendro, el aumento de los rendimientos por superficie y el mantenimiento uniforme de la calidad.

La composición química de la semilla es muy variable. Se compone principalmente de celulosa, lignina, hemicelulosa, y las cantidades de menos importancia (el 5 al 10 %) de otros materiales. La celulosa, el componente principal constituye aproximadamente el 50 % en peso. Es un polímero lineal de alto peso molecular compuesto de 1 a 4 monómeros de glucosa. La lignina representa entre un 16% hasta un 33% en peso según el tipo de semilla.

La lignina es un polímero tridimensional de fenilpropano, de estructura compleja. Es necesario quitar la lignina de la madera para hacer el papel u otros productos derivados. En la práctica comercial un porcentaje grande de la lignina quitada de la madera durante operaciones para reducir la pulpa es un subproducto molesto, por lo que se quema para generar calor y se recuperan los productos químicos utilizados en reducir la pulpa.

La hemicelulosa, son polímeros ramificados de bajo peso molecular compuestos de varios tipos de monómeros de pentosa y hexosa. Otros compuesto orgánicos e inorgánicos se encuentran en la madera. Los componentes orgánicos son responsables de las características de madera, tales como el color, olor, gusto, densidad, higroscopicidad e inflamabilidad.

Los componentes orgánicos pueden llegar a representar desde el 5% hasta el 30% en peso de la semilla. Los componentes inorgánicos constituyen generalmente desde el 0,3% al 1,0% en peso de la semilla siendo el calcio, el potasio y el magnesio los componentes elementales más abundantes.

2. MATERIAS PRIMAS

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA MEZCLA INICIAL

Como materia prima se utiliza una *mezcla de* ***cáscaras de almendras amargas molidas****, suspendidas en una* ***mezcla de alcohol-agua.***

La cáscara de almendra tiene los siguientes componentes mayoritarios:

- 70% celulosa
- 20% lignina
- 10% agua

Celulosa

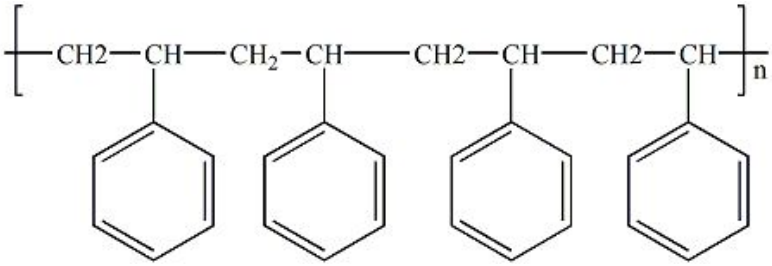
La celulosa es la sustancia orgánica más abundante en la naturaleza. Se trata de un polisacarido lineal, de alto peso molecular, constituido por la unión de entre 300 y 15.000 unidades de glucosa.

Las propiedades más importantes de la celulosa se relacionan, en primer lugar con la susceptibilidad de la molécula a la hidrólisis y, en segundo lugar, con su capacidad de absorber agua.

Lignina

La lignina es un polímero complejo, tridimensional, globular, irregular, insoluble y de alto peso molecular, formado por unidades de fenilpropano, cuyos enlaces son relativamente fáciles de hidrolizar por vía química o enzimática.

Estas moléculas tienen diferentes tipos de uniones entre unidades aromáticas de fenilpropano. Por esta razón no es posible describir una estructura definida de la lignina, sin embargo, se han propuesto numerosos modelos que representan una “aproximación “ de dicha estructura:


CH2
CH
CH2
CH
CH2
CH
CH2
CH
n

3. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

El proceso que se diseña para llevar a cabo la extracción de la lignina, consta de los siguientes equipos:

- Extractor-reactor químico dotado de agitadores internos y camisa de vapor
- Tanque de recogida del producto

De éstos, el extractor-reactor químico representa el objeto principal de este proyecto, por ser el equipo clave para el proceso de extracción. A este respecto, el resto de equipos se consideran secundarios a efectos de diseño.

El equipo que se diseña se trata de un extractor-reactor de capacidad de 1650 L. Se define un extractor-reactor químico como una unidad procesadora diseñada para que en su interior se lleve a cabo una o varias reacciones químicas además del proceso de extracción. Dicha unidad de proceso esté constituida por un recipiente cerrado, el cual cuenta con líneas de entrada y salida para sustancias químicas, y esta gobernado por un algoritmo de control.

Los extractores-reactores químicos tienen como funciones principales:

– Asegurar el tipo de contacto o modo de fluir de los reactantes en el interior del tanque, para conseguir una mezcla deseada con los materiales reactantes.

– Proporcionar el tiempo suficiente de contacto entre las sustancias y con el catalizador, para conseguir la extensión deseada de la reacción.

– Permitir condiciones de presión, temperatura y composición de modo que la reacción tenga lugar en el grado y a la velocidad deseada, atendiendo a los aspectos termodinámicos y cinéticos de la reacción.

– Realización del proceso de extracción.

En el proyecto, el extractor-reactor químico consta de los siguientes subequipos:

- ***tres agitadores electrónicos internos***, situados:

▪ en el fondo del reactor cuya función es agitar la mezcla para evitar que se estanque en el fondo

▪ en el intermedio del reactor, cuya función es agitar le mezcla y favorecer el proceso

▪ en la parte superior del reactor, cuya función es agitar la espuma que se va creando durante el proceso con la finalidad de eliminarla

- ***un motor*** que será el encargado de poner en marcha los agitadores internos.

- ***una camisa de vapor*** cuya finalidad será aportar el calor necesario para llevar a cabo la reacción o de modo contrario enfriar cuando el proceso haya finalizado, para así favorecer la obtención del producto final.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN

La extracción sólido-líquido es una operación unitaria en la que se transfieren uno o más compuestos contenidos en una sustancia sólida (soluto) a un líquido (disolvente). La corriente de salida, formada por el sólido agotado, se denomina “refinado” y la formada por el soluto y el disolvente “ extracto” o “miscela” **.**

Dentro de una operación de extracción sólido-líquido convencional se pueden distinguir tres pasos:

1. Disolución del compuesto soluble. Para ello es preciso facilitar al máximo la transferencia de materia, mediante un buen contacto entre soluto y disolvente. En muchos casos, es preciso triturar y/o moler previamente el sólido para procurar el máximo contacto entre solvente y soluto.
2. Separación de los solución “ cargada” (extracto) de los sólidos agotados (refinado). Esta operación se lleva a cabo, generalmente, mediante filtración aunque en el caso de sólidos densos y gruesos, puede ser suficiente una simple sedimentación.

Estos dos primeros pasos constituyen lo que se denomina “etapa real “ de extracción.

3. Lavado del residuo sólido para recuperar la mayor cantidad posible de disolvente o para agotar el sólido al máximo.

Para conseguir un rendimiento de extracción adecuado, normalmente es necesario realizar la operación en un determinado número de etapas. La etapa ideal sería aquella en la que se alcanza el equilibrio termodinámico tras un tiempo de contacto suficiente.

Los requisitos fundamentales más importantes necesarios a la hora de diseñar un proceso de extracción sólido –líquido son los siguientes:

- Preparación del sólido: la trituración y la molienda de estos sólidos aceleran bastante el proceso, ya que las porciones solubles son más accesibles al disolvente.

- Temperatura de extracción: en general, resulta más eficaz realizar la extracción a temperaturas elevadas ya que originan una mayor solubilidad del soluto en el disolvente, y por consiguiente, se obtienen mayores concentraciones finales en el extracto. Además, a dichas temperaturas, la viscosidad del líquido disminuye y las difusividades aumentan, incrementándose la rapidez del proceso de extracción.

- Métodos de operación: se utilizan dos técnicas principales de manejo: la aspersión o goteo del líquido sobre el sólido, y la completa inmersión del sólido en el líquido. En cualquier caso, la elección del equipo que se va a utilizar depende bastante de la forma física de los sólidos y de las dificultades y coste de manejo.

- Elección del disolvente: resulta conveniente elegir el disolvente más adecuado, basándose, entre otras, en las siguientes consideraciones:

a) debe ser selectivo frente al soluto, es decir, disolver la menos cantidad posible de otras sustancias indeseables que acompañen a aquel

b) ha de poseer una elevada “capacidad de carga” frente al soluto a extraer, debe pues, disolver la mayor cantidad posible de éste.

c) ha de ser fácilmente recuperable y reciclable.

d) desde el punto de vista de la seguridad industrial, su manejo debe plantear los menos problemas posibles en cuanto a inflamación, toxicidad, etc.

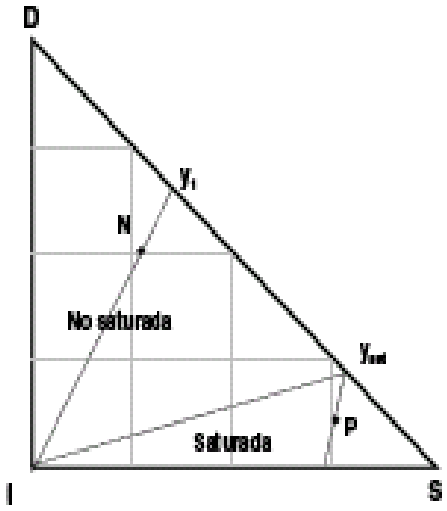
Métodos de cálculo

Los cálculos se basan en la aplicación reiterada de balances de materia y el concepto de etapa teórica, pudiendo acudirse tanto a métodos gráficos como algebraicos. Cuando el número de etapas es pequeño, como suele ocurrir en este tipo de extracciones, los métodos gráficos permiten una gran simplificación de los cálculos y una visión más general del proceso.

Los diagramas más usados en esta operación son el triángulo rectángulo y el rectangular.

Triángulo rectángulo

En el diagrama se representa en el vértice del ángulo recto el componente inerte, I, en el de la derecha el componente a extraer o soluto, S y en el superior el disolvente, D.



Así, en el lado ID se encuentran las distintas proporciones de inerte y disolvente, que, como son completamente inmiscibles estarán separados en dos fases; en el lado IS estarán localizadas todas las mezclas binarias de soluto-sólido inerte; y en la hipotenusa DS, estarán localizadas las mezclas de soluto y disolvente, que si son miscibles en todas las proporciones corresponderán a sistemas de una sola fase líquida.

Los puntos en el interior del diagrama representan las mezclas ternarias. En la extracción sólido-líquido en la que el soluto esté originalmente en fase sólida, la cantidad de soluto que puede disolverse estará limitada por la saturación de la solución, que será función de la temperatura y la presión.

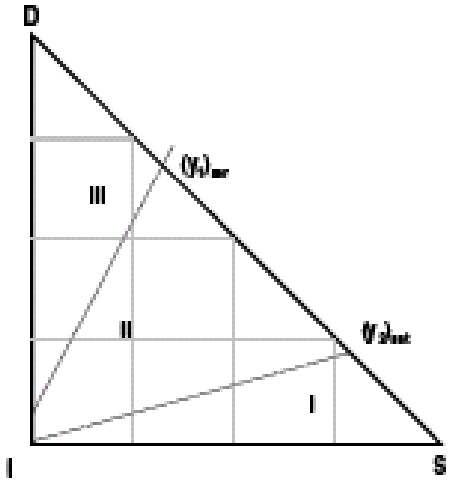
Prescindiendo del efecto de la presión, sólo apreciable a altas presiones, el diagrama puede dividirse, para una temperatura dada en dos zonas: una de saturación y otra de no saturación. En la zona de saturación los sólidos contenidos en el sistema serán la suma de la sustancia inerte y la

parte no disuelta del sólido a extraer. En la zona de no saturación, el sólido presente es únicamente el material inerte.

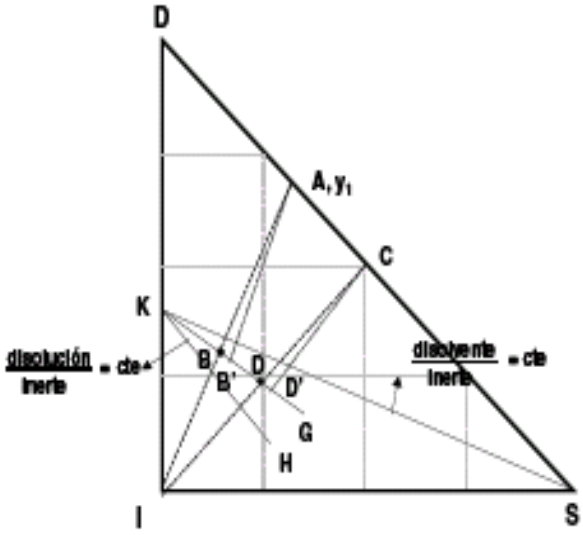
Sobre el diagrama, el punto y_{sat} representa la concentración de la disolución saturada, estando sobre la recta Iy_{sat} las mezclas de sólido inerte y solución saturada. A la izquierda de esta línea estarán las disoluciones no saturadas y a la derecha la disolución saturada acompañada de sólido inerte y soluto no disuelto. Cualquier mezcla de la zona no saturada, tal como la representada por el punto N, puede considerarse formada por el sólido inerte y la disolución de composición *y1*; para la zona de saturación, cualquier mezcla representada por un punto tal como P puede considerarse constituida por una disolución saturada de composición y_{sat}, soluto no disuelto y sólido inerte de composición dada por x_2.

Cuando el soluto está originalmente en fase líquida puede ocurrir que el soluto y el disolvente sean miscibles en todas proporciones, en cuyo caso todos los puntos de la hipotenusa representarán sistemas de una sola fase líquida y el interior del triángulo representará una zona no saturada, ya que el punto y_{sat} corresponderá al vértice S. Si no son miscibles en todas proporciones, pueden aparecer sobre la hipotenusa dos puntos: $(y_1)S$ e $(y_2)S$, que corresponden a la disolución saturada del disolvente en el soluto y a la solución saturada del soluto en el disolvente.

En este caso, el triángulo puede dividirse en tres zonas. Las zonas I y III estarán constituidas como fase líquida no saturada y sólido inerte, mientras que la fase II estará formada por sólido inerte y dos fases líquidas de composición $(y_1)S$ e $(y_2)S$.



Para el cálculo de los procesos de extracción ha de conocerse la cantidad de disolución retenida por el inerte. La disolución retenida por unidad de sólido inerte viene representada por la curva KG, y ha de determinarse experimentalmente. Si se supone que la disolución retenida por unidad de inerte es constante e independiente de la concentración, el lugar geométrico de las mezclas sólido inerte y disolución retenida vendrá dado por la recta KH paralela a la hipotenusa. Si lo que permanece constante es la relación disolvente/inerte, D/I, el lugar geométrico de las mezclas de sólido inerte y disolución retenida viene dado por la recta KS.



En el caso de que la disolución retenida por el sólido inerte tenga la misma composición que la disolución correspondiente al extracto, la composición x_1 (punto B) puede considerarse constituida por sólido inerte y disolución de composición y. La cantidad de disolución retenida por el sólido inerte vendrá dada por la relación de distancias IB/BA.

Las rectas tales como AB, CD, etc., representarán las líneas de reparto en el equilibrio ideal, que pasarán por el vértice I. Si no se alcanza la misma concentración para el extracto y para la disolución retenida en el refinado, estas rectas de reparto no pasarán por el vértice I, sino que los puntos B, D, etc estarán desplazados hacia la derecha (B', C', …), cuando la concentración del flujo superior sea menor que la de la disolución del flujo inferior.

5. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

La unidad de proceso proyectada para llevar a cabo la extracción de la lignina, no ha sido diseñada expresamente para una determinada planta. Se trata de un proceso muy versátil que puede interesar a diferentes tipos de empresas. Dependiendo de la empresa que adquiera esta unidad, la ubicación que tendrá la misma en el interior de su planta particular será distinta.

Por esta razón, no se puede predecir cómo será finalmente la distribución de los equipos en la planta en la que se vaya a proceder a la instalación y montaje, ya que dependerá de una serie de factores, tales como el espacio disponible existente en ésta, que por el desconocimiento se escapan al alcance del presente proyecto.

6. INTERÉS COMERCIAL

Las principales ventajas desde el punto de vista económico que hacen interesante a la lignina, son la obtención de la vainillina a partir de la misma. La vainillina como producto natural presenta un elevado precio y alta dificultad en su obtención, y mediante este proceso su adquicisión es prácticamente fácil y económicamente viable.

Se realiza el estudio de la amortización del equipo que se muestra en el presupuesto del presente proyecto, resultado un valor de 89 €/ Kg de extracto obtenido, valor económicamente viable, estimándose una cantidad de extracto obtenida al año de 601.920 Kg.

La vainillina se utiliza en las industrias alimenticias como saborizante de productos tales como bebidas, condimentos alimentarios…

CAPÍTULO 2. DISEÑO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN EN EL EXTRACTOR- REACTOR QUÍMICO

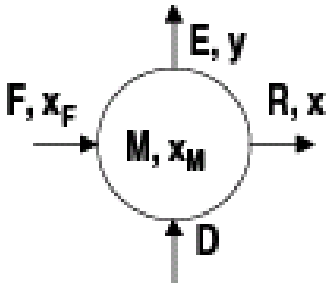
1. ESTUDIO DE LA EXTRACCIÓN

Para realizar el estudio del proceso, lo haremos desde dos puntos de vistas diferentes:

- estudiando una sola etapa de extracción
- estudiando varias etapas de extracción, de forma que cada extracción nueva que se estudie tenga como alimentación el producto obtenido de la extracción interior, y siendo la nueva cantidad de disolvente para cada etapa la misma cantidad que la inicial

1.1. *PRIMERA EXTRACCIÓN*

Se trata de una operación discontinua en la que se pone en contacto íntimo toda la alimentación con todo el disolvente a emplear, separando después la disolución formada por el sólido inerte con la disolución retenida.



Las composiciones de los flujos de refinado y extracto se representan por *x* e *y*, respectivamente. La representación de las diferentes corrientes sobre el diagrama triangular se indica en la figura.

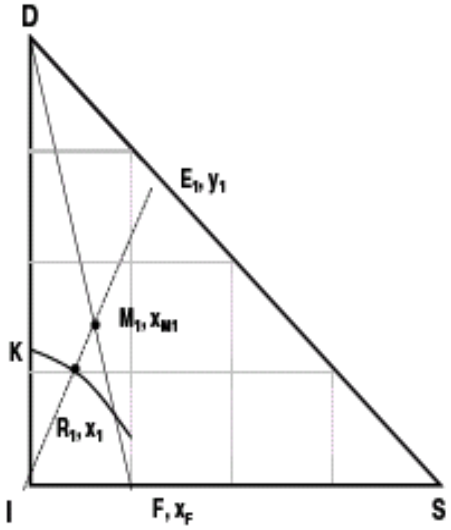
Aplicando un balance de materia, resulta:

$$F + D = M = E + R$$
$$x_F F + y_D D = x_M M = yE + xR$$

de donde:

$$x_M = \frac{x_F F + y_D D}{F + D}$$

Se conoce así el valor de la abscisa para el punto de mezcla. Como además sebe estar en la línea FD, queda perfectamente localizado.



Uniendo M con el vértice correspondiente al inerte y prolongando hasta la hipotenusa, el lado DS, se composición del extracto (corte con la hipotenusa) y la composición del refinado (corte con la curva de retención). Esto es así, ya que según la definición de etapa teórica, la disolución retenida por el inerte ha de ser igual a la que sale como extracto.

Por tanto, el extracto estará constituido por disolución de composición *y y* el refinado estará constituido por el sólido inerte y la disolución de composición *y.*

Es decir, se puede considerar que la mezcla M= E + R está formada por sólidos inertes y disolución de composición *y*. Como el sólido inerte está representado en el vértice I, trazando la recta que pasa por I y por el punto de mezcla M, su intersección con la hipotenusa permite localizar el punto E de composición *y.*

1.1.1. CANTIDADES DE EXTRACTO Y REFINADO

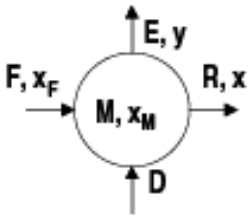
El cálculo de extractos y refinados, se hace a partir del balance:

$$E + R = M$$

$$\frac{R}{E} = \frac{\overline{EM}}{\overline{MR}} = \frac{y - x_M}{x_M - x}$$

1.1.2. CANTIDADES DE PARTIDA INCIALMENTE

Sabiendo que el proceso se resume en el siguiente gráfico:



Se tiene :

F = cáscara de almendra, con la siguiente composición: 20% lignina (X_F); 70% celulosa y 10% agua

D = mezcla alcohol-agua 50%

M = mezcla de cáscara de almendra y solución de alcohol-agua al 50%

F (Kg)	x_F	D (kg)	x_D	M (kg)	x_M
1.422	0,2	940	0	2.440	0,123

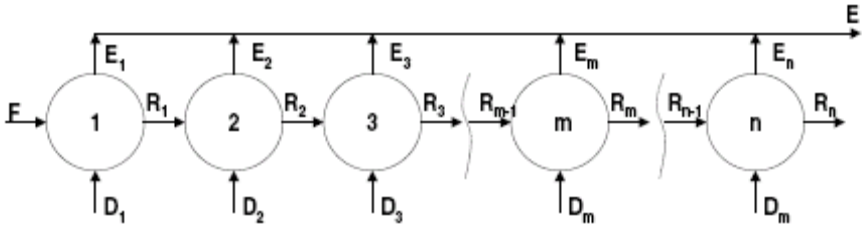
Con formato: Color de fuente: Automático

N

OTA: los datos F, X_F, D,X_D, M y X_M se muestran en anexo de cálculo, capítulo 2, apartad2.1).

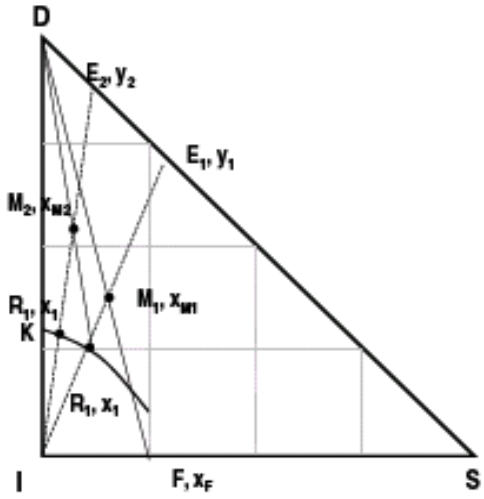
1.2. CONTACTO MÚLTIPLE EN CORRIENTE DIRECTA

Éste método consiste en la repetición del procedimiento empleado en una etapa en etapas sucesivas, es decir, en cada etapa se emplea nueva cantidad de disolvente y la alimentación de cada una de ellas es el refinado procedente de la etapa anterior.



La primera etapa se resuelve igual que para contacto sencillo.

Para la segunda etapa, el punto de mezcla M_2 estará en la línea R_1D. Para la tercera, M_3 se localiza en la línea R_2D, y así sucesivamente.



Los balances de materia a realizar para una etapa i cualquiera son:

$$R_{i-1} + D_i = M_i = E_i + R_i$$
$$x_{i-1}R_{i-1} + y_{D_i}D_i = x_{M_i}M_i = y_iE_i + x_iR_i$$

de donde:

$$x_{M_i} = \frac{x_{i-1}R_{i-1} + y_{D_i}D_i}{M_i}$$

R_1(Kg)	x_F	D (kg)	x_D	M (kg)	x_M
1.072	0,012	940	0	967	$0{,}3910^{-3}$

NOTA: Los datos de R_1, X_F, D, X_D, M y X_M, se muestran en anexo de cálculo punto 2, apartado2.2

1.2.1. CANTIDADES DE EXTRACTO Y REFINADO

Para calcular las cantidades de los extractos obtenidos en cada etapa y el refinado que pasa a la siguiente, los balances son:

$$E_i + R_i = M_i$$
$$\frac{R_i}{E_i} = \frac{\overline{E_iM_i}}{\overline{M_iR_i}} = \frac{y_i - x_{M_i}}{x_{M_i} - x_i}$$

Con este método se mejora el rendimiento de extracción, pero las soluciones obtenidas siguen siendo muy diluidas, por lo que su empleo en la industria es muy limitado.

1.3. TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN

La totalidad del tiempo que transcurre desde que se inicia la operación al introducir la materia prima en el tanque de alimentación, hasta que culmina el proceso global de extracción de la lignina, se estima en aproximadamente **3,67** horas, es decir: **t = 3 horas y 40 minutos**

Luego, se estima que para poder llevar a cabo la extracción de la lignina de la cáscara de almendra, serán necesarios aproximadamente 4 horas de operación. Lo que se deduce que siendo una jornada de trabajo de 8 horas, podríamos realizar dos operaciones de extracción de la lignina en un mismo día.

NOTA: el cálculo del tiempo estimado para el proceso se muestra en anexo de cálculo capítulo 3, apartado 1.3.4

CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL EXTRACTOR – REACTOR QUÍMICO

El extractor-reactor químico en el que se introduce la carga inicial de cáscara de almendra y la mezcla de alcohol –agua, es un extractor-reactor cilíndrico, rodeado por una camisa por la cual circula el vapor que aporta calor a la mezcla durante el proceso, y al mismo tiempo dicha camisa también se utiliza para circular agua fría para obtener la mezcla final a temperatura más baja que la alcanzada durante el proceso.

El extractor-reactor químico a efectos de diseño se considera formado por dos recipientes cilíndricos:

- **interno**, que es el extractor-reactor propiamente dicho, y está formado por una carcasa o dos cabezales o fondos (superior o inferior)
- **externo**, que sería la camisa por la cual circula el vapor de calentamiento o el agua de enfriamiento (según el caso), y consta de la carcasa o un cabezal o fondo inferior.

1. DIMENSIONES

1.1. EXTRACTOR - REACTOR

El reactor-extractor es de forma cilíndrica y disposición vertical. En sus dos extremos se sueldan dos cabezales elipsoidales. La capacidad de diseño es de 1650 L, y sus dimensiones:

Volumen (m^3)	Radio (m)	Altura (m)
1,650	0,56	1,7

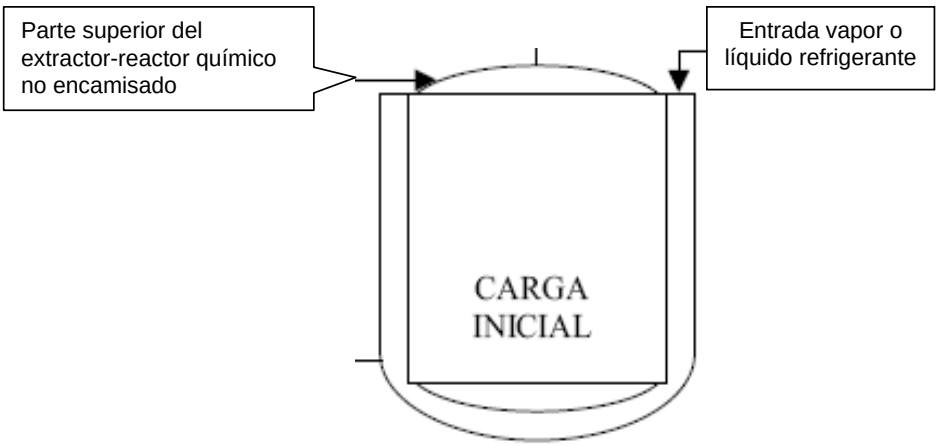
Volumen = volumen o capacidad máxima del extractor-reactor

Radio (r) = radio interior del extractor-reactor

Altura (h) = altura del extractor-reactor

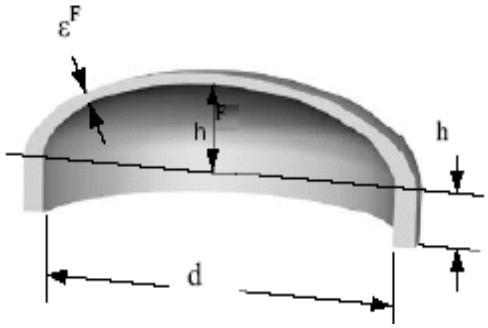
NOTA: los cálculos de volumen, radio y altura del extractor-reactor, se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3, apartado 1.1.1

La mezcla inicial que se va a llevar a ebullición se introduce en el extractor-reactor, que mediante un encamisado de vapor se consigue aportar el calor necesario para dicho fin.



1.2. FONDOS

Los cabezales o fondos, son de tipo elíptico o elipsoidal:



ε^F = Espesor de fondo	5,55 mm (superior) 8 mm (inferior)
h^F = Altura del fondo	0,28 m
d = Diámetro del tanque	1,12 m
h = Altura pestaña o faldilla	28,6 mm

NOTA: los datos de altura del fondo y altura de la pestaña o faldilla se muestran en anexo de cálculo capítulo 3, apartado 1.1.1.1; los cálculos para el espesor del fondo se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3, apartado 1.4.3 y el cálculo del diámetro del extractor-reactor se disponen en anexo de cálculo capítulo 3, apartado 1.1.1

1.3. CAMISA

Dentro de la clasificación que hace el Código Asme Sección VIII División I, en su apéndice 9 de los distintos tipos de camisas, estas se corresponden con las camisas denominadas de **Tipo 2**:

Camisa Tipo 2		
j (mm)	**R (m)**	**L (m)**
60	0,628	1,729

j = espacio anular entre pared exterior del extractor-reactor y camisa

r = radio interior de la camisa

L = *h* = altura de la camisa

NOTA: los cálculos para el espacio anular entre la pared exterior del extractor-reactor y la camisa, así como el radio interior y la altura de la camisa , se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3, apartado 1.1.2

2. FLUIDO CALEFACTOR

Las características del fluido calefactor (vapor de agua) son las siguientes:

Temperatura de entrada del fluido calefactor (T_1): 120 C

Temperatura de salida del fluido calefactor (T_2): 26 C

Presión de trabajo (P): 2 atm

Caudal: 3.500 kg/h

NOTA: los datos de temperatura de entrada del fruido calefactor, presión de trabajo y caudal del vapor de agua, se muestran en capítulo 3, apartado 1.2; y los cálculos para la temperatura de salida del fruido calefactor se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3, apartado 1.3.4

3. TRANSMISIÓN DE CALOR

3.1. CALOR INTERCAMBIADO

El calor total que es necesario aportar se estima (q) es de 404.170,5 Kcal.

En el apartado correspondiente del anexo de cálculo se detalla el procedimiento de cálculo que se sigue y se desarrollo para el cálculo del flujo de calor, así como el tiempo necesario de operación. En este apartado se presentarán sólo los valores finales obtenidos.

NOTA: los cálculos correspondientes para el calor intercambiado se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3, apartado 1.3.1

3.2. COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISIÓN DE CALOR

El valor del coeficiente global de transmisión de calor se considera que se mantiene constante durante todo el proceso y es 32,88 kcal / h.m^2. ºC

NOTA: los cálculos realizados para obtener el coeficiente global de transmisión de calor, se muestran en anexo de cálculo, capítulo, apartado 1.3.2

3.3. ÁREA DE INTERCAMBIO

El área total a través de la cual se pone en contacto el fluido caliente que circula por la camisa que rodea al extractor - reactor y el fluido frío que se encuentra en su interior, será el área correspondiente a las paredes del extractor – reactor y resulta ser 5,98 m^2:.

NOTA: los cálculos realizados para la obtención del área de intercambio, se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3, apartado 1.3.3

3.4. TIEMPO DE OPERACIÓN

El tiempo de operación que se necesita para calentar la mezcla inicial desde temperatura ambiente (20 ºC) hasta su temperatura de ebullición 109 ºC se estima en 3,67 horas:

NOTA: los cálculos realizados para la obtención del tiempo de operación, se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3, apartado 1.3.4

3.5. FLUJO DE CALOR POR UNIDAD DE ÁREA

En el apartado correspondiente al anexo de cálculo, se presenta de forma esquemática el procedimiento de cálculo que se sigue y se desarrolla para el cálculo del flujo de calor, el flujo de calor por unidad de área, así como el tiempo necesario total de operación y la temperatura de salida del fluido calefactor.

En este apartado se presentará únicamente los valores finales obtenidos a partir de la aplicación del algoritmo de cálculo.

3.5.1. Estudio del proceso

El tiempo de operación que se necesita para calentar la mezcla inicial desde la temperatura ambiente (20ºC) hasta su temperatura de ebullición (109 ºC), se estima en 3,67 h:

El flujo de calor ($q^{'}$) promediado en el tiempo para calentar la carga a su temperatura de ebullición es de: 110.128,22 Kcal/h

El flujo de calor por unidad de área (θ) se calcula y se verifica que es menor que el flujo máximo admisible para las condiciones establecidas, resultando ser 18.416,09 Kcal / $h.m^{2,}$ que efectivamente resulta ser menor que 32.000 $Kcal/h.m^2$

3.5.2. Temperatura de salida del fluido caliente (T_2)

Se estima que la temperatura de salida del vapor de agua condensado, es de 26 C

NOTA: los cálculos realizados para la obtención del flujo de calor promediado, el flujo de calor por unidad de área, así como la temperatura de salida del fluido caliente, se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3, apartado 1.3.4

3.6. *RESUMEN DE LOS RESULTADOS*

A continuación se resume en una tabla los resultados obtenidos para la transmisión de calor:

Caudal másico del fluido caliente	m_h (Kg/h)	3.500
Temperatura de entrada del fluido caliente	T_1 (ºC)	120
Temperatura de salida del fluido caliente	T_2 (ºC)	26
Coeficiente global de transmisión de calor	U (Kcal/ $h.m^2.ºC$)	32,88
Área de intercambio	A (m^2)	5,98
Flujo de calor intercambiado	q' (Kcal/h)	110.128,26
Flujo de calor por unidad de área	Θ (Kcal/$h.m^2$)	18.416,09
Temperatura de entrada del fluido frío	t_1 (ºC)	20
Temperatura de salida del fluido frío	t_2 (ºC)	109
Calor total intercambiado	q (Kcal)	404.170,55
Masa inicial del fluido frío	W (Kg)	2.317
Tiempo de operación	φ (h)	3,67

4. DISEÑO MECÁNICO

Los criterios de diseño que se emplean en este apartado son los reflejados en el Código ASME Sección VIII División I, para el diseño y construcción de equipos sometidos a vacío, baja, media y alta presión.

Tanto el fondo o cabezal inferior como la carcasa del extractor-reactor, están rodeados por la camisa que contiene el vapor de calentamiento, por ello se encuentran sometidos a una presión externa de 2 atmósfera. El diseño mecánico de estos dos componentes se hace en función de dicha presión externa. Sin embargo, el cabezal superior no se encuentra rodeado por la camisa, y por tanto, no se encuentra sometido a presión externa. Este cabezal se diseña bajo presión interna.

4.1. DATOS BÁSICOS

4.1.1. Presión de diseño

Se definen dos presiones de diseño distintas, uno para el diseño de los componentes que se encuentran sometidos a presión externa (carcasa y cabezal inferior), y otros para los que se encuentran bajo presión interna (cabezal superior).

- **Presión Interna:**

La presión de diseño interna debe ser en todo caso mayor que la presión máxima de operación o servicio. Su valor se fija:

$$P_D = 5{,}09966 \text{ Kg/cm}_2 = 4{,}936 \text{ atm} = 72{,}55 \text{ psi}$$

- **Presión externa:**

La presión de diseño externa debe ser en todo caso mayor que la presión máxima de operación o servicio. Su valor se fija como:

$$P_D = 4{,}066 \text{ Kg /cm}_2 = 3{,}9835 \text{ atm} = 57{,}838 \text{ psi}$$

NOTA: los cálculos para la presión de diseño interna y externa, se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3, apartado 1.4.1.1

4.1.2. Temperatura de diseño

La T_D , igual que anteriormente, debe ser superior a la máxima temperatura que se produzca durante la operación, y es habitual adoptar como temperatura de diseño el valor de:

$$T_D = T \text{ máxima de operación} + 20\ ºC$$

Por tanto:

$$T_D = 129\ ºC = 412{,}15\ º\ K = 220{,}2\ º\ F$$

NOTA: los cálculos para la temperatura de diseño se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3 apartado 1.4.1.2

4.1.3. Material

El material de construcción seleccionado para el extractor-reactor encamisado es el ACERO AL CARBONO SA- 283 C. Las razones de la elección son las siguientes:

- los aceros al carbono son los más disponibles y económicos de los aceros, recomendables para la mayoría de los recipientes donde no existan ni altas presiones ni temperaturas
- el SA – 283 C es uno de los aceros al carbono más utilizados por la excelente relación entre sus propiedades y su bajo coste
- su uso está litigado a aplicaciones con temperaturas de hasta 650 ºF (343,3 ºC) y a recipientes con espesores que no excedan de 5/8 in (15,87 mm), cumpliéndose ambas condiciones para este caso

4.1. CARCASA

La carcasa tiene forma cilíndrica y disposición vertical

4.1.1. Espesor

El espesor de la misma se calculará bajo la presión externa provocada por la camisa de vapor que rodea al extractor-reactor.

El espesor de la carcasa incluyendo el sobreespesor por corrosión es:

$$\varepsilon = 8 \text{ mm } (0{,}315 \text{ in})$$

NOTA: los cálculos para el espesor inicial de la carcasa, se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3, apartado 1.4.2.1

4.1.2. Diámetro externo

El diámetro externo del extractor-reactor, vendrá dado por el diámetro interior del recipiente (apartado 1.1.), más el espesor del material calculado en el apartado anterior:

$$D_0 = D_i + 2.\ \varepsilon$$

Por tanto:

$$D_0 = 1136 \text{ mm} = 44{,}7 \text{ in}$$

NOTA: los cálculos para el diámetro externo de la carcasa, se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3, apartado 1.4.2.2

4.1.3. Construcción

La carcasa se construye mediante chapas soldadas a tope según se indica en el Código ASME.

4.2. FONDOS

Los fondos o cabezales son de tipo elíptico o elipsoidal, tanto el fondo inferior como el superior. En este tipo de fondos, la mitad del semieje menor es igual a un cuarto de un diámetro interior del mismo.

4.2.1. Espesores

El espesor mínimo para el cabezal o fondo superior se calcula teniendo en cuenta que se encuentra bajo presión interna. El espesor para este tipo de fondos viene dado por la expresión siguiente:

$$\varepsilon^F = \frac{P_D \cdot d}{2.\ \sigma.\ E - 0{,}2.\ P_D}$$

donde:

ε^F = espesor del fondo (in)

P_D = presión de diseño (psi)

d = diámetro interior (in)

σ = tensión admisible (psi)

E = eficiencia de la soldadura

Por tanto :

$$\varepsilon^F = 2{,}55 \text{ mm} + 3 \text{ mm} \quad = 5{,}55\text{mm}$$

siendo 3 mm el sobreespesor por corrosión del material

El espesor mínimo para el cabezal o fondo inferior que se encuentra rodeado por la camisa por la circula el vapor de calefacción, y por tanto se encuentra sometido a presión externa es incluyendo el sobreespesor por corrosión del material:

$$\varepsilon = 8 \text{ mm} (0{,}315 \text{ in})$$

NOTA: los cálculos para los espesor del fondo superior e inferior, se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3, apartado 1.4.3.1

4.2.3. Construcción

Ambos fondos o cabezales son fabricados sin costura. Se construyen según indica el Código ASME a partir de chapa, a la que mediante estampación se le da la forma deseada.

4.3. FALDILLA

En todos los fondos se realiza la transición de una figura bombeada a otra cilíndrica, que es la carcasa; esta línea de transición denominada justamente línea de tangencia se encuentra sometida a grandes tensiones axiales que se traducen en fuertes tensiones locales y éste resulta ser el punto más débil de todo el recipiente; por esta razón no es aconsejable realizar la soldadura de unión fondo-carcasa a lo largo de esta línea.

Para evitar esta coincidencia, los fondos bombeados (y algunos cónicos) se construyen con una parte cilíndrica, denominada ***pestaña o faldilla.***

La altura mínima “h” de la faldilla para este caso es de h = 28,6 mm

NOTA: los cálculos para la faldilla o pestaña, se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3, apartado 1.4.4

4.4. CAMISA

4.4.1. Espesor

La camisa de calefacción se encuentra rodeando la carcasa del extractor-reactor y el fondo o cabezal inferior. La propia camisa está compuesta por una carcasa de mayor diámetro que la del tanque y un fondo inferior también de mayor diámetro.

Se calcula el espesor de la misma bajo la presión interna del vapor circulante para las dos partes por separado (carcasa de camisa y fondo inferior de la misma).

Espesor para la carcasa

La carcasa tiene forma cilíndrica y disposición vertical. Su espesor se calcula teniendo en cuenta tanto los esfuerzos longitudinales (δ_X), como los circunferenciales (δ_Φ), tomándose el mayor valor de los dos. Y el espesor mínimo será igual al calculado anteriormente más un sobreespesor de corrosión, que en el caso de acero inoxidable es de 3mm.

♦ Esfuerzo circunferencial

$$\varepsilon\Phi = P_D \cdot r / \sigma.E - 0{,}6.\ P_D$$

$\varepsilon\Phi$ = espesor (in)

P_D = presión de diseño (psi)

r = radio interior (in)

σ = tensión admisible (psi)

E = eficiencia de la soldadura

♦ Esfuerzo longitudinal

$$\varepsilon x = P_D .r / \sigma.E + 0{,}4.\ P_D$$

Por tanto:

Bajo esfuerzo circunferencial		***Bajo esfuerzo longitunidal***	
εΦ (in)	εΦ (mm)	εx (in)	εx (mm)
0,10	2,56	0,050	1,27

Por consiguiente, el espesor mínimo será:

$$\varepsilon min = \varepsilon + C = 2,56 + 3 = 5,56 \text{ mm}$$

Espesor para el fondo inferior

Para el fondo inferior, el espesor mínimo, al tratarse de fondos elípticos, viene dado por:

$$\varepsilon^{F} = P_D \cdot d / \sigma.E - 0,2 \cdot P_D$$

Sumándole a este valor el sobreespesor por corrosión, se obtiene:

$$\varepsilon = \varepsilon^{F} + C = 2,5 + 3 = 5,5 \text{ mm}$$

NOTA: los cálculos para el espesor de la carcasa, los esfuerzos cincunferenciales y longitudinales, así como el espesor del fondo inferior, se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3, apartado 1.4.5.1

4.4.2. Diámetro externo

El diámetro exterior de la camisa viene dado por el diámetro calculado anteriormente (apartado 4.2.2), más el espesor del material:

$$D_0 = D + 2. \varepsilon min$$

Por tanto:

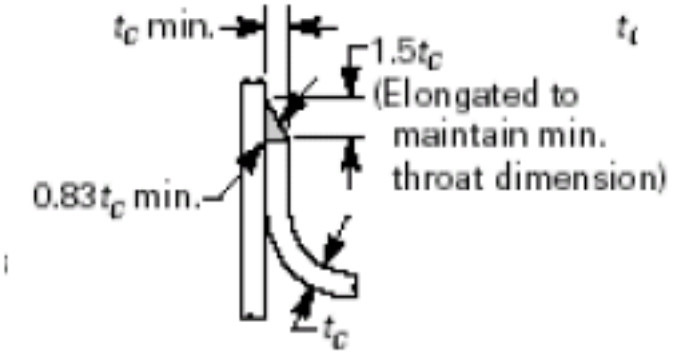
$$D_0 = 1136 + 2. 5,5 = 1147 \text{ mm}$$

NOTA: los cálculos para el diámetro externo de la carcasa, se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3, apartado 1.4.5.2

4.5. UNIÓN CAMISA- EXTRACTOR REACTOR

En la parte superior de la carcasa del extractor-reactor, la pared de la camisa se une mediante soldadura a la pared de éste.

Para el tipo de camisa que se diseña, catalogada de tipo 2 por el Código ASME Sección VIII División I en su Apéndice 9, la geometría de la soldadura es la que se muestra en la siguiente figura:



donde:

tc min = espesor mínimo de la pared de la carcasa

tc min = 5,5 mm

Las dimensiones mínimas de la soldadura entre las dos paredes, como se muestra en la figura, se calculan como:

- *0,83 . tc min* = 4,565 mm
- *1,5. tc min* = 8,25 mm
- *tc min* = 5,5 mm

Luego, las dimensiones de la soldadura que recomienda el Código para este tipo de camisa, no deberán ser menores que los valores indicados.

4.6. AISLAMIENTO

Con el objetivo de minimizar las pérdidas de calor que se producen a través de las paredes del extractor-reactor encamisado hacia el medio exterior, lo cual se traduce en una pérdida energética, y por tanto económica, se decide aislar térmicamente el equipo.

Como material aislante térmico se ha seleccionado la lana de vidrio, por las razones que se exponen:

- Buena resistencia a la transmisión de calor
- Buena resistencia mecánica
- Actúa como barrera contra el fuego, ya que no es ni combustible ni inflamable
- Su sistema de montaje es rápido, seguro y económico
- Totalmente estable a la dilatación y la contracción
- No corrosivo

Para el aislamiento de depósitos, tanques y tuberías de gran diámetro, la lana de vidrio se presenta en lo que se conoce como *lamelas*, que son una especie de mantas constituidas por lamas de lana mineral, de gran resistencia mecánica a la compresión. Estas lanas o tiras fabricadas con lana mineral de primera clase, se sitúan con las fibras alineadas en vertical, una junto a la otra, y se pegan sobre un soporte de lámina de aluminio que actúa como barrera de vapor muy eficiente.

Este tipo de mantas de aislamiento están estudiadas para ser usadas hasta una temperatura de 400 ºC por una de sus caras, manteniendo la cara opuesta a temperatura ambiente.

Se suministra en forma de rollos, embalada con polietileno estirable. Las dimensiones que se ofrecen se observan en la siguiente tabla proporcionada por el fabricante:

Espesor (mm)	Largo* (m)	Ancho* (m)
50	5,00	0,60
70	3,50	0,60

El espesor seleccionado para nuestro caso concreto es el primero de ellos, por ser el más económico y puesto que las temperaturas que se alcanzan no son demasiado acusadas:

Espesor aislante: 50 mm

4.7. PRUEBA HIDRAÚLICA

Todos los recipientes sometidos a presión deben ser comprobados antes de su puesta en operación. La comprobación consiste en ensayos no destructivos tales como radiografías, comprobación con líquidos penetrantes y partículas magnéticas de las soldaduras, y una prueba hidráulica del recipiente a una presión mayor que la del proyecto.

Todo recipiente debe diseñarse para resistir las presiones hidráulicas siguientes:

- prueba en el taller del fabricante, la cual se realizará con el recipiente en su posición de fabricación si no es posible realizarla en su posición de operación, y estará de acuerdo con el Código ASME Sección VIII División I y con el RAP (Reglamente de Aparatos a Presión) y su Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP-6
- prueba inicial en el lugar de instalación, la cual se realizará con el recipiente en su posición de operación y de acuerdo con ASME VIII División I y con el RAP y su Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP-6
- pruebas periódicas que se realizarán de acuerdo con el RAP y su Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP-6

Al ser un recipiente encamisado, dos presiones de pruebas hidráulicas distintas, una para la prueba del recipiente en sí, y otra para la camisa.

4.7.1. Presión de prueba inicial

El valor mínimo de la presión de prueba hidráulica según el Código ASME Sección VIII División I, se determina por:

$$Ph\ min = 1{,}5 . P_D . (\sigma máx,a) / \sigma máx$$

Eliminado: <sp>

donde:

- *Ph min* = presión de prueba hidráulica mínima (kg/cm^2)
- P_D = presión de diseño (kg/cm^2)
- $\sigma máx,a$ = tensión máxima admisible del material a la temperatura ambiente (kg/cm^2)
- $\sigma máx$ = tensión máxima admisible del material a la temperatura de diseño (kg/cm^2)

Se obtiene: Ph min = 6,099 ≈ 6,1 Kg/ cm ^{2}

4.7.2. Presión de prueba periódica

El Reglamento español de aparatos a presión (RAP) requiere, además de una prueba inicial otra periódica, que vendrá dada por:

$$Ph\ min = 1{,}3 \cdot P_D \cdot (\sigma máx,a) / \sigma máx$$

Se obtiene: Ph min = 5,28 Kg/cm^2

NOTA: los cálculos para la presión de prueba hidráulica y periódica, se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3, apartados 1.4.8.1. y 1.4.8.2., respectivamente.

4.8. SOPORTES DE APOYO DEL EXTRACTOR - REACTOR

En el cálculo mecánico se comprueba que las tensiones de compresión debidas al peso total sobre cada pata de apoyo más el pandeo debido al momento producido por la carga de viento son en cualquier caso inferior a la tensión máxima admisible del material, quedando que:

$$\sigma c = W \cdot (P / A) + (M / W_Z) < \sigma máx,a$$

donde:

- σc = tensión de compresión total, en Kg/cm^2
- *P* = peso total soportado por cada pata de apoyo
- *A* = área transversal del perfil, en cm^2
- *W*= coeficiente de seguridad por pandeo

- *M*= momento en la base de la pata debido a la carga del viento, en Kg.m

- W_Z = momento resistencia , en cm^3

Las patas de apoyo son perfiles IPN de acero al carbono tipo A42, con una tensión de compresión admisible de 1500 Kg/cm^2

Se obtiene: $\sigma c = 138,77\ Kg/cm^2 < 1500\ kg/cm^2$

Esto indica que el perfil será resistente, y por tanto se dispone como dispositivo de apoyo de cuatro patas perfil IPN – 80 soldadas directamente a la carcasa y con el nervio perpendicular a la superficie del recipiente.

NOTA: los cálculos para los soportes de apoyo del tanque, se muestran en anexo de cálculo, capítulo 3, apartado 1.5.

CAPÍTULO 4. DISEÑO DE AGITADORES

1. INTRODUCCIÓN

El éxito de muchos procesos depende de una eficaz agitación y mezcla de los fluidos que intervienen. Aunque se confunde con frecuencia, agitación y mezcla no son sinónimos. La agitación se refiere al movimiento inducido de un material, en forma determinada, generalmente circulatoria y dentro de algún tipo de recipiente. La mezcla es la distribución al azar de dos fases inicialmente separadas. Puede agitarse una sola substancia homogénea, como un tanque de agua fría, pero no puede mezclarse a menos que se añada a la misma otra substancia (una cierta cantidad de agua caliente o un sólido pulverizado).

2. APARATOS DE AGITACIÓN

La forma más corriente de agitar líquidos, es en tanques o recipientes, generalmente cilíndricos y con el eje vertical. La parte superior del recipiente puede estar abierta al aire, o cerrada. Las proporciones del tanque varían ampliamente dependiendo de la naturaleza del problema de agitación. El fondo del tanque, no es plano, sino redondeado, con el fin de eliminar los bordes rectos o regiones en las cuales no penetrarían las corrientes de fluido. La altura del líquido, es aproximadamente igual al diámetro del tanque. Sobre un eje suspendido de la parte superior, va montado un agitador, este eje está accionado por un motor. El agitador crea un cierto tipo de flujo dentro del sistema, dando lugar a que el líquido circule por todo el recipiente y vuelva de vez en cuando al agitador.

Los agitadores se dividen en dos clases: los que generan corrientes paralelas al eje del agitador y los que dan origen a corrientes en dirección tangencial o radial. Los primeros, son agitadores de flujo axial y los segundos, agitadores de flujo radial. Los tres tipos de agitadores principales son de hélice, de paletas y de turbina.

En el diseño del extractor-reactor se usan agitadores de hélice y de paleta plana, que giran con velocidades moderadas sobre un eje que va

montado centralmente dentro del tanque. Las hélices pueden ser rectas o curvas, inclinadas o verticales. Los agitadores de hélice son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades; en líquidos poco viscosos, producen corrientes intensas, que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquido estancado. Las corrientes principales son radiales y tangenciales.

3. SUSPENSIÓN DE PARTÍCULAS SÓLIDAS

Las partículas de sólidos se suspenden en líquidos con múltiples fines, entre otros, pueden ser, para producir una mezcla homogénea que ha de utilizarse como alimentación en una unidad de proceso; para disolver sólidos o bien para favorecer una reacción química.

Puesto que las partículas se mantienen en movimiento, debido a las corrientes de líquidos, una suspensión satisfactoria de partículas requiere una velocidad de circulación adecuada y unas características de flujo de líquido apropiadas dentro del tanque.

La velocidad con que los sólidos se suspenden en el líquido y se mantienen en suspensión, depende principalmente de la velocidad de sedimentación de las partículas sólidas. Ésta depende a su vez del tamaño, forma y densidad de las partículas, de la viscosidad y densidad del líquido y de que la sedimentación sea libre o impedida.

En general, las partículas pequeñas y ligeras con velocidad de sedimentación libre inferior a 30 cm/min son fáciles de suspender en un tanque agitado, ya que tiende a seguir el tipo de flujo del líquido. Las partículas mayores tienden a sedimentar, a pesar del movimiento del líquido, pero si la velocidad de sedimentación libre es inferior a 3m/min es posible obtener una suspensión bastante uniforme en un tanque agitado. Cuando la velocidad de sedimentación libre es superior a 3m/min, un agitador es incapaz ordinariamente de producir una suspensión uniforme.

La velocidad de sedimentación, depende también de la fracción en volumen de sólidos en la suspensión. Cuando los sólidos ocupan menos del 30% del volumen de la suspensión, puede considerarse que la sedimentación de partículas es prácticamente libre. Cuando la fracción en volumen es mayor del 50%, tiene lugar la sedimentación impedida, y el lodo formado se comporta más bien como un líquido no newtoniano que como dos fases separadas de líquidos y sólidos. Cuando la sedimentación es impedida, las partículas sedimentan lentamente.

4. POTENCIA NECESARIA PARA FORMAR UNA SUSPENSIÓN DE SÓLIDOS

En una suspensión agitada de sólidos que sedimentan libremente, y para velocidades moderadas del agitador, algunas partículas no alcanzan nunca la superficie del líquido. Con frecuencia, los sólidos son elevados solamente a una altura máxima Z_s sobre el fondo del tanque. Por encima de esta altura, el líquido está libre de sólidos. A medida que aumenta la velocidad de agitación, Z_s aumenta, hasta alcanzar un valor H, igual a la altura del líquido.

La potencia necesaria para poner en suspensión partículas sólidas hasta una altura Z_s, empleando un agitador de turbina, está dado por las ecuaciones empíricas:

$$(P.g_c / g.\delta_m.V_m.U_t) = (1-\epsilon_m)^{2/3}. (D_t / D_a)^{1/2} .e^{4,35.\beta}$$

siendo:

$$\beta = (Z_s – E / D_t) - 0,1$$

En estas ecuaciones:

- δ_m *y* V_m, son respectivamente, la densidad y el volumen de la suspensión sólido-líquido, excluyendo el líquidos claro situado en la zona por encima de Z_s
- U_t es la velocidad límite de sedimentación de las partículas sólidas calculada por la ley de Stokes.
- ϵ_m, es la fracción del volumen de líquido ocupado por la suspensión

• ***E*** es la distancia que existe entre el rodete y el fondo del extractor-reactor; y los restantes símbolos tienen su significado habitual.

Resultando un valor de: P = 0,841008149 lb-ft. s = 1,5276 $.10^{-3}$ hp

NOTA: los cálculos para la potencia necesaria para la suspensión de sólidos, se muestran en anexo de cálculo, capítulo 4, apartado 1.1.

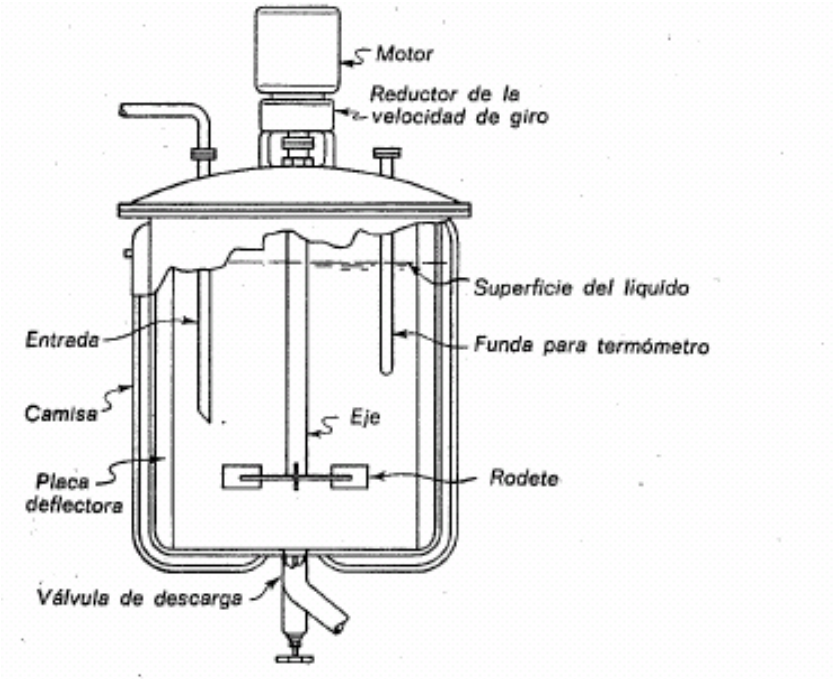
5. DESCRIPCIÓN DE LOS AGITADORES Y RESULTADOS OBTENIDOS

El equipo consta de un eje interior, activado por un motor exterior, en el cual se distribuyen tres tipos de agitadores que son los siguientes:

• en el fondo del extractor-reactor disponemos de un agitador de paleta plana de dos palas, cuya función es la de evitar la obstrucción del reactor mediante la sedimentación de los sólidos durante el proceso químico. Se encuentra a una distancia del fondo del extractor-reactor de 300 mm, y cada pala presenta una longitud de 450 mm y 75 mm de anchura. Dichas palas estarán separadas entre sí 180º y presentan una inclinación de 30º.

• a una altura de 700 mm del fondo del extractor-reactor, se tiene un agitador de hélice de tres palas, distanciadas entres sí 120º, cuya longitud es de 360 mm y cuya anchura máxima es de ½ de la longitud. Estás hélices presentan una inclinación de 45º para favorecer de este modo el proceso químico. Su función principal es la de agitar la mezcla de sólido-líquido, para favorecer la extracción.

• Y finalmente a una altura de 1420 mm desde el fondo del extractor-reactor, se dispone de un agitador de hélice de tres palas con sus extremos en forma de sierra cuya función es la de cortaespuma que se forma durante el proceso, para evitar así su dispersión hacía fuera del equipo. Las hélices, están separadas 120º, con longitudes de 360 mm y anchuras de 180 mm, e inclinación de 45º.



Los datos obtenidos para una altura de partículas en suspensión de 1m, que es donde se produce el proceso de extracción-reacción química, son:

Diámetro del extractor-reactor interno (mm)	1.120
Diámetro del extractor-reactor externo (mm)	1.136
Diámetro del rodete (mm)	820
Altura máxima de partículas en suspensión (m)	1
Distancia al fondo del extractor-reactor (mm)	- *hélices cortaespumas*: 1.420 - *hélices agitadoras* : 700 - *paletas planas:* 300
Volumen de la suspensión (ft^3)	20,87
Densidad de la suspensión (lb/ft^3)	1,144
Fracción en volumen del líquido en la suspensión	0,37
Diámetro de la partícula (ft)	$3,41.10^{-4}$
Viscosidad de la mezcla (lb/ft.s)	$1,89\ 10^{-3}$
Velocidad de sedimentación (ft/s)	0,020
Potencia para poner partículas en suspensión (hp)	$1,53.10^{-3}$
Velocidad de giro del rodete (rpm)	13,0

NOTA: los cálculos para la obtención de la velocidad de giro del rodete, se muestran en anexo de cálculo, capítulo 4, apartado 1.2.

CAPÍTULO 5. DISEÑO DE TUBERÍAS

El objetivo de este capítulo es la propuesta y selección de un material, diámetro y espesor adecuados para las condiciones que forman parte de la unidad proyectada.

Esta selección se realiza únicamente a título orientativo, ya que una vez seleccionadas las características de las tuberías, habría que efectuar un estudio más detallado para valorar los posibles fenómenos de pérdida de carga. Este cometido no podría llevarse a cabo hasta conocer en el momento del montaje, qué cantidad de accesorios serían necesarios en función de cómo será la distribución en planta de los equipos.

Por estas razones en este capítulo se propone de modo orientativo y aproximado cuáles podrían ser las características de las conducciones a utilizar.

1. MATERIALES

El material que se utiliza para la construcción de todas las tuberías del proceso, tanto para aquellas que transportan líquidos como vapor, es acero al carbono calmado del tipo A-106 grado B.

El límite máximo de temperatura para el empleo de este tipo de acero es de 583 C, según indica el código.

2. DIÁMETROS NOMINALES

Para obtener el diámetro nominal para cada una de las tuberías, se calcula en primer lugar el diámetro teórico para cada una de ellas. Éste, se puede estimar en función del caudal del fluido que ha de circular por la conducción, y de la elección de una velocidad media de circulación de fluido, que normalmente se fija en base a la experiencia:

$$V = Q / S$$

donde:

V ≡ velocidad media de circulación del fluído (m/s)

Q ≡ caudal volumétrico (m^3/s)

S ≡ sección de la tubería (m^2)

Las tuberías que se usan son cilíndricas, y su sección viene dada por la siguiente expresión:

$$S = \pi . (d^2 / 4)$$

Sustituyendo ésta en la expresión anterior, y despejando el diámetro, queda:

$$d = (4. Q / \pi . V)^{0,5}$$

Este diámetro teórico se incrementa en un 10 % considerando que las tuberías tienen cierta flexibilidad y cierto margen en cuanto a capacidad, para trabajar a posibles caudales más elevados si las circunstancias así lo requieren.

Para obtener el diámetro nominal de las tuberías, una vez determinado el diámetro teórico para cada una de ellas, se selecciona mediante tablas el diámetro comercial (diámetro nominal) inmediatamente superior.

Las tuberías necesarias en la instalación son tres. En la tabla siguiente se numeran y nombran cada una de ellas, indicando el fluido que transportan, así cómo cuáles son los equipos que conectan:

Nº Tubería	**Inicio-Fin**	**Fluido transportado**	**DN (in)**	**DE (in)**	**V (m/s)**	**$Q_{máx}$ (m^3/h)**
1	Reactor-refrigerante	Líquido a alta temperatura	2	2,0284	20	50
2	Refrigerante-muestreo	Líquido a baja temperatura	2	2,0284	20	50
3	Reactor-depósito final	Líquido a baja temperatura	3	2,75	1,5	20

donde:

- ***DN*** = diámetro nominal de la tubería (in)
- ***DE*** = diámetro externo de la tubería (in)
- ***V*** = velocidad media de circulación del fluido (m/s)
- $Q_{máx}$ = caudal volumétrico máximo de fluido (m^3/h)

NOTA: los cálculos los diámetro nominales para las distintas tuberías, se muestran en anexo de cálculo, capítulo 5, apartado 2.

3. ESPESORES

Los espesores mínimos para cada una de las tuberías anteriores, teniendo en cuenta el sobreespesor de corrosión y la tolerancia de fabricación, son calculados mediante la expresión que se expone a continuación. Los espesores reales o comerciales, así como el número de cédula o designación, se seleccionan a partir de éstos y del diámetro nominal de cada tubería.

$$\varepsilon min = \left[\left[(P_D \cdot d_0) / 2 (\sigma_{máx} \cdot E + P_D \cdot Y) \right] + C \right] M$$

donde:

- εmin = espesor mínimo de la tubería (in)
- P_D = presión de diseño (psi)
- d_0 = diámetro externo de la tubería (in)
- $\sigma_{máx}$ = tensión máxima admisible del material (psi)
- E = factor de eficiencia de la soldadura
- Y = coeficiente dado en función del material y de la temperatura
- M = tolerancia de fabricación
- C = sobreespesor de corrosión (in)

Los resultados finales de diámetro nominal, espesor mínimo, espesor comercial y número de cédula para cada una de las tuberías, se resume en la siguiente tabla:

Nº Tubería	DN(in)	DE(in)	εmin (in)	ε (in)	ε (mm)	Nº cédula
1	2	2,0284	0,1335	0,154	3,91	40STD
2	2	2,0284	0,1335	0,154	3,91	40STD
3	3	2,75	0,1345	0,216	5,48	40STD

donde:

- *DN* =diámetro nominal de la tubería (in)
- *DE* =diámetro externo de la tubería (in)
- Ɛ*min* = espesor mínimo de la tubería (in)
- Ɛ = espesor comercial de la tubería (in o mm)

NOTA: los cálculos para los espesores mínimos y comerciales de las distintas tuberías, se muestran en anexo de cálculo, capítulo 5, apartado 3.1 y apartado 3.2.

4. LONGITUDES

Los tramos de las tuberías de acero son de la mayor longitud posible. La longitud de tubo necesaria para cada una de las conducciones, viene determinada por el mayor o menor acercamiento entre los distintos equipos en cuanto a distancia y altura. Dado que se desconoce la distribución en planta, pues depende del lugar concreto donde vaya a ser la instalación, no se puede predecir con exactitud la longitud que se necesita de cada una de las tuberías, al igual que tampoco se conoce el número exacto de accesorios (codos, uniones, etc.).Estas cuestiones sonn resueltas una vez que se proceda al montaje.

La razón por la que estos datos no pueden ser recogidos en el proyecto con antelación al montaje, es porque el diseño que se ha realizado no va dirigido expresamente a una determinada planta, y por tanto, se desconoce la ubicación que tiene la unidad proyectada en el interior de la misma.

5. UNIONES

Las uniones entre los distintos tramos son de tipo permanente por dos razones principalmente: en primer lugar constituyen uniones más robustas que las mecánicas o desmontables, y en segunda, son de menor coste que las anteriores.

Las uniones permanentes para tuberías de acero de diámetro nominal mayor o igual a dos pulgadas, se hacen por el procedimiento de soldadura a tope, mientras que las de diámetro nominal menor de dos pulgadas, se unen mediante el sistema de enchufe y soldadura, a veces denominado también de soldadura a solape.

La soldadura a tope consiste en la unión de dos elementos colocados aproximadamente en el mismo plano, para lo cual los extremos de los elementos a soldar se preparan adecuadamente mediante la formación de un bisel, cuyas dimensiones, así como la distancia que debe existir entre los bordes, detalles de la soldadura…etc, vienen definidos en la norma ANSI B16.25.

El sistema de unión de enchufe y soldadura consiste en que uno de los elementos o tubos a unir, está dotado de un rebaje en el cual encaja la tubería a la cual va a conectar, la cual tiene el extremo liso. Una vez que el extremo del tubo se ha introducido en el rebaje del elemento al cual conecta, se suelda todo alrededor.

Si por razones de espacio o distribución, fuese previsible la necesidad de un desmontaje frecuente de las uniones, se utilizan uniones mecánicas o desmontables. Este tipo de uniones para las tuberías de acero de diámetro nominal mayor o igual a 2 pulgadas, se realizan mediante bridas, mientras que las de diámetro nominal menor de dos pulgadas se efectúan por uniones roscadas.

Todas estas uniones, son también aplicables a uniones de tuberías y accesorios entre sí, válvulas y bridas.

6. AISLAMIENTO

Con el objetivo de minimizar las pérdidas de calor que se producen a través de las paredes de las conducciones hacia el medio exterior, lo cual se traduce en una pérdida energética y por tanto económica, se procede a aislar las tuberías térmicamente.

Como material aislante térmico se selecciona la lana de vidrio por las razones que se exponen en la memoria capítulo 3, apartado 4.7.

Para este caso la lana de vidrio se presenta en lo que se conoce como coquillas, que consiste en tubos cilíndricos de 1,2 metros de longitud, premoldeados con una pared cortada a lo largo de su generatriz para permitir su apertura y de esta forma su colocación sobre la tubería, y con espesores entre los 30 y los 80 mm.

El intervalo de temperatura en el que se emplea este tipo de aislamiento es entre -30 ºC y 250 ºC.

Aislamiento:

- **Lana de vidrio**
- **Espesor : 30 mm**

7. PRUEBAS

Las distintas tuberías, antes de su puesta en servicio, son sometidas a las pruebas pertinentes que establece el Código ANSI B31 para tuberías a Presión, concretamente la selección ANSI B31.3 para " Tuberías de Refinerías de Petróleo y Plantas Químicas " (Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping Code).

CAPÍTULO 6. ACCESORIOS

1.*ACCESORIOS*

Los accesorios se utilizan en las conducciones, principalmente con los siguientes propósitos:

- cambiar la dirección de la línea (codos)
- cambiar el diámetro de la línea (ampliadores/reductores)
- conectar diferentes ramas de la línea (“tés”, cruces…)
- cerrar el final de la línea (tapas)

Los accesorios que se utilizan en esta unidad de proceso, son aquellos que se consideran necesarios una vez se proceda a la instalación de la misma, y por tanto se conozca la ubicación y distribución de los diferentes equipos.

Los accesorios que se utilizan están normalizados según la norma ANSI B.16.11, y son de material y dimensiones adecuadas, de acuerdo a las características de diámetro nominal, material y espesor de las distintas tuberías y equipos.

El tipo de unión entre los accesorios, y entre éstos y las tuberías con que se acoplan, dependen de sí el diámetro nominal es mayor o menor de dos pulgadas, y si conviene que sea desmontable o no (ver en memoria, capítulo 5, apartado 5)

CAPÍTULO 7. SEGURIDAD

1.*INTRODUCCIÓN*

La seguridad en cuanto a personas, bienes y medio ambiente, es cada vez un factor de mayor importancia en la sociedad actual, que afecta principalmente a la industria química.

Hay que destacar que la seguridad no se encuentra sola, las variables: *calidad, productividad, seguridad y medio ambiente*, están cada vez más interrelacionadas. En los procesos industriales en que se descuida la seguridad y el medio ambiente, difícilmente se encuentran altas cotas de calidad y productividad. Es preciso por tanto, que estas cuatro variables del proceso estén bajo control, pues las concesiones que se hagan en una de ellas, repercutirán siempre en las otras tres.

En este proyecto, no se puede dejar de tratar un tema tan importante y tan relevante hoy día como es la seguridad y el medio ambiente.

2.*SEGURIDAD EN EL DISEÑO*

La Ley 54/2003 de 12 de Diciembre de reforma del marco normativo de la Prevención de riesgos laborales, que entró en vigor el pasado 1 de Mayo de 2004, trata de fomentar una nueva cultura de la prevención. De este modo, no es suficiente con el mero cumplimiento formal de un conjunto de deberes y obligaciones, sino que se requiere la planificación de la prevención desde el momento mismo del proyecto empresarial, la evaluación inicial de los riesgos inherentes al trabajo y su actualización periódica a medida que se alteren las circunstancias y varíen las condiciones de trabajo, así como la ordenación de un conjunto coherente e integrador de medidas de acción preventivas adecuadas a la naturaleza de los riesgos y el control de la efectividad de dichas medidas.

En este sentido, el diseño que se ha realizado en el presente proyecto ha sido consecuente con este tema, y se han tratado de disminuir los riesgos

desde la etapa misma del diseño de los equipos, adoptando medidas tales como:

- utilización de *presiones de diseño* (protección frente a sobrepresiones)
- utilización de *temperaturas de diseño* (protección frente a sobrecalentamientos)
- utilización de *sobreespesores* (protección frente a corrosión y sobreesfuerzos)
- utilización de *aislantes térmicos de clasificación MO* (protección frente a incendios y frente a quemaduras)
- utilización de *válvulas de seguridad* (protección frente a sobrepresiones)

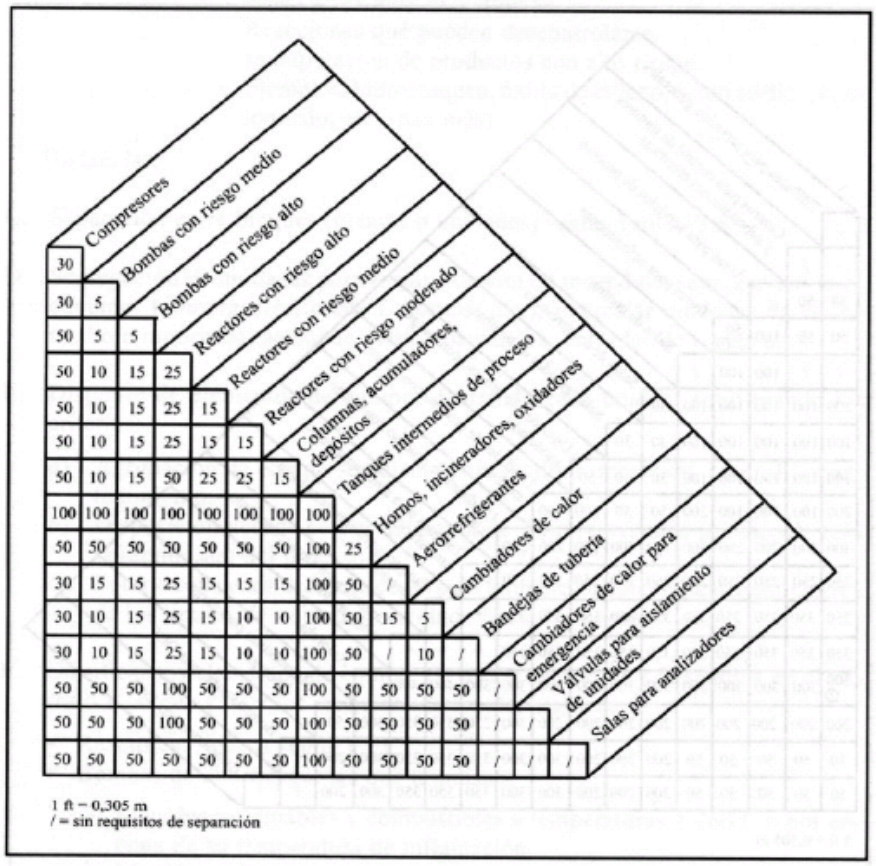
Además, se han seguido las recomendaciones en cuanto al diseño mecánico de los equipos, dadas por el *Código ASME Sección VIII División I*, para el diseño y construcción de equipos sometidos a vacío, baja, media y alta presión.

3.***SEGURIDAD EN EL PROCESO***

En la tabla que se observa en la página siguiente se presenta una lista no exhaustiva de los principales riesgos que pueden originarse en los equipos, y las medidas que se adoptan para la prevención de los mismos:

RIESGOS PRINCIPALES	*MEDIDAS DE PREVENCIÓN*
- Riesgo de sobrepresión	- Elementos para alivio de presión - Despresurización, venteo, drenaje, purga..etc
- Avería de los elementos internos (columna)	- Inspección periódica - Espacio suficiente para el desmontaje y manejo de piezas
- Riesgo de rotura - Adelgazamiento de paredes por efecto de la corrosión	- Sobreespesor de corrosión, revestimiento interior - Inspección y pruebas periódicas
- Riesgo de fuga de fluidos - Riesgo de rebosamiento - Riesgo de emisión tóxica	- Detección de fugas - Parada de emergencia - Equipos de protección individual - Distancia (la intensidad es inversamente proporcional a esta variable) - Ventilación natural o forzada
- Riesgo de incendio de líquidos y sus vapores	- Distancia (la intensidad es inversamente proporcional a esta variable) - Detección de fugas - Medios para extinción
- Riesgo de descargas por electricidad estática y corrientes vagabundas	- Puesta a tierra
- Riesgo de caída	- Protección contra caídas (escaleras con jaula, pasarelas....) - Equipo de protección individual

En cuanto al emplazamiento de los equipos en la planta, éste se hace de forma que se cumplan las distancias mínimas de seguridad entre los diferentes equipos, siguiendo las recomendaciones dadas por la Guía de referencia en cuanto a la *distribución en planta y distancias para plantas químicas y petroleras.* La siguiente tabla facilita las distancias mínimas horizontales (pies) entre los bordes de contorno de los aparatos:



Todos los equipos disponen de toma de tierra, como protección frente a los peligros derivados de la electricidad estática.

Se debe garantizar la utilización segura de los equipos de proceso. Para ello se adopta las medidas necesarias para llevar a cabo un mantenimiento seguro y para comprobar, inicial y periódicamente, los equipos de trabajo cuya seguridad depende de sus condiciones de

instalación. Además, en la utilización de los equipos de trabajo se siguen las condiciones generales que están establecidas en el anexo II del R.D. 1215/97 de 18 de Julio, el cual establece las *disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.*

Las condiciones mínimas de iluminación, orden, limpieza, mantenimiento, condiciones ambientales, material y locales de primeros auxilios, etc; son las exigida por el Real Decreto 486/1997 de 14 de Abril, que *establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.*

Las tuberías de proceso, son identificadas en función del tipo de fluido que circule por ellas, con un determinado color de seguridad. Esta identificación por colores, se realiza de acuerdo a la Nota Técnica de Prevención *NTP-566: Señalización de recipientes y tuberías: aplicaciones prácticas.*

La instalación eléctrica y material eléctrico, cumple con lo establecido en el *Reglamente Electrotécnico para Baja Tensión (RBT) e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC).*

En el contexto de la actuación preventiva hay que considerar también aquellas actuaciones que sin eliminar el riesgo ni sustituir a las acciones preventivas propiamente dichas, ayudan en dicha actuación, como son las normas y la señalización. La señalización de seguridad es una técnica de seguridad complementaria, que se desarrolla de acuerdo al *R.D.485/97 de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo*.

En cuanto al proceso en particular, se establece un *manual de seguridad* en el que se especifiquen, además de las normas de carácter general las normas particulares de la operación, para la información y conocimiento de todos los trabajadores.

4.***SEGURIDAD EN EL PRODUCTO***

4.1. Fichas de datos de seguridad

La información sobre la peligrosidad de los productos químicos, es imprescindible para conocer el riesgo que su manipulación presenta y en consecuencia adoptar los métodos de trabajo adecuados para la protección de la salud y el medio ambiente. En este tema, las fichas de datos de seguridad de los productos químicos constituyen una herramienta fundamental que aporta información no solamente sobre la peligrosidad de los productos sino sobre aspectos tales como al gestión de residuos, primeros auxilios o datos fisicoquímicos de gran ayuda en la manipulación de los mismos. El modo de elaboración de estas fichas de seguridad viene recogida en la *Nota Técnica de Prevención NTP-371*.

Estas fichas de seguridad incluyen los siguientes epígrafes:

1. Identificación de la sustancia o preparado y del responsable de su comercialización
2. Composición/información sobre los componentes
3. Identificación de peligros
4. Primeros auxilios
5. Medidas de lucha contra incendios
6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental
7. Manipulación y almacenamiento
8. Controles de exposición/protección individual
9. Propiedades físico-químicas
10. Estabilidad y reactividad
11. Informaciones toxicológicas
12. Informaciones ecológicas
13. Consideraciones relativas a la eliminación
14. Informaciones relativas al transporte
15. Informaciones reglamentarias
16. Otras informaciones

A continuación se presenta la ficha internacional de seguridad química (FISQ) para el etanol, la cual es elaborada por varias instituciones científicas, entre las que se encuentra el INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo)

ETANOL (anhidro)
Alcohol etílico
CH_3CH_2OH/C_2H_5OH
Masa molecular: 46.1

Nº CAS 64-17-5
Nº RTECS KQ6300000
Nº ICSC 0044
Nº NU 1170
Nº CE 603-002-00-5

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con oxidantes fuertes.	Polvo, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION			
• **INHALACION**	Tos, somnolencia, dolor de cabeza, fatiga.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
• **PIEL**	Piel seca.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
• **OJOS**	Enrojecimiento, dolor, sensación de quemazón.	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• **INGESTION**	Sensación de quemazón, confusión, vértigo, dolor de cabeza, pérdida del	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca y proporcionar asistencia médica.

	conocimiento.		

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintables, eliminar el residuo con agua abundante.	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.	símbolo F R: 11 S: (2-)7-16 Clasificación de Peligros NU: 3 CE:

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 0044 Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FISICO; ASPECTO
Líquido incoloro, de olor característico.

PELIGROS FISICOS
El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas.

PELIGROS QUIMICOS
Reacciona lentamente con hipoclorito cálcico, óxido de plata y amoníaco, originando peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes tales como, ácido nítrico o perclorato magnésico, originando peligro de incendio y explosión.

LIMITES DE EXPOSICION
TLV (como TWA): 1000 ppm; 1880 mg/m^3 (ACGIH 1995-1996).
MAK: 1000 ppm; 1900 mg/m^3 (1996).

VIAS DE EXPOSICION
La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión.

RIESGO DE INHALACION
Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante lentamente una concentración nociva en el aire.

EFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION
La sustancia irrita los ojos. La inhalación de altas concentraciones del vapor puede originar irritación de los ojos y del tracto respiratorio. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central.

EFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA
El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afecta al tracto respiratorio superior y al sistema nervioso central, dando lugar a irritación, dolor de cabeza, fatiga y falta de concentración. La ingesta crónica de etanol puede causar cirrosis hepática.

PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 79°C Punto de fusión: -117°C Densidad relativa (agua = 1): 0.8 Solubilidad en agua: Miscible Presión de vapor, kPa a 20°C: 5.8 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.6	Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.03 Punto de inflamación: 13°C (c.c.) Temperatura de autoignición: 363°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 3.3-19 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.32
DATOS AMBIENTALES		

NOTAS
El consumo de etanol durante el embarazo puede afectar al feto. Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R) -32 Código NFPA: H 0; F 3; R 0;

INFORMACION ADICIONAL	
FISQ: 4-106 ETANOL (anhidro)	

ICSC: 0044 **ETANOL (anhidro)**

©CCE, IPCS, 1994

Un dato que es importante destacar y que se incluye en esta ficha, son las frases R y frases S.

Las frases R indican los riesgos específicos derivados de los peligros de la sustancia, y las frases S indican los consejos de prudencia en relación con el uso de la misma.

ALCOHOL	*FRASES R*	*FRASES S*
ETÍLICO	**R11** – Fácilmente inflamable	**S7**- Manténgase el recipiente bien cerrado **S16**- Conservar alejado de toda llama o fuente de chispa. No fumar

Frente a los riesgos derivados de los productos químicos, se adoptan las siguientes medidas preventivas en el área donde se realiza la instalación:

- Instalación de duchas de seguridad
- Instalación de fuentes lavaojos
- Utilización de Equipos de Protección Individual (EPIs) por los trabajadores (gafas de protección, guantes, y mascarillas adecuadas), los cuales deberán llevar obligatoriamente el marcado CE.
- Instalación se sistemas de ventilación general
- Instalación de un sistema de detección y alarma frente a incendios, y medios de extinción portátiles, para los cuales se utilizarán agentes de extinción apropiados (espuma y polvo en este caso).

Además de todo lo comentado en este capítulo, es necesario tener en cuenta otros aspectos importantes como son:

- La formación/información a los trabajadores sobre los riesgos a los que se exponen y sobre las medidas de prevención y protección que hayan que adoptarse
- Llevar a cabo un mantenimiento preventivo adecuado e inspecciones periódicas, tanto de los equipos de proceso como de los sistemas de prevención, que garanticen el correcto funcionamiento de los mismos ante una situación de emergencia.

4.2 CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES

En este apartado se dan las recomendaciones generales para la recogida y evacuación de los residuos generados en el proceso. No obstante, este tema debe tratarse con más detalle en función del tipo de planta en la que se vaya a instalar:

- se dispone de una red de drenaje para la evacuación de los fluidos de proceso
- se dispone de sistemas colectores cuya función es la de recoger los alivios procedentes de los distintos equipos, y que desembocan en una chimenea donde se lleva a cabo una quema controlada de los mismos antes de su descarga a la atmósfera.

CAPÍTULO 8. PRESUPUESTO

El presupuesto constituye el tercer documento del presente proyecto. En él, se presenta una estimación aproximada de la inversión necesaria para la ejecución material de la unidad proyectada, así como una valoración de los costes anuales que represente la operación.

A continuación se exponen los resultados obtenidos de estas estimaciones.

1. INMOVILIZADO PRINCIPAL

El coste total estimado del inmovilizado principal de la unidad proyectada, asciende a la cantidad de: ciento un mil seiscientos cincuenta y dos euros (101.652 euros).

2. COSTES DE OPERACIÓN

Los costes de operación anuales se estiman en dieciocho mil ochocientos cuarenta y uno con cuatro céntimos de euro (18.841,04 €/año)

ANEXO DE CÁLCULO

INDICE

CAPITULO 1 INTRODUCCION

1. INTRODUCCION AL CALCULO…….. 4
2. FRACCIONES MÁSICAS, VOLUMETRICAS
Y MOLECULARES INICIALES……..... 4
3. DENSIDAD MEDIA INICIAL……. 5
4. PESO MOLECULAR MEDIO INICIAL…… 5

CAPITULO 2 ESTUDIO DEL PROCESO

1. PLANTEAMIENTO TEORICO…….. .. 6
2. PLANTEAMIENTO PRACTICO…….. 6

CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL EXTRACTOR – REACTOR QUÍMICO.

1. EXTRACTOR-REACTOR QUIMICO…….…… 22
1.1. DIMENSIONES……..…… 22
1.2. FLUIDO CALEFACTOR…..…… 26
1.3. TRANSMISIÓN DE CALOR……..…… 27
1.4. DISEÑO MECÁNICO…… 40
1.5. SOPORTES DE APOYO DEL TANQUE…… 63

CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LOS AGITADORES INTERNOS

1. AGITADORES…….. 66
1.1. CÁLCULO DE LA POTENCIA NECESARIA
PARA PONER EN SUSPENSIÓN PARTICULAS

SÓLIDAS…… 66
1.2. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE GIRO DEL RODETE…….. 71
1.3. MATERIAL…….. 72

CAPÍTULO 5. DISEÑO DE TUBERÍAS

1. MATERIALES…… 73
2. DIÁMETROS NOMINALES…… 73
3. ESPESORES…… 78
4. LONGITUDES…… 82
5. AISLAMIENTO……... 83
6. PRUEBAS……... 84

SIMBOLOGÍA

1. SIMBOLOGÍA…… 85

ANEXO DE CÁLCULO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN AL CÁLCULO

1.1. Descripción de la mezcla inicial

La materia prima está compuesta por los siguientes componentes: cáscara de almendra y mezcla de etanol-agua al 50 %.

La carga inicial con la que se va a trabajar es de 1422 Kg de cáscara de almendra y 1000 L de mezcla de alcohol-agua, con la siguiente composición:

COMPONENTES	COMPOSICIÓN INICIAL (g/l)
Cáscara de almendra	182
Etanol	287,3
Agua	363,4

1.2. Propiedades de los componentes

Las propiedades de los componentes que son utilizadas más adelantes en los correspondientes cálculos, son:

COMPONENTES	% p/p	Teb (K)	φ_i (g/ml)	P_{mi} (Kg/kmol)
Cáscara de almendra	81,4		3,81	334,4
Etanol	17,04	351,5	0,789	46,069
Agua	0,215	373,2	0,998	18,015
Mezcla etanol-agua			0,94	

2. FRACCIONES MÁSICAS, VOLÚMETRICAS Y MOLARES INICIALES

A partir de los valores anteriores, se calculan las fracciones en peso, en volumen y en moles para la carga inicial de 1.373,13 L

CARGA INICIAL				
COMPONENTES	**COMPOSICIÓN (g/L)**	**Kg**	**Kmol**	**Litros**
Cáscara de almendra	182	1.422	4,25	373,13
Etanol	287,3	394,5	8,56	500
Agua	363,4	499	27,7	500
TOTAL	832,7	2.315,5	40,51	1.373,13

COMPONENTES	**$X_{i\ MOLAR}$**	**$X_{i\ MÁSICA}$**	**$X_{i\ VOLUMÉTRICA}$**
Cáscara de almendra	0,10	0,61	0,28
Etanol	0,21	0,17	0,36
Agua	0,69	0,22	0,36
TOTAL	1	1	1

3. DENSIDAD MEDIA INICIAL

Para mezclas ideales, se puede calcular la densidad media de la mezcla a partir de las densidades individuales de cada uno de los componentes y sus fracciones molares:

$$\overline{\rho_F} = \sum_{i=1}^{N} \rho_i \cdot x_{i,F}$$

Componentes puros	**φ_i (g/ml)**	**$X_{i,F}$**	**φ_i. $X_{i,F}$**
Cáscara de almendra	3,81	0,10	0,381
Etanol	0,789	0,21	0,166
Agua	0,998	0,69	0,689
	Mezcla:	**φ_F = 1,235 g/ml**	

4. PESO MOLECULAR MEDIO INICIAL

Para mezclas ideales se puede calcular el peso molecular medio de la mezcla a partir de los pesos individuales de cada uno de los componentes y sus fracciones molares:

$$\overline{Pm_F} = \sum_{i=1}^{N} Pm_i \cdot x_{i,F}$$

Componentes puros	Pm_i (kg/kmol)	$X_{i,F}$	$Pm_i \cdot X_{i,F}$
Cáscara de almendra	334,4	0,10	33,44
Etanol	46,069	0,21	9,679
Agua	18,015	0,69	12,430
	Mezcla: Pm_F 55,545 Kg/Kmol		

CAPÍTULO 2. ESTUDIO DEL PROCESO

1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

Se dispone de una cantidad de 1.422 Kg de cáscara de almendra, de composición: 20 % de lignina; 70 % de celulosa y 10 % de agua

Esta cantidad de cáscara de almendra, es introducida en un extractor-reactor, donde se le realiza una extracción-reacción química con 1.000L de una mezcla al 50 % de alcohol y agua. La cantidad retenida es del 6% de sólido por kilogramo de inerte. Y en función de esto se obtienen las distintas cantidades de refinado y extracto.

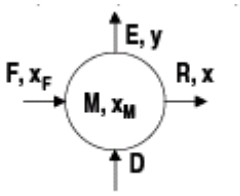
2. PLANTEAMIENTO PRÁCTICO

El estudio del proceso se realiza en dos alternativas:

- existiendo una sola etapa, y por tanto un contacto sencillo en el interior del reactor
- existiendo varias etapas, y por tanto, un contacto múltiple en el interior del reactor.

2.1. *Contacto sencillo*

Se trata de una operación discontinua en la que se ponen en contacto íntimo toda la alimentación con todo el disolvente a emplear separando después toda la disolución formada por el sólido inerte con la disolución retenida.



Cálculo de la composición de refinado en la mezcla

Por aplicación del balance de materia, resulta:

$$F + D = M = E + R$$

$$X_F.F + Y_D.D = X_M.M = Y.E + X.M$$

de donde

$$X_M = (X_F.F + Y_D.D) / (F + D)$$

Por tanto:

F (Kg)	D (L)	$\rho_{mezcla\ aga\text{-}alcohol}$ (g/cm^3)	D (Kg)	X_F	Y_D
1422	1.000	0,94	940	0,2	0

Resulta

X_M = 0,123

Cálculo de la curva de retención

La retención es del 6 % de sólido por kilogramo de inerte, y ésto supone:

$$(D + S) / I = 0,06$$

siendo:

D = *cantidad de disolvente*

S = *cantidad de sólido*

I = *cantidad de inerte*

Si D es 0, la relación S/I resulta ser 0,06

La cáscara de almendra está compuesta de un 70 %, es decir:

70% de 1.422 (total de cáscara de almendra) = 995,4 Kg

Sustituyendo este valor, se obtiene una cantidad de sólido de:

S = 59,7 Kg

Si S es 0, la relación D/I resulta ser 0,06

Para este caso se procede igual que anteriomente, siendo la cantidad de inertes el 70% de la cantidad total de cáscara de almendra:

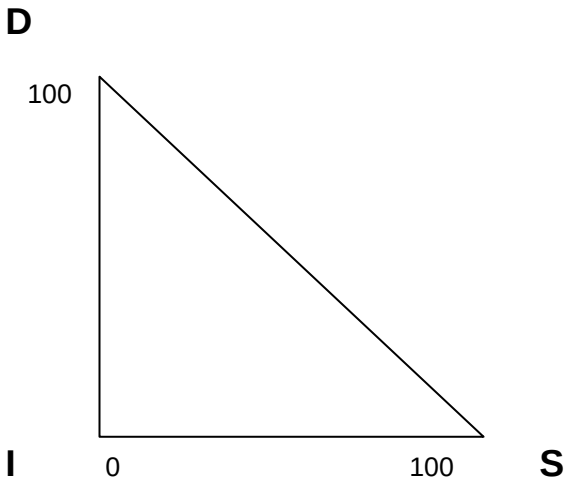
D = 59,7 Kg

Finalmente, se obtienen las siguientes composiciones:

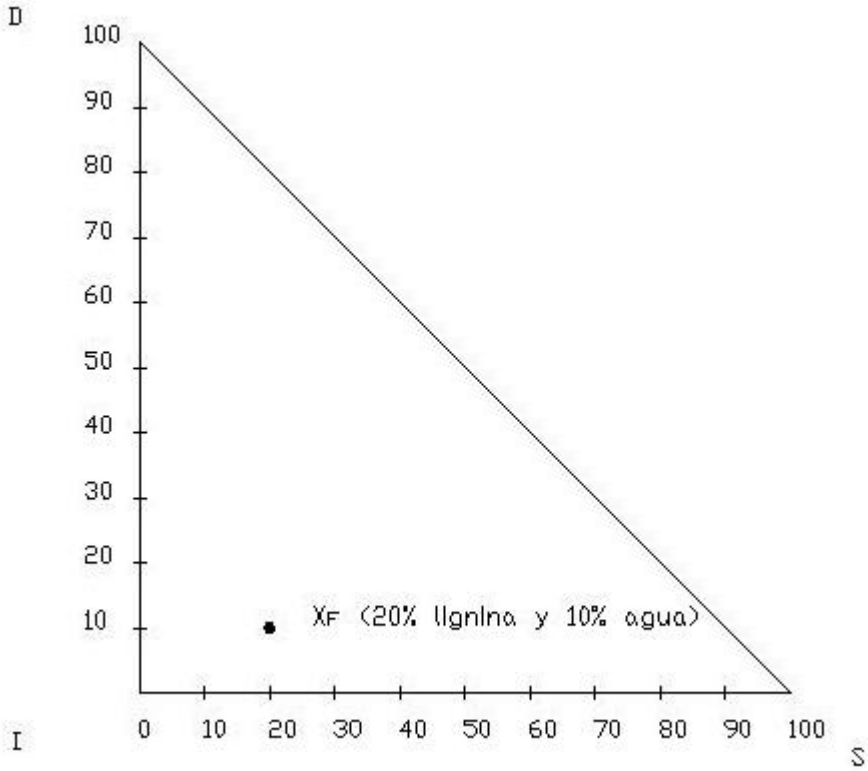
- % S = S / (S+I) = 5,66
- % D = D / (D+I) = 5,66
- % I = I / (I+D)= 94,3

Pasos a seguir para la obtención gráfica de la curva de retención

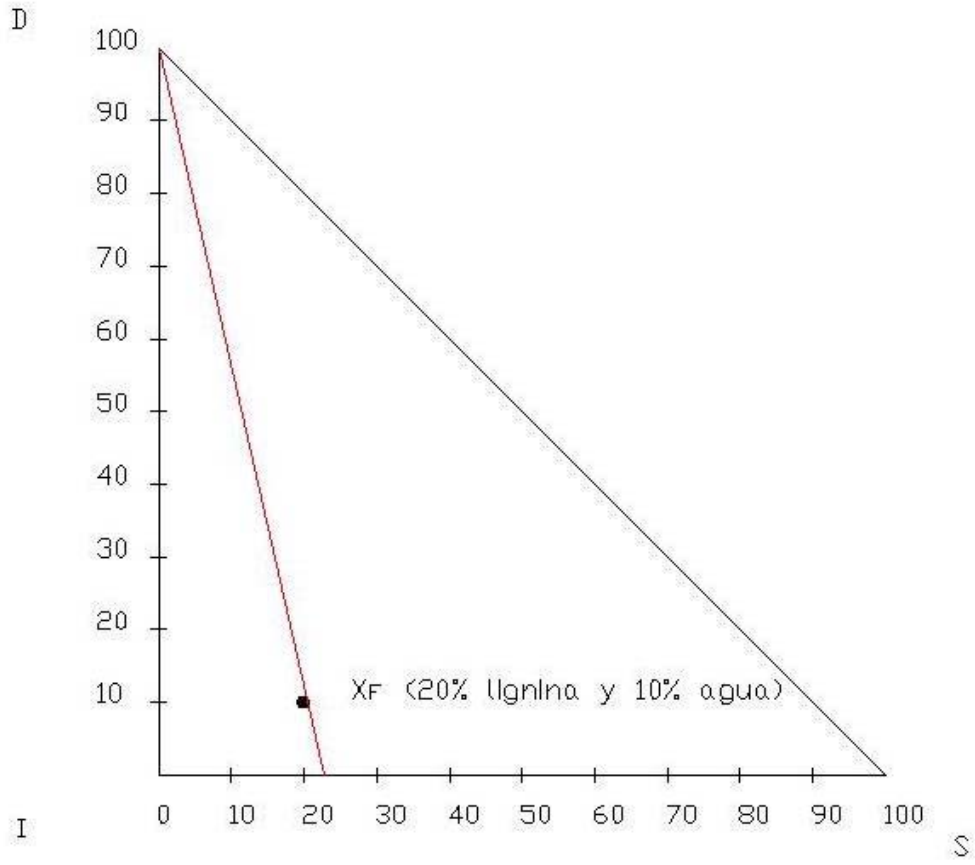
1º. Se dibuja un diagrama triangular:



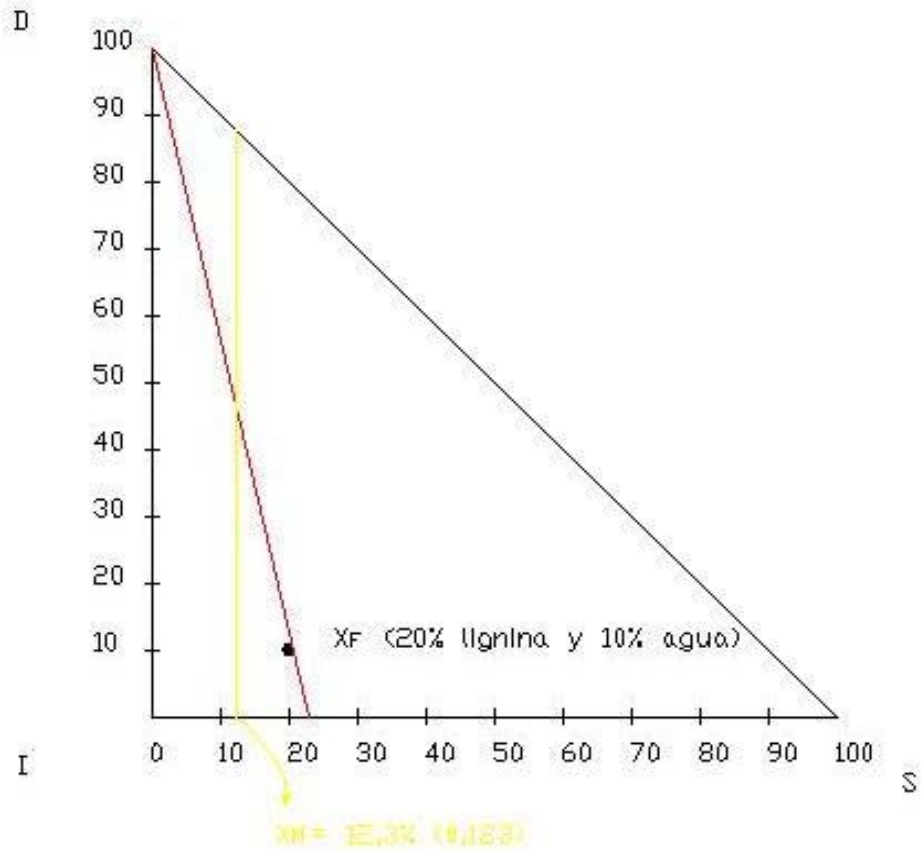
2º. Se sitúa el punto X_F (20% lignina y 10% agua)



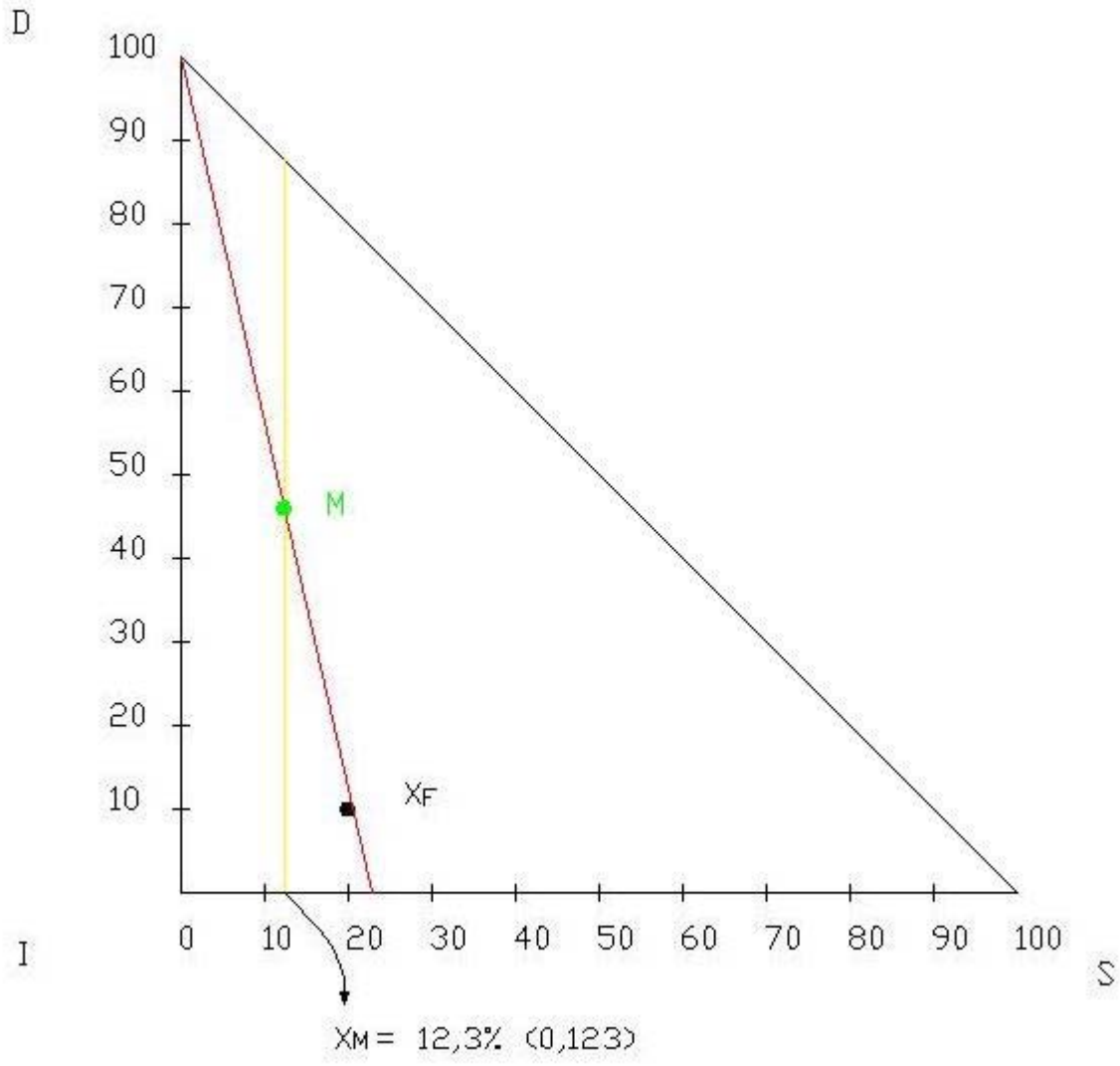
3º Se une X_F con el extremo de la abscisa de D



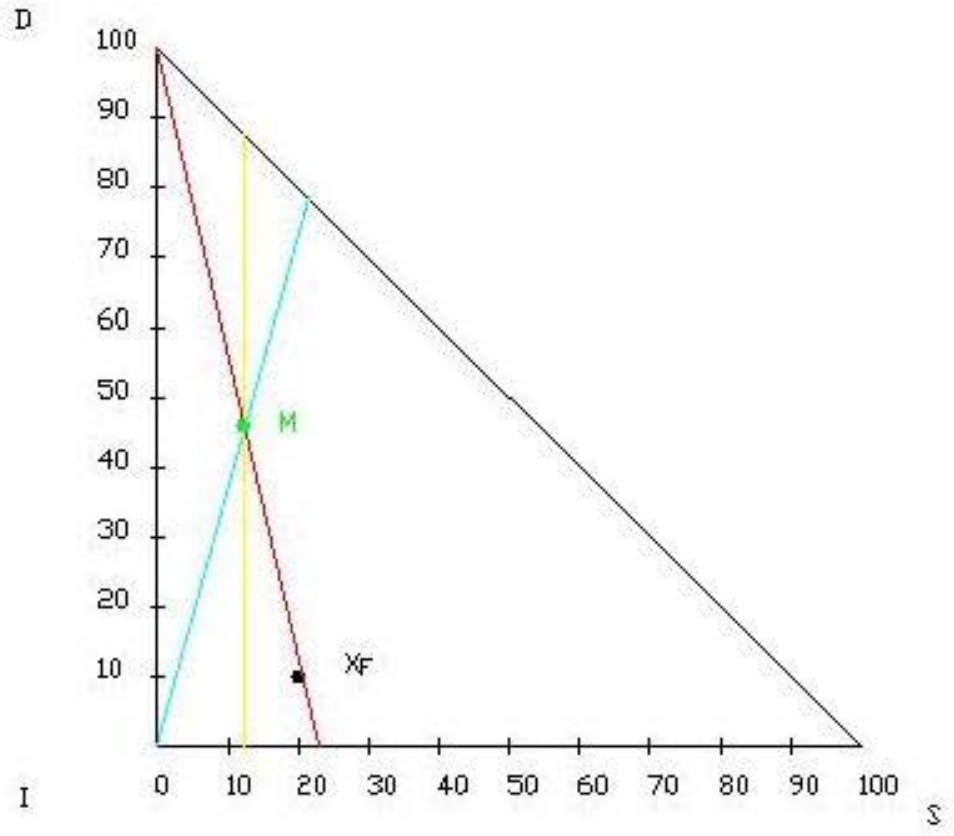
4º. Se señaliza el valor de X_M calculado anteriormente (0,123; capítulo 2, apartado 2.1), y se traza una paralela al eje Y



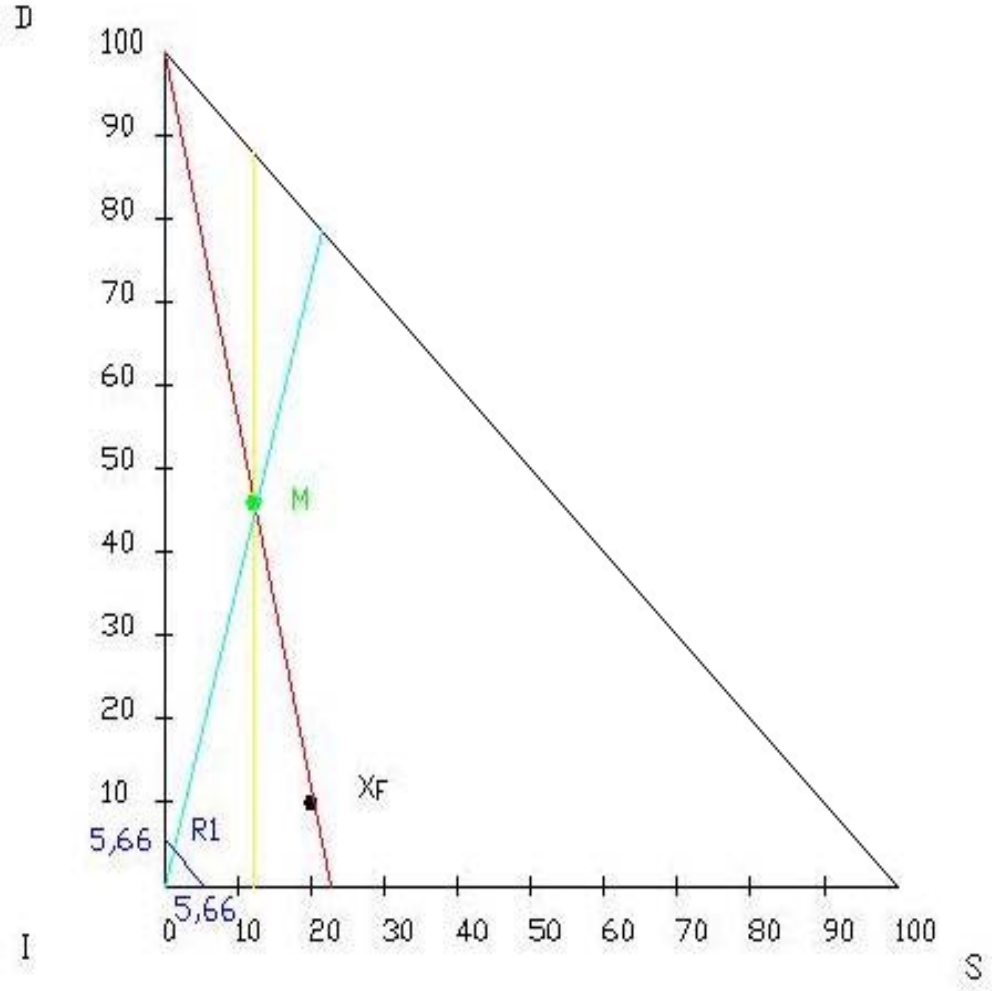
5º. El corte de la paralela al eje Y con la unión de X_F con el extremo de D, sitúa el punto M.



6º. Posteriormente se une el punto M obtenido anteriormente con el extremo inferior del eje donde está situado la cantidad de inerte (I)

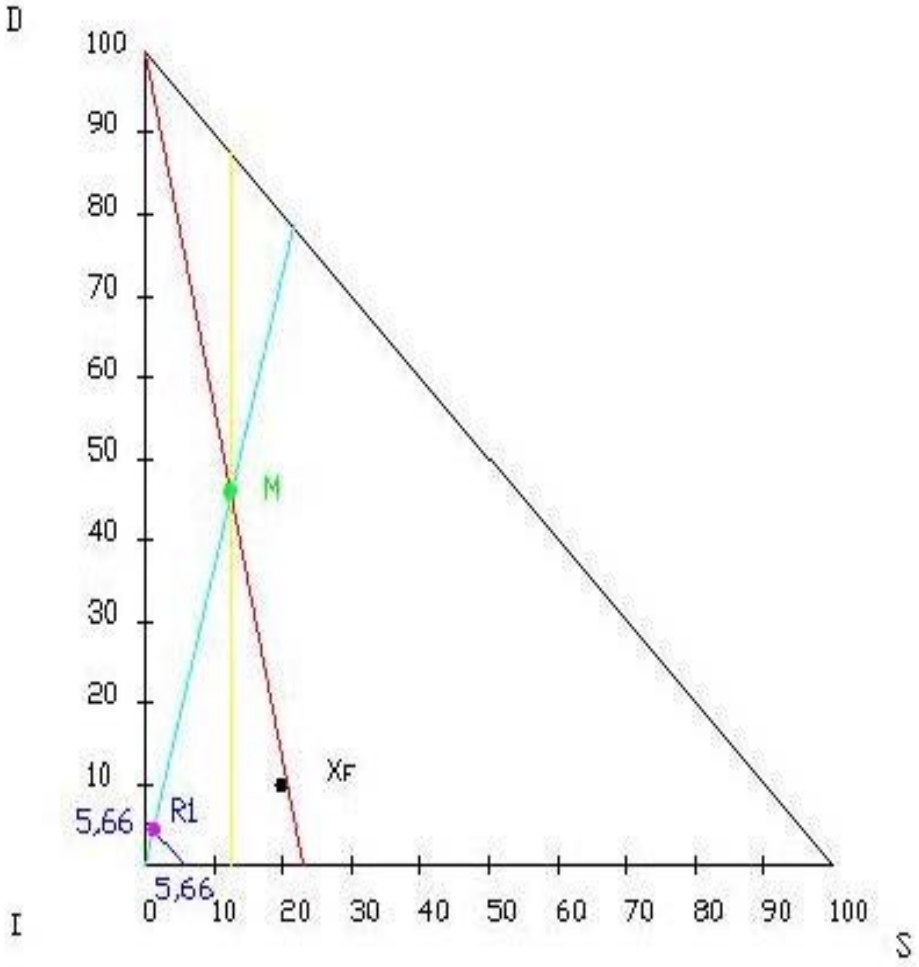


7º. Se traza la curva de retención con los valores calculados previamente de soluto y disolvente: 5,66 % y 5,66 % (capítulo 2, apartado 2.1), respectivamente.

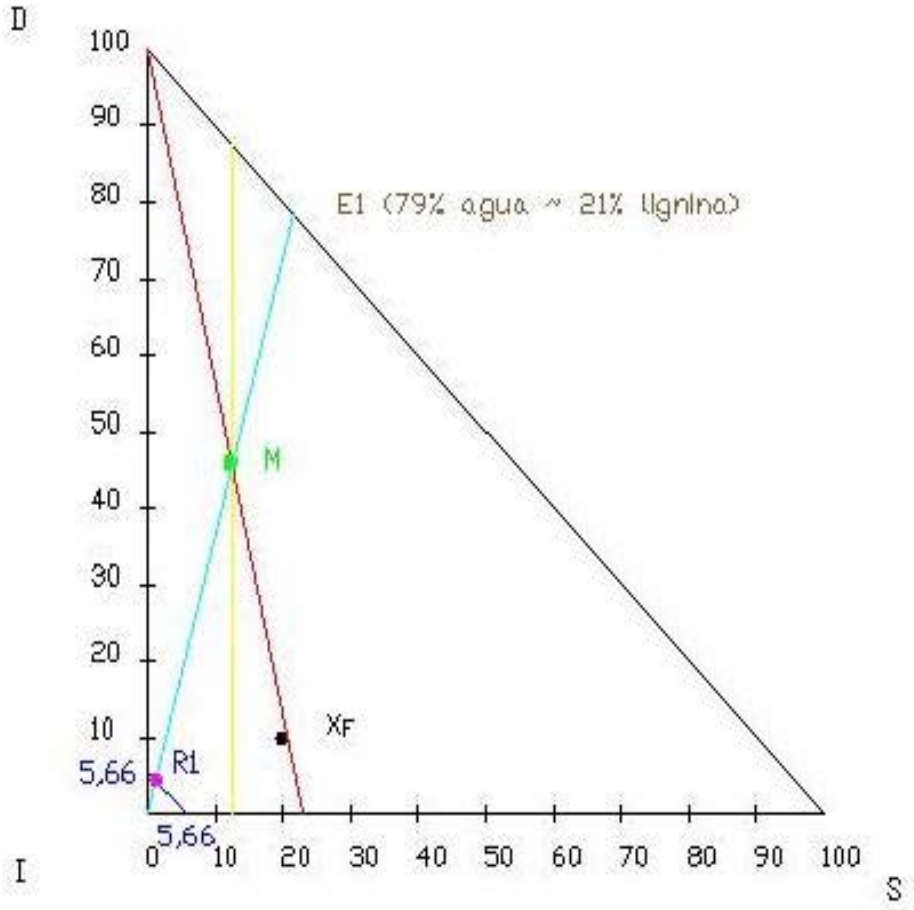


R1 (5,66% agua ~ 5,66% lignina)

8º. Al unir el punto M con el extremo inferior del eje I, corta a la curva de retención, y ese punto de corte es el valor final del refinado obtenido (R_1)



9º. Y finalmente, se obtiene el valor del extracto (E_1) trazando una línea que salga del extremo inferior del eje donde si sitúa el porcentaje de I, pasando por el punto de R_1, obtenido anteriormente, hasta la hipotenusa del rectángulo.



R1 (4% agua ~ 1,2% lignina)
E1 (79% ~ 21%)

Obtención de la cantidad de extracto y refinado

De la gráfica se extrae la siguiente información:

- ***Extracto (punto 21,79):***

S = X = 21 %
D = Y = 79 %
} No se obtiene cantidad ninguna de inertes

- ***Refinado (punto 1,2-4):***

S = X = 1,2 %
D = Y = 4 % + 94,8 % de inertes

Las cantidades de extracto y refinado obtenidas finalmente, vienen dadas por la aplicación de las siguientes ecuaciones (capítulo 2, apartado 2.1):

$$\mathbf{M = E + R}$$

$$\mathbf{M.X_M = E.X_E + R.X_R}$$

Aplicando los siguientes valores y resolviendo el sistema de ecuaciones:

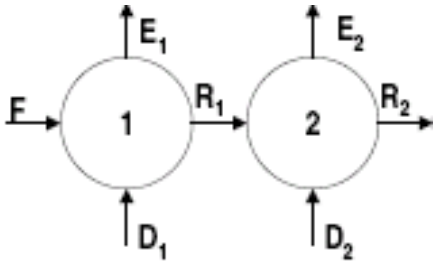
M (Kg)	**X_M**	**X_E**	**X_R**
2.316	0,123	0,21	0,012

Se obtiene ⇩

R (Kg)	**E (Kg)**
1.072	1.368

2.2. *Corriente directa*

Para obtener más rendimiento al proceso, una segunda extracción a la cantidad de refinado obtenida en la extracción simple anterior, añadiéndole de nuevo la misma cantidad de disolvente que en la primera extracción.



donde:

F = cantidad de partida de cáscara de almendra (1422 Kg)

D_1 = cantidad de disolvente (1000 L mezcla agua-alcohol)

E_1 = cantidad de extracto obtenido en una primera extracción (1368 Kg)

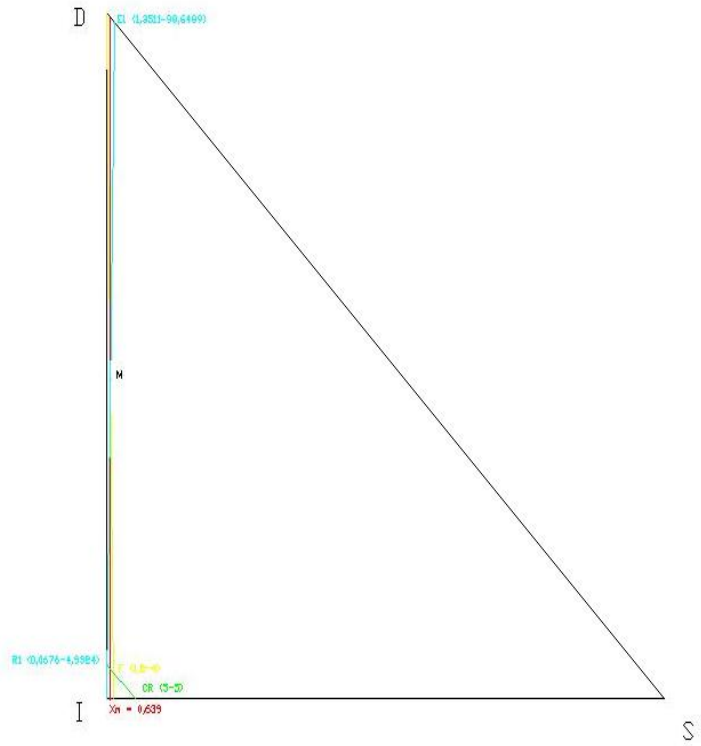
R_1 = cantidad de refinado obtenido en la primera extracción (1072Kg), cuya composición viene dada por: 1,2 % lignina; 4 % agua y 94,8% celulosa.

D_2 = cantidad de disolvente que se añade para realizar la segunda extracción (1000 L mezcla alcohol-agua)

En este caso, el problema se resuelve siguiendo los mismos pasos que anteriormente, obteniendo los siguientes valores:

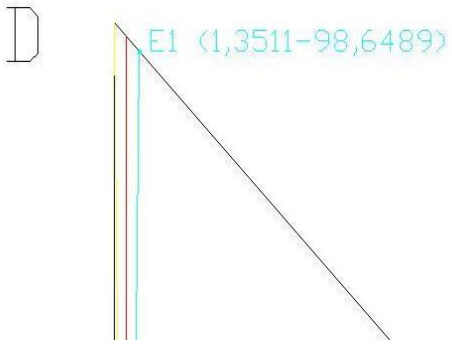
X_M	S (Kg)	D (Kg)	S (%)	D (%)	I (%)
$6{,}39.10^{-3}$	53,9	53,9	0,050	0,050	0,95

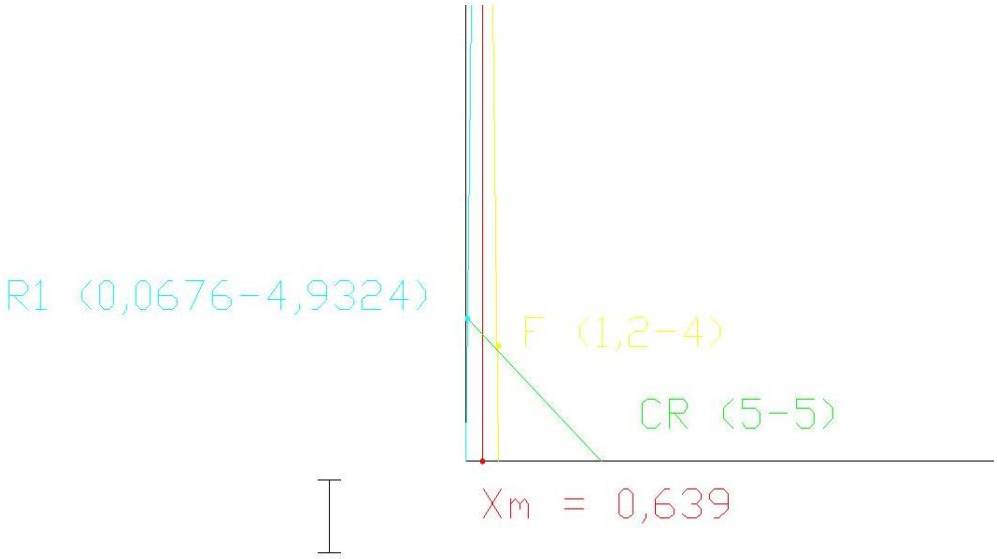
Realizando la curva de retención, se obtiene:



Debido a que la gráfica no se aprecia bien, por los valores tan pequeños representados, se amplían las zonas más importantes, que son:

■ Resultados para el punto E_1:





■ Resultados para el punto R_1:

Por tanto, los datos obtenidos gráficamente, son los siguientes:

- ***extracto (punto 1,3511-98,6489):***

S = X = 1,3511 %

D = Y = 98,6489 %

- ***refinado (punto 0,0676-4,9324):***

S = X = 0,0676 %

D = Y = 4,9324 % + 95 %

Resolviendo el sistema de ecuaciones dado anteriormente, se obtienen las siguientes cantidades de extracto y refinado:

R_2 (Kg)	**E_2 (Kg)**
552	520

Como la cantidad de refinado obtenida presenta una cantidad de lignina muy baja (0,0676 %), desde un punto de vista industrial no compensa económicamente volver a realizar una nueva extracción. Por consiguiente, el proceso finalizaría en este punto.

CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL EXTRACTOR - REACTOR

1. EXTRACTOR - REACTOR QUÍMICO

La mezcla inicial con la que se trabaja y se ha descrito anteriormente, se introduce en un reactor, el cual mediante un encamisado de vapor consigue aportar el calor necesario para que se produzca el proceso de extracción – reacción química.

1.1. DIMENSIONES

1.1.1. Extractor – Reactor químico

El extractor - reactor es de forma cilíndrica y disposición vertical. En sus dos extremos se sueldan dos cabezales elipsoidales.

Para calcular las dimensiones del mismo, se toma como base la capacidad máxima de diseño, la cual se estima incrementando un 10% la capacidad necesaria para albergar la cantidad de mezcla inicial. Como el volumen de mezcla inicial establecido es aproximadamente 1.500 L, el extractor - reactor químico se diseña con la siguiente capacidad:

$$\text{Volumen}_{\text{diseño}} = 1{,}1.\ \text{Volumen}_{\text{inicial}}$$

$\text{Volumen}_{\text{inicial}} = 1.500$ L

$\text{Volumen}_{\text{diseño}} = 1{,}1.\ 1500 = 1650$ L

Volumen = 1.650 L

Para calcular la altura (h) y el diámetro (d), se fija que la relación óptima entre ambo s parámetros, es de 1,5:

La expresión del volumen de un cilindro, despreciando el volumen de los cabezales, es r^2 x h, resultando que dado que la capacidad de diseño es de 1.650 L , se obtiene:

$$\text{Volumen} = \acute{} .r^2. 1,5.d$$

$$r = 0, 56 \text{ m}$$

$$h= 1,5.d = 1 = 0,17 \text{ m}$$

Volumen (V) (m^3)	**Radio (r) (m)**	**Altura (h) (m)**
1,65	0,56	1,7

Donde:

V= volumen o capacidad máxima del extractor-reactor químico

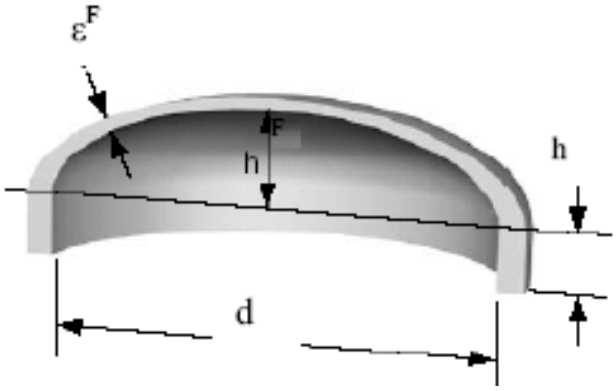
r = radio interior del extractor-reactor químico

h = altura del extractor-reactor químico

El volumen corresponde exclusivamente a la parte cilíndrica del extractor-reactor químico, es decir, el volumen total será el volumen anterior más el volumen de los fondos superior e inferior.

1.1.1.1. *Fondos*

Los cabezales o fondos, son de tipo elíptico o elipsoidal, tanto el fondo inferior como el superior.



Donde:

$\boldsymbol{\varepsilon^F}$ = espesor de la pared de fondo (mm)

d = diámetro del extractor-reactor (m)

$\mathbf{h^F}$ = altura del fondo (m)

h = altura de pestaña o faldilla (mm)

El espesor del fondo, se calcula más adelante.

Para poder estimar el volumen total del extractor-reactor, interesa conocer tanto h^F como h, por tanto:

$$\mathbf{h^F = 1/4\ d}$$

siendo d el diámetro del extractor-reactor:

$$\mathbf{d = 2.\ r} = 2.\ 0{,}56 = 1{,}12\ \text{m}$$

Por tanto:

$$\mathbf{h^F} = ¼\ .\ 1{,}12 = 0{,}28\ \text{m}$$

La altura h de la pestaña o faldilla se calcula en el diseño mecánico (capítulo 3, apartado 1.4.4), a partir el espesor del fondo, resultando ser:

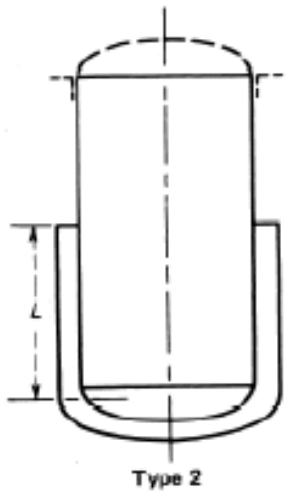
h = 28,6 mm

1.1.2. ***Camisa***

La camisa por la que circula el fluido calefactor, rodea al extractor-reactor químico, a lo largo de la carcasa de éste, y del cabezal elíptico del extremo inferior. El espacio anular (j) , comprendido entre la pared exterior del extractor-reactor y la pared interior de la camisa es de 60 mm:

j = 60 mm

Dentro de la clasificación que hace el *Código ASME Sección VIII División I* en su *Apéndice 9* de los distintos tipos de camisas, éstas se corresponden con las camisas denominadas de Tipo 2 :



La única diferencia es que en este caso, la camisa se extiende cubriendo la totalidad de la carcasa. Es decir, la altura de la camisa (h=L) será igual a la suma de la pestaña o faldilla (28,6 mm; ver capítulo 3, apartado 1.1.1.1) más la longitud de la parte cilíndrica (1,7 m; ver capítulo 3, apartado 1.1.1):

L ≈ 1.729 mm

El radio interior de la camisa, es la suma del radio exterior de la carcasa del extractor-reactor (que se calcula en capítulo 3, apartado 1.4.2.1), y el espacio anular j (60mm):

r = 628 mm

1.2. *FLUIDO CALEFACTOR*

El fluido caliente que se utiliza para calentar la mezcla en el extractor-reactor encamisado es vapor de agua procedente de un circuito interno a una presión de 2 atmósferas, y a una temperatura de entrada de 120 C. El caudal másico óptimo seleccionado, se fija en 3.500 kg/h.

La temperatura de salida del mismo es de 26,24 C (ver capítulo 3, apartado 1.3.4)

Fluido calefactor:

Vapor de agua

T_1 = 120 ºC

T_2 = 26,24 ºC

P = 2 atm

Para la primera extracción

1.3. *TRANSMISIÓN DE CALOR*

El estudio fundamental de la ebullición ha demostrado que la diferencia de temperatura Δt entre el fluido que calienta y la mezcla a vaporizar, debe ser inferior a un umbral específico a partir del cual el flujo de calor por unidad de área ($\theta = q' /A$) decrece muy rápidamente y aparece la calefacción. Las limitaciones que se admiten, son las siguientes:

- *Flujo máximo admisible* ($\theta_{máx}$):

Líquidos orgánicos: $\theta_{máx} < 54000$ Kcal / h.m^2 (circulación forzada)

$\theta_{máx} < 32000$ Kcal/h.m^2 (circulación natural)

Agua : $\theta_{máx} < 54000$ Kcal/h.m^2 (circulación forzada o natural)

En base a estas limitaciones expuestas de la transmisión de calor, se busca el diseño óptimo del mismo.

1.3.1. *Calor intercambiado*

En el cálculo entre la transmisión de calor entre el fluido frío y el caliente , se debe tener en cuenta también que la carga total de calor, se divide en calor sensible (q_s) y en calor latente para la ebullición (q_v):

Calor total (Kcal) : $\mathbf{q = q_S + q_v}$

Siendo:

$\mathbf{q_s = m_f.Cp_f .(t_2-t_1)}$

$\mathbf{q_v = m_f.\lambda}$

$\Rightarrow$ $\boxed{\mathbf{q = m_f.Cp_f.(t_2-t_1) + m_f.\lambda}}$

donde:

q = calor total intercambiado (kcal/h)

m_f = caudal másico del fluido frío (Kg/h)

Cp_f = calor específico a presión constante del fluido frío (Kcal/Kg.ºC)

λ = calor latente de vaporización del fluido frío (Kcal/Kg)

t_1 =temperatura de entrada del fluido frío (ºC)

t_2 = temperatura de salida del fluido frío (ºC)

Cálculo del calor intercambiado durante la primera extracción (contacto sencillo)

Dado que el proceso no opera en modo continuo, sino discontinuo o batch, no se puede hablar de caudal másico de fluido frío m_f (Kg/h), sino de masa de fluido frío (*Kg*), ya que toda la mezcla inicial se carga desde el principio. De este modo, el calor que se calcule viene dado en Kcal y no es Kcal/h , y es el calor total necesario para calentar la totalidad de la mezcla a la temperatura de ebullición.

Por consiguiente, se tiene:

- $\mathbf{t_1}$ es la temperatura de carga de la mezcla inicial (20ºC)
- $\mathbf{t_2}$ es la temperatura de ebullición de la mezcla a vaporizar: 109ºC
- $\mathbf{m_f}$ es la masa de fluído frío (Kg), que es la cantidad de mezcla inicial de etanol-agua y cáscara de almendra
- $\mathbf{Cp_f}$ (Kcal/Kg.ºC) es el calor específico medio entre el calor específico a la temperatura de entrada del fluido frío (t_1) y la temperatura de salida del mismo (t_2). Se calcula de la siguiente manera:

$$\mathbf{Cp_f = A + B.T + C.T^2 + D.T^3}$$

donde Cp_f viene dado en J/mol.K y la temperatura T en K.

Los coeficientes necesarios para resolver la ecuación anterior, se encuentran tabulados en la bibliografía para los distintos componentes puros.

En este caso son:

Componentes	**A**	**B**	**C**	**D**
Agua	32,24	0,01924	$1{,}065\ 10^{-5}$	$-3{,}60.10^{-7}$
Etanol	9,014	0,2141	$8{,}39\ 10^{-5}$	$1{,}37.10^{-9}$

Una vez calculado Cp_f en J/mol.k se divide entre el peso molecular medio (calculado anteriormente en capítulo 1, apartado 4), y se hace la conversión de Julios a Kilocalorías para finalmente obtener Cp_f en Kcal/Kg.C.

$$Cp_f = A + B.T + C.T^2 + D.T^3$$

donde Cp_f viene dado en J/mol.K y la temperatura T en grados Kelvin.

t_1 (ºC)	t_2 (ºC)	t_{media} (ºC)	t_{media} (ºK)
20	109	64,5	337,65

t_{media} (K) = 337,65			
Componentes puros	***Cp_i***	***X_i*** *(ver capítulo 1, apartado 2)*	***$Cp_i.X_i$***
Etanol	69,63	0,21	14,6223
Agua	26,10	0,69	18,009
		Cp = 32,6313J/mol.k	

Pm_{medio} (Kg/Kmol) (ver capítulo 1, apartado 4)	Cp_{medio} (J/mol.k)	Cp_{medio} (J/Kg.K)	Cp_f (Kcal/Kg.ºC)
55,545	32,631	587,48	0,141

λ (Kcal/kg) para su predicción en el punto de ebullición normal, a presión atmosférica, se usa la ecuación propuesta por *Riedel*:

$$\frac{\lambda / T_n}{R} = \frac{1{,}092\ (\ln P_c - 1{,}013)}{0{,}930 - T_m}$$

donde:

T_m: presión reducida en T_n , y se calcula como : $T_m = T_n / T_c$,

siendo:

T_n : temperatura normal de ebullición

T_c: temperatura crítica

Al igual que anteriormente, se calcula el calor latente para cada uno de los componentes individuales, para después calcular el calor latente medio como:

$$\overline{\lambda} = \Sigma\, x_i \cdot \overline{\lambda_i}$$

Tomando el valor de la constante de los gases como **R= 8,314 J/mol.K**, y la temperatura en grados Kelvin, se obtiene el calor latente en J/mol.

Para cada componente puro se tiene:

Componentes	P_c (bar)	T_c (K)	$T_n = T_{eb}$ (K)	T_m	R (J/mol.K)
Etanol	61,4 *	513,9 *	351,5	0,6839	8,314
Agua	221,4 *	647,3 *	373,2	0,5765	8,314

* Datos de la bibliografía

Y para la mezcla:

Componentes	λ_i	$X_{i,F}$ ***(ver capítulo 1, apartado 2)***	$\lambda_i \cdot X_{i,F}$
Etanol	40.255,52	0,21	8.453,66
Agua	42.048,42	0,69	29.013,41
		***Mezcla:* λ= 37.467,07 J/mol =161,89 Kcal/Kg**	

Todos los valores necesarios para realizar el cálculo del calor total intercambiado, se muestran en la siguiente tabla:

t_2 (ºC)	t_1 (ºC)	λ (Kcal/Kg)	Cp_f (Kcal/Kg.ºC)	m_f (Kg) ***(ver capítulo 1, apartado 2)***
109	20	161,89	0,141	2.316

Sustituyendo estos datos en la ecuación de :

$$q = m_f.Cp_f.(t_2-t_1) + m_f.\lambda$$

se obtienen los siguientes resultados:

q_v (Kcal)	q_s (Kcal)	q (Kcal)
29.074	375.097	404.171

1.3.2. ***Coeficiente global de transmisión de calor (U)***

Para simplificar los cálculos, se supone que el valor del coeficiente global de transmisión (U), se mantiene constante a lo largo de todo el proceso.

Para el calentamiento o enfriamiento de una mezcla en el interior de un extractor-reactor cilíndrico encamisado con agitación interna, el coeficiente de transmisión de calor, viene dado por la siguiente ecuación:

$$\frac{U \times D_t}{K} = 0{,}40 \left[\frac{D_a^2 . v . \varphi}{\mu}\right]^{0{,}52} \times \left[\frac{Cp . \mu}{K}\right]^{1/3} \times \left[\frac{\mu}{\mu_w}\right]^{0{,}14}$$

Siendo:

U= coeficiente de transmisión de calor (Kcal/m^2.h.ºC)

$\boldsymbol{D_a}$ = diámetro del agitador (m)

$\boldsymbol{D_t}$ = diámetro del extractor-reactor (m)

K = conductividad calorífica del líquido (Kcal/m.h.ºC)

V = velocidad del agitador (rph)

φ = densidad del líquido (Kg/m^3)

$\boldsymbol{\mu}$ = viscosidad del líquido a su temperatura global (Kg/m.h)

$\boldsymbol{\mu_w}$ = viscosidad del líquido a la temperatura de la pared de la camisa (Kg/m.h)

Cp = calor específico del líquido (Kcal/Kg.ºC)

Para realizar dicho cálculo es necesario estudiar el diseño de los agitadores internos, cuyo estudio se realiza en el siguiente capítulo.

Aplicando dicha fórmula se obtiene:

Diámetro del extractor-reactor químico (m)	1,12 (ver capítulo 3, apartado 1.1.1)
Conductividad calorífica de la mezcla (Kcal/m.h.ºC)	$317,3.10^{-3}$ (ver cuadro en anexo "conductividad calorífica en líquido")
Diámetro del agitador (m)	0,3 (ver capítulo 4, apartado 1.2)
Velocidad del agitador (rph)	781,5 (ver capítulo 4,apartado 1.2)
Densidad de la mezcla (Kg/m^3)	1235,31 (ver capítulo 1,apartado 3)
Viscosidad de la mezcla a su temperatura global (Kg/m.h)	0,9 (dato bibliográfico)
Calor específico de la mezcla (Kcal/Kg.ºC)	0,14099 (ver capítulo 3, apartado 1.3.1)
Viscosidad de la mezcla a la temperatura de la pared de la camisa (Kg/m.h)	0,864 (dato bibliográfico)

se obtiene el valor del coeficiente de transmisión de calor que resulta ser:

$$32,884 \ (Kcal/m^2.h.ºC)$$

1.3.3. ***Área de intercambio (A)***

El área total a través de la cual se pone en contacto el fluido caliente que circula por la camisa que rodea al extractor-reactor y la mezcla fría que se encuentra en su interior, es el área correspondiente a las paredes del extractor-reactor. Es decir, A = 2 r h

donde:

A = área de intercambio de las paredes del extractor-reactor (m^2)

r = radio del extractor-reactor (m)

h = altura del extractor-reactor (m)

} (ver capítulo 3, apartado 1.1.1)

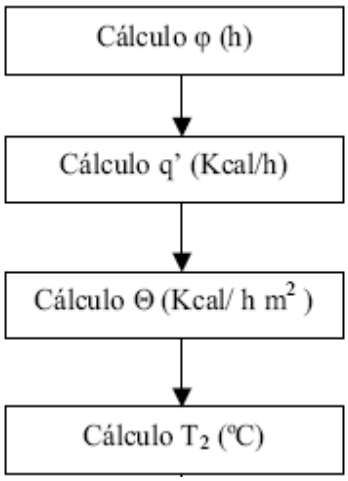
Por tanto:

$$\mathbf{A = 2 \text{ x. } 0{,}56 \text{ x} 1{,}7 = 5{,}98\ m^2}$$

1.3.4. ***Flujo de calor por unidad de área***

Dado que la operación transcurre en modo discontinuo, para el cálculo de esta variable se necesita conocer primero el flujo de calor **q'** (Kcal/h) de la operación a tratar, el cual se estima a partir del tiempo de operación.

A continuación se presenta de forma esquemática el procedimiento de cálculo que se sigue para el cálculo de flujo de calor, el flujo de calor por unidad de área, así como el tiempo necesario de operación, y la temperatura de salida para el fluido calefactor:



donde:

φ = tiempo de operación (h)

q' = flujo de calor intercambiado (Kcal/h)

Θ = q'/A = flujo de calor por unidad de área (Kcal/h.m^2)

T_2 = temperatura de salida del fluido caliente (ºC)

Cálculo del tiempo de operación (φ)

Dado que los recipientes encamisados son fundamentalmente aparatos para procesar lotes, la diferencia de temperatura durante el proceso de calentamiento no es constante, es distinta para cada instante de tiempo.

Por tanto, no se puede hacer uso de las ecuaciones convencionales de transmisión de calor que admiten régimen isotérmico, se debe utilizar una ecuación de estado inestable apropiada que tome en consideración el tiempo requerido para cambiar la temperatura del lote y emplee una diferencia de temperatura que varíe con el tiempo:

$$\mathrm{Ln}\ \frac{T_1 - t_1}{T_1 - t_2} = \frac{U\,A\,\varphi}{W\,C_{pf}}$$

donde:

T_1 = temperatura del fluido caliente de entrada (ºC)

t_1 = temperatura del fluido frío de entrada (ºC)

t_2 = temperatura del fluido frío de salida (ºC)

U = coeficiente global de transferencia de calor (Kcal/h.m^2.ºC)

A = área de intercambio (m^2)

W = masa del fluido en el reactor (Kg)

C_{pf} = calor específico del fluido frío (Kcal/Kg.ºC)

φ = tiempo de calentamiento (h)

El proceso consiste en calcular el tiempo que se necesita para calentar la mezcla inicial desde temperatura ambiente (20ºC) hasta su temperatura de ebullición (109ºC).

Se conocen todos los parámetros, excepto φ, y por tanto aplicando los demás valores y sustituyendo en la ecuación, se obtiene su valor, que se muestra en la siguiente tabla:

T_1 (ºC)	t_1 (ºC)	t_2 (ºC)	U (Kcal/m².ºC.h) (capítulo 3, apartado 1.3.2)	A (m^2) (capítulo 3, apartado 1.3.3)	W (Kg) (capítulo 1, apartado 2)	C_{pf} (Kcal/Kg.ºC) (capítulo 3, apartado 1.3.1)
120	20	109	32,883	5,98	2.317	0,141

Se obtiene

φ = 3,67 h =3 h y 40 min

Cálculo del flujo de calor (q')

Conociendo el tiempo de calentamiento se puede promediar el calor total intercambiado (ver capítulo 3, apartado 1.3.1), y calcular el flujo de calor total intercambiado.

q' (Kcal/h) = q (Kcal) / φ (h)

Aplicando esta ecuación se obtiene:

q (Kcal)	φ (h)
404170,5522	3,67

se tiene

q' = 110128,2159 Kcal/h

Cálculo del flujo de calor por unidad de área (Θ)

Este valor se calcula dividiendo el flujo de calor obtenido en el apartado anterior por el área de intercambio.

Una vez calculado el flujo de calor por unidad de área, se comprueba que se cumplen las restricciones de la transmisión de calor en ebullición, que para el caso de líquidos orgánicos en circulación natural, el flujo máximo admisible era de: $\Theta_{máx}$ = 54000 Kcal/h.m^2. Luego q'/A debe ser menor q ese valor.

$$\Theta\ (\text{Kcal/h.m}^2) = \frac{q'(\text{Kcal/h})\ \text{(ver capítulo 3, apartado 1.3.3)}}{A\ (\text{m}^2)}$$

Por tanto, aplicando la ecuación anterior:

Θ (Kcal/h.m^2) = 110.128 (Kcal/h) / 5,98 (m^2)

Θ (Kcal/h.m^2) = 18.416

Se verifica que el flujo de calor por unidad de área es menor que el flujo máximo admisible para las condiciones que respectan:

18.416 Kcal/h.m^2 < 54.000 Kcal/h.m^2

Cálculo de la temperatura de salida del fluido calefactor (T_2)

La temperatura de salida del fluido caliente T_2 , vapor de agua en este caso, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$q' = m_h \cdot C_{ph} \cdot (T_1 - T_2)$$

donde:

q' = flujo de calor total intercambiado (Kcal/h)

m_h = caudal másico del fluido caliente (Kg/h)

C_{ph} = calor específico a presión constante del fluido caliente (Kcal/Kg.ºC)

T_1 = temperatura de entrada del fluido caliente (ºC)

T_2 = temperatura de salida del fluido caliente (ºC)

El inconveniente que se encuentra es que el calor específico a presión constante C_{ph} ha de calcularse a la temperatura media entre la entrada y la salida, para la cual se necesita conocer primero T_2. Para solucionarlo, se hace un cálculo iterativo de la siguiente manera:

1. *Se calcula C_{ph} a la temperatura de entrada y con este valor se calcula T_2*

2. *Se hace la media entre T_2 calculado en el paso anterior y T_1, se calcula C_{ph} para esta nueva temperatura, y con este valor se calcula un nuevo valor de T*

3. *Se vuelve a hacer la media entre T_2 calculado en el paso anterior y T_1, y se calcula C_{ph} para esta nueva temperatura*.

El proceso iterativo se detiene cuando coincidan C_{ph} de un paso con el del paso anterior y lo mismo con las temperaturas de salida T_2.

Para el cálculo de C_{ph} (Kcal/Kg.ºC) se utiliza la expresión que se describe a continuación, con los valores correspondientes para los coeficientes A, B, C y D (ver capítulo 3, apartado 1.3.1), dados para el agua. Una vez calculado C_{ph} en J/mol.K, se divide entre el peso molecular del agua (18 Kg/Kmol) y se hace la conversión de Julios a Kilocalorías para finalmente obtener C_{ph} en Kcal/ Kg.ºC.

$$\mathbf{C_p = A + B.T + C.T^2 + D.T^3}$$

donde C_p viene dado en J/mol.k y la temperatura T en grados Kelvin.

Para :

$\mathbf{T_1}$ = 120 ºC

$\mathbf{m_h}$ = 3500 Kg/h

q' = 110128,2159 Kcal/h

Los resultados se exponen en la siguiente tabla:

Nº Iteración	T_{media} ***(ºC)***	T_{media} ***(K)***	C_{ph} ***(J/mol.k)***	C_{ph} ***(Kcal/Kg.ºC)***	T_2 ***(ºC)***
1	120	383,15	20,93	0,2791	7,62
2	62,81	335,96	26,26	0,35	30,09
3	75,04	348,19	25,03	0,33	24,65
4	72,32	345,47	25,32	0,34	27,45
5	73,73	346,88	25,17	0,33	26,24
6	73,12	346,24	25,24	0,33	26,24

Por tanto, la temperatura de salida del vapor de agua condensado, es de:

T_2 = 26,24 º C

1.3.5. Resumen de los resultados

A continuación, se resumen en una tabla los resultados obtenidos de la transmisión de calor:

m_h (Kg/h)	3.500
T_1 (ºC)	120
T_2 (ºC)	26,24
U (Kcal/m^2.h.ºC)	32,884
A (m^2)	5,98
q' (Kcal/h)	110.128
Θ (Kcal/h.m^2)	18.416
t_1 (ºC)	20
t_2 (ºC)	109
q (Kcal)	404.170
W (Kg)	217
φ (h)	3,67

1.4. ***DISEÑO MECÁNICO***

Los criterios de diseño son los reflejados en el *Código ASME Sección VIII División I*, para el diseño y construcción de equipos sometidos a vacío, baja, media y alta presión.

Tanto el fondo o cabezal inferior del tanque como la carcasa del extractor-reactor, están rodeados por la camisa que contiene el vapor de calentamiento, por tanto se encuentran sometidos a una presión externa de 2 atmósferas. El diseño mecánico de estos dos componentes se hace en función de dicha presión externa.

Sin embargo, el cabezal superior no se encuentra rodeado por la camisa, y por tanto no se encuentra sometido a presión externa. Este cabezal se diseña bajo presión interna.

1.4.1. ***Datos básicos***

1.4.1.1. Presión de diseño

Se definen dos presiones de diseño distintas, una para el diseño de los componentes que se encuentran sometidos a presión externa (carcasa y cabezal inferior), y otra para los que se encuentran a presión interna (cabezal superior)

Interna:

La presión de diseño interna debe ser en todo caso mayor que la presión máxima de operación o servicio. Su valor se fija como el mayor de:

- **$P_D \geq 1{,}1$.Presión máxima de operación** (Kg/cm^2)
- **$P_D \geq$ máxima de operación + 2 Kg/cm^2**
- **$P_D \geq 3{,}5$ Kg/cm^2**

La presión máxima que se puede alcanzar durante la operación es:

$P_{máx}$ = 3atm= 303975 Pa = 3,09966 Kg/cm^2

Y la presión de diseño se calcula como:

a) $P_D = 1{,}1.P_{máx} = 1{,}1 \cdot 3{,}1 = 3{,}41$ Kg/cm^2

b) $P_D = 3{,}1 + 2 = 5{,}1$ Kg/cm^2

c) $P_D = 3{,}5$ Kg/cm^2

El mayor valor obtenido es el último, por tanto:

P_D = 5,09966 Kg/cm^2 = 4,936 atm

Externa:

La P_D externa debe ser en todo caso mayor que la presión máxima de operación o servicio. Su valor se fija como el mayor de:

- $P_D \geq 1{,}1 \cdot P_{máx}$ (Kg/cm^2)
- $P_D \geq P_{máx} + 2$ Kg/cm^2
- $P_D \geq 3{,}5$ Kg/cm^2

La $P_{máx}$ de operación es de:

$$\mathbf{P_{máx} = 2atm = 2{,}066\ Kg/cm^2}$$

Por tanto:

a) $P_D = 1{,}1 . P_{máx} = 2{,}273$ Kg/cm^2

b) $P_D = P_{máx} + 3$ Kg/cm^2 = 4,066 Kg/cm^2

c) $P_D = 3{,}5$ Kg/cm^2

$$\mathbf{P_D = 4{,}066\ Kg/cm^2 = 3{,}935\ atm}$$

El mayor valor obtenido es el segundo, por tanto:

1.4.1.2. Temperatura de diseño

La temperatura de diseño debe ser superior a la máxima temperatura que se produzca durante la operación, y es habitual adoptar como temperatura de diseño el valor de:

$$\mathbf{T_D = Temperatura\ máxima\ de\ operación + 20\ ºC}$$

La máxima temperatura que se origina durante la operación es:

$$T_{máx} = 109\ ºC = 382,15\ K$$

Luego:

$$T_D = 109\ ºC + 20\ ºC = 129\ ºC = 412,15\ K = 220,2\ ºF$$

1.4.1.3. Material

El material de construcción seleccionado para el extractor-reactor encamisado es el ACERO AL CARBONO SA-283 C.

1.4.2. ***Carcasa***

La carcasa tiene forma cilíndrica y disposición vertical.

El espesor de la misma se calcula bajo la presión externa provocada por la camisa de vapor que rodea al tanque.

El procedimiento de cálculo para carcasas cilíndricas de relación de $d_o/\varepsilon \geq 10$ (donde d_o = diámetro externo y ε= espesor pared) es el siguiente:

1. Se estima un espesor inicial t según especificaciones
2. Se determinan los valores de las siguientes relaciones geométricas:

   L/D_o y D_o/ε (donde L = longitud)

3. Con las relaciones geométricas anteriores, y con la ayuda de la gráfica mostrada, se determina el valor de " A". Nota:

   - si la relación $L/D_o > 50$ tomar 50
   - si la relación $L/D_o < 0,05$ tomar 0,05

4. Tomando el valor de "A" y utilizando la gráfica relativa al material (aceros inoxidables), se calcula el valor de "B" en función de la temperatura de diseño.

Nota:

- para valores de A a la izquierda de la gráfica de material/temperatura se adopta como presión de trabajo:

$$Pa = \frac{2 .A . E}{3. (D_0/t)} \quad \text{en psi}$$

- para el resto de los casos, el valor de la presión máxima admisible de trabajo será:

$$Pa\ (psi) = \frac{4. B}{3. (D_0/t)}$$

5. Una vez calcula la máxima presión externa admisible, se compara con la de diseño:

   - si $Pa \geq P_D$: espesor inicial válido
   - si $Pa \leq P_D$: espesor inicial no válido, se procede a aumentar el valor del mismo y recalcular Pa, o bien instalar unos anillos rigidizadores colocados circunferencialmente alrededor del recipiente y a una distancia tal que su efecto se solape entre ellos.

1.4.2.1. *Espesor*

1º. Espesor inicial

Se estima un espesor inicial según las especificaciones para el caso del acero al carbono:

Especificación: $\varepsilon_{a.c.} = 5 + C$ (mm)

C = sobreespesor de corrosión = 3mm

Luego:

Espesor inicial: $\varepsilon = 8$ mm

2º. Cálculo de relaciones geométricas: L/D_0 y D_0/ε

D_0 = diámetro externo

ε = espesor inicial

L = longitud de la carcasa

El diámetro externo D_0 se calcula a partir del diámetro interno D y el espesor inicial:

$$D_0 = D_i + 2.\ \varepsilon$$

D_i (mm) (ver capítulo 3, apartado 1.1.1)	**ε (mm)**	**D_0 (mm)**	**L (mm)** (ver capítulo 3, apartado 1.1.1)	**L/D_0**	**D_0/ε**
1.120	8	1.136	1.700	1,5	142

Se comprueba que $D_0/\varepsilon \geq 10$, luego se puede aplicar el procedimiento de cálculo.

3º. Cálculo del factor A'

Con las relaciones geométricas anteriores y utilizando la gráfica de L/D_0 frente D_0/ε, disponible en anexo, se obtiene:

A' = 0,0005

4º. Cálculo del factor B'

Para :

- Temperatura de diseño: T_D = 220,2 ºF

  (ver capítulo 3, apartado 1.4.1.2)

- Factor A': A' = 0,0005

Utilizando la gráfica de factor de A frente a la temperatura para aceros al carbono, disponible en anexo, se tiene que:

B' = 6.600 psi

5º. Cálculo de Pa:

Utilizando la expresión dada anteriormente, se obtiene que:

4x B / 3 x(D_0/t) = 4 x 6.600 / 3 x (1.136 /8) = 61,97 psi => **4.21atm**

6º Comprobación de cálculos

Se verifica que la presión máxima admisible es mayor que la presión de diseño, por tanto, el espesor estimado inicialmente es válido:

$$Pa \geq P_D$$

61,97 > 57, 838 ⟹ Espesor válido

Espesor carcasa:

ε = 8 mm

1.4.2.2. *Diámetro externo*

El diámetro exterior del reactor viene dado por el diámetro calculado anteriormente, más el espesor del material:

$$D_0 = Di_{\text{(ver capítulo 3, apartado 1.1.1)}} + 2.\ \varepsilon$$

Por tanto:

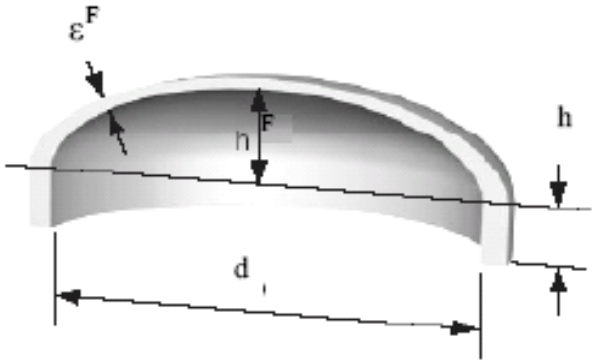
$$\mathbf{D_0 = 1120 + 2.\ 8 = 1136\ mm}$$

1.4.2.3. *Construcción*

La carcasa se construye mediante chapas soldadas a tope, según se indica en el código ASME.

1.4.3. ***Fondos***

Los fondos o cabezales son de tipo elíptico o elipsoidal, tanto el fondo inferior como el superior. En este tipo de fondos, la mitad del semieje menor es igual a un cuarto del diámetro interior del mismo.



1.4.3.1. *Espesores*

Fondo superior

El espesor mínimo para el cabezal o fondo superior se calcula teniendo en cuenta que se encuentra bajo presión interna.

El espesor para este tipo de fondos viene dado por la expresión siguiente:

$$\varepsilon^F = P_D \cdot d / (2 \times \sigma \times E - 0{,}2 \cdot P_D)$$

donde:

$\boldsymbol{\varepsilon^F}$ = espesor del fondo (in)

$\mathbf{P_D}$ = presión de diseño (psi)

D = diámetro interior (in)

$\boldsymbol{\sigma}$ = tensión admisible (psi)

E = eficiencia de la soldadura

La tensión admisible es igual para este caso a la tensión máxima admisible ($\sigma_{máx}$), la cual se encuentra tabulada en la bibliografía para cada material a diferentes T (ver tabla en anexo: “propiedades de los materiales: acero al carbono y de bajo contenido de elementos de aleación”)

Como se observa en la tabla, para el material seleccionado, acero al carbono SA-283 C, se tiene que la tensión máxima admisible para el intervalo de T = 220,2 F es de 12.700 psi.

Por tanto:

$$\sigma = \sigma_{máx} = 12.700 \text{ psi}$$

La eficiencia de la soldadura E toma el valor de uno y radiografía completa (según la tabla de juntas soldadas; ver tabla en anexo)

Por tanto, tomando los valores que se resumen en la tabla siguiente y sustituyéndolos en la ecuación del espesor, se obtiene:

P_D (psi) ***(ver capítulo 3, apartado 1.4.1.1)***	***D (in)*** ***(ver capítulo 3, apartado 1.1.1)***	***σ (psi)***	***E***
57,838	44,09	12.700	1

Resultando

ε^F (mm)
2,55

Sumándole a este valor el sobreespesor por corrosión (C=3mm), se obtiene que el espesor mínimo es:

ε = 5,55 mm

Fondo inferior

El fondo o cabezal del extremo inferior se encuentra rodeado por la camisa por la que circula el vapor de calefacción, y por tanto, se encuentra sometido a presión externa.

Para el cálculo de fondos elípticos bajo presión externa, se procede como sigue:

1. Se estima un espesor inicial ε según especificaciones

2. Se obtiene el valor del factor A', a partir de la siguiente ecuación:

$$A' = 0{,}25 / K \times (r_0 / \varepsilon)$$

donde:

K = coeficiente geométrico, que para el caso de fondos elípticos es igual a 0,9

$\mathbf{r_0}$ = radio exterior de la carcasa (mm)

ε = espesor inicial (mm)

Para el caso de fondos elípticos 2:1, el valor del coeficiente K es 0,9.

3. Tomando el valor de A' y utilizando la gráfica relativa al material (aceros al carbono), se calcula el valor de B' en función de la T de diseño.

4. Se calcula la presión externa máxima admisible P_A, según la ecuación:

$$P_A \text{ (psi)} = B' / (r_0 / \varepsilon)$$

5. Una vez calculada la máxima presión externa admisible, se compara con la de diseño:

   - si $P_A \geq P_D$: espesor inicial válido
   - si $P_A \leq P_D$: espesor inicial no válido, se procede a aumentar el valor del mismo y recalcular P_A.

1º Espesor inicial

Se estima un espesor inicial según las especificaciones para el caso del acero al carbono:

Especificación: $\varepsilon_{a.c.} = 5 + C$ (mm)

C = sobreespesor de corrosión = 3 mm

Luego:

Espesor inicial: ε= 8mm (0,315 mm)

2º Cálculo del factor de A'

Aplicando la ecuación que se ha mostrado anteriormente, se obtiene que:

K	***ε (mm)***	***r_0 (mm)*** *(ver capítulo 3,apartado 1.4.2.2)*	***A'***
0,9	8	568	$3{,}91.10^{-3}$

3º Cálculo del factor B'

Para:

Temperatura de diseño: T_D = 220,2 F

(ver capítulo3, apartado 1.4.1.2), y

Factor de A' : A'= $3{,}91.10^{-3}$

Utilizando la siguiente gráfica para aceros al carbono, se tiene que:

B' = 11000 psi

(ver gráfica en anexo de **FACTOR A frente a FACTOR B**)

4º Cálculo de P_A:

Utilizando la expresión dada anteriormente, se obtiene que:

r_0/ε	B' (psi)	P_A (psi)
71	11000	155

5º Realizamos las comprobaciones:

Se verifica que la presión máxima admisible es mayor que la presión de diseño, por tanto el espesor estimado inicialmente es válido:

$$P_A \geq P_D$$

$$155 \text{ psi} > 57{,}838 \text{ psi} \Longrightarrow \text{Espesor válido}$$

Por tanto, el espesor del fondo elíptico inferior es:

ε = 8 mm

1.4.3.2. *Construcción*

Ambos fondos o cabezales son fabricados sin costuras. Se construyen según indica el Código ASME a partir de chapa, a la que mediante estampación se le da la forma deseada.

1.4.4. Faldilla

En todos los fondos se realiza la transición de una figura bombeada a otra cilíndrica, que es la carcasa; esta línea de transición denominada justamente línea de tangencia se encuentra sometida a grandes tensiones axiales que se traducen en fuertes tensiones locales y éste resulta ser el punto más débil de todo el recipiente; por esta razón no es aconsejable realizar la soldadura de unión fondo-carcasa a lo largo de esta línea. Para evitar esta coincidencia, los fondos bombeados (y algunos cónicos) se construyen con una parte cilíndrica, denominada pestaña o faldilla, cuya

altura mínima “h” varía según la Norma o Código de Cálculo utilizado, pero en general deberá ser no menor que el mayor de los siguientes valores con un valor máximo de h = 100 mm:

$$h \geq 0{,}3.(d_0.\varepsilon^F)^{0,5}$$

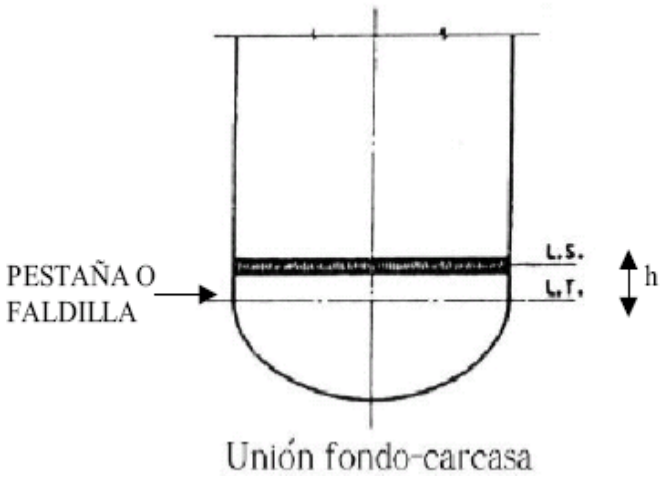
$$h \geq 3 . \varepsilon^F$$

$$h \geq 25 \text{ mm}$$

siendo:

ε^F = espesor de fondo (mm)

d_0 = diámetro exterior del recipiente (mm) (ver capítulo 3, apartado 1.4.2.2)



Haciendo los cálculos:

- $h \geq 0{,}3. (1136.8)^{0,5} = 28{,}59$ mm
- $h \geq 3. 8 = 24$ mm
- $h \geq 25$ mm

Siendo el mayor de ellos h = 28,59 mm; y la altura mínima de la faldilla es por tanto de ≈ 28,6 mm.

1.4.5. Camisa

1.4.5.1. *Espesor*

La camisa de calefacción se encuentra rodeando la carcasa del extractor-reactor y el fondo o cabezal inferior. Luego la propia camisa estará compuesta por una carcasa de mayor diámetro que la del reactor, y un fondo inferior también de mayor diámetro.

Se calcula el espesor de la misma bajo la presión interna del vapor circulante para las dos partes por separado (carcasa de camisa y fondo inferior de la misma).

Carcasa

El espesor de la misma se calcula teniendo en cuenta tanto los esfuerzos longitudinales (δ_x) como los esfuerzos circunferenciales (δ_Φ), tomándose el mayor valor de los dos. Y el espesor mínimo es igual al espesor calculado en el paso anterior más un sobreespesor de corrosión, que en el caso de aceros al carbono es de 3 mm.

- *Esfuerzo circunferencial (δ_Φ)*

  El espesor viene dado por la siguiente expresión:

$$\varepsilon_\Phi = (P_D \times r) / (\sigma.E – 0,6. P_D)$$

donde:

$\mathfrak{E}_{\Phi}$ = espesor (in)

$\mathbf{P_D}$ = presión de diseño externa (psi)

r = radio interior (in)

$\boldsymbol{\sigma}$ = tensión admisible (psi)

E = eficiencia de la soldadura

Se consideran los siguientes valores:

- La presión de diseño (P_D) es la calculada anteriormente en capítulo 3 apartado 1.4.1.1, como presión externa con sus correspondiente unidades, y el radio interior (r) (ver capítulo 3, apartado 1.1.1) convirtiendo las unidades a pulgadas.

- La tensión admisible σ es igual para este caso a la tensión máxima admisible ($\sigma_{máx}$), la cual se encuentra tabulada en la bibliografía para cada material a diferentes temperaturas. Para el material que se ha seleccionado para el diseño del reactor (acero al carbono SA-283 C), se tiene que la tensión máxima admisible en el intervalo de temperaturas de -20 a 650 F es de 12.700 psi.

$$\sigma = \sigma_{máx} = 12.700 \text{ psi}$$

- La eficiencia de la soldadura E toma el valor de E=1 para tipo de junta 1 y radiografía completa.

Se toman los valores que se resumen en la siguiente tabla, y se sustituyen en la expresión:

$\mathbf{P_D}$ **(psi)**	**r (in)**	$\boldsymbol{\sigma}$ **(psi)**	**E**
57,838	22,05	12700	1

Resultando

ε_{Φ} (mm)
2,56

- *Esfuerzo longitudinal (* δ_x *)*

El espesor viene dado por la siguiente expresión:

$$\varepsilon_x = (P_D \times r) / (2.\sigma.E + 0{,}4.P_D)$$

Sustituyendo los valores dados en la tabla anterior, se tiene que en este caso el valor del espesor es de:

ε_x (mm)
1,27

Espesor mínimo (ε_{min}):

Como espesor mínimo se toma el mayor valor de los dos calculados anteriormente, es decir el obtenido bajo esfuerzo circunferencial, y se le suma el sobreespesor de corrosión C = 3 mm

$$\varepsilon_{min} = 2{,}56 + 3 = 5{,}56 \text{ mm} \Longrightarrow \qquad \varepsilon_{min} \approx \mathbf{5{,}6\ mm}$$

Fondo inferior:

El espesor mínimo para fondos elípticos viene dado por la expresión siguiente:

$$\varepsilon^{F} = P_D.d / (2.\sigma.E - 0{,}2.P_D)$$

donde:

ε^F = espesor del fondo (in)

P_D = presión de diseño (in)

d = diámetro interior (in)

σ = tensión admisible (psi)

E = eficiencia de la soldadura

La presión de diseño (P_D) es la calculada en el capítulo 3 apartado 1.4.1.1., como presión externa en sus correspondientes unidades; y el diámetro interior (d) se obtiene a partir del radio interior, convirtiendo las unidades a pulgadas (ver capítulo 3, apartado 1.1.1)

La tensión admisible σ es igual para este caso a la tensión máxima admisible ($\sigma_{máx}$), la cual se encuentra tabulada en la bibliografía para cada material a diferentes temperaturas . Para el material que se ha seleccionado en el diseño del reactor (acero al carbono SA-283-C) se tiene que la tensión máxima admisible en el intervalo de temperatura de -20 a 650 ºF es de 12700 psi.

$$\sigma = \sigma_{máx} = 12700 \text{ psi}$$

Por último la eficiencia de la soldadura E toma el valor de E = 1 para tipo de junta 1 y radiografía completa.

Se toman los valores que se resumen en la siguiente tabla, y se sustituyen en la expresión:

P_D (psi)	d (in)	σ (psi)	E
57,838	44,1	12.700	1

ε^F (mm)
2,5

Se le suma a este valor el sobreespesor por corrosión (C = 3 mm), se tiene que el espesor mínimo es de:

$$\varepsilon \approx 5{,}5 \text{ mm}$$

1.4.5.2.*Diámetro externo*

El diámetro exterior de la camisa viene dado por el diámetro calculado anteriormente (Di) más el espesor del material calculado en capítulo 3 apartado 1.4.5.1.

$$D_0 = Di + 2.\varepsilon_{min}$$

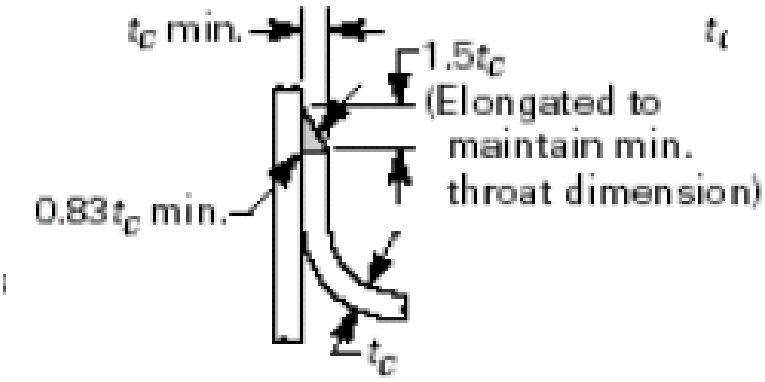
Por tanto, sustituyendo valores:

$$D_0 = 1136 + 2.5{,}5 = 1147 \text{ mm}$$

1.4.6. Unión camisa-reactor

En la parte superior de la carcasa del reactor, la pared de la camisa se une mediante soldadura a la pared de este.

Para el tipo de camisa que se diseña, catalogada del tipo 2 por el *Código Asme Sección VIII División I* en su *Apéndice 9*, la geometría de la soldadura es la que se muestra en la siguiente figura:



donde:

$t_{c\ min}$ = espesor mínimo de pared de camisa (calculado en el apartado 1.4.5.1.)

$$t_{c\ min} = 5{,}5 \text{ mm}$$

Las dimensiones mínimas de la soldadura entre las dos paredes como se muestra en la figura se calculan como:

- **0,83. $t_{c\ min}$ = 4,565 mm**
- **1,5. $t_{c\ min}$ = 8,25 mm**
- **$t_{c\ min}$ = 5,5 mm**

Luego las dimensiones de la soldadura que recomienda el código para este tipo de camisa, no deben ser menores que los valores indicados.

1.4.7. Aislamiento

Con el objetivo de minimizar las pérdidas de calor que se producen a través de las paredes del reactor encamisado hacia el medio exterior, lo cual se traduce en una pérdida energética y por tanto económica, se procede a aislar térmicamente el equipo.

Como material aislante térmico se selecciona la lana de vidrio por las razones que se exponen en la memoria (ver capítulo 3, apartado 4.7)

Para el aislamiento de depósitos, tanques y tuberías de gran diámetro, la lana de vidrio se presenta en lo que se conoce como lamelas, que son una especie de mantas constituidas por lamas de lana mineral, de gran resistencia mecánica a la compresión. Estas lamas o tiras fabricadas con lana mineral de primera clase, se sitúan con las fibras alineadas en vertical, una junto a la otra, y se pegan sobre un soporte de lámina de aluminio que actúa como barrera de vapor muy eficiente.

Este tipo de mantas de aislamiento están estudiadas para ser usadas hasta una temperatura de 400 C por una de sus caras, manteniendo la cara opuesta a temperatura ambiente.

Se suministra en forma de rollos, embalada con polietileno extirable. Las dimensiones que se ofrecen se observan en la siguiente tabla proporcionada por el fabricante:

Espesor (mm)	Largo* (m)	Ancho* (m)
50	5,00	0,60
70	3,50	0,60

El espesor seleccionado para este caso concreto es el primero de ellos, por ser el más económico y puesto que las temperaturas que se alcanzan no son demasiado acusadas:

Espesor Aislante : 50 mm

1.4.8. Prueba hidráulica

Todos los recipientes sometidos a presión deben ser comprobados antes de su puesta en operación.

La comprobación consiste en ensayos no destructivos tales como radiografiados, comprobación con líquidos penetrantes y partículas magnéticas de las soldaduras, y una prueba hidráulica del recipiente a una presión mayor que la del proyecto.

Todo recipiente debe ser diseñado para resistir las pruebas hidráulicas siguientes:

- prueba en el taller del fabricante, la cual se realizará con el recipiente en su posición de fabricación si no es posible realizarla en su posición de operación, y estará de acuerdo con el código ASME VIII División I y con el RAP (Reglamento de Aparatos a Presión) y su Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP-6.

- prueba inicial en el lugar de la instalación, la cual se realizará con el recipiente en su posición de operación y de acuerdo con ASME VIII División I y con el RAP y su Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP-6.

- pruebas periódicas que se realizarán de acuerdo con el RAP y su Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP-6.

Al ser un recipiente encamisado, se calculan dos presiones de pruebas hidráulicas distintas, una para la prueba del recipiente en sí, y otra para la camisa.

1.4.8.1.*Presión de prueba inicial*

El valor mínimo de la presión de prueba hidráulica según el Código ASME VIII División I, se determina por:

$$P_{hmin} = 1{,}5 \cdot P_D \cdot (\sigma_{máx,a} / \sigma_{máx})$$

donde:

- $\mathbf{P_{hmin}}$ = presión de prueba hidráulica mínima (Kg/cm^2)
- $\mathbf{P_D}$ = presión de diseño (Kg/cm^2)
- $\boldsymbol{\sigma_{máx,a}}$ = tension maxima admissible del material a la temperatura ambiente (Kg/cm^2)
- $\boldsymbol{\sigma_{máx}}$ = tensión máxima admisible del material a la temperatura de diseño (Kg/cm^2)

La presión de diseño tanto para la camisa como para el propio reactor, es: 4,066 Kg/cm^2 (ver capítulo3, apartado 1.4.1.1). Puesto que la presión de diseño es la misma para la camisa que para el extractor-reactor, y el material de construcción también es el mismo, la presión mínima de prueba hidráulica también coincide en ambos casos.

La tensión máxima admisible para acero al carbono SA-283-C es de 12700 psi en el intervalo de temperatura de 0 a 100 ºF, luego:

$$\sigma_{máx,a} = \sigma_{máx} = 12.700 \text{ psi}$$

Por tanto:

P_D (Kg/cm^2)	$\sigma_{máx,a}$ (Kg/cm^2)	$\sigma_{máx}$ (Kg/cm^2)	P_{hmin} (Kg/cm^2)
4,066	892,9	892,9	6,1

1.4.8.2.*Presión de prueba periódica*

El reglamento español de aparatos a presión (RAP) requiere, además de una prueba inicial, otra periódica a una presión de:

$$P_{hmin} = 1{,}3.P_D.\ (\sigma_{máx,a} / \sigma_{máx})$$

Sustituyendo los valores de la tabla anterior, se obtiene:

$$\mathbf{P_{hmin} = 5{,}28 \text{ Kg/cm}^2}$$

1.5. SOPORTES DE APOYO DEL TANQUE

Las patas de apoyo son perfiles IPN de acero al carbono tipo A42 con una tensión de compresión admisible σ_{adm} = 1500 Kg/cm^2.

La longitud de las mismas son tal que la altura que queda entre el suelo y el fondo inferior del tanque sea de unos 90 cm con el fin de facilitar la instalación y desmontaje de la conexión de salida.

El cálculo mecánico consiste en comprobar que las tensiones de compresión debidas al peso total sobre cada pata de apoyo más el pandeo debido al momento producido por la carga de viento, sea en cualquier caso inferior a la σ máxima admisible del material, quedando que:

$$\sigma_c = W \times (P / A) + (M / W) < \sigma_{adm}$$

donde:

- $\boldsymbol{\sigma_c}$ = tensión de compresión total, en Kg/cm^2
- **P** = peso total soportado por cada pata de apoyo
- **A** = área transversal del perfil, en cm^2
- **W** = coeficiente de seguridad por pandeo
- **M** = momento en la base de la pata debido a la carga del viento, en Kg.m
- $\mathbf{W_Z}$ = momento resistente, en cm^3

Para determinar el coeficiente de seguridad del pandeo, se necesita el coeficiente de esbeltez del perfil con el que entrar en la tabla correspondiente (ver anexo). Se obtiene que:

$$\lambda = I_p / R_z$$

donde:

- $\mathbf{l_p}$ = longitud de pandeo, en cm
- $\mathbf{R_z}$ = radio de giro, en cm

Considerando en cada caso el perfil como columna empotrada en la base y libre en el extremo, se obtiene que la longitud de pandeo l_p= 21 (ver tablas al final del anexo de cálculo)

Partiendo de un perfil IPN-80 de 1,3 m de longitud se tiene que según las tablas correspondientes:

- $\mathbf{l_p}$ = 2. 1,3 = 2,6 metros
- $\mathbf{R_z}$ = 3,2 cm
- **A** = 7,58 cm^2
- $\mathbf{W_z}$ = 19,5 cm^3

De esta forma se tiene que el coeficiente de esbeltez λ = 260/3,2 = 81,25, y para un acero de tipo A42 se obtiene por las tablas que W=1,53.

Por otro lado, se desprecia el momento creado por la carga de viento, ya que el equipo se encuentra bajo techo, y no está sometido a ninguna fuerza exterior.

Por tanto, se considera la fórmula como:

$$W \times (P / A) \leq \sigma_{adm}$$

El peso total sobre cada apoyo será:

P total = P recipiente + P líquido contenido = 3.000 kg + 2.316 Kg = 5.316 Kg

Por tanto, el peso por apoyo será:

P por apoyo = 5.316 / 4 = 1329 Kg

Se tiene que la tensión de compresión total para el IPN-80 es:

$$\sigma_c = 1{,}53 \times (1.329 \ / \ 7{,}58) = 268{,}3 \text{ Kg/cm}^2 < 1500 \text{ Kg/cm}^2$$

Como la tensión de compresión obtenida es menor que la admisible, el perfil es resistente.

Por tanto, los dispositivos de apoyo son cuatro patas perfil IPN-80 soldadas directamente a la carcasa y con el nervio perpendicular a la superficie del recipiente.

CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LOS AGITADORES INTERNOS

1. AGITADORES

El éxito de muchos procesos depende de una eficaz agitación y mezcla de los fluidos que intervienen.

Para el caso de suspensión de partículas sólidas en un extractor-reactor agitado, se dispone de algunas correlaciones aproximadas para el cálculo de la potencia necesaria. En una suspensión agitada de sólidos que sedimentan libremente y para velocidades moderadas del agitador, algunas partículas no alcanzan nunca la superficie del líquido. Con frecuencia, los sólidos son elevados solamente a una altura máxima Z_s sobre el fondo del extractor-reactor. Por encima de esa altura el líquido está libre de sólidos. A medida que aumenta la velocidad de agitación, Z_s aumenta, hasta alcanzar un valor H, igual a la altura del líquido.

1.1. ***Cálculo de la potencia necesaria para poner en suspensión partículas sólidas***

Para su cálculo, use usa la ecuación empírica siguiente:

$$\frac{Pg_c}{g\rho_m V_m u_t} = (1-\epsilon_m)^{\frac{1}{3}}\left(\frac{D_t}{D_a}\right)^{\frac{1}{3}} e^{4,35\beta}$$

siendo:

$$\beta = \frac{Z_s - E}{D_t} - 0,1$$

y:

ρ_m= densidad de la suspensión sólido-líquido (lb/ft^3)

V_m = volumen de la suspensión sólido-líquido (ft^3)

u_t = velocidad límite de sedimentación de las partículas sólidas calculada por la ley de Stokes (ft/s)

ϵ_m = fracción del volumen de líquido ocupado por la suspensión

E = distancia que existe entre el rodete y el fondo del extractor-reactor (ft)

P = potencia necesaria para poner en suspensión partículas sólidas (ft-lb/s)

g_c = constante dimensional

g = constante de gravedad

Toman el mismo valor numérico: 9,81m^2/s=32,17 ft/s^2

D_t = diámetro del extractor-reactor interno (ft)

D_a = diámetro del rodete (ft)

Z_s = altura máxima de partículas en suspensión (ft)

Por tanto, el extractor-reactor consta de un rodete compuesto por tres agitadores situados a lo largo del equipo para poder realizar con mayor efectividad las siguientes funciones:

1. A una altura de 1420 mm desde fondo del extractor-reactor, se sitúa un agitador de hélice de tres palas con geometría de sierra en sus extremos, cuya función es de cortaespuma, para eliminar de este modo la espuma que se va formando durante el proceso químico, para así prevenir un escape de la misma hacía el exterior del extractor-reactor. Este agitador consta de tres hélices distanciadas

entre sí 120º, y cuya longitud es de 360 mm cada una. El eje tiene un diámetro de 100 mm, de tal manera que la distancia desde los extremos de los agitadores hasta el diámetro interior del extractor-reactor es de 150 mm. Los extremos de estos agitadores de hélice, presentan una anchura de un ½ de la longitud del mismo, por consiguiente es de 180 mm y la inclinación de los mismos es de 45º.

2. A una altura de 700 mm desde el fondo del extractor-reactor se sitúa otro agitador de hélice de tres palas de 360 mm de longitud, distanciadas entre sí una distancia de 120 C, y cuya función es la de agitar la mezcla durante todo el proceso. El diseño de estos agitadores es igual al del caso anterior, exceptuando que los extremos no se presentan en forma de sierra.

3. A una distancia de 300 mm del fondo inferior del extractor-reactor, se sitúa un agitador de paletas planas de dos palas, cuyo longitud es de 450 mm y la anchura de un 1/6 de su longitud, por tanto es de 75 mm. Su función es evitar la obstrucción del fondo del extractor-reactor por la decantación de los sólidos. Las paletas presentan una inclinación del 30 % para poder realizar su función con mayor efectividad.

Las partículas están en suspensión a una altura de 1 m máximo, punto en el cual se realiza el proceso de extracción-reacción propiamente dicho, y la potencia suministrada para ello viene dada por la ecuación anterior:

$$V_m = \acute{\Pi} \cdot D_t^2 \cdot Z_s / 4$$

siendo:

$\acute{\Pi}$ = número pi ≈ 3,141592654

D_t = diámetro del extractor-reactor

Z_s = altura máxima de partículas en suspensión

$$\varphi_m = (\ C + V_{LS}.\ \varphi_L\ )/\ V_m$$

donde :

$$V_{LS} = V_m - V_{SS}$$

siendo:

C= *cantidad de sólidos*

V_{LS} = *volumen de líquido en suspensión*

V_m = *volumen de la suspensión*

V_{SS} = *volumen de sólidos en suspensión*

φ_L = *densidad de la mezcla líquida*

$$\epsilon_m = V_{LS} / V_m$$

siendo :

V_{LS} = *volumen de líquido en suspensión*

V_m = *volumen de la suspensión*

$$U_t = g_c\ .\ D_p^{\ 2}\ .\ (\ \varphi_S - \varphi_L\ )\ /\ 18.\ \mu$$

siendo:

g_c = *constante dimensional*

D_p = *diámetro de las partículas*

φ_S = *densidad de las partículas*

φ_L = *densidad de la mezcla líquida*

μ = *viscosidad de la mezcla*

Diámetro del reactor (D_t)	1,120 m = 3,674 ft
Diámetro del rodete (D_a)	0,820 m = 2,690 ft
Altura máxima de partículas en suspensión (Z_S)	1m = 3,2808 ft
Distancia del rodete al fondo del tanque (E)	0,700m = 2,296 ft
Volumen de la suspensión (V_m)	20,873 ft^3
Densidad de la mezcla líquida (φ_L)	0,94 g/ml = 58,656 lb/ft^3
Densidad del sólido (φ_s)	3,81 g/ml = 237,744 lb/ft^3
Volumen de sólido en suspensión (V_{SS})	373,3 L = 13,183 ft^3
Volumen de líquido en suspensión (V_{LS})	7,687 ft^3
Densidad de la suspensión (φ_m)	1,144 lb/ft^3
Fracción en volumen del líquido en suspensión (ϵ_m)	0,3686
Diámetro de la partícula (D_p)	$3,41.10^{-4}$ ft
Viscosidad de la mezcla (μ)	$1,8910^{-3}$ lb/ft.s
Velocidad de aceleración de las partículas (g_c)	9,81 m/s^2 = 32,17 lb
Densidad de partículas (φ_s)	3,81 g/ml = 198,1 lb/ft^3
Velocidad de sedimentación (U_t)	0,019730682 ft.s
Cantidad de sólido (C)	1.422 Kg = 3.134,9412 lb
Coeficiente estequiométrico (β)	0,1679
Potencia necesaria para poner partículas en suspensión (P)	0,841 lb-ft.s = $1,53.10^{-3}$ hp

1.2. ***Cálculo de la velocidad de giro del rodete***

El cálculo de la velocidad de giro del rodete necesaria para suministrar esta potencia al líquido viene dado por la ecuación:

$$P = \frac{K_T n^3 D_a^5 \rho}{g_c}$$

donde:

n = *velocidad de giro del rodete*

K_T= *constante para diferentes tipos de rodetes (ver tabla)*

D_a= *diámetro del rodete*

φ= *densidad del líquido*

Tipo de rodete	K_L	K_T
Hélice (paso cuadrado, tres palas)	41,0	0,32
Hélice (paso igual a 2, tres palas)	43,5	1,00
Turbina (seis palas planas)	71,0	6,30
Turbina (seis palas curvadas)	70,0	4,80
Ventilador de turbina (seis paletas)	70,0	1,65
Paletas planas (dos palas)	36,5	1,70
Turbina cerrada (seis palas curvadas)	97,5	1,08
Turbina cerrada (con stator, sin placas deflectoras)	172,5	1,12

De la tabla anterior se obtiene que:

1.- Para turbina de hélice de cortaespuma y de agitador de tres palas, el valor de K_T es igual a 0,32. Por tanto:

$$n = (P \times g_c / K_T \times D_a^5 \times \varphi_L)^{1/3} = (0{,}841 \times 32{,}17/0{,}32 \times (2{,}690256)^5 \times 58{,}656)^{1/3}$$

Se obtiene:

n = **0,2171 rps = 13,025 rpm = 781,5 rph**

Para comprobar que la ecuación aplicada es la correcta y asegurar que en el interior del extractor-reactor el flujo es altamente turbulento, se debe de cumplir la siguiente condición:

$$N_{Re} > 10.000$$

Se define el número de Reynolds como:

$$N_{Re} = n.\ D_a^2\ .\ \varphi_L\ /\ \mu = 0{,}2171 \times 2{,}690256^{\ 2} \times 58{,}656\ /1{,}886\ 10^{-3} = 48.859{,}4$$

Puesto que N_{Re} > 10000, es aplicable la ecuación.

1.3. ***Material***

El material de construcción para los tres tipos de agitadores internos es el ACERO AL CARBONO SA-283 C.

CAPÍTULO 5. DISEÑO DE TUBERÍAS

El objeto de este capítulo es la propuesta y selección de un material, diámetro y espesor adecuados para las conducciones que forman parte de la unidad proyectada.

Esta selección se realiza únicamente a título orientativo, ya que una vez seleccionadas las características de la tubería, hay que efectuar un estudio más detallado para valorar los posibles fenómenos de pérdida de carga. Este cometido no podría llevarse a cabo hasta conocer en el momento del montaje, qué cantidad de accesorios serán necesarios en función de cómo sea la distribución en planta de los equipos.

Por estas razones, en este capítulo se propone de modo aproximado cuales podrían ser las características de las conducciones a utilizar.

1. Materiales

El material que se utiliza para la construcción de todas las tuberías del proceso que transportan líquido como vapor es **acero al carbono calmado del tipo A-106 Grado B**.

El límite máximo de temperatura para el empleo de este tipo de acero es de 538 C, según indica el código.

2. Diámetros nominales

Para obtener el diámetro nominal de cada una de las tuberías, se debe calcular en primer lugar el diámetro teórico para cada una de ellas. Éste, se puede estimar en función del caudal de fluido que circular por la conducción, y de la elección de una velocidad media de circulación del fluido, que normalmente se fija en base a la experiencia:

$$\overline{V} = Q / S$$

donde:

- **V** = *velocidad media de circulación del fluido (m/s)*
- **Q** = *caudal volumétrico (m^3/s)*
- **S** = *sección de la tubería (m^2)*

Las tuberías que se utilizan son cilíndricas, y su sección viene dada por la siguiente expresión:

$$S = \pi (d^2/4)$$

Sustituyendo ésta en la expresión anterior, y despejando el diámetro (d), queda:

$$d = (4 \times Q / y)^{0,5}$$

Este diámetro teórico se incrementa en un 10 % considerando que las tuberías tienen cierta flexibilidad y cierto margen en cuanto a capacidad, para trabajar a posibles caudales más elevados si las circunstancias así lo requiriesen.

Para obtener el diámetro nominal de las tuberías, una vez determinada el diámetro teórico para cada una de ellas, se selecciona mediante tablas el diámetro comercial (diámetro nominal) inmediatamente superior.

Las tuberías totales necesarias en la instalación son cuatro. En la tabla siguiente se enumeran y nombran cada una de ellas indicando el fluido que transportan, así como cuales son los equipos que conectan:

Nº Tubería	Inicio-Fin	Fluido transportado
1	Reactor-refrigerante	Líquido a alta temperatura
2	Refrigerante-muestreo	Líquido a baja temperatura
3	Reactor-depósito final	Líquido a baja temperatura

2.1. ***Tubería nº 1***

A través de esta conducción se obtiene una cantidad de muestra que se analiza posteriormente para asegurar que se alcanza el producto en las condiciones deseadas.

Para calcular el diámetro teórico de la misma, se necesita conocer los valores de velocidad media y caudal volumétrico del fluido que circula por ella.

La velocidad media se selecciona a través de la experiencia en función del tipo de fluido. En el siguiente cuadro se muestran las velocidades medias de circulación para distintos fluidos:

- Vapor de agua saturado o ligeramente recalentado a presión de 0 a 2 Kg/cm²	20 m/s
- Vapor de agua saturado o ligeramente recalentado a presión > 2 Kg/cm²	30 m/s
- Vapor de agua recalentado a presión < 14 Kg/cm²	50 m/s
- Vapor de agua recalentado a presión > 14 Kg/cm²	50-70 m/s
- Agua, en servicios normales	1,2-1,8 m/s
- Amoníaco líquido	1,8 m/s
- Amoníaco gas	30 m/s
- Aceites	1,5 m/s
- Cloro líquido	1,5 m/s
- Gas natural	30 m/s
- Hidrógeno	20 m/s
- Aire (0-2 Kg/cm²)	20 m/s
- Oxígeno (temperatura ambiente)	10 m/s
- Ácido sulfúrico	1,2 m/s
- Agua de mar (en tubería recubierta de goma)	1,5-2,4 m/s
- Agua de mar (en tubería recubierta de cemento)	1,5-3,5 m/s

Para el vapor que circula por esta tubería se selecciona una velocidad media igual a 20 m/s:

$$\overline{V} = 20 \text{ m/s}$$

El caudal volumétrico medio Q (m^3/h) que se toma es de 50 m^3/h.

Por tanto:

$\bar{V}$(m/s)	$\bar{Q}$ (m^3/h)	$\bar{Q}$ (m^3/s)	d (mm)	d (in)
20	50	0,014	29,7	1,19

Incrementando el valor obtenido un 10 %, el diámetro que resulta es de:

d = 2,0284 in => 52.68mm

Con este diámetro teórico obtenido, se selecciona el diámetro nominal a partir de la siguiente tabla de diámetro estandarizados para tuberías de acero:

Nominal pipe size, in	Outside diameter, in	Schedule no.	Wall thickness, in	Inside diameter, in	Cross-sectional area		Circumference, ft, or surface, ft²/ft of length		Capacity at 1-ft/s velocity		Weight of plain-end pipe, lb/ft
					Metal, in²	Flow, ft²	Outside	Inside	U.S. gal/min	lb/h water	
⅛	0.405	10S	0.049	0.307	0.055	0.00051	0.106	0.0804	0.231	115.5	0.19
		40ST, 40S	.068	.269	.072	.00040	.106	.0705	.179	89.5	.24
		80XS, 80S	.095	.215	.093	.00025	.106	.0563	.113	56.5	.31
¼	0.540	10S	.065	.410	.097	.00092	.141	.107	.412	206.5	.33
		40ST, 40S	.088	.364	.125	.00072	.141	.096	.323	161.5	.42
		80XS, 80S	.119	.302	.157	.00050	.141	.079	.224	112.0	.54
⅜	0.675	10S	.065	.545	.125	.00162	.177	.143	.727	363.5	.42
		40ST, 40S	.091	.493	.167	.00133	.177	.129	.596	298.0	.57
		80XS, 80S	.126	.423	.217	.00098	.177	.111	.440	220.0	.74
½	0.840	5S	.065	.710	.158	.00275	.220	.186	1.234	617.0	.54
		10S	.083	.674	.197	.00248	.220	.176	1.112	556.0	.67
		40ST, 40S	.109	.622	.250	.00211	.220	.163	0.945	472.0	.85
		80XS, 80S	.147	.546	.320	.00163	.220	.143	0.730	365.0	1.09
		160	.188	.464	.385	.00117	.220	.122	0.527	263.5	1.31
		XX	.294	.252	.504	.00035	.220	.066	0.155	77.5	1.71
¾	1.050	5S	.065	.920	.201	.00461	.275	.241	2.072	1036.0	0.69
		10S	.083	.884	.252	.00426	.275	.231	1.903	951.5	0.86
		40ST, 40S	.113	.824	.333	.00371	.275	.216	1.665	832.5	1.13
		80XS, 80S	.154	.742	.433	.00300	.275	.194	1.345	672.5	1.47
		160	.219	.612	.572	.00204	.275	.160	0.917	458.5	1.94
		XX	.308	.434	.718	.00103	.275	.114	0.461	230.5	2.44
1	1.315	5S	.065	1.185	.255	.00768	.344	.310	3.449	1725	0.87
		10S	.109	1.097	.413	.00656	.344	.287	2.946	1473	1.40
		40ST, 40S	.133	1.049	.494	.00600	.344	.275	2.690	1345	1.68
		80XS, 80S	.179	0.957	.639	.00499	.344	.250	2.240	1120	2.17
		160	.250	0.815	.836	.00362	.344	.213	1.625	812.5	2.84
		XX	.358	0.599	1.076	.00195	.344	.157	0.878	439.0	3.66
1¼	1.660	5S	.065	1.530	0.326	.01277	.435	.401	5.73	2865	1.11
		10S	.109	1.442	0.531	.01134	.435	.378	5.09	2545	1.81
		40ST, 40S	.140	1.380	0.668	.01040	.435	.361	4.57	2285	2.27
		80XS, 80S	.191	1.278	0.881	.00891	.435	.335	3.99	1995	3.00
		160	.250	1.160	1.107	.00734	.435	.304	3.29	1645	3.76
		XX	.382	0.896	1.534	.00438	.435	.235	1.97	985	5.21
1½	1.900	5S	.065	1.770	0.375	.01709	.497	.463	7.67	3835	1.28
		10S	.109	1.682	0.614	.01543	.497	.440	6.94	3465	2.09
		40ST, 40S	.145	1.610	0.800	.01414	.497	.421	6.34	3170	2.72
		80XS, 80S	.200	1.500	1.069	.01225	.497	.393	5.49	2745	3.63
		160	.281	1.338	1.429	.00976	.497	.350	4.38	2190	4.86
		XX	.400	1.100	1.885	.00660	.497	.288	2.96	1480	6.41
2	2.375	5S	.065	2.245	0.472	.02749	.622	.588	12.34	6170	1.61
		10S	.109	2.157	0.776	.02538	.622	.565	11.39	5695	2.64
		40ST, 40S	.154	2.067	1.075	.02330	.622	.541	10.45	5225	3.65
		80ST, 80S	.218	1.939	1.477	.02050	.622	.508	9.20	4600	5.02
		160	.344	1.687	2.195	.01552	.622	.436	6.97	3485	7.46
		XX	.436	1.503	2.656	.01232	.622	.393	5.53	2765	9.03
2½	2.875	5S	.083	2.709	0.728	0.04003	.753	.709	17.97	8985	2.48
		10S	.120	2.635	1.039	.03787	.753	.690	17.00	8500	3.53
		40ST, 40S	.203	2.469	1.704	.03322	.753	.647	14.92	7460	5.79
		80XS, 80S	.276	2.323	2.254	.02942	.753	.608	13.20	6600	7.66
		160	.375	2.125	2.945	.02463	.753	.556	11.07	5535	10.01
		XX	.552	1.771	4.028	.01711	.753	.464	7.68	3840	13.69
3	3.500	5S	.083	3.334	0.891	.06063	.916	.873	27.21	13,605	3.03
		10S	.120	3.260	1.274	.05796	.916	.853	26.02	13,010	4.33
		40ST, 40S	.216	3.068	2.228	.05130	.916	.803	23.00	11,500	7.58
		80XS, 80S	.300	2.900	3.016	.04587	.916	.759	20.55	10,275	10.25
		160	.438	2.624	4.213	.03755	.916	.687	16.86	8430	14.32
		XX	.600	2.300	5.466	.02885	.916	.602	12.95	6475	18.58
3½	4.0	5S	.083	3.834	1.021	.08017	1.047	1.004	35.98	17,990	3.48
		10S	.120	3.760	1.463	.07711	1.047	0.984	34.61	17,305	4.97
		40ST, 40S	.226	3.548	2.680	.06870	1.047	0.929	30.80	15,400	9.11
		80XS, 80S	.318	3.364	3.678	.06170	1.047	0.881	27.70	13,850	12.50
4	4.5	5S	.083	4.334	1.152	.10245	1.178	1.135	46.0	23,000	3.92
		10S	.120	4.260	1.651	.09898	1.178	1.115	44.4	22,200	5.61
		40ST, 40S	.237	4.026	3.17	.08840	1.178	1.054	39.6	19,800	10.79
		80XS, 80S	.337	3.826	4.41	.07986	1.178	1.002	35.8	17,900	14.98

El diámetro nominal (DN) inmediatamente superior correspondiente a 2,0284 in, es de 2 in.

Por tanto:

DN = 2 in => 51,95mm

2.2. *Tubería nº 2*

Este tramo de tubería es el correspondiente a la salida del refrigerante hasta el depósito de obtención de muestras. En este caso, V=20 m/s, y Q = 50 m^3/h. Por tanto, el diámetro nominal que se obtiene es el mismo que anteriormente:

DN = 2 in => 51,95mm

2.3. *Tubería nº 3*

Esta tubería es por donde circule todo el producto final desde el extractor-reactor hasta el depósito final. Como es complicado de encontrar la velocidad media de circulación del producto final obtenido, se toma que la velocidad será de 1,5 m/s y el caudal de 20 m^3/s. Por tanto:

$\bar{v}$ (m/s)	$\bar{Q}$ (m^3/h)	$\bar{Q}$ (m^3/s)	d (mm)	d (in)
1,5	20	$5{,}56.10^{-3}$	0,069	2,75

El diámetro nominal es de:

DN = 3 in => 77,92mm

3. Espesores

Los espesores mínimos para cada una de las tuberías anteriores, teniendo en cuenta el sobreespesor de corrosión y la tolerancia de fabricación, se calculan mediante la expresión que se expone a

continuación. Los espesores mínimos, los espesores reales o comerciales, así como el número de cédula o designación, se seleccionan a partir de estos y del diámetro nominal de cada tubería, mediante la tabla anterior.

$$\varepsilon_{min} = \left([P_D . d_0 / 2.(\sigma_{máx}.E + P_D.Y)] + C \right) \times M$$

donde:

- $\boldsymbol{\varepsilon_{min}}$ = espesor mínimo de la tubería (in)
- $\mathbf{P_D}$ = presión de diseño (psi)
- $\mathbf{d_0}$ = diámetro externo de la tubería (in)
- $\boldsymbol{\sigma_{máx}}$ = tensión máxima admisible del material (psi)
- **E** = factor de eficiencia de la soldadura
- **Y** = coeficiente dado en función del material y de la temperatura
- **M** = tolerancia de fabricación
- **C** = sobreespesor de corrosión (in)

La presión de diseño (P_D), se estima incrementando en un 10% la presión máxima de operación:

$$\mathbf{P_D = 1{,}1 \, . \, P_{máx}}$$

Todas las tuberías trabajan a presión atmosférica, por tanto, la presión de diseño es también la misma para todas:

- **$P_{máx}$ de operación**: $P_{máx}$ = 1 atm =101.325 Pa = 1,033 Kg/cm^2 = 14,7 psi.
- **P de diseño** : P_D = 1,1. $P_{máx}$ = 1,1365 Kg/cm^2 = 16,17 psi

La tensión máxima admisible del material se encuentra tabulada en la bibliografía para cada material a distintas temperaturas. Para el material seleccionado para las tuberías (acero al carbono SA-106 B), la tensión máxima admisible en el intervalo de temperatura de -20 a 650 ºF es de 15000 psi.

El modo de fabricación de las tuberías es sin soldadura o costura, y el factor de eficiencia de la soldadura E, toma el valor de 1.

El coeficiente Y depende del material de la tubería y de la temperatura. Se encuentra tabulado en la bibliografía:

Tª (ºF)	< 900	950	1000	1050	1100	≥ 1150
Aceros Ferríticos	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7
Aceros Austeníticos	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7

Para temperaturas menores a 900 ºF, el coeficiente vale en cualquier caso 0,4 (Y=0,4).

La tolerancia de fabricación (M) es de 12,5% (dato bibliográfico) para tuberías de acero sin costura : M = 1,125.

La tolerancia de fabricación o sobreespesor de corrosión (C) para aceros al carbono es de 3mm (0,118 in).

Todos estos valores son comunes para el cálculo del espesor de todas las tuberías. Se resume en la siguiente tabla:

P_D (psi)	$\sigma_{máx}$ (psi)	E	Y	M	C (in)
16,17	15.000	1	0,4	1,125	0,118

3.1. *Espesores mínimos*

El espesor mínimo necesario (ε_{min}) para cada una de las tuberías, se obtiene sustituyendo los datos en la expresión anterior:

Tubería 1

El espesor mínimo viene dado por:

$$\varepsilon_{min} = 0{,}1335 \text{ in} \Rightarrow 3{,}46\text{mm}$$

Tubería 2

El espesor mínimo viene dado por:

$$\varepsilon_{min} = 0{,}1335 \text{ in} \Rightarrow 3{,}46\text{mm}$$

Tubería 3

El espesor mínimo viene dado por:

$$\varepsilon_{min} = 0{,}1345 \text{ in} \Rightarrow 3{,}49\text{mm}$$

3.2. *Espesores comerciales*

Los espesores comerciales así como el número de cédula o designación, se seleccionan a partir de los espesores mínimos y del diámetro nominal de cada tubería, mediante la tabla anterior. Se tomará el valor del espesor inmediatamente superior al espesor mínimo dentro de los que se ofrecen para cada diámetro nominal.

Para las tuberías con diámetro nominal igual a 2 in y espesor mínimo 0,1335, según la tabla, el valor del espesor sería de 0,154 y su correspondiente número de cédula: 40 STD.

Para la tubería número 3 con diámetro nominal igual a 3 in y espesor mínimo 0,1345, según la tabla el valor del espesor sería de 0,216 y su correspondiente número de cédula: 40 STD.

Los resultados finales de diámetro nominal, espesor mínimo, espesor comercial y número de cédula para cada una de las tuberías, se resume en la siguiente tabla:

Nº Tubería	DN (in)	DE (in)	ε_{min} (in)	ε (in)	ε (mm)	Nº Cédula
1	2	2,0284	0,1335	0,154	3,91	40STD
2	2	2,0284	0,1335	0,154	3,91	40STD
3	3	2,75	0,1345	0,216	5,48	40STD

4. Longitudes

La longitud de tubo necesaria para cada una de las conducciones, viene determinada por el mayor o menor acercamiento entre los distintos equipos en cuanto a distancia y altura. Dado que se desconoce la distribución en planta, pues depende del lugar concreto donde de la instalación, no se puede predecir con exactitud la longitud que se necesita de cada una de las tuberías, al igual que tampoco se conoce el número exacto de accesorios (codos, uniones, etc.). Estas cuestiones sonn resueltas una vez que se proceda al montaje.

La razón por la que estos datos no pueden ser recogidos en el proyecto con antelación al montaje, es porque el diseño que se ha realizado no va dirigido expresamente a una determinada planta, y por tanto, se desconoce la ubicación que tiene la unidad proyectada en el interior de la misma.

5. Aislamiento

Con el objetivo de minimizar las pérdidas de calor que se producen a través de las paredes de las conducciones hacia el medio exterior, lo cual se traduce en una pérdida energética y por tanto económica, se aislan las tuberías térmicamente.

Como material aislante térmico se selecciona la lana de vidrio por las razones que se exponen en la memoria (ver capítulo 3, apartado 4.7)

Para este caso, la lana de vidrio se presenta en lo que se conoce como coquillas, que consisten en tubos cilíndricos de 1,2 m de longitud premoldeados con una pared cortada a lo largo de su generatriz para permitir su apertura y de esta forma su colocación sobre la tubería, y con espesores entre los 30 y 80 mm.

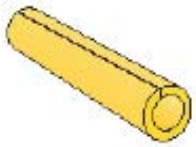
El intervalo de temperatura en el que se emplea este tipo de aislante es entre -30 C y 250 C.

Diámetro		Espesor (mm)	Longitud (m)
Pulgadas	Interior de la coquilla (mm)		
1/2	21	30, 40 y 50	1,2
3/4	27		
1	34		
1 1/4	42		
1 1/2	48		
2	60		
2 1/2	76		
3	89		
4	114	30, 40 50, 60 y 80	1,2
5	140		
6	169		
8	219		

En función de la siguiente tabla proporcionada por el fabricante para los diámetros externos de las distintas tuberías: 2,0284 in; 2,0284 in; 2,75 in, se toman los valores inmediatamente superiores, que serán respectivamente: 2,5 in y 3,5 in; siendo el espesor más económico para todos el de 30 mm.

Aislamiento Térmico Tuberías

CALEFACCIÓN

PRODUCTO	DIAMETRO TUBERIA "	DIAMETRO Interior Coquillas mm	ESPESORES 30 mm € /ml	30 mm m/bolsa	40 mm € /ml	40 mm m/bolsa	50 mm € /ml	50 mm m/bolsa	60 mm € /ml	60 mm m/bolsa
COQUILLAS ISOVER Elementos moldeados de lana de vidrio con forma cilíndrica y estructura concéntrica. Llevan practicada una abertura en su generatriz para permitir su colocación sobre la tubería. 	1/2	21	**2,23**	44,40	**2,88**	30,00				
	3/4	27	**2,45**	38,40	**3,19**	26,40				
	1	34	**2,55**	32,40	**3,53**	22,80	**4,65**	16,80		
	1 1/4	42	**2,73**	27,60	**3,90**	20,40	**4,99**	14,40		
	1 1/2	48	**3,02**	25,20	**4,18**	18,00	**5,47**	13,20		
	2	60	**3,38**	21,60	**4,60**	15,60	**5,99**	12,00		
	2 1/2	76	**3,70**	15,60	**5,28**	12,00	**7,26**	9,60		
	3	89	**4,42**	13,20	**5,99**	10,80	**7,73**	8,40		
	4	114	**5,23**	9,60	**7,10**	8,40	**8,95**	7,20	**11,11**	6,00
	5	140	**5,99**	7,20	**8,61**	6,00	**10,80**	4,80	**13,06**	4,80
	6	169	**7,29**	6,00	**10,09**	4,80	**12,54**	4,80	**15,21**	3,60
	8	219	**9,41**	3,60	**12,94**	3,60	**15,72**	3,60	**18,94**	2,40

Longitud: 1,20 m. Bultos/camión: 250. CLASE LOGÍSTICA: 8.

Nota: Para diámetros de 10" y espesores mayores de 60 mm consultar.

6. Pruebas

Las distintas tuberías, antes de su puesta en servicio, son sometidas a las pruebas pertinentes que establece el Código ANSI B31 para tuberías a presión, concretamente la sección ANSI B31.3 para “Tuberías de Refinerías de Petróleo y Plantas Químicas” (Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping Code).

SIMBOLOGÍA

1. SIMBOLOGÍA

A área de intercambio

A' factor adimensional A'

C sobreespesor por corrosión

C_p calor específico a presión constante

d diámetro interno

d_0 diámetro externo

DE diámetro externo de tubería

DN diámetro nominal de tubería

E eficiencia de la soldadura

F cantidad (molar, másica o volumétrica) de mezcla inicial o alimentación

h altura

j espacio anular camisa-reactor

k coeficiente geométrico

l longitud

m caudal másico

M tolerancia de fabricación

P presión de operación o servicio

P_A presión externa máxima admisible

P_c presión crítica

P_D presión de diseño

P_h presión de prueba hidráulica

P_m peso molecular

q calor total intercambiado

q_s calor sensible

q_v calor latente para la ebullición

q' flujo de calor intercambiado

Q caudal volumétrico

r radio

S sección

t tiempo de operación

$t_{c\ min}$ espesor mínimo de pared de camisa

t_1 temperatura de entrada de fluido frío

t_2 temperatura de salida de fluido frío

T_1 temperatura de entrada de fluido caliente

T_2 temperatura de salida de fluido caliente

T temperatura

T_c temperatura crítica

T_D temperatura de diseño

U coeficiente global de transmisión de calor

v velocidad

W masa de fluido en el tanque

Símbolos griegos

δ esfuerzo

ε espesor

Θ flujo de calor por unidad de área

λ calor latente

φ tiempo de calentamiento de alimentación

σ tensión admisible

μ viscosidad dinámica

ρ densidad

Subíndices

0 Inicial

a.c. acero al carbono

c carcasa

f fluido frío

F alimentación

h fluido caliente

i componente i

j componente j

L líquido

máx máximo/a

mín mínimo/a

V vapor

x longitudinal

Φ circunferencial

Tildes

— valor medio

TABLA PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR "A"

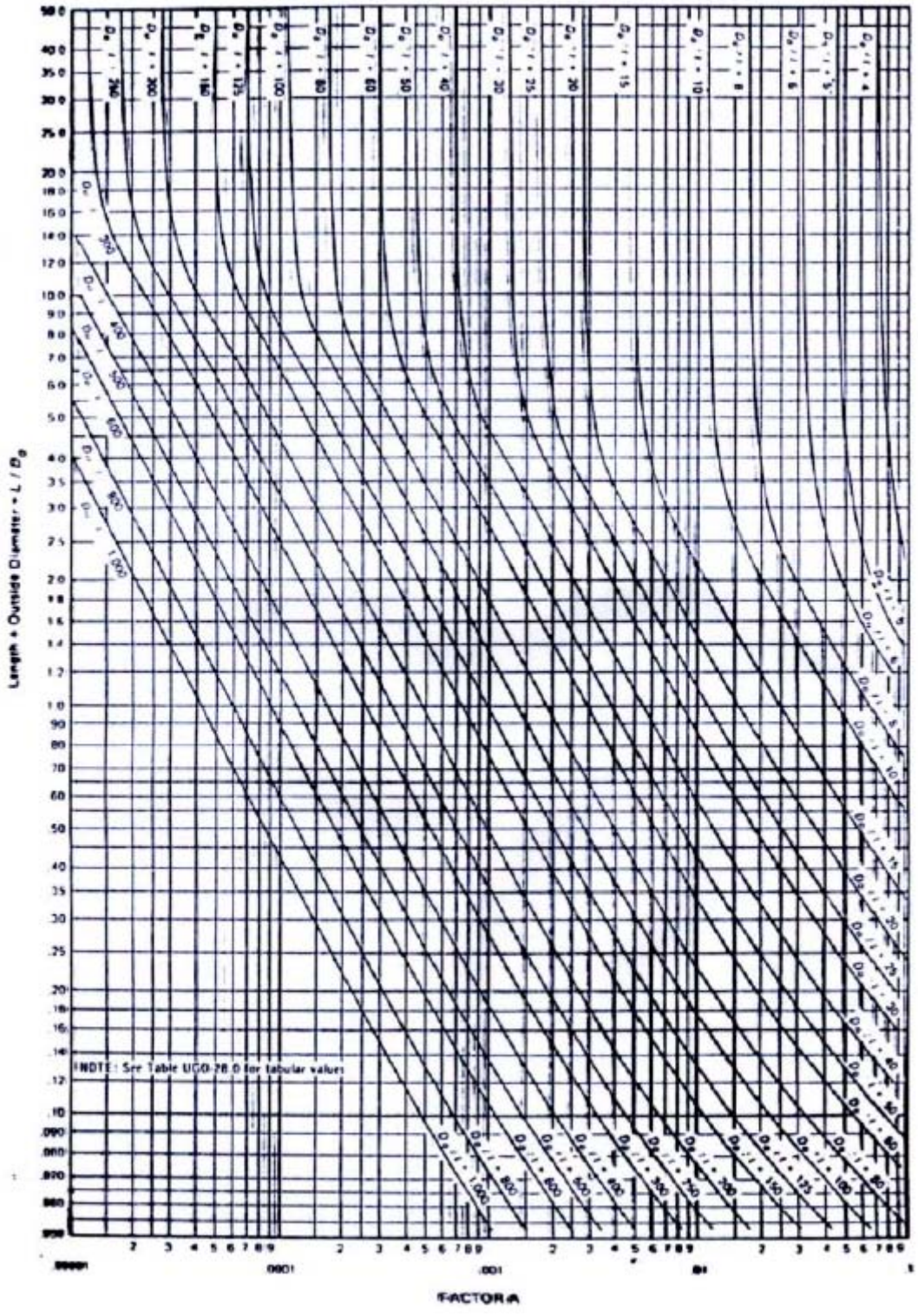
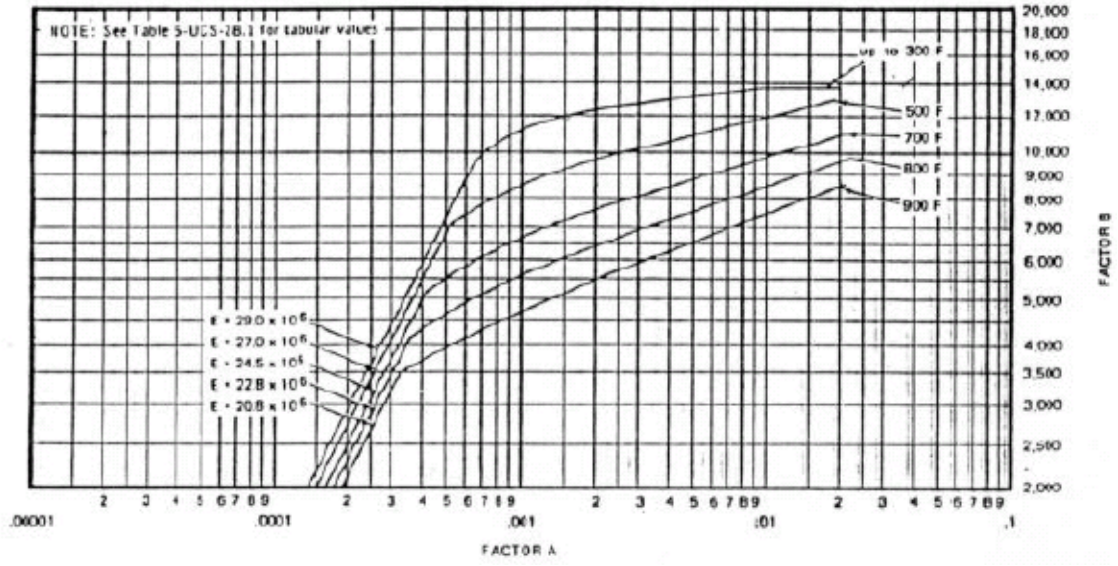

Length ÷ Outside Diameter = L / D_o
FACTOR A
NOTE: See Table UCS-28.0 for tabular values

TABLA PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR "B"


NOTE: See Table 5-UCS-28.1 for tabular values
up to 300 F
500 F
700 F
800 F
900 F
E = 29.0 x 10^6
E = 27.0 x 10^6
E = 24.5 x 10^6
E = 22.8 x 10^6
E = 20.8 x 10^6
20,000
18,000
16,000
14,000
12,000
10,000
9,000
8,000
7,000
6,000
5,000
4,000
3,500
3,000
2,500
2,000
FACTOR B
.00001
.0001
.001
.01
.1
FACTOR A

PROPIEDADES PARA EL ACERO AL CARBONO

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES: ACERO AL CARBONO Y DE BAJO CONTENIDO DE ELEMENTOS DE ALEACIÓN Valores máximos de esfuerzo permitido a tensión 1000 lb/pulg ^{2}*												
Especificación		Para temperatura del metal no mayor de, grados F										
Número	Grado	-20 a 650	700	750	800	850	900	950	1050	1100	1150	1200
SA-283	C	12.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SA-285	C	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	-	-	-	-	-
SA-515	55	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-515	60	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-515	65	16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-515	70	17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-516	55	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-516	60	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-516	65	16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-516	70	17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-105		17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-181	I	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-350	LF1 LF2	15.0 17.5	14.4 16.6	13.0 14.8	10.8 12.0	7.8 7.8	5.0 5.0	3.0 3.0	1.5 1.5	-	-	-
SA-53	B	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	-	-	-	-	-
SA-106	B	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	-	-	-	-	-
SA-193	B7≤2½"	25.0	25.0	23.6	21.0	17.0	12.5	8.5	4.5	-	-	-
SA-194	2H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SA-307	B		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* Los valores de esfuerzo de esta tabla pueden interpolarse para determinar los valores para temperaturas intermedias												

TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS

TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS

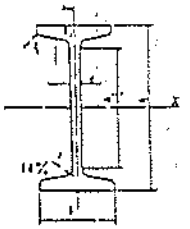
TIPOS NORMA UW-12		EFICIENCIA DE LA JUNTA, E Cuando la junta es: a. Radiografiada totalmente	b. Examinada por zonas	c. No Examinada
1	Juntas a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura.	1.00	0.85	0.70
2 En juntas circunferenciales únicamente	Junta a tope de un solo cordón con tira de respaldo que queda en su lugar después de soldar	0.90	0.80	0.65
3	Junta a tope de un solo cordón sin tira de respaldo	–	–	0.60
4	Junta a traslape de doble filete completo	–	–	0.55
5	Junta a traslape de un solo filete completo con soldaduras de tapón	–	–	0.50
6	Junta a traslape de un solo filete completo sin soldaduras de tapón	–	–	0.45

CONDUCTIVIDAD CALORÍFICA DE LIQUIDOS

Conductividades caloríficas de líquidos

Líquido	t, °C	k 10^{-4} $\frac{\text{Kcal}}{\text{mh °C}}$
Aceite de oliva	20	144
	100	141
Aceite de ricino	20	155
	100	149
Acetato de amilo	10	123
Acetato de butilo	25-30	125
Acetato de etilo	20	150
Acetona	30	152
	75	141
Ácido acético 100 %	20	147
50 %	20	297
Ácido sulfúrico 90 %	30	310
60 %	30	370
30 %	30	450
Agua (véase II-)		
Alcohol alílico	25-30	155
Alcohol amílico	30	140
	100	131
Alcohol isoamílico	30	132
	75	129
Amoníaco	15-30	430
Amoníaco acuoso	20	388
	60	430
Anilina	0-20	150
Benceno	30	137
	60	129
Bromobenceno	30	110
	100	104
Bromuro de etilo	20	104
Butanol	30	144
	75	141
Clorobenceno	10	123
Cloroformo	30	119
Cloruro cálcico 30 %	30	470
15 %	30	505
Cloruro de metilo	−15	165
	30	132
Cloruro sódico 25 %	30	490
12,5 %	30	505
Cumeno (para)	30	116
	60	117
Decano	30	126
	60	123
Dicloroetano	50	122
Diclorometano	−15	165
	30	143
Dióxido de azufre	−15	195
	30	160
Etanol 100 %	50	129
100 %	20	156
80 %	20	204
60 %	20	262
Etanol 40 %	20	323
20 %	20	418
Éter etílico	30	119
	75	116
Éter de petróleo	30	111
	75	108
Etilbenceno	30	128
	60	122
Freon-21 (CCl_2F_2)	−7	85
	16	79
	38	71
	60	64
	82	56
Gasolina	30	116
Glicerina 100 %	100	244
100 %	20	244
80 %	20	280
60 %	20	327
40 %	20	385
20 %	20	415
Glicol	0	228
Heptano	30	120
	60	117
Heptanol	30	140
	75	135
Hexano	30	119
	60	116
Hexanol	30	138
	75	134
Ioduro de etilo	40	95
	75	94
Isobutanol	10	135
Isopropanol	30	135
	60	134
Keroseno	20	128
	75	120
Mercurio	28	7190
Metanol 100 %	50	170
100 %	20	185
80 %	20	230
60 %	20	283
40 %	20	348
20 %	20	423
Nitrobenceno	30	141
	100	132
Nitrometano	30	186
	60	178
Nonano	30	125
	60	122
Octano	30	123
	60	120

TABLA PARA EL CÁLCULO DE LOS SOPORTES DE APOYO PARA EL REACTOR



PERFILES I

Perfil	DIMENSIONES							Peso	TERMINOS DE SECCION								Perfil
	h mm	b mm	e mm	e_1 mm	r mm	h_1 mm	u mm	g kg/m	A cm^2	S_x cm^3	J_x cm^4	W_x cm^3	i_x cm	J_y cm^4	W_y cm^3	i_y cm	
I 80	80	42	3,9	5,9	2,3	60	304	5,95	7,58	11,4	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91	I 80
I 100	100	50	4,5	6,8	2,7	75	370	8,32	10,6	19,9	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	I 100
I 120	120	58	5,1	7,7	3,1	90	439	11,2	14,2	31,8	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23	I 120
I 140	140	66	5,7	8,6	3,4	109	502	14,4	18,3	47,7	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40	I 140
I 160	160	74	6,3	9,5	3,8	125	575	17,9	22,8	68,0	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	I 160
I 180	180	82	6,9	10,4	4,1	142	640	21,9	27,9	93,4	1450	161	7,20	81,3	19,8	1,71	I 180
I 200	200	90	7,5	11,3	4,5	159	709	26,2	33,5	125	2140	214	8,00	117	26,0	1,87	I 200
I 220	220	98	8,1	12,2	4,9	175	775	31,1	39,6	162	3060	278	8,80	162	33,1	2,02	I 220
I 240	240	106	8,7	13,1	5,2	190	844	36,2	46,1	206	4250	354	9,59	221	41,7	2,20	I 240
I 260	260	113	9,4	14,1	5,6	208	906	41,9	53,4	257	5740	442	10,4	288	51,0	2,32	I 260
I 280	280	119	10,1	15,2	6,1	225	966	48,0	61,1	316	7590	542	11,1	364	61,2	2,45	I 280
I 300	300	125	10,8	16,2	6,5	240	1030	54,2	69,1	381	9800	653	11,9	451	72,2	2,56	I 300
I 320	320	131	11,5	17,3	6,9	257	1091	61,1	77,8	457	12510	782	12,7	555	84,7	2,67	I 320
I 340	340	137	12,2	18,3	7,3	274	1152	68,1	86,8	540	15700	923	13,5	674	98,4	2,80	I 340
I 360	360	143	13,0	19,5	7,8	290	1205	76,2	97,1	638	19610	1090	14,2	818	114	2,90	I 360
I 380	380	149	13,7	20,5	8,2	306	1266	84,0	107	741	24010	1260	15,0	975	131	3,02	I 380
I 400	400	155	14,4	21,6	8,6	323	1330	92,6	118	857	29210	1460	15,7	1160	149	3,13	I 400
I 450	450	170	16,2	24,3	9,7	363	1478	115	147	1200	45850	2040	17,7	1730	203	3,43	I 450
I 500	500	185	18,0	27,0	10,8	404	1626	141	180	1620	68740	2750	19,6	2480	268	3,72	I 500
I 550	550	200	19,0	30,0	11,9	444	1797	167	213	2120	99180	3610	21,6	3490	349	4,02	I 550
I 600	600	215	21,6	32,4	13,0	485	1924	199	254	2730	139000	4630	23,4	4670	434	4,30	I 600

Tipo de acero	λ	Coeficiente ω de pandeo, función de la esbeltez $\lambda = \frac{l_k}{i}$									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A 37	20	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03
	30	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06
	40	1,07	1,07	1,08	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11
	50	1,12	1,12	1,13	1,14	1,14	1,15	1,16	1,17	1,17	1,18
	60	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,28	1,29
	70	1,30	1,31	1,32	1,34	1,36	1,37	1,39	1,40	1,42	1,44
	80	1,45	1,47	1,49	1,51	1,53	1,55	1,57	1,59	1,61	1,63
	90	1,65	1,67	1,70	1,72	1,74	1,77	1,79	1,82	1,84	1,87
	100	1,89	1,92	1,95	1,97	2,00	2,03	2,06	2,09	2,12	2,15
	110	2,18	2,21	2,24	2,27	2,30	2,33	2,37	2,40	2,43	2,47
	120	2,50	2,53	2,57	2,60	2,64	2,68	2,71	2,75	2,78	2,82
	130	2,86	2,90	2,94	2,97	3,01	3,05	3,09	3,13	3,17	3,21
	140	3,25	3,29	3,33	3,38	3,42	3,46	3,50	3,55	3,59	3,63
	150	3,65	3,72	3,77	3,81	3,86	3,90	3,95	4,00	4,04	4,09
	160	4,14	4,18	4,23	4,28	4,33	4,38	4,43	4,48	4,53	4,58
	170	4,63	4,68	4,73	4,78	4,83	4,88	4,94	4,99	5,04	5,09
	180	5,15	5,20	5,26	5,31	5,36	5,42	5,48	5,53	5,59	5,64
	190	5,70	5,76	5,81	5,87	5,93	5,99	6,05	6,11	6,16	6,22
	200	6,28	6,34	6,40	6,46	6,53	6,59	6,65	6,71	6,77	6,84
	210	6,90	6,96	7,03	7,09	7,15	7,22	7,28	7,35	7,41	7,48
	220	7,54	7,61	7,67	7,74	7,81	7,88	7,94	8,01	8,08	8,15
	230	8,22	8,29	8,36	8,43	8,49	8,57	8,64	8,71	8,78	8,85
	240	8,92	8,99	9,07	9,14	9,21	9,29	9,36	9,43	9,51	9,58
	250	9,66									
A 42	20	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04
	30	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07
	40	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12
	50	1,13	1,14	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21
	60	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,29	1,30	1,31	1,33
	70	1,34	1,36	1,37	1,39	1,40	1,42	1,44	1,46	1,47	1,49
	80	1,51	1,53	1,55	1,57	1,60	1,62	1,64	1,66	1,69	1,71
	90	1,74	1,76	1,79	1,81	1,84	1,86	1,89	1,92	1,95	1,98
	100	2,01	2,03	2,06	2,09	2,13	2,16	2,19	2,22	2,25	2,29
	110	2,32	2,35	2,39	2,42	2,46	2,49	2,53	2,56	2,60	2,64
	120	2,67	2,71	2,75	2,79	2,82	2,86	2,90	2,94	2,98	3,02
	130	3,06	3,11	3,15	3,19	3,23	3,27	3,32	3,36	3,40	3,45
	140	3,49	3,54	3,58	3,63	3,67	3,72	3,77	3,81	3,86	3,91
	150	3,96	4,00	4,05	4,10	4,15	4,20	4,25	4,30	4,35	4,40
	160	4,45	4,51	4,56	4,61	4,66	4,72	4,77	4,82	4,88	4,93
	170	4,99	5,04	5,10	5,15	5,21	5,26	5,32	5,38	5,44	5,49
	180	5,55	5,61	5,67	5,73	5,79	5,85	5,91	5,97	6,03	6,09
	190	6,15	6,21	6,27	6,34	6,40	6,46	6,53	6,59	6,65	6,72
	200	6,78	6,85	6,91	6,98	7,05	7,11	7,18	7,25	7,31	7,38
	210	7,45	7,52	7,59	7,66	7,72	7,79	7,86	7,93	8,01	8,08
	220	8,15	8,22	8,29	8,36	8,44	8,51	8,58	8,66	8,73	8,80
	230	8,88	8,95	9,03	9,11	9,18	9,26	9,33	9,41	9,49	9,57
	240	9,64	9,72	9,80	9,88	9,96	10,04	10,12	10,20	10,28	10,36
	250	10,44									
A 52	20	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05
	30	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,10	1,10
	40	1,11	1,12	1,13	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19
	50	1,20	1,21	1,21	1,21	1,25	1,27	1,28	1,30	1,31	1,33
	60	1,35	1,37	1,39	1,41	1,43	1,45	1,47	1,49	1,51	1,54
	70	1,56	1,59	1,61	1,64	1,66	1,69	1,72	1,75	1,78	1,81
	80	1,84	1,87	1,90	1,94	1,97	2,01	2,04	2,08	2,11	2,15
	90	2,18	2,22	2,26	2,30	2,34	2,38	2,42	2,46	2,50	2,54
	100	2,59	2,63	2,67	2,72	2,76	2,81	2,85	2,90	2,95	2,99
	110	3,04	3,09	3,14	3,19	3,24	3,29	3,34	3,39	3,44	3,49
	120	3,55	3,60	3,65	3,71	3,76	3,82	3,87	3,93	3,98	4,04
	130	4,10	4,16	4,22	4,27	4,33	4,39	4,45	4,52	4,58	4,64
	140	4,70	4,76	4,83	4,89	4,95	5,02	5,08	5,15	5,22	5,28
	150	5,35	5,42	5,49	5,55	5,62	5,69	5,76	5,83	5,90	5,97
	160	6,04	6,12	6,19	6,26	6,34	6,41	6,48	6,56	6,63	6,71
	170	6,79	6,86	6,94	7,02	7,09	7,17	7,25	7,33	7,41	7,49
	180	7,57	7,65	7,73	7,82	7,90	7,98	8,07	8,15	8,24	8,32
	190	8,40	8,49	8,58	8,66	8,75	8,84	8,93	9,02	9,10	9,19
	200	9,28	9,37	9,47	9,56	9,65	9,74	9,83	9,92	10,02	10,11
	210	10,20	10,30	10,40	10,49	10,59	10,68	10,78	10,88	10,98	11,08
	220	11,18	11,27	11,38	11,48	11,57	11,68	11,78	11,88	11,98	12,09
	230	12,19	12,29	12,40	12,50	12,61	12,72	12,82	12,93	13,03	13,14
	240	13,25	13,36	13,47	13,58	13,69	13,80	13,91	14,02	14,13	14,25
	250	14,36									

PRESUPUESTO

INDICE

1. INTRODUCCION……1
2. INMOVILIZADO DE ELEMENTOS PRINCIPALES…. 1
3. INMOVILIZADO PRINCIPAL……7
4. COSTES DE OPERACIÓN…… 8
5. AMORTIZACION……10

PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este documento es el de presentar una cloración aproximada de cuál es la inversión necesaria para la ejecución material del proyecto: “Extracción de la lignina a partir de la cáscara de almendra”, así como la estimación de los costes anuales de la operación.

Por ello se realiza un cálculo estimado del presupuesto, utilizando el *método de Lang*, el cual se basa en la existencia de una relación constante entre el valor del inmovilizado de los elementos principales y del inmovilizado total o inmovilizado principal. Esta relación define lo que se conoce como *coeficiente de Lang*, el cual incluye la combinación de una serie de factores directos e indirectos:

$$I_F = \lambda \cdot I_E$$

donde:

- I_F = capital inmovilizado o inmovilizado principal
- I_E = inmovilizado de elementos principales
- λ = coeficiente de Lang

2. INMOVILIZADO DE ELEMENTOS PRINCIPALES

En este valor de inmovilizado de elementos principales, se incluyen los costes de adquisición de los distintos equipos y sus respectivos costes de instalación.

El cálculo de la partida maquinarias y equipos de inmovilizado (I_F) se realiza por el *procedimiento ponderal,* que consiste en:

1º. Calcular el peso del material base (Kg)

2º. Multiplicar este peso por un coeficiente de calidad (que será el precio del Kg de dicho material)

3º. Multiplicar el producto anterior por otro coeficiente, que llamaremos de mecanización cuyo valor engloba el trabajo de taller exigido por la forma del aparato y la clase de material a tratar.

Una vez que se tengan los valores del coste material de los equipos, se les añade los costes respectivos de instalación, los cuales se estiman multiplicando el precio de adquisición del equipo por un determinado factor que varía de unos equipos a otros.

Para calcular el *peso del material* se simplifica la forma del equipo para determinar más fácilmente el volumen primario. La simplificación consiste en todos los casos en considerar el aparato en su forma esquemática para lo cual los fondos abombados se supondrán planos.

Multiplicando entonces el volumen primario por el peso unitario del material se obtiene el peso primario. Y multiplicando este por un coeficiente para pasar de peso primario a definitivo, se obtiene el peso total (Kg).

El volumen primario, peso primario y peso definitivo se calculan como sigue:

- $V_{primario}\ (m^3)$ = [Superficie fondos planos + Superficie cilindro]. Espesor.
- *Peso primario (Kg)* = $V_{primario}\ (m^3)$. Peso unitario acero al carbono (Kg/m^3).
- *Peso definitivo (Kg*) = Peso primario. Coeficiente para pasar de peso primario a definitivo.

El precio del material por kilogramo se puede obtener de dos formas:

a) Tomando datos de precios de años anteriores y posteriormente escalando los precios en el tiempo. Para ello se utilizaran los denominados *Índices de Marshall and Swift (M&S)* que son publicados mensualmente por la revista *Chemical Engineering* y que permiten actualizar los precios de hace unos años a los de hoy día.
b) Tomando directamente el precio actual del material por Kilogramo, en este caso para el año 2.007.

El primer método permite hacer una estimación de cuál es el precio actualmente pero no de forma exacta, por tanto, implica cierto error en el cálculo, mientras que el segundo método es de mayor exactitud pues el dato del precio es el dato real a día de hoy. Por ello, se hace la estimación de los costes, basada en datos de precios de materiales actualizados para el presente año 2.007.

El coste total del inmovilizado de elementos principales (I_E) es la suma de cada uno de los inmovilizados individuales:

$$I_E = \Sigma I_{Ei}$$

El resultado final que se obtiene asciende a:

$$I_E = 21.177 €$$

Extractor - Reactor encamisado

Para este equipo hay que considerar independientemente el depósito interior y la camisa exterior que rodea a éste.

• *Extractor - Reactor*

El volumen primario se calcula:

$V_{primario}$ (m^3) = [Superficie de fondos planos + superficie cilindro]. Espesor

Se sabe que:

D = 1,12 m L = 1,7 m Espesor= 8 mm

Por tanto:

$$V_{primario} (m^3) = [.r^2 + 2..r.h]. \text{ espesor} = 0,055 \ m^3$$

El peso primario y peso definitivo es:

- **peso primario (Kg)** = $V_{primario}$ (m^3). Peso unitario de acero al carbono (Kg/m^3)
- **peso definitivo (Kg)** = peso primario. Coeficiente para pasar de peso primario a definitivo.

El precio de acero al carbono para el mes de Enero de 2.007 (www.meps.co.uk) es de 633 $/Tm, que haciendo la conversión actual de dólares a euros correspondería aproximadamente a 517,8 €/Tm ó 0,5178 € /Kg.

Por tanto:

peso primario (Kg) = 0,055 x peso unitario(Kg/m^3)

NOTA: peso unitario para acero al carbono se estima en 7.850 Kg/m^3 y el coeficiente para depósitos pequeños es de 1,35. Por tanto:

peso primario (Kg) = 0,055m^3 x 7.850 Kg/m^3 = 431,75 Kg

peso definitivo (Kg) = 431,75 x 1,35 = 590,6Kg

Multiplicando este valor por el peso definitivo del acero necesario calculado para el extractor - reactor y por un coeficiente de mecanización, se obtiene el precio total del material.

Coste material del extractor - reactor = peso definitivo x precio de acero al carbono x coeficiente de mecanización para depósitos de acero = 590,6 Kg . 0,5178 € / Kg x 2 = 611,6 €

Para calcular los costes de instalación, se multiplica el valor anterior por un factor que para el caso de recipientes y depósitos es de 7.

Coste de instalación = 7x 611,6 = 4.281,4 €

La suma de los valores anteriores, proporciona el valor de inmovilizado para el reactor interior:

Material	611,6 €
Instalación	4.281,4 €
TOTAL (I_{E1})	**4.893 €**

• *Camisa*

El volumen primario de la misma, se calcula a partir de los siguientes datos:

D (m) = Diámetro externo del tanque + 2. Espesor de la camisa = 1136 + 25,5 = 1.147 m

L (m) = 1,7 m

Espesor (m) = 5,5 mm

$V_{primario}$ (m^3) = [$\acute{r}^2$ + 2 r h]. Espesor = 0,040 m^3

Para el peso primario y peso definitivo, es:

peso primario (Kg) = volumen primario (m^3) x peso unitario (Kg/m^3) =

0,040 m^3 x 7.850 Kg/m^3 = 314 Kg

peso definitivo (Kg) = peso primario x coeficiente para depósitos pequeños=

314 Kg x 1,35 = 423,9 Kg

El coste del material camisa = peso definitivo .x precio del acero al carbono x coeficiente de mecanización para depósitos de acero =

423,9 Kg. 0,5178 € /Kg x 2 = **439 €**

Coste de instalación = 7 x coste material camisa = 7 x 439 = **3.073 €**

El valor del inmovilizado para la camisa del extractor-reactor es:

Material	439 €
Instalación	3.073 €
TOTAL (I_{E2})	**3.512 €**

El coste total de partida del extractor-reactor, viene dado por la suma de los costes para la camisa y los costes del mismo:

	Coste Extractor-Reactor	**Coste Camisa**	**TOTAL**
Material	611,6	439	**1050,6**
Instalación	4.281,4	3.073	**7.354,4**
TOTAL	4.893	3.512	**8.405**

Agitadores internos

El precio de los tres agitadores internos con las dimensiones, y el material utilizado para su diseño, lo oferta una empresa química, dedicada a dicho fin, cuyo propietario es el ingeniero D. Eduardo de Peña, y cuyo valor es de 12.000 euros.

Coste de agitadores (I_{E3}) = 12.000 €

Depósito de recogida

Este recipiente no se incluye en el diseño de la unidad proyectada, sin embargo se selecciona entre los que se ofrecen en el mercado en base a las necesidades del proceso. Concretamente, se selecciona un depósito cilíndrico con base, de la marca comercial *AFFINITY* modelo *AF*, sus dimensiones son: altura: 1.450 mm y diámetro: 850 mm.

Siendo su precio de adquisición de 950$, que con el cambio de moneda actual corresponderían aproximadamente a 772,40 € :

Coste depósito de destilado (I_{E4}) = 772,40 €

3. INMOVILIZADO PRINCIPAL

Un método sencillo para estimar el coste de capital de una planta es el *método de Lang*. Este se basa en la existencia de una relación constante entre el valor del inmovilizado de la primera partida del inmovilizado (I_E, inmovilizado de elementos principales) y el del inmovilizado total o inmovilizado principal (I_F).

Esta relación define lo que se conoce como *coeficiente de Lang*, el cual incluye la combinación de una serie de factores directos e indirectos. Entre los factores *directos* se encuentran los costes de tuberías, aislamientos, instrumentación, servicios auxiliares, estructuras, pinturas, limpieza, protección frente a incendios, instalación eléctrica…etc, y entre los *indirectos* cabe citar los gastos generales y de gerencia, los honorarios de ingenieros, contingencias, imprevistos…etc.

El *coeficiente de Lang* combina todos estos factores multiplicativos en uno solo, siendo diferentes según el tipo de sustancia que predomine en el proceso. Para el caso de plantas en las que se trabaje con fluidos, el factor que propone Lang es de 4,8. Luego:

$$I_F = 4{,}8 \cdot I_E$$

Teniendo en cuenta que el inmovilizado de elementos principales obtenidos es de: I_E = 21.177 €, el inmovilizado principal de la unidad resulta ser de:

I_F = 101.652 €

4. COSTES DE OPERACIÓN (C)

Los costes de operación se calculan anualmente, e incluyen para este proceso en particular, los costes del agua de refrigeración, los costes del vapor que circula por la camisa del extractor - reactor, y los costes anuales de mantenimiento, que se estiman en un 2% del inmovilizado principal.

C (€/año) = Coste anual agua + Coste anual vapor + 0,02. I_F

Se determina teniendo en cuenta el coste/ unidad de masa o volumen del fluido de circulación, del caudal del mismo y las horas de operación anuales:

Coste anual agua refrigeración:

- Caudal agua refrigeración = 4.500 Kg/h (1.188,91 Gal/h)
- Horas de operación anuales = 1.760 h/año
- Coste de agua refrigeración (1.979) = 0,10 $/1.000 Gal (0,3086 €/1.000L)
- Coste agua refrigeración (2.007) = 0,213 $ /1.000 Gal (0,6574 €/1.000L)

El coste del agua de refrigeración actual, se estima por escalamiento a partir del valor del mismo para el año 1.979, utilizando los *índices de Marshall and Swift (M&S)* para los años 1.979 y 2.007, cuyos valores son respectivamente: 571 y 1.194.

Con los datos anteriores el coste anual del agua de refrigeración se calcula como sigue:

1.188,91 (Gal/h) x 1.760 (h/año) x 0,173/1.000 (€/Gal):

Coste agua refrigeración = 362 €/año

Coste anual vapor de calefacción:

- Caudal vapor de calefacción = 3.500 Kg/h (7.716,2 lb/h)
- Horas de operación anuales = 1.760 h/año
- Coste vapor calefacción (1.979) = 0,70 $/1.000 lb
- Coste vapor de calefacción (2.007) = 1,49 $/1.000 lb (1,211 €/1.000 lb)

El coste del vapor de calefacción actual, se estima por escalamiento a partir del valor del mismo para el año 1.979, utilizando los *Índices de Marshall and Swift (M&S)* para los años 1.979 y 2.007, cuyos valores son respectivamente: 571 y 1.194.

Con los datos anteriores el coste anual del vapor de calefacción se calcula como sigue:

7.716,2 (lb/h) x 1.760 (h/año) x 1,211/1.000 (€/lb)

Coste vapor de calefacción = 16.446 €/año

El coste actual de operación se estima utilizando la ecuación de:

$$C\ (€/año) = \text{Coste anual agua} + \text{Coste anual vapor} + 0{,}02 \times I_F$$

$$C\ (€/año) = 362 + 16.446 + 0{,}02 \times 101.652 = 18.841{,}04$$

Coste de operación = 18.841,04 €/año

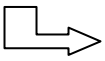
5. AMORTIZACIÓN

La prima de amortización se define como la relación entre la suma del coste de la instalación, mas el coste la operación y el coste de materias primas; y la cantidad de extracto obtenido en el tiempo de operación.

Los diferentes costes son:

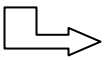
- **Costes de instalación** (calculados anteriormente) = **101.652 €**
- **Costes de operación** (calculados anteriormente) = **18.841 €**
- **Costes de materias primas**: 7 + 1.000 = **1.007 €**

◦ Precio por kilogramo de cáscara de almendra = 0,50 €



Precio para 1.422 Kg de cáscara de almendra = **7 €**

◦ Precio por litro de mezcla etanol-agua al 50 % = 1 €



Precio para 1000 L de mezcla = **1.000 €**

- **Kilogramos de extracto obtenidos** = **1.368 Kg/carga** (ver anexo de cálculo, capítulo 2, apartado 2.1.)

Se obtiene un valor de amortización de 89 €/Kg de extracto obtenido, en lo que se concluye que la amortización del equipo es relativamente baja, y por consiguiente económicamente viable.

El tiempo de operación para la obtención de la cantidad de extracto anteriormente mencionada es de 4 horas incluyendo el tiempo necesario para la carga y descarga del extractor –reactor. Ésto equivale a que si una jornada de trabajo es de 8 horas, el extractor –reactor se carga dos veces en un mismo día, obteniendo 2.736 Kg de extracto. Al año se estiman 220 días de trabajo, lo que supone trabajando a 8 horas diarias a 1.760 h/año, obteniendo una cantidad de 601.920 Kg de extracto, lo que supone un coste de amortización de 0,20 €/kg de extracto.

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

INDICE

1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES ……..1
2. DISPOSICINES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO…… 9
3. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO……14
4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO……16
5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL……19

ESTUDIO BÁSICA DE SEGURIDAD Y SALUD

1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

La ley ***31/1995***, de 8 de noviembre de 1995, de ***Prevención de Riesgos Laborales*** tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las ***normas reglamentarias*** irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES

1.2.1. DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS LABORALES.

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

1.2.2. PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA.

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.

- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

1.2.3.EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS.

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:

-Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
-Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
-Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
-Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.

- Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aún cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
  -Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
  -Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de ”tijera“ entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

1.2.4. EQUIPOS DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN.

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

1.2.5. INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riegos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.2.6. FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

1.2.7. MEDIDAS DE EMERGENCIA.

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

1.2.8. RIESGO GRAVE E INMINENTE.

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

1.2.9. VIGILANCIA DE LA SALUD.

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

1.2.10. DOCUMENTACIÓN.

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

1.2.11. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES.

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

1.2.12. PROTECCIÓN DE TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES A DETERMINADOS RIESGOS.

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

1.2.13. PROTECCIÓN DE LA MATERNIDAD

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

1.2.14. PROTECCIÓN DE LOS MENORES.

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos

derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

1.2.15. RELACIONES DE TRABAJO TEMPORALES, DE DURACIÓN DETERMINADA Y EN EMPRESAS DE TRABAJO TEMPORAL.

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

1.2.16. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS.

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

1.3. SERVICIOS DE PREVENCION.

1.3.1. PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES.

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

1.3.2. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

1.4. CONSULTA Y PARTICIPACION DE LOS TRABAJADORES.

1.4.1. CONSULTA DE LOS TRABAJADORES.

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

1.4.2. DERECHOS DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN.

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

1.4.3. DELEGADOS DE PREVENCIÓN.

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

2. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO.

2.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las ***normas reglamentarias*** las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a *garantizar la seguridad y la salud en los lugares de trabajo*, de manera que de su utilización no se deriven riesgos para los trabajadores.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto ***486/1997*** de 14 de Abril de 1.997 establece las ***disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a los lugares de trabajo***, entendiendo como tales las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo, sin incluir las obras de construcción temporales o móviles.

2.2. OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO.

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.

En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.

2.2.1. CONDICIONES CONSTRUCTIVAS.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbaciones o caídas de materiales sobre los trabajadores, para ello el pavimento constituirá un conjunto homogéneo, llano y liso sin solución de continuidad, de material consistente, no resbaladizo o susceptible de serlo con el uso y de fácil limpieza, las paredes serán lisas, guarnecidas o pintadas en tonos claros y susceptibles de ser lavadas y blanqueadas y los techos deberán resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y ser lo suficientemente consistentes.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

Todos los elementos estructurales o de servicio (cimentación, pilares, forjados, muros y escaleras) deberán tener la solidez y resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a que sean sometidos.

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables, adoptando una superficie libre superior a 2 m^2 por trabajador, un volumen mayor a 10 m^3 por trabajador y una altura mínima desde el piso al techo de 2,50 m. Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

El suelo deberá ser fijo, estable y no resbaladizo, sin irregularidades ni pendientes peligrosas. Las aberturas, desniveles y las escaleras se protegerán mediante barandillas de 90 cm de altura.

Los trabajadores deberán poder realizar de forma segura las operaciones de abertura, cierre, ajuste o fijación de ventanas, y en cualquier situación no supondrán un riesgo para éstos.

Las vías de circulación deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad. La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 100 cm.

Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista y deberán estar protegidas contra la rotura.

Las puertas de acceso a las escaleras no se abrirán directamente sobre sus escalones, sino sobre descansos de anchura al menos igual a la de aquellos.

Los pavimentos de las rampas y escaleras serán de materiales no resbaladizos y caso de ser perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 mm. La pendiente de las rampas variará entre un 8 y 12 %. La anchura mínima será de 55 cm para las escaleras de servicio y de 1 m. para las de uso general.

Caso de utilizar escaleras de mano, éstas tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. En cualquier caso, no se emplearán escaleras de más de 5 m de altura, se colocarán formando un ángulo aproximado de 75º con la horizontal, sus largueros deberán prolongarse al menos 1 m sobre la zona a acceder, el ascenso, descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán frente a las mismas, los trabajos a más de 3,5 m de altura, desde el

punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad y no serán utilizadas por dos o más personas simultáneamente.

Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocarán en el exterior. El número, la distribución y las dimensiones de las vías deberán estar dimensionadas para poder evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente, dotando de alumbrado de emergencia aquellas que lo requieran.

La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión, para ello se dimensionarán todos los circuitos considerando las sobreintensidades previsibles y se dotará a los conductores y resto de aparamenta eléctrica de un nivel de aislamiento adecuado.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección conectados a las carcasas de los receptores eléctricos, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local, características del terreno y constitución de los electrodos artificiales).

2.2.2. ORDEN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO. SEÑALIZACIÓN.

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos.

Las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico.

2.2.3. CONDICIONES AMBIENTALES

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 ºC. En los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 ºC.
- La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
  -Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
  -Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
  - Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.
- La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m^3 de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y 50 m^3 en los casos restantes.
- Se evitarán los olores desagradables.

2.2.4. ILUMINACIÓN.

La iluminación será natural con puertas y ventanas acristaladas, complementándose con iluminación artificial en las horas de visibilidad deficiente. Los puestos de trabajo llevarán además puntos de luz individuales, con el fin de obtener una visibilidad notable. Los niveles de iluminación mínimos establecidos (lux) son los siguientes:

- Áreas o locales de uso ocasional: 50 lux
- Áreas o locales de uso habitual: 100 lux
- Vías de circulación de uso ocasional: 25 lux.
- Vías de circulación de uso habitual: 50 lux.
- Zonas de trabajo con bajas exigencias visuales: 100 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales moderadas: 200 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales altas: 500 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales muy altas: 1000 lux.

La iluminación anteriormente especificada deberá poseer una uniformidad adecuada, mediante la distribución uniforme de luminarias, evitándose los deslumbramientos directos por equipos de alta luminancia.

Se instalará además el correspondiente alumbrado de emergencia y señalización con el fin de poder iluminar las vías de evacuación en caso de fallo del alumbrado general.

2.2.5. SERVICIOS HIGIÉNICOS Y LOCALES DE DESCANSO.

En el local se dispondrá de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible por los trabajadores.

Se dispondrán vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo, provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales

con llave, con una capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Si los vestuarios no fuesen necesarios, se dispondrán colgadores o armarios para colocar la ropa.

Existirán aseos con espejos, retretes con descarga automática de agua y papel higiénico y lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otros sistema de secado con garantías higiénicas. Dispondrán además de duchas de agua corriente, caliente y fría, cuando se realicen habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada sudoración. Llevarán alicatados los paramentos hasta una altura de 2 m. del suelo, con baldosín cerámico esmaltado de color blanco. El solado será continuo e impermeable, formado por losas de gres rugoso antideslizante.

Si el trabajo se interrumpiera regularmente, se dispondrán espacios donde los trabajadores puedan permanecer durante esas interrupciones, diferenciándose espacios para fumadores y no fumadores.

2.2.6. MATERIAL Y LOCALES DE PRIMEROS AUXILIOS.

El lugar de trabajo dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores y a los riesgos a que estén expuestos.

Como mínimo se dispondrá, en lugar reservado y a la vez de fácil acceso, de un botiquín portátil, que contendrá en todo momento, agua oxigenada, alcohol de 96, tintura de yodo, mercurocromo, gasas estériles, algodón hidrófilo, bolsa de agua, torniquete, guantes esterilizados y desechables, jeringuillas, hervidor, agujas, termómetro clínico, gasas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas, antiespasmódicos, analgésicos y vendas.

3. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

3.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las ***normas reglamentarias*** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud*, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto ***485/1997*** de 14 de Abril de 1.997 establece las ***disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo***, entendiendo como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

3.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se

realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.

4.1. INTRODUCCION

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las ***normas reglamentarias*** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto ***1215/1997*** de 18 de Julio de 1.997 establece las ***disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo***, entendiendo como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

4.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas

operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

4.2.1. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones

deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

4.2.2. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL.

5.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las ***normas de desarrollo reglamentario*** las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar *la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual* que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que *no puedan evitarse o limitarse* suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

5.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

5.2.1. PROTECTORES DE LA CABEZA.

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

5.2.2. PROTECTORES DE MANOS Y BRAZOS.

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas

5.2.3. PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS.

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Rodilleras.

5.2.4. PROTECTORES DEL CUERPO.

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

PLIEGO DE CONDICIONES

INDICE

1. DISPOSICIONES GENERALES …… 1
2. CONDICIONES FACULTATIVAS …….. 2
3. CONDICIONES ECONÓMICAS …… 4
4. CONDICIONES LEGALES …….. 6
5. CONDICIONES TÉCNICAS ……..10

PLIEGO DE CONDICIONES

1. DISPOSICIONES GENERALES

1.1. Objeto del pliego

El presente documento tiene por objeto la definición con carácter general, del conjunto de directrices, requisitos y normar aplicables al desarrollo de las obras e instalaciones a las que se refiere el proyecto: "Extracción de la lignina a partir de la cáscara de almendra".

Comprender las condiciones generales facultativas, económicas y legales, así como las condiciones técnicas referentes a los materiales y equipos, el modo de ejecución, y en general, cuantos aspectos han de regir en las obras comprendidas en el presente proyecto.

1.2. Obras necesarias no especificadas

Si en el transcurso de los trabajos se hiciese necesario ejecutar cualquier clase de obras que no encuentren descritas en el pliego de condiciones, el contratista estará obligado a realizarlas con estricta sujeción a las órdenes que, al efecto, reciba del Director de obra.

El Director de obra tendrá plenas atribuciones para aprobar la idoneidad de los sistemas empleados, de forma que a su juicio las obras y/o instalaciones que resulten defectuosas total o parcialmente, deberán ser demolidas o desmontadas en su totalidad o en parte, sin que ello de derecho a ningún tipo de reclamación por parte del contratista.

1.3. Documentos

Los documentos que definen las obras e instalaciones y que la propiedad entregue al contratista, pueden tener carácter contractual o meramente informativo. Son documentos contractuales los planos y el pliego de condiciones recogido en el presente proyecto. Los datos incluidos en la memoria y anexo de cálculo así como el presupuesto, tienen carácter meramente informativo.

1.4. Contradicciones

En los casos de contradicción entre los planos y el pliego de condiciones, prevalecerá lo indicado en este último.

2. CONDICIONES FACULTATIVAS

2.1. Dirección facultativa

La dirección facultativa de las obras e instalaciones recaerá sobre un ingeniero técnico o superior nombrado por la propiedad en su representación, el cual se responsabilizará de los labores de dirección, control y vigilancia de las obras del presente proyecto.

Entre las funciones del ingeniero Director de obras están las siguientes:

- garantizar la ejecución de las obras con estricta sujeción al proyecto aprobado, o modificaciones debidamente aprobadas
- resolver todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a la interpretación de los planos, condiciones de materiales y de ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del contrato
- estudiar las incidencias y problemas planteados en las obras que impidan el normal cumplimiento del contrato o aconsejen su modificación, tramitando en su caso las propuestas correspondientes
- proponer las actuaciones procedentes para obtener, de los organismos oficiales y de los particulares, los permisos y actualizaciones necesarias para la ejecución de las obras
- asumir personalmente bajo su responsabilidad, en casos de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas operaciones y trabajos en curso, para lo cual, el contratista deberá poner a su disposición el personal y el material de obra

2.2. Obligaciones del contratista

El contratista está obligado a suministrar, en todo momento, cualquier información relativa a la realización del contrato, de la que la empresa juzgue necesario tener conocimiento.

Antes de iniciarse las obras objeto del contrato, el contratista designará su representante a pie de obra y se le comunicará por escrito a la empresa especificando poderes, que deberán ser lo suficientemente amplios para recibir y resolver en consecuencia las comunicaciones y órdenes de la representación de la empresa.

El contratista estará obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en material laboral, de seguridad social y de seguridad e higiene en el trabajo.

El contratista es responsable de las condiciones de seguridad e higiene en los trabajos, estando obligado a adoptar y hacer aplicar, a su costa, las disposiciones vigentes sobre estas materias, en las medidas que dicten la Inspección de Trabajo y demás organismos competentes, así como las normas

de seguridad complementarias que correspondan a las características de las obras contratadas.

A tal efecto el contratista debe establecer un Plan de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios, que especifique con claridad las medidas prácticas que estime necesario tomar en la obra. Este plan debe precisar las formas de aplicación de las medidas complementarias que correspondan a los riesgos de la obra con el objeto de asegurar eficazmente:

- la seguridad de su propio personal, del de la empresa y de terceros
- la higiene y primeros auxilios a enfermos y accidentados
- la seguridad de las instalaciones

2.3. Garantía de cumplimiento

El Director de obra podrá exigir al contratista la presentación de referencias, o de otras entidades o personas al objeto de cerciorarse de si éste reúne todas las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del contrato. En el caso en que le sean requeridas dichas referencias, el contratista deberá presentarlas antes de la firma del contrato.

2.4. Plazo de comienzo y de ejecución

El contratista deberá dar comienzo a las obras dentro de los quince días siguientes a la fecha de la adjudicación definitiva a su favor, dando cuenta de oficio a la Dirección, del día que se propone inaugurar los trabajos, quien acusará recibos.

Las obras deberán quedar total y absolutamente terminadas en el plazo que se fije la adjudicación a contar desde igual fecha que en el caso anterior. No se considerará motivo de demora de las obras la posible falta de mano de obra o dificultades en la entrega de los materiales.

2.5. Medición definitiva de los trabajos

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente, por la Dirección de la obra a su medición general y definitiva, con precisa asistencia del contratista o un representante suyo nombrado por el de oficio.

2.6. Plazo de garantía

El plazo de garantía de las obras terminadas será de un año, transcurrido el cual se efectuará la recepción definitiva de las mismas.

3. CONDICIONES ECONÓMICAS

3.1. Gastos de carácter general por cuenta del contratista

Se entiende como tales los gastos de cualquier clase ocasionados por la comprobación del replanteo de la obra, los ensayos de materiales que deba realizar por su cuenta el contratista, y los de montaje y retirada de las construcciones auxiliares, pertenecientes al contratista.

Será por cuenta del contratista, los ensayos que realice directamente con los materiales suministrados por sus proveedores antes de su adquisición e incorporación a la obra y que en su momento serán controlados por la empresa para su aceptación definitiva. Serán así mismo de su cuenta aquellos ensayos que el contratista crea oportuno realizar durante la ejecución de los trabajos, para su propio control.

En los casos de resolución del contrato, cualquiera que sea la causa que lo motive, serán de cuenta del contratista los gastos de jornales y materiales ocasionados por la liquidación de las obras y los de las Actas Notariales que sea necesario levantar, así como la retirada de los medios auxiliares que no utilice la empresa o que le devuelva después de utilizados.

3.2. Gastos de carácter general por cuenta de la empresa

Serán por cuenta de la empresa los gastos originados por la inspección de las obras del personal de la empresa o contratados para este fin, la comprobación o revisión de las certificaciones, la toma de muestras y ensayos de laboratorio para la comprobación periódica de calidad de materiales y obras realizadas, y el transporte de los materiales suministrados por la empresa, sin incluir su descarga ni los gastos de paralización de vehículos por retrasos en la misma.

3.3. Fianza

El contratista deberá abonar una fianza del 5% sobre el valor total de las obras, como garantía de la firma del contrato.

La fianza deberá depositada mediante mediante cheque o aval bancario. Ésta tendrá carácter de irrevocable desde el momento de la firma del contrato, hasta la liquidación final de las obras y será devuelta una ver realizada ésta.

3.4. Gastos e impuestos

Todos los gastos e impuestos de cualquier orden, que por disposición del Estado, Provincia o Municipio se deriven del contrato, y estén vigentes en la

fecha de la firma del mismo, serán por cuenta del contratista con excepción del IVA.

Las modificaciones tributarias establecidas con posterioridad al contrato afectarán al sujeto pasivo directo, sin que las partes puedan repercutirlas entre sí. En ningún caso podrá ser la causa de revisión de precios la modificación del sistema tributario vigente a la firma del contrato.

3.5. Seguros

El contratista está obligado a suscribir seguros para garantía de posibles daños a las obras, maquinarias e instalaciones, así como daños a terceras personas. Deberá tener seguro de responsabilidad civil y contratar la vigilancia necesaria.

4. CONDICIONES LEGALES

4.1. Normativa general de aplicación

La normativa y legislación actualmente vigente que deberá cumplirse en la realización del presente proyecto es la siguiente:

• *Ley 31/1995 de 8 de Noviembre* de Prevención de riesgos laborales
• *Ley 54/2003 de 12 de Diciembre* de reforma del marco normativo de la Prevención de riesgos laborales
• *RD 171/2004,* por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, en materia de coordinación de actividades empresariales
• *RD 1215/97,* el cual establece las condiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
• *RD 486/1997,* que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo
• *RD 1495/1986.* Reglamento de Seguridad en Máquinas
• *RD 2413/1973,* y modificaciones posteriores: Reglamento electrotécnico para Baja Tensión (RBT)
• *RD 485/97* sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo
• *RD 1244/79.* Reglamentos de Aparatos a Presión (RAP) e Instrucciones Técnicas Complementarias
• *RD 773/1997,* sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual
• *RD 374/2001,* sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo
• *RD 379/2001.* Reglamento de Almacenamiento de productos Químicos (RAQ) e Instrucciones Técnicas Complementarias

Así mismo se considerará de aplicación cualquier norma o disposición que modifique o complemente las citadas. Sin perjuicio de todas las disposiciones enumeradas, serán de aplicación cuantas no se hayan mencionado o surjan en el proceso de aprobación del presente proyecto.

4.2. Concurso

La licitación de la obra se hará por concurso restringido, en el que la empresa convocará a las empresas constructoras que estime oportuno.

Los concursantes enviarán sus ofertas por triplicado, en sobre cerrado y lacrado, según se indique en la carta de petición de ofertas, a la dirección de la empresa.

4.3. Adjudicación

La empresa tendrá alternativamente la facultad de adjudicar el concurso la propuesta más ventajosa, sin atender necesariamente al valor económico de la misma, o declarar desierto al concurso. En este último caso la empresa podrá libremente suspender definitivamente la licitación de las obras o abrir un nuevo concurso, pudiendo introducir las variaciones que estime oportunas, en cuanto al sistema de licitación y relación de contratistas ofertantes.

La elección del adjudicatario de la obra por parte de la empresa es irrevocable y, en ningún caso, podrá ser impugnada por el resto de los contratistas ofertantes.

La empresa comunicará al ofertante seleccionado la adjudicación de las obras, mediante una carta de intención. En el plazo máximo de un mes a partir de la fecha de esta carta, el contratista a simple requerimiento de la empresa se prestará a formalizar el contrato definitivo.

4.4. Permiso a obtener por la empresa

Será responsabilidad de la empresa la obtención de los permisos oficiales que más adelante se relacionan, estando a su cargo todos los gastos que se relacionen por tal motivo:

- Concesión de Aprovechamientos
- Autorización de Instalaciones
- Aprobación de Proyectos de Replanteo
- Declaración de Utilidad Pública
- Declaración de Urgente Ocupación

Actualizaciones especiales para la construcción y montaje de la instalación:

- Licencia Municipal de Obras
- Licencia de Apertura, Instalación y Funcionamiento
- Autorización para vallas
- Permiso de Obras Públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación (podrá ser responsabilidad del contratista si así lo estipulase el contrato)
- Solicitud de Puesta en Servicio

4.5. Contrato

El contratista, dentro de los treinta días siguientes a la comunicación de la adjudicación y a simple requerimiento de la empresa, depositará la fianza definitiva y formalizará el contrato en el ligar y fecha que se le notifique oficialmente.

El contrato tendrá carácter de documento privado, pudiéndose elevado a público a instancias de una de las partes, siendo en este caso a cuenta del contratista los gastos que ello origine.

Una vez depositada la fianza definitiva y firmando el contrato, la empresa procederá, a petición del interesado, a devolver la fianza provisional, si la hubiera.

Cuando por caudas imputables al contratista, no se pudiera formalizar el contrato en el plazo, la empresa podrá proceder a anular la adjudicación, con incautación de la fianza provisional, si la hubiera.

A efectos de los plazos de ejecución de las obras, se considerará como fecha de comienzo de las mismas la que se especifique en el pliego particular de condiciones y en su defecto, de la orden de comienzo de los trabajos. Esta orden se comunicará al contratista en un plazo no superior a 90 días a partir de la fecha de la firma del contrato.

El contrato será firmado por parte del contratista, por su representante legal o apoderado, quien deberá poder probar este extremo con la presentación del correspondiente poder acreditativo.

4.6. Régimen de intervención

Cuando el contratista no de cumplimiento, bien a las obligaciones o disposiciones del contrato, bien a las órdenes de servicio que les sean dadas por la empresa, ésta le requerirá cumplir este requisito de órdenes en un plazo determinado, que, salvo en casos de urgencia, no será nunca menor a 10 días a partir de la notificación de requerimiento. Pasado este plazo, si el contratista no ha ejecutado las disposiciones dadas, la empresa podrá ordenar a título provisional el establecimiento de un régimen de intervención general o parcial por cuenta del contratista.

Durante el periodo de régimen de intervención, el contratista podrá conocer la marcha de los trabajos, sin que pueda de ninguna manera, entorpecer o dificultar las órdenes de la empresa.

El contratista podrá, por otra parte, ser liberado del régimen de intervención si justifica su capacidad para volver a hacerse cargo de los trabajos y llevarlos a buen fin.

4.7. Rescisión del contrato

Cuando a juicio de la empresa el incumplimiento por parte del contratista de alguna de las claúsulas del contrato, pudiera ocasionar graves trastornos en la

realización de las obras, en el cumplimiento de los plazos, o en su aspecto económico, la empresa podrá decidir la resolución del contrato, con las penalidades a que hubiera lugar.

En los contratos rescindidos, se procederá a efectos de garantías, fianzas, etc., a efectuar las recepciones provisionales y definitivas de todos los trabajos ejecutados por el contratista hasta la fecha de la rescisión.

5. CONDICIONES TÉCNICAS

5.1. Forma general de ejecutar los trabajos

Las obras e instalaciones se ajustarán a los planos y a este pliego de condiciones resolviéndose cualquier discrepancia que pudiese existir por el director de obra.

Si por cualquier circunstancia fuese preciso efectuar alguna variación en las obras a realizar, se redactará el correspondiente proyecto reformado, el cual se considerará parte integrante del proyecto primitivo y por tanto sujeto a las mismas especificaciones de todos y cada uno de los documentos de éste.

5.2. Mano de obra

Todo el personal especialista que se emplee en la ejecución de la obra tendrá perfecto conocimiento de su oficio de acuerdo a su categoría.

5.3. Pruebas y puesta en marcha

Durante la ejecución de los trabajos se efectuarán pruebas de carga de los distintos equipos así como de resistencia mecánica por sobrepresión recogida en la normativa legal vigente y en los distintos capítulos de la memoria del proyecto.

5.4. Condiciones para los materiales

Antes de proceder al empleo de los materiales, estos serán examinados y aceptados por el director de obra, quien podrá disponer si así lo considera oportuno de todas las pruebas, análisis y ensayos necesarios, hasta su definitiva aprobación.

5.5. Condiciones para los equipos

5.5.1. Condiciones para el reactor encamisado

El material de construcción para el reactor encamisado, tanto para el reactor como para la camisa de calefacción externa y los agitadores internos, será acero al Carbono SA-283 C. Las dimensiones del mismo, así como sus características geométricas, serán las determinadas en la memoria.

El director de obra supervisará el equipo completo antes de su montaje, comprobará su buen estado y podrá rechazarlo si observa anomalías que a su criterio puedan justificar dicho rechazo. En el lugar del emplazamiento se habrá previsto el espacio suficiente para el desmontaje completo del equipo.

5.6. Condiciones para las tuberías

5.6.1. Condiciones generales

Las tuberías serán de acero acero al carbono calmado del tipo A-106 Grado B.

Las tuberías tendrán los diámetros especificados en el capítulo correspondiente de la memoria del presente proyecto, y estarán libres de fisuras, poros, grietas, impurezas, deformaciones y faltas de homogeneidad, así como otros efectos que puedan disminuir su resistencia y apartar su comportamiento del esperado por sus características.

5.6.2. Condiciones para accesorios

Los accesorios serán del mismo material y estarán normalizados según la norma ANSI B.16.11. Su diámetro será el correspondiente a las líneas en las que vayan instalados y el tipo de unión entre los accesorios, y entre estos y las tuberías con las que acoplan, dependerán del si el diámetro nominal es mayor o menor de 2 pulgadas, y si conviene que la unión sea desmontable o no (ver capítulo de tuberías).

Los accesorios estarán libres de defectos, irregularidades, etc., que puedan afectar negativamente a su comportamiento durante el proceso.

5.7. Condiciones para la instrumentación

Los reguladores y sensores que se empleen en la instalación serán los adecuados para las condiciones del proyecto, estarán libres de defectos, irregularidades, etc., que puedan dificultar su instalación o montaje o que pueda afectar negativamente a su comportamiento durante el proceso.

Durante su instalación se tendrá especial cuidado en alinear los extremos de éstos con las tuberías en las que vayan a ser instalados en su caso.

5.8. Condiciones para el aislamiento

Los equipos así como las tuberías cuyo aislamiento se prevé en la memoria del presente proyecto, serán térmicamente aislados mediante lana de vidrio con los espesores correspondientes establecidos en dicha memoria.

El material aislante no presentará cortes o deformaciones que a juicio del director de obra pudieran afectar a la capacidad aislante del mismo.

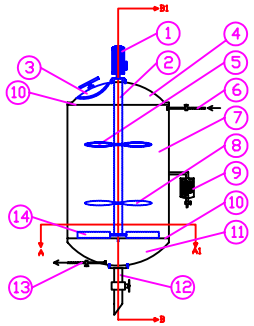
El aislamiento se sujetará a los equipos mediante pletinas, alambres, tornillos de metal, o mediante otro sistema que el instalador considere adecuado y que el director de obra estime eficaz.

PLANOS

INDICE DE PLANOS

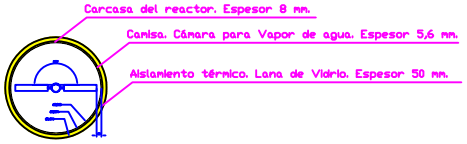
1. PLANO GENARAL.
2. COTAS
3. DETALLES DE HELICES

LEYENDA

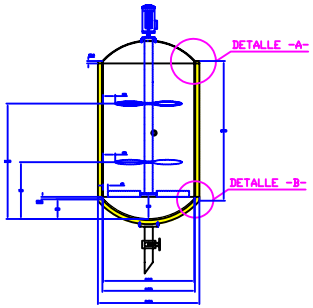


1. Motor.
2. Eje de Giro de las Hélices. Diámetro 100mm.
3. Compuerta de Llenado del Reactor Diámetro 0,4 m.
4. Fondo Superior del Reactor (E= 5,5 mm)
5. Hélice Dentada Cortaespuma
6. Conducto de entrada de Vapor de agua. Procedente de la Caldera.
7. Reactor. Espesor 8mm.
8. Turbina Tipo Hélice de 3 palas. Agitadores
9. Punto de toma de Muestra. Enfriamiento Mediante refrigerante.
10. Pestaña o Faldilla
11. Fondo Inferior del Reactor (E' = 8 mm)
12. Punto de Salida de Producto Terminado. (Diametro 100mm)
13. Conducto de salida de agua condensada. Procedente del enfriamiento de la cámara de vapor de agua.
14. Paletas Planas. (Evita Obstrucción)

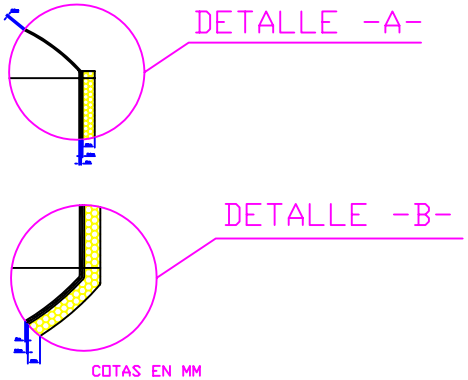
PLANO 1- (PLANO GENERAL)



SECCION A-A1

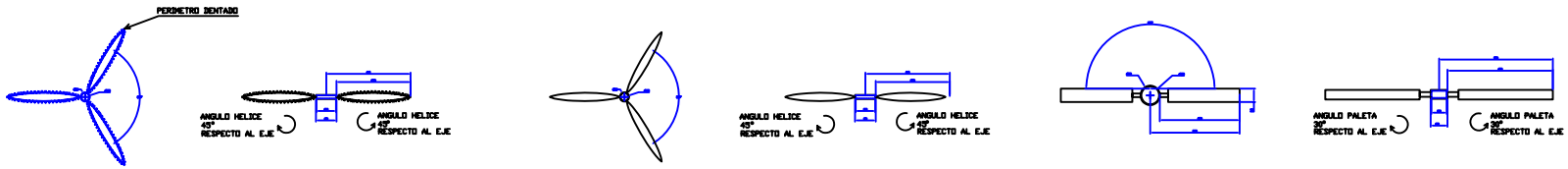


SECCION B-B1



COTAS EN MM

PLANO 2- (PLANO DE ACOTACIONES)



PLANTA ALZADO PLANTA ALZADO PLANTA ALZADO

DETALLE 3D

HELICE CORTAESPUMA

DETALLE 3D

HELICE AGITADORES

DETALLE 3D

PALETAS PLANAS

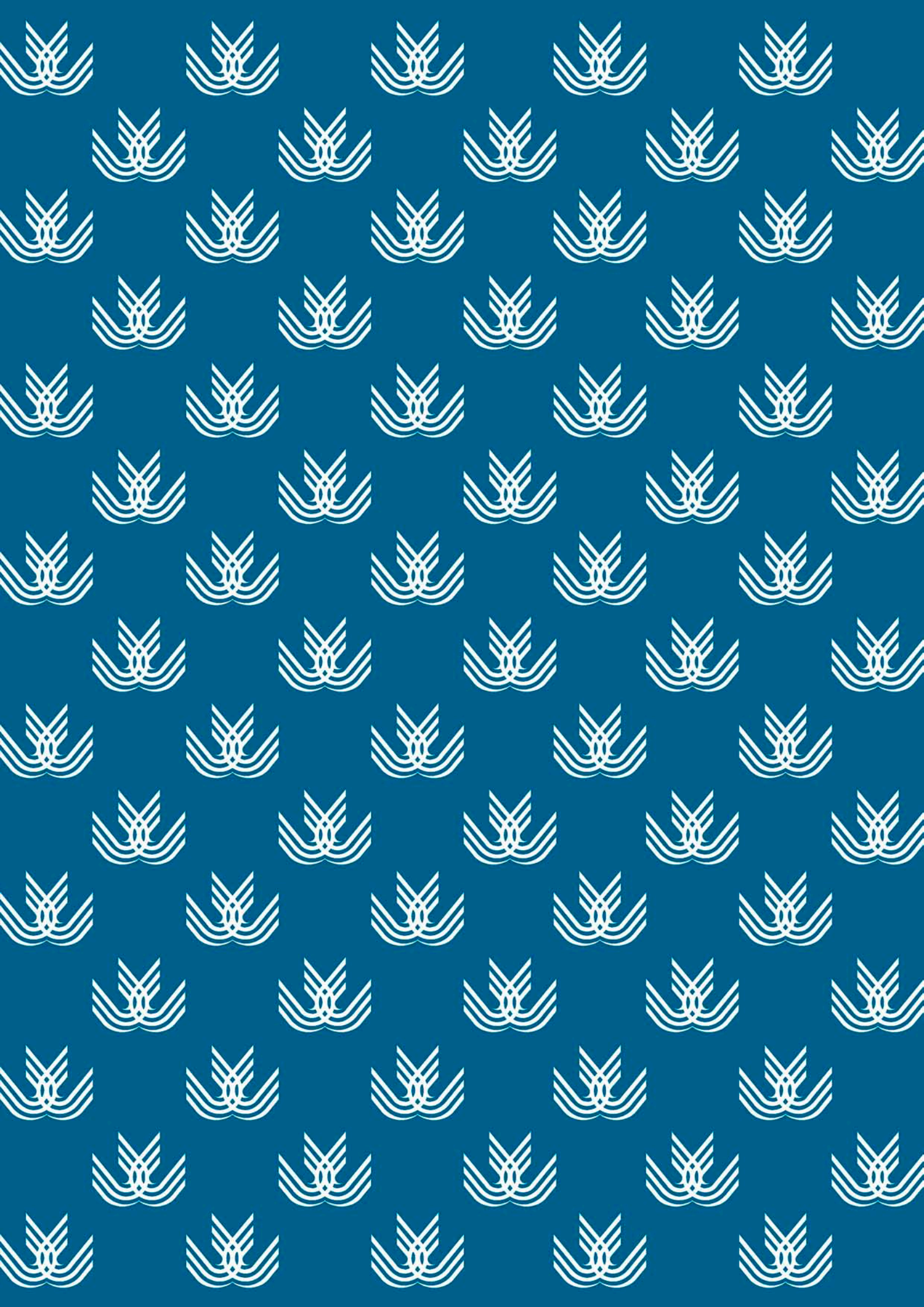
PLANO 3- (DETALLES DE HELICES)

COTAS EN MM

PLANO DE:			EL INGENIERO QUÍMICO MARÍA JOSÉ DURÁN SILES
ESCALA	FECHA MARZO 07	PLANO Nº	PETICIONARIO FACULTAD DE CIENCIAS

BIBLIOGRAFÍA

- *INGENIERÍA QUÍMICA. OPERACIONES BÁSICAS. J.M. Coulson, J.F. Richardson. Ed. Reverté*
- *PERRY MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO, Vol II , 7ª Edición. Ed. Mc Graw-Hill*
- *EQUIPOS DE INTERCAMBIO DE CALOR. D. F. Mendia. Ed Ente Vasco de la Energía*
- *TRANSFERENCIA DE CALOR. A.F. Mills. Ed. Mc Graw-Hill*
- *MANUAL DE RECIPIENTES A PRESIÓN: DISEÑO Y CÁLCULO Eugene F. Megyesy Ed. Limusa S.A.*
- *MANUAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN PLANTAS QUÍMICAS Y PETROLERAS. Fundamentos, Evaluación de riesgos y Diseño. J.M. Storch de Gracia, Ed. Mc Graw-Hill.*
- *EL PRONÓSTICO ECONÓMICO EN QUÍMICA INDUSTRIAL. Angel Vian. Ed. Alambra.*
- *PLANT DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS. M.S.Peters, K.S.Timmerhaus, 3º edición. Ed. McGraw-Hill.*

Webs

- http://www.spl.ethz.ch/distillation-definitions.php
- http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/transferenciademasa/unidad_1/sist_multicomponentes.html
- http://www.portaldelaindustria.com/
- http://www.directindustry.com
- http://www.sulzerchemtech.com
- http://www.isover.net
- http://www.affinitysteel.com.ar
- http://www.mtas.es/insht/
- http://www.meps.co.uk