

APARTADO 1

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO





1	ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	5
1.1	DEFINICIÓN DEL PROYECTO	5
1.1.1	OBJETIVOS	5
1.1.2	ALCANCE DEL PROYECTO	5
1.1.3	BASES DEL DISEÑO	5
1.1.4	ESPECIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN	6
1.1.5	LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA	6
1.1.5.1	PARÁMETROS DE EDIFICACIÓN Y PLANO DE LA PARCELA	7
1.1.5.2	EVALUACIÓN DE LAS COMUNICACIONES Y ACCESIBILIDAD DE LA PLANTA	8
1.1.5.3	CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO FÍSICO DE LA ZONA	9
1.1.5.3.1	Climatología	9
1.1.5.3.2	Geología, geomorfología y edafología	11
1.1.5.3.3	Hidrología	13
1.1.5.3.4	Sismología	15
1.1.6	NOMENCLATURA DE LA MEMORIA	16
1.2	MÉTODOS DE OBTENCIÓN DEL CUMENO	19
1.2.1	MÉTODO Q-MAX – UOP LLC	19
1.2.2	MÉTODO BADGER	21
1.2.3	MÉTODO MONSANTO – LUMMUS TECHNOLOGY	22
1.2.4	MÉTODO CDTECH & ABB Lummus Global	24
1.3	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	26
1.4	CARACTERÍSTICAS DE LOS REACTIVOS Y PRODUCTOS	29
1.4.1	REACTIVOS (I): BENCENO	29
1.4.2	REACTIVOS (II): PROPILENO	30
1.4.3	REACTIVOS (III): PROPANO (COMO IMPUREZA)	30
1.4.4	PRODUCTOS (I): DIISOPROPILBENCENO	31
1.4.5	PRODUCTOS (II): CUMENO	31
1.4.6	CATALIZADOR: ZEOLITA	32

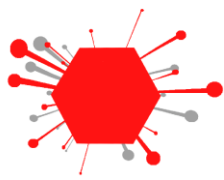


1.5	APLICACIONES DEL CUMENO.....	37
1.6	BALANCES DE MATERIA	37
1.7	CONSTITUCIÓN DE LA PLANTA.....	48
1.7.1	DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DE LA PLANTA	48
1.7.2	DISTRIBUCIÓN POR ÁREAS	48
1.7.3	PLANTILLA DE TRABAJADORES	52
1.8	PROGRAMACIÓN TEMPORAL Y MONTAJE DE LA PLANTA	54
1.9	SERVICIOS DE PLANTA.....	57
1.9.1	EQUIPOS DE FRÍO	57
1.9.1.1	Torres de refrigeración	57
1.9.1.1.1	Lista de consumidores	58
1.9.1.1.2	Corrientes en el equipo de frio	58
1.9.1.1.3	Potencia frigorífica requerida	58
1.9.1.2	Elección del equipo	58
1.9.1.3	Implantación de los equipos	59
1.9.1.4	Mantenimiento	59
1.9.1.4.1	Mantenimiento preventivo	59
1.9.1.4.2	Mantenimiento de la calidad del agua de refrigeración	59
1.9.1.4.3	Legislación aplicable	59
1.9.2	EQUIPOS CHILLER.....	62
1.9.2.1	Elección del refrigerante: Solkane® 134a	62
1.9.2.2	Corrientes a Chillers	62
1.9.2.2.1	Lista de consumidores	62
1.9.2.2.2	Corrientes en el equipo de frio	62
1.9.2.2.3	Potencia frigorífica requerida	63
1.9.2.3	Elección del equipo.....	63
1.9.3	EQUIPOS DE CALOR	66
1.9.3.1	Elección del aceite: Therminol 66	66



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.9.3.2 Caldera de aceite térmico	66
1.9.3.2.1 Lista de consumidores.....	66
1.9.3.2.3 Corrientes en caldera	66
1.9.3.2.4 Potencia calorífica requerida	67
1.9.3.2.5 Elección del equipo	67
1.9.3.2.6 Mantenimiento	67
1.9.4 AIRE COMPRIMIDO	70
1.9.4.1 Consumo instrumentación.....	70
1.9.4.2 Lista de consumidores.....	70
1.9.4.3 Presión de trabajo requerida	71
1.9.4.4 Análisis de la demanda de aire (ADA)	71
1.9.4.5 Elección del sistema de distribución	71
1.9.4.1 Elección del equipo	72
1.9.5 NITRÓGENO.....	76
1.9.5.1 Lista consumidores.....	76
1.9.5.2 Uso	76
1.9.6 ELECTRICIDAD	79
1.9.5.1 Estación transformadora	79
1.9.6.1 Lista consumidores.....	79
1.9.6.2 Necesidades totales	80
1.9.6.3 Elección del equipo	80
1.9.6.4 Legislación aplicable	80
1.9.7 SAI.....	84
1.9.7.1 Lista consumidores.....	84
1.9.7.2 Elección del equipo	84
1.9.8 GRUPO ELECTRÓGENO	87
1.9.8.1 Dimensionamiento del equipo	87
1.9.8.2 Elección del equipo	87
1.9.9 PESAJE.....	90
1.9.9.1 Elección del equipo	90
1.9.10 CONSUMOS	92





1 ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.1 DEFINICIÓN DEL PROYECTO

1.1.1 OBJETIVOS

El objetivo de éste proyecto es el diseño de una planta química que produce 80.000 toneladas al año de cumeno a partir de benceno, que contiene una pureza del 100%, y propileno, que procede del corte C3 de una planta de pirolisis i contiene un 5% de propano como impureza.

Así pues, se presenta un estudio de la viabilidad de la construcción y operación de la planta siempre bajo el cumplimiento de la normativa y legislación vigente.

1.1.2 ALCANCE DEL PROYECTO

El presente proyecto abastece los siguientes apartados:

- Diseño y especificaciones de todas las unidades de reacción y proceso de producción y purificación de cumeno.
- Diseño de todo el sistema de control necesario para un funcionamiento correcto de la planta.
- Diseño del sistema de seguridad e higiene adecuado a la planta.
- Diseño para el mínimo impacto medioambiental y procesos de tratamiento de residuos sólidos, líquidos y gaseosos.
- Evaluación económica del proyecto.
- Diseño físico de la planta.
- Estudio de la puesta en marcha, parada y operación de la planta.

1.1.3 BASES DEL DISEÑO

El proyecto que se detalla a continuación contempla las siguientes áreas:

- Unidades de proceso y reacción para la producción y purificación del cumeno.
- Unidades de almacenamiento de materias primas y estación de carga y descarga.
- Almacenamiento del producto acabado.
- Áreas de servicios.
- Oficinas, laboratorios i vestuarios.
- Áreas auxiliares: aparcamiento, control de accesos, contra incendios, depuración de aguas i gases.



1.1.4 ESPECIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN

La obtención del cumeno a partir del propileno y benceno tiene los siguientes parámetros fijados:

- Capacidad: 80.000 tm/ año de cumeno.
- Funcionamiento: 300 días/ año de producción.
- Presentación: Líquido en depósitos de almacenamiento.

1.1.5 LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

El proyecto se realiza en una parcela de 53.235 m² sobre un terreno situado en el Polígono Industrial NYLON-66 del municipio de Tarragona. La ciudad de Tarragona es la capital de la comarca del Tarragonés y también de la provincia catalana con el mismo nombre que la ciudad. La planta cumple con la normativa urbanística del polígono industrial, teniendo en cuenta los retranqueos a viales y vecinos, altura de los edificios, ocupación de la parcela y la edificabilidad.

Como se ha citado antes, el terreno del que se dispone para la construcción de la planta tiene una extensión de 53.235 m² y las propiedades del suelo son de una resistencia de 2 kg/cm² a 1'5 metros de profundidad sobre gravas. También, el presente proyecto satisface la normativa sectorial de aplicación, de medioambiente y de protección contra incendios.

En las figuras que se muestran a continuación, se observa el emplazamiento de Tarragona en un mapa político:



Figura 1.1 Ubicación de Tarragona en España.



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO



Figura 1.2 Ubicación de Tarragona en la provincia de Tarragona.

1.1.5.1 PARÁMETROS DE EDIFICACIÓN Y PLANO DE LA PARCELA

Los parámetros de edificación que contempla el polígono NYLON-66 son los siguientes:

Tabla 1.1 Especificaciones de la parcela de la planta:

Edificabilidad	1'5m ² techo / m ³ suelo
Ocupación máxima de la parcela	75%
Ocupación mínima de la parcela	20% de la superficie de ocupación máxima
Retranqueos	5m a viales y vecinos
Altura máxima	16m y 3 plantas excepto en producción justificando la necesidad por el proceso
Altura mínima	4m y 1 planta
Aparcamientos	1 plaza / 150m ² construidos
Distancia entre edificios	1/3 del edificio más alto con un mínimo de 5m



A continuación se muestra el plano de la parcela donde queda emplazada la planta de producción de cumeno:

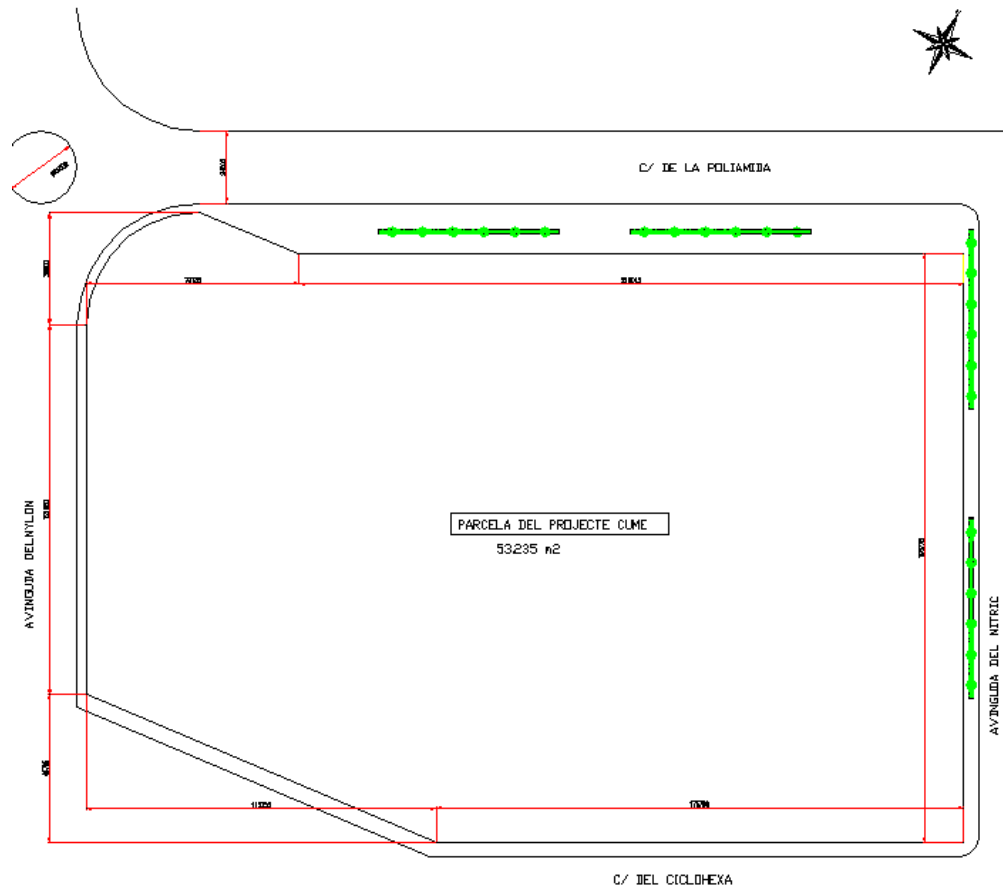


Figura 1.3 Plano de la parcela del polígono NYLON – 66.

1.1.5.2 EVALUACIÓN DE LAS COMUNICACIONES Y ACCESIBILIDAD DE LA PLANTA

Las comunicaciones y accesibilidad de la planta son puntos clave en el momento de decidir su emplazamiento, principalmente por la llegada de materias primas y por la salida del producto final de la planta. Dicho esto, cabe destacar que la situación de la planta goza de muy buenas condiciones de comunicación ya sea por vía terrestre, mediante carreteras y líneas ferroviarias, por vía aérea y por vía marítima. Así pues, veamos con más detalle las vías en las que nuestra planta puede comunicarse.

- Vía terrestre:

Como ya se ha comentado, nuestra planta tiene muy buena comunicación por parte de la red viaria, tal como la autopista AP-7, la autovía A-2, las carreteras nacionales N-340, N-240 y N-420, y carreteras autonómicas como la C-14 y la C-44.

Por otro lado, las infraestructuras ferroviarias de las cuales se beneficia la situación de la planta son de trenes cercanías y trenes regionales, así como también de trenes de alta velocidad.



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

- Vía aérea:
Por lo que concierne a las infraestructuras aéreas, la planta se encuentra a unos 10 km de distancia del aeropuerto de Reus, convirtiéndose entonces, en una infraestructura muy viable.
- Vía marítima:
Por último, pero no por ello de menos relevancia, otra infraestructura a considerar es la marítima, ya que Tarragona goza de tener un puerto en su misma ciudad.



Figura 1.4 Imagen vía satélite de Tarragona con sus carreteras.

1.1.5.3 CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO FÍSICO DE LA ZONA

A continuación se detallan las características más significativas del medio físico de Tarragona, lugar donde está construida la planta química.

1.1.5.3.1 Climatología

En la ciudad de Tarragona el clima es Mediterráneo Litoral Sur. La distribución de las precipitaciones es irregular, con un total anual escaso. La estación más lluviosa es el otoño y la menos el verano. El periodo árido comprende los meses de junio y julio. El régimen térmico de esta ciudad se caracteriza por tener los veranos secos y cálidos (en algunas ocasiones se supera los 30°C) y los inviernos suaves (prácticamente nunca se llega a temperaturas inferiores a los 6°C). Las heladas son poco frecuentes, exceptuando los meses de invierno, el resto de año es un periodo libre de heladas.

En la tabla que se muestra a continuación, podemos contemplar los datos climatológicos más significativos de la ciudad.



Tabla 1.2 Características climatológicas del municipio de Tarragona:

Temperatura media (°C)	16'9
Mediana de las temperaturas máximas (°C)	21'4
Mediana de las temperaturas mínimas (°C)	12'4
Temperatura máxima absoluta (°C)	34'5
Temperatura mínima absoluta (°C)	-0'9
Precipitación media anual (mm)	510
Velocidad media del viento (m/s)	2'7
Dirección dominante del viento	NW
Humedad relativa mediana (%)	71'8
Irradiación global mediana diaria (MJ/m ²)	14'9

En la figura que se muestra a continuación, podemos ver la temperatura y las precipitaciones mensuales media de los últimos años de la ciudad de Tarragona.

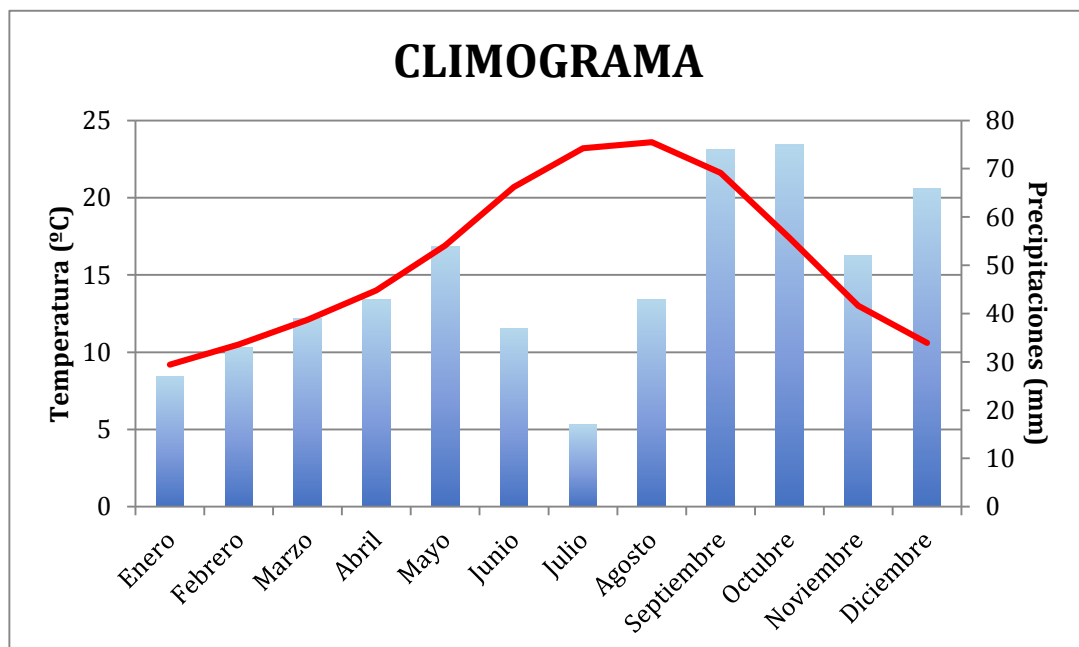


Figura 1.5 Climograma del municipio de Tarragona.



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.1.5.3.2 Geología, geomorfología y edafología

Las unidades geológicas presentes en un territorio determinado, como en el caso del municipio de Tarragona, asimismo como su expresión morfológica frente los procesos de erosión-sedimentación, son los responsables de qué áreas del territorio son las que registran una mayor ocupación humana y soporten una mayor actividad antrópica, y cuáles no. Por este motivo, en los siguientes apartados se caracterizan las diversas unidades geológicas, y la morfología resultante, en el territorio ocupado por el municipio de Tarragona.

- Geología y geomorfología:

Las transgresiones y regresiones marinas, así como las aportaciones originadas por la acción erosiva de los ríos originaron a la plana una litología en la cual se pueden diferenciar tres periodos geológicos: el Mioceno continental (situado en el extremo nord-este), el Mioceno marino (en el sector meridional) y el Cuaternario (en el margen derecho del río Francolí).

En la presente figura, se puede observar la orografía del municipio.

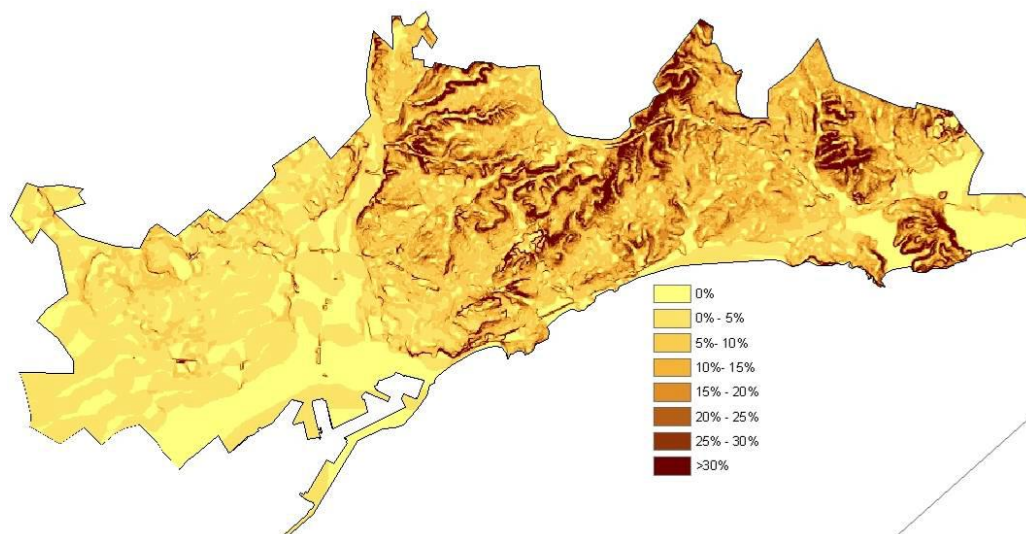


Figura 1.6 Mapa de las pendientes del municipio de Tarragona.

Desde el punto de vista geomorfológico, el municipio corresponde a una depresión repleta de materiales tiernos terciarios y cuaternarios con terrenos geológicos del Cenozoico. Tal y como se observa en la siguiente figura, Tarragona presenta prácticamente en toda su superficie una matriz formada por gravas (con tierras, limos y argilas). El sector de levante de la ciudad está dominado por argilas y calcarenitas. En el centro destaca una franja en sentido oblicua formada por calcarías y margas.

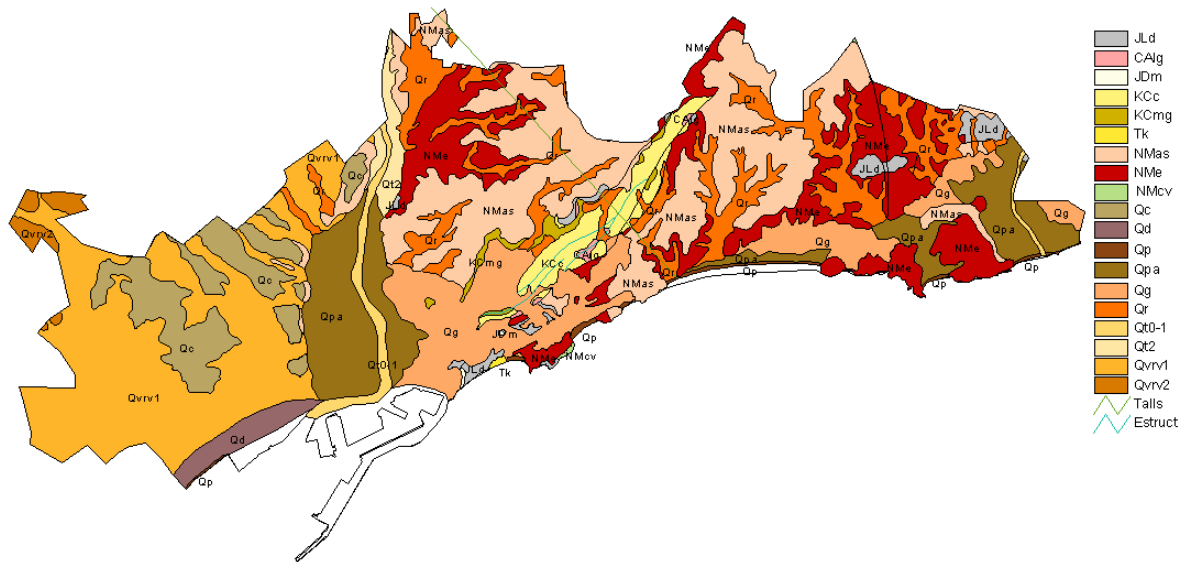


Figura 1.7 Mapa geològic del municipi de Tarragona.

Tabla 1.3 Características de las unidades geológicas:

Color	Epígraf	Litologia predominant	Altres litologies	Era	Període	Època	
JLd		dolomies		Mesozoic	Juràssic	Lias	
CAIg		gresos	argiles, lignits		Cretaci	Cretaci inferior	
JDm		calcàries margoses	calcàries, dolomies		Juràssic	Dogger	
KCc		calcàries			Cretaci	Cretaci superior	
KCmg		margues	calcàries, gresos, argiles		Triàsic	Triàsic superior	
Tk		margocalcàries	guixos, lutites, margues				
NMas		argiles	sorres, limolites	Neògen		Miocè Mitjà-superior	
NMe		calcarenites	calcàries			Miocè Inferior	
NMcv		conglomerats					
Qc		calitx		Cenozoic		Plistocè	
Qd						Holocè	
Qp	sorres		graves			Holocè superior	
Qpa			argiles, graves			Holocè	
Qg			sorres, argiles, llims		Quaternari	Plistocè	
Qr						Holocè	
Qt0-1							
Qt2	graves		sorres, llims, argiles				Plistocè superior-Holocè
Qrv1			sorres				
Qrv2			conglomerats, sorres				Holocè



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

- Edafología:

Por lo que corresponde a la edafología, según se entiende de los datos incluidos en el *Atlas Digital de Comarcas de Suelos* publicado por el CSIC, los suelos dominantes en la zona de Tarragona son los del tipo Xerochrept, que pertenece al orden de los alfisuelos según la clasificación naturaleza de los suelos de la *Soil Taxonomy de la USDA* (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, 1987) a nivel de Grandes Grupos.

Los alfisuelos representan una de las órdenes más importantes para su productividad y abundancia. El nombre hace referencia al aluminio y al hierro (Al y Fe) y representa el orden de suelo más joven. Es por ese motivo que son suelos que lixivian menos y tienen una saturación mayor al 35%. Los alfisuelos suelen tener un horizonte superficial donde se acumulan argilas.

1.1.5.3.3 Hidrología

Con el fin de analizar la hidrología del municipio de Tarragona, se describen a continuación los diferentes recursos hídricos existentes y que caracterizan la ciudad. Así, se analizan, per una banda, las aguas subterráneas y, por otro lado, las aguas superficiales que discurren por el municipio.

- Hidrología subterránea:

El municipio de Tarragona se encuentra parcialmente incluido en la masa de agua subterránea del Baix Francolí, que tiene una extensión total de 179 km² y como a tipología litológica dominante detrítica (no aluvial). Ésta masa de agua subterránea se considera que tiene un riesgo asociado debido a la presión sobre el estado químico, fruto de la presencia de valores altos de nitratos y plaguicidas relacionados con la actividad agrícola y fruto de las presiones de vertidos industriales. Todo este conjunto hace que las concentraciones medianas de nitratos, sulfatos, cloruros, organoclorats y metales son notablemente elevadas. A su vez, se encuentra en una zona litoral con riesgo de intrusión salina, es decir, la masa está sometida a una presión por intrusión marina i se detectan valores de salinidad que superan los 1.100 mg/L.

Los acuíferos incluidos en esta masa de agua son el acuífero aluvial del río Francolí y el acuífero pliocuatnario del Campo de Tarragona. Ambos se caracterizan por su mixtificación y permeabilidad intergranular y(o por fisuración cuando al tipo de flujo y la diferencia es la litología que, en el acuífero del campo de Tarragona (50 hm³) se caracteriza por las terrazas, conos y depósitos antiguos y por el acuífero del Baix Francolí (25 hm³) se caracteriza por los materiales sedimentarios.

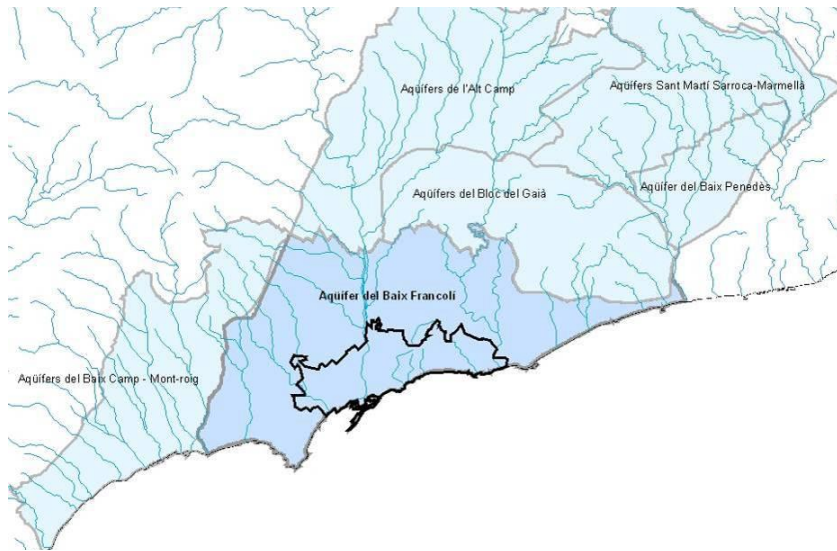


Figura 1.8 Ubicación y alcance del acuífero del Baix Francolí.

Hidrología superficial:

Son cuatro las cuencas hidrográficas a las cuales pertenece el municipio de Tarragona, de oeste a este: Rieras del Baix Camp, la cuenca del Francolí, la cuenca de la Punta de la Móra y la cuenca del Gaià, ya tocando el municipio de Altafulla.

En la zona se encuentran algunos ríos y torrentes que se encargan de su drenaje y donde la vegetación aprovecha la humedad existente. Se destacan, de poniente a levante, el Francolí, el barranco de la Móra y el río Gaià.

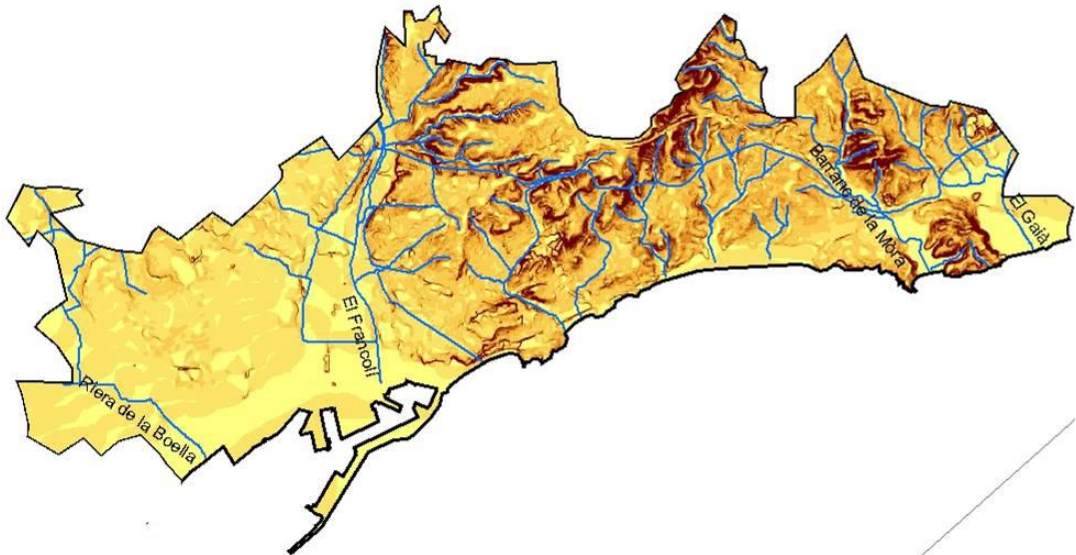


Figura 1.9 Principales cursos fluviales de Tarragona.



1.1.5.3.3 Sismologia

Otro aspecto importante que hay que conocer es la sismología del lugar donde se contruirá la planta, para así poder evitar posibles daños ocasionados por un posible seísmo.

La norma de construcción sismorresistente (NCSE-02) tiene como objetivo proporcionar los criterios que han de seguirse en el territorio español para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, construcción, reforma y conservación de aquellas edificaciones y obras a las que le sea aplicable. La finalidad es evitar la pérdida de vidas humanas y reducir el daño y el coste económico que pueden ocasionar futuros terremotos.

A efectos de dicha norma, de acuerdo con el uso a que se destina, con los daños que puede ocasionar su destrucción e independientemente del tipo de obra de que se trate, las construcciones se clasifican en:

- De importancia moderada: Aquellas con probabilidad de que si destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros.
- De importancia normal: Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.
- De importancia especial: Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos. En este grupo se incluyen las construcciones que así se consideren en el planteamiento urbanístico y documentos públicos análogos así como en reglamentaciones más específicas. En este grupo se del R.D. 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

Por tanto, la planta de producción de cumeno se encuentra en el grupo de construcciones de importancia especial.

A continuación, se muestra un mapa del territorio español con la aceleración sísmica del terreno.

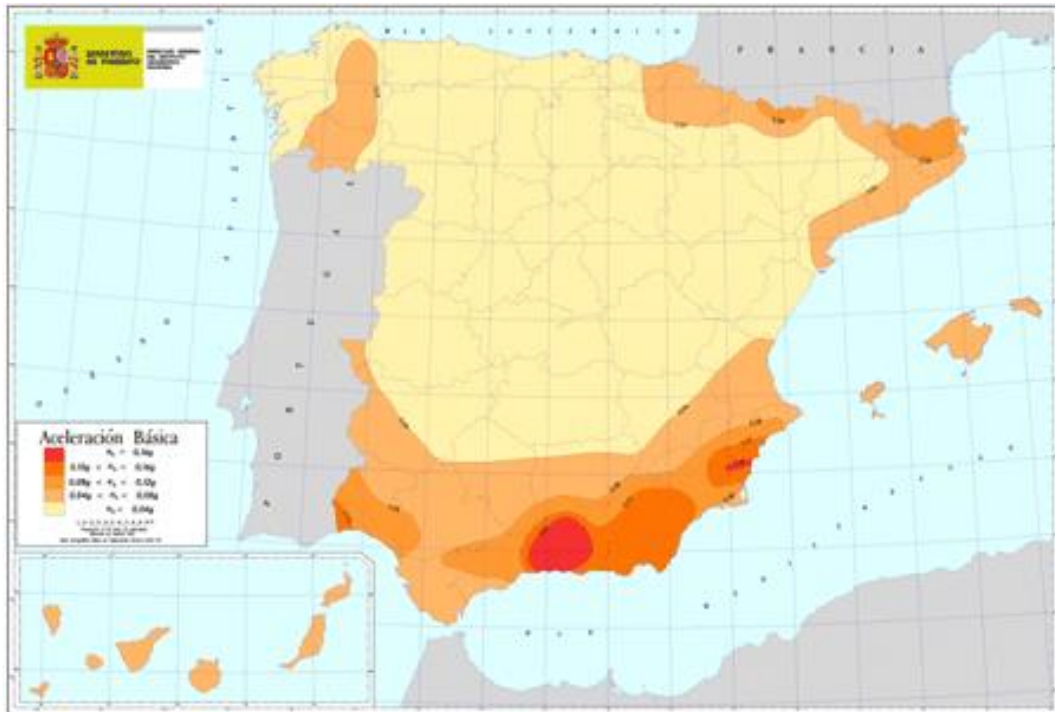


Figura 1.10 Mapa sísmico de la norma sismorresistente.

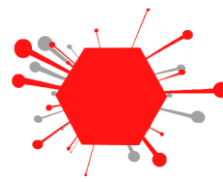
El mapa indica las zonas con posibilidad de tener movimiento sísmico y la aceleración que éste tendría. La aceleración sísmica del polígono Nylon 66, ubicado en el municipio de Tarragona, es de 0'04g, y al tratarse de una construcción de importancia especial, la aplicación de la norma será obligatoria. La aplicación de esta norma no es obligatoria, si la construcción es de importancia moderada o, si la construcción de importancia normal o especial tiene una aceleración básica sísmica es inferior a 0'04g.

1.1.6 NOMENCLATURA DE LA MEMORIA

En este apartado se procede a especificar la nomenclatura utilizada durante todo el proyecto para nombrar reactivos, productos, equipos, etc. Así, como vemos a continuación, en la tabla 1.4 se muestran las abreviaciones de los equipos, en la tabla 1.5 se muestran las abreviaciones de los compuestos.

Tabla 1.4 Abreviaciones de los equipos y otros elementos de proceso:

ABREVIACIÓN	EQUIPO
TR	Torre de refrigeración
CH	Chiller
CA	Caldera
AI	Sistema de aire comprimido
N	Sistema de aportación de nitrógeno
TRA	Transformador


ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO
Tabla 1.5 Continuación Tabla 1.4:

ES	Estación transformadora
S	Sistema alimentación ininterrumpida
G	Generador electrógeno
W	Báscula
T	Tanque de almacenamiento
M	Mezclador
R	Reactor
E	Intercambiador
C	Columna flash y/o destilación
Br	Tanque de condensados
LT / LE	Medidor de nivel
CT / CE	Medidor de composición
FT / FE	Medidor de caudal
TT / TE	Sonda temperatura
PT / PE	Medidor de presión
CO	Compresor
P	Bomba
M	Mirilla
DR	Disco de ruptura
PU	Purgador
F	Filtro



Tabla 1.6 Abreviaciones de los compuestos del proceso:

ABREVIACIÓN	COMPUESTO
CM	Cumeno
PP	Propano
PR	Propileno
BC	Benceno
DP	diisopropilbenceno
PRP	Propano + Propileno
BBP	Benceno + Propileno + Propano
BCDP	Benceno + Cumeno + DIPB + Propano
BCD	Benceno + Cumeno + DIPB
CD	Cumeno + DIPB
BCDPP	Benceno + Cumeno + DIPB + Propano + Propileno
A	Agua
N	Nitrogeno
AI	Aire
AT	Aceite térmico (Therminol 66)
CAT	Catalizador (Zeolita)
SK	Solkane R134A
GN	Gas natural



1.2 MÉTODOS DE OBTENCIÓN DEL CUMENO

El cumeno es una molécula alifática, es decir, no aromática y orgánica obtenida a partir de la alquilación del benceno con propileno. Su nombre según la IUPAC es 1-metiletilbenzè o bien isopropilbenceno. Esta alquilación es posible solo en presencia de un catalizador ácido. Antes de la década de los 90's se usaban ácidos como el ácido fosfórico (H_3PO_4) o el cloruro de aluminio ($AlCl_3$). Debido a la dificultad de tratarlos como residuos y su peligro corrosivo, hoy en día se usan catalizadores minerales como la Zeolita, un sólido ácido y poroso que también se usa en el tratamiento de aguas por intercambio iónico gracias a esta porosidad. Así entonces, por temas de seguridad, medio ambiente y mejora de las propiedades de reacción: menor temperatura y presión, este es el más adecuado.

El proceso de formación del cumeno se comenzó a desarrollar entre los años 1939 y 1945 en unidades de polimerización de refinerías, usado esencialmente para mejorar el octanaje de la gasolina de aviación durante la segunda guerra mundial. No obstante, con el paso de los años el cumeno ha ido cambiando su uso por el de reactivo en la formación de acetona y fenol mediante el proceso Hock, inventado el 1944 ocupando al año 1989 un 95% de la demanda total de cumeno.

Tabla 1.7 Demanda de cumeno:

Año	2000	2011	2020
Demanda (toneladas)	8.607.235	12.394.375	17.988.934

1.2.1 MÉTODO Q-MAX – UOP LLC

- Aplicación:

El proceso Q-Max produce cumeno de alta calidad (isopropilbenceno) por alquilación de benceno con propileno (típicamente refinería, químico o de grado polímero) utilizando la tecnología de catalizador zeolítico.

- Descripción:

El benceno se alquila a cumeno sobre un catalizador de zeolita en un reactor de lecho fijo, en fase líquida. El benceno fresco se combina con benceno recirculado y se alimenta al reactor de alquilación (1). La alimentación de benceno fluye en serie a través de los lechos, mientras que la alimentación de propileno fresco se distribuye por igual entre los lechos. Esta reacción es altamente exotérmica, y el calor se elimina mediante el reciclaje de una parte del efluente del reactor a la entrada del reactor y la inyección de efluente del reactor enfriado entre los lechos.

En la sección de fraccionamiento, el benceno sin reaccionar se recupera de la cabeza de la columna de benceno (3) y el producto de cumeno se toma como cabeza de la columna de cumeno (4). El poliisopropilbenceno (PIPB) se recupera en la cabeza de la columna PIPB (5) y se recircula al reactor de transalquilación (2) donde es transalquilado con benceno sobre un segundo catalizador de zeolita para producir cumeno adicional. Una pequeña cantidad de subproducto pesado se recupera de la parte inferior de la columna de la PIPB (5) y es típicamente mezclado para alimentar aceite. Se requiere una columna de despropanizador para recuperar el propano cuando se utiliza alimentación de refinería o de grado



químico propileno. El producto de cumeno tiene una alta pureza (99,96 a 99,97% en peso), y los rendimientos de cumeno están sobre el valor de 99,7% en peso.

El catalizador de zeolita no es corrosivo y opera en condiciones suaves; por lo tanto, la construcción de acero al carbono es posible. El ciclo de catálisis son cinco años y más. El catalizador es totalmente regenerable para una mejor vida útil del catalizador de 10 años. Las instalaciones existentes que utilizan SPA o $AlCl_3$ como catalizador pueden ser reformadas para obtener las ventajas de la tecnología Q-Max cumeno al tiempo que aumenta la capacidad de la planta.

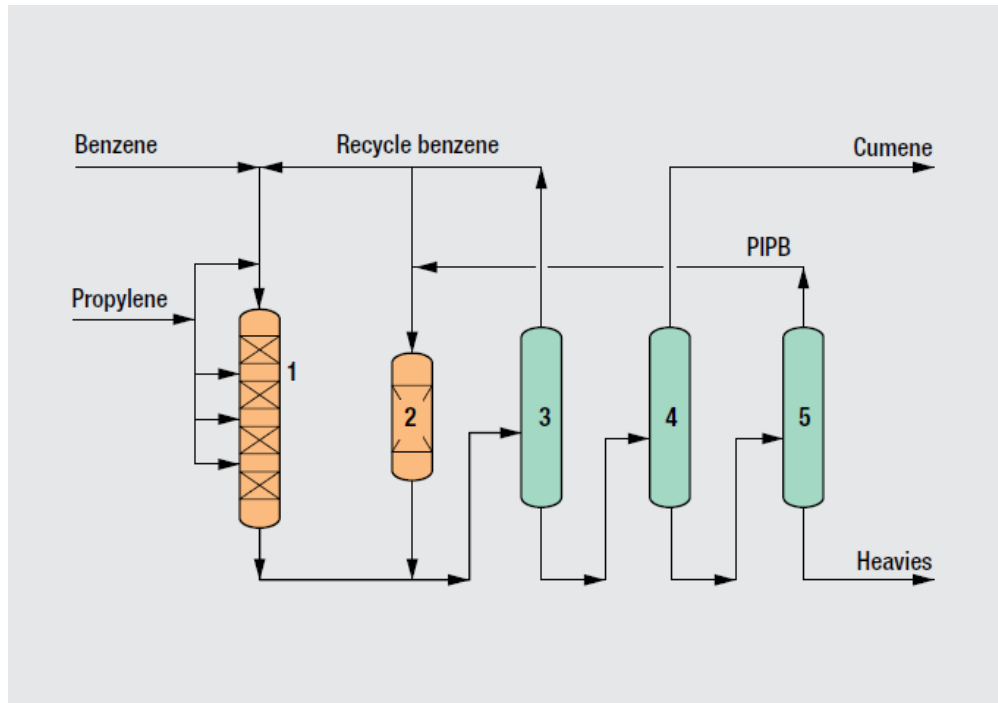


Figura 1.11 Esquema del proceso Q-max.

- Economía:

Base: ISBL US Gulf Coast

Inversión, US\$/tonelada por año (270.000 toneladas por año de cumeno)

Materia primas y servicios, por tonelada métrica de cumeno:

Propileno, toneladas.- 0.35

Benceno, toneladas.- 0.66

Electricidad, kW.- 13

Vapor, toneladas (importación).- 0.8

Agua de refrigeración, m³.- 0.6

El diseño Q-Max se adapta típicamente para proporcionar una ventaja óptima de utilidad para el emplazamiento de la planta, tales como minimizar la entrada de calor para un funcionamiento independiente, maximizar el uso de refrigeración por aire, o la recuperación de calor en forma de vapor para el uso en una planta de fenol cerca.



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

- Aplicación:

Hay 14 unidades Q-max que producen una capacidad total de 4.1 millones de toneladas por año de cumeno.

1.2.2 MÉTODO BADGER

- Aplicación:

Para producir cumeno a partir de benceno y cualquier grado de propileno (incluyendo mezclas de propileno y propano de baja calidad de refinería) usando el proceso Badger y una nueva generación de catalizadores de zeolita que provienen de ExxonMobil.

- Descripción:

El proceso incluye: un reactor de alquilación de lecho fijo, un reactor de transalquilación de lecho fijo y una sección de destilación. El propileno y benceno líquidos se pre-mezclan y se dirigen hacia el reactor de alquilación (1) donde el propileno reacciona completamente. Por separado, el poliisopropilbenceno reciclado (PIPB) se mezcla previamente con benceno y se alimenta el reactor de transalquilación (2) donde el PIPB reacciona para formar cumeno adicional. Los efluentes de la alquilación y la transalquilación circulan hacia la sección de destilación. La destilación consta de un máximo de cuatro columnas en serie. El despropanizador (3) recupera el propano por la parte superior como LPG. La columna de benceno (4) recupera el benceno en exceso para recircularlo a los reactores. La columna de cumeno (5) recupera por la parte superior el producto cumeno. La columna de PIPB (6) recupera el PIPB por la parte superior y es recirculado hacia el reactor de transalquilación.

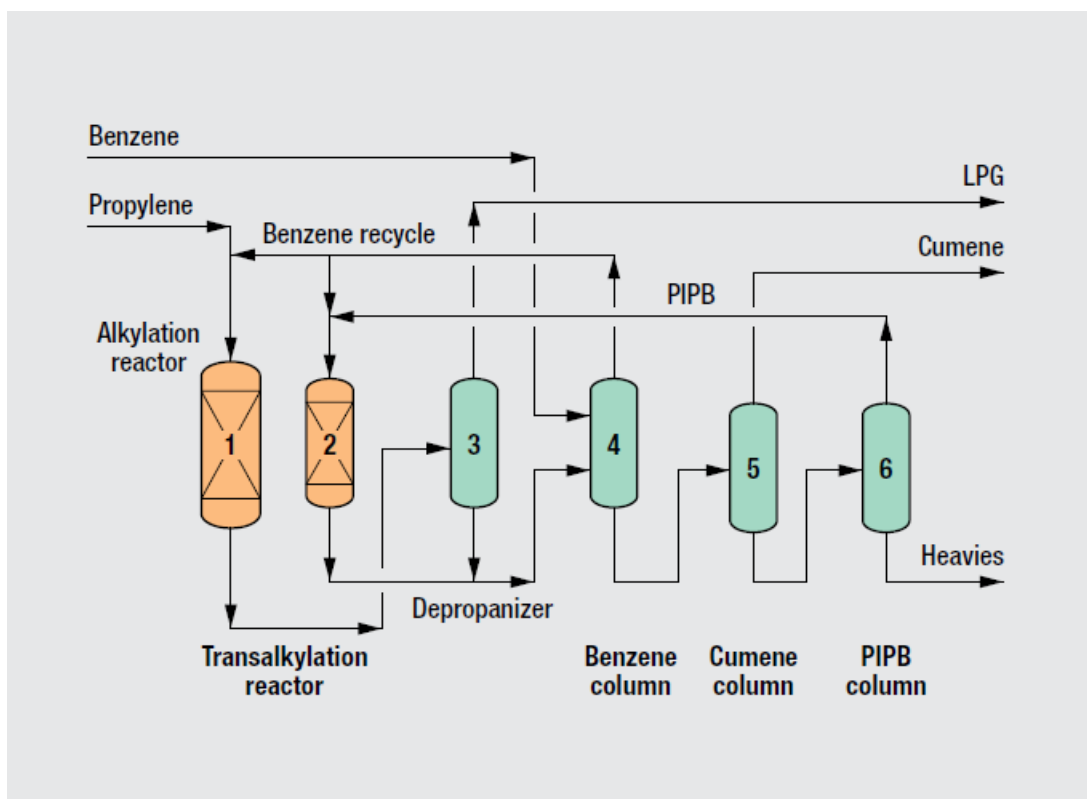


Figura 1.12 Esquema del proceso Badger.



- Características del proceso:

El proceso permite un aumento sustancial de la capacidad para SPA, AlCl_3 o de otras plantas de cumeno de zeolita existente al tiempo que mejora la pureza del producto, el consumo de materia prima y consumo de servicios. EL nuevo catalizador es inerte en el medio ambiente, no produce subproductos oligómeros o coque y puede funcionar a ratios bajos de benceno a propileno.

- Rendimiento y pureza del producto:

Este proceso es esencialmente estequiométrico, y la pureza del producto se encuentra por encima del 99'97%.

- Economía:

Requerimiento de servicios, por tonelada de producto cumeno:

Calor, MMkcal (importación).- 0'32

Vapor, toneladas (exportación).- 0'40

Los servicios pueden optimizarse para la situación económica específica e integrada con una planta asociada de fenol.

- Plantas comerciales:

La primera aplicación comercial de este proceso fue en 1996. En la actualidad, operan 18 plantas con una capacidad total que se aproxima a las siete millones de toneladas métricas.

1.2.3 MÉTODO MONSANTO – LUMMUS TECHNOLOGY

- Aplicación:

El proceso Lummus Polimeri se usa para producir cumeno de alta pureza a partir de propileno y benceno utilizando como catalizador la zeolita que proviene de Polimeri Europa. El proceso puede manejar una variedad de materias primas de propileno, que van desde el grado polímero a grado refinería.

- Descripción:

Las reacciones de alquilación y transalquilación tienen lugar en fase líquida en reactores de lecho fijo. El propileno reacciona de forma completa con el benceno en el reactor de alquilación (1), produciendo un efluente de cumeno que no ha reaccionado, cumeno y PIPB (diisopropilbenceno y pequeñas cantidades de poliisopropilbenceno). El catalizador formulado especialmente de zeolita permite la producción de cumeno de alta pureza, mientras funciona el reactor a temperatura suficientemente alta como para que el calor de reacción se recupere en vapor de forma útil. El PIPB se convierte en cumeno por reacción de transalquilación en el segundo reactor (2). El proceso opera con cantidades relativamente pequeñas de benceno en exceso en los reactores.

Los efluentes procedentes de los reactores de alquilación y transalquilación se introducen en la columna de benceno (3), para recuperar el benceno que no ha reaccionado, que es recirculado a los reactores. Bajo la especificación de producto de cumeno se produce como sobrecarga la columna de cumeno (4). La columna de PIPB (5) se recupera el material polialquilado para alimentar al reactor de transalquilación y rechazar una cantidad muy pequeña de pesados, subproducto de transalquilación. LA columna de PIPB también puede rechazar cumeno cuando la materia prima de benceno contiene una cantidad excesiva



de tolueno. El propano contenido en la materia prima del propileno se puede recuperar como subproducto, como componentes no aromáticos y como materia prima en el benceno.

El catalizador de zeolita PBE-1 tiene una morfología única en términos de su pequeño y uniforme tamaño de cristal y el número y distribución de los sitios ácidos de Bronsted y Lewis, que conduce a una elevada actividad y selectividad a cumeno en ambas las reacciones de alquilación y transalquilación. El catalizador es muy estable, ya que tolera el agua y los compuestos oxigenados y no requiere secado de la alimentación de benceno fresco. Pueden durar largos periodos debido a la tolerancia del catalizador para rastrear venenos normalmente presentes en las materias primas benceno y propileno, y la tasa extremadamente baja de formación de coque en el catalizador como un resultado de su distribución única de tamaño de poro extrazeolítica. La regeneración es simple y barata.

Los equipos están contruidos de acero al carbono, reduciendo así la inversión.

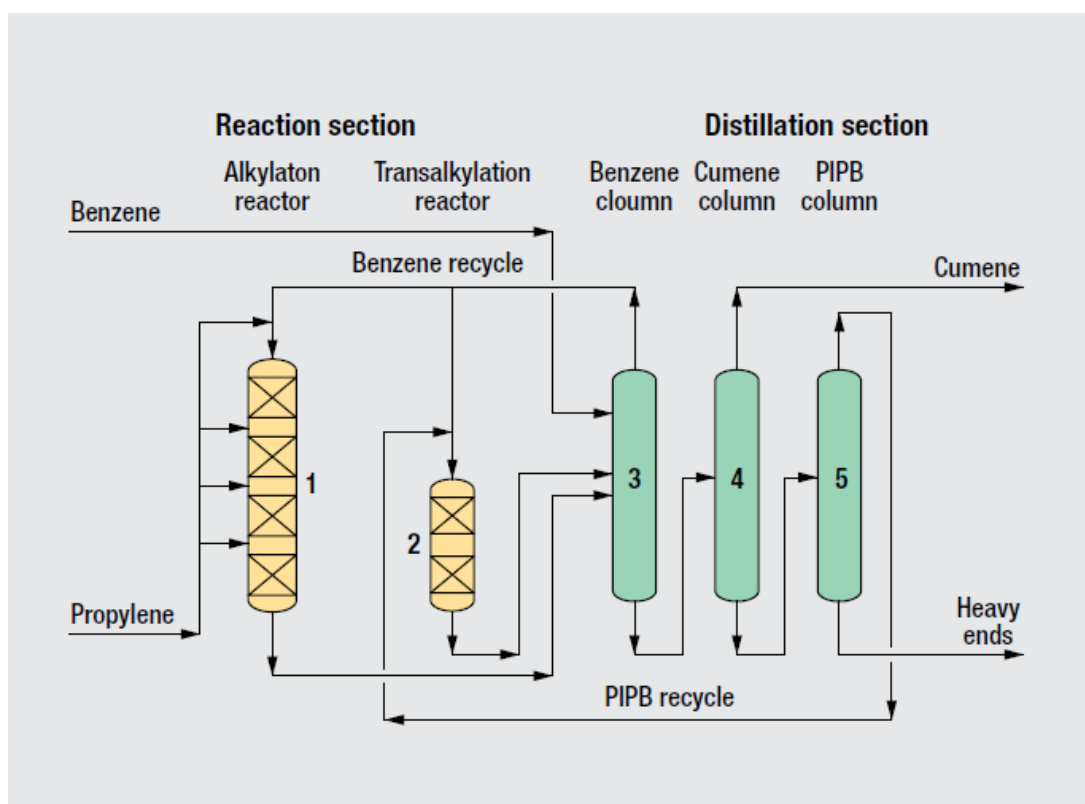


Figura 1.13 Esquema del proceso Lummus.

- Rendimiento y pureza del producto:

El cumeno producido por el proceso puede tener una pureza superior al 99,95%. El consumo de propileno (100%) da típicamente 0,351 toneladas métricas por tonelada de producto de cumeno. El consumo de benceno (100%) da típicamente 0,652 toneladas métricas por tonelada de producto de cumeno.

- Economía:

Requerimiento de servicios, por tonelada de producto cumeno:

Vapor a alta presión, toneladas métricas.- 0'9

Vapor a baja presión (exportación), toneladas métricas.- 1'0

Potencia, kWh.- 10



- Plantas comerciales:

El proceso produce 400.000 toneladas métricas en la planta de Polimeri Europa en Porto Torres, Cerdeña.

1.2.4 MÉTODO CDTECH & ABB Lummus Global

- Aplicación:

La avanzada tecnología para producir cumeno de alta pureza a partir de propileno y benceno utilizando la tecnología patentada de destilación catalítica (CD). El proceso CD de cumeno utiliza una zeolita de alquilación especialmente formulada, es un catalizador empaquetado en una estructura de CD de propiedad y otro catalizador de transalquilación de zeolita especialmente formulado en forma suelta.

- Descripción:

La columna CD (1) combina la reacción y el fraccionamiento en una operación de una sola unidad. La alquilación se lleva a cabo isotérmicamente y a baja temperatura. CD también promueve la eliminación continua de productos de reacción de zonas de reacción. Estos factores limitan impurezas de subproductos y mejoran la pureza del producto y el rendimiento. Bajas temperaturas y presiones de funcionamiento también disminuyen la inversión de capital, mejoran la seguridad operacional y minimizan las emisiones fugitivas.

En el sistema de reacción CD de fase mixta, la concentración de propileno en la fase líquida se mantiene extremadamente baja (<0,1% en peso) debido a la mayor volatilidad de propileno al benceno. Esto minimiza la oligomerización de propileno, la causa principal de la desactivación del catalizador y los resultados de catalizador en ejecutar longitudes de 3 a 6 años de vida útil. El efecto de equilibrio vapor-líquido proporciona dilución del propileno inalcanzable en los sistemas de lecho fijo, incluso con cara de reflujo circulante reactor y/o arreglos de reciclado de benceno.

De vapor de cabeza de la columna de CD (1) se condensa y devuelve como reflujo después de la eliminación de propano y las luces (P). De la sección inferior de la columna CD sale benceno, cumeno y pesados. El tren de destilación separa el producto de cumeno y recupera el poliisopropilbencenos (PIPB) y algunos compuestos aromáticos pesados (H) de los fondos netos. PIPB reacciona con benceno en el transalquilador (2) para obtener el máximo rendimiento de cumeno. Las condiciones de operación son leves y no corrosivas; acero al carbono es estándar y se puede utilizar para todos los equipos.

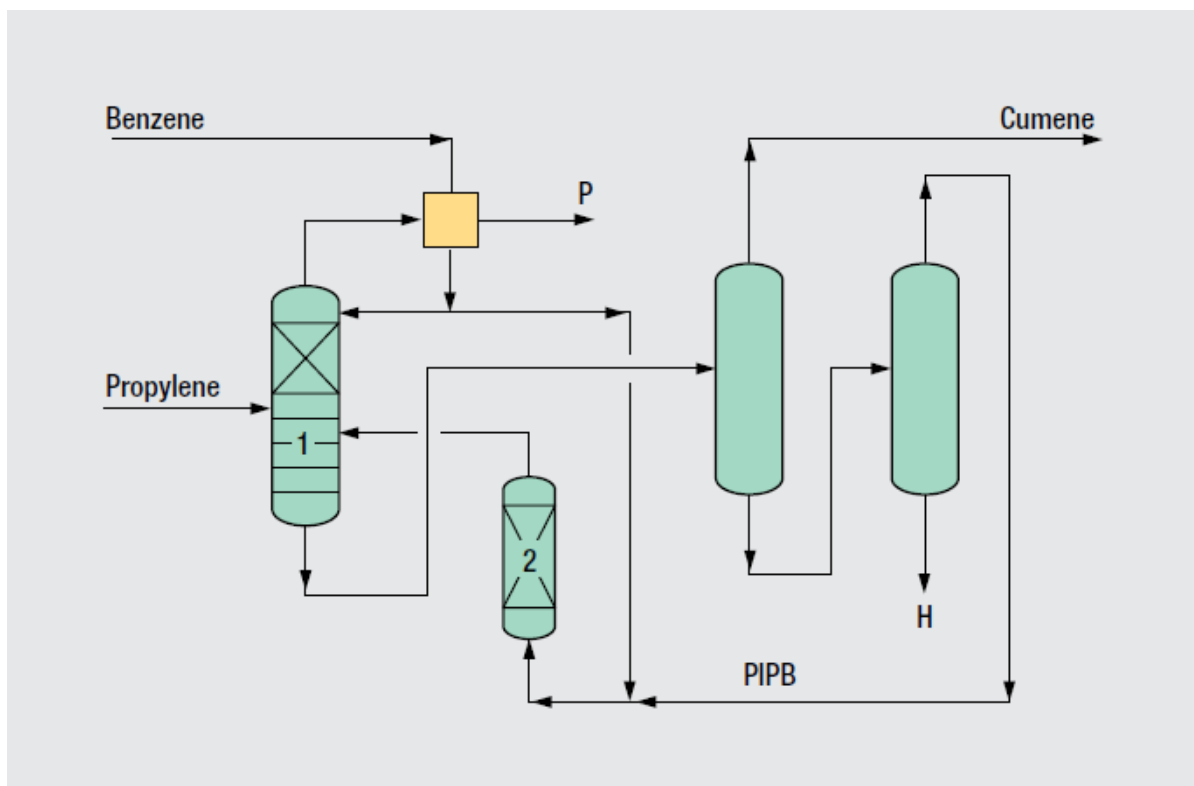


Figura 1.14 Esquema del proceso CD Tech.

○ Rendimiento:

100.000 toneladas métricas (tm) de cumeno se producen a partir de 65.000tm de benceno y 35.300tm de propileno dando un producto con un rendimiento del alrededor del 99'7%. El producto cumeno tiene al menos una pureza del 99'95% y tiene niveles de bromo inferiores a 2.

Requerimientos típicos de operación, por tonelada métrica de cumeno:

Propileno.- 0.353

Benceno.- 0.650

Rendimiento.- 99'7%

Servicios:

Electricidad, kWh.- 8

Calor (importación), 10⁶kcal.- 0.5

Vapor (exportación), tm.- 1.0

Agua de refrigeración, m³.- 12

○ Plantas comerciales:

Hay una planta comercial que opera con el método CD Tech, es la Formosa Chemicals & Fibre Corporation, en Taiwan. Y produce 540.000 toneladas métricas por año.



1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

El proceso de obtención de cumeno utilizado en este proyecto de viabilidad sigue el proceso diseñado por Turton et al. (Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes) Este método sigue la siguiente estructura:

1. Entrada del primer reactivo clave, propileno con un 5% de propano, procedente de una columna de refinería de petróleo. Este producto se le aplica un pretratamiento de compresión a 25 bares y se envía a la zona de reacción
2. Entrada del reactivo en exceso, benceno. Este entra en la zona de reacción y con la ayuda de un mezclador, se mezcla con el benceno que se recupera posteriormente por destilación. Una vez mezclados los productos en estado líquido, se introducen en un intercambiador de calor para cambiarlos a fase gas y, por último, se procede a comprimir el gas hasta 25 bares.
3. El propileno y la mezcla de benceno pretratados se mezclan en una tubería en forma de T y se transportan hasta un intercambiador de carcasa y tubos. Este intercambiador tiene la peculiaridad, que por la zona de tubos se encuentran los reactivos para su calentamiento a 330°C, y la zona de carcasa contiene el producto de la reacción que se introduce para su enfriamiento a 325,4°C
4. Una vez se ha calentado la mezcla de reactivos a 330°C, se introduce en otro intercambiador de calor para calentarlos a 360°C, temperatura óptima para su entrada en el reactor.
5. Los reactivos entran al reactor, este se trata de un reactor multitubular de lecho fijo, con el 50% del volumen de los tubos ocupados por zeolita, el catalizador de la reacción. Dentro de este equipo ocurren dos reacciones de alquilación:

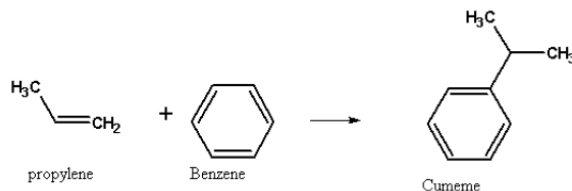


Ilustración 1 Reacción de síntesis de cumeno

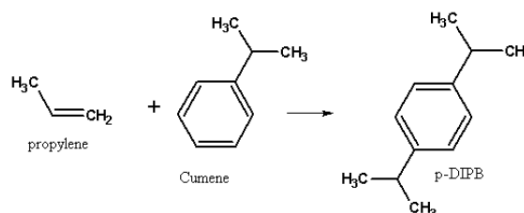


Ilustración 2 Reacción de síntesis de DIPB

Estas dos reacciones son exotérmicas, por lo que, el reactor se enfría mediante una camisa constituida por aceite térmico.

La primera reacción esta catalizada por zeolita, haciendo que la cinética este favorecida y consiguiendo que la selectividad de las dos reacciones este decantada por la formación del cumeno, cada 30 moles formados de cumeno se forma 1 de DIPB.



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Los parámetros de la operación son: presión de 25bares, temperatura de entrada al reactor de 360°C y temperatura de salida del reactor de 427°C.

6. Realizada la reacción, el caudal de salida de productos del reactor se envía al intercambiador de coraza y tubos comentado en el punto 3, donde se enfría el producto hasta la temperatura de 325,4°C.
7. En la salida del intercambiador se procede a preparar el caudal de productos para su posterior separación, para ello, primero se descomprime el gas hasta 1,75 bares de presión y se enfría a 90°C.
8. Seguidamente, se procede a la primera separación con una columna flash, para extraer los productos más volátiles ya que estos no están constituidos por el producto final que se quiere obtener, el cumeno.
9. La salida de líquido de la torre flash se envía a la primera columna de destilación, esta torre se utiliza primeramente para recuperar el benceno como destilado, ya que es el reactivo que está en exceso, y así volver a introducirlo en el sistema como se ha comentado en el punto 2. Además, la columna sirve para purificar el producto, ya que se está extrayendo componentes no deseados del caudal.
10. Finalmente, el corriente que proviene del residuo de la columna de benceno, se introduce en una columna de destilación donde se procede a purificar el cumeno hasta obtenerlo como destilado con una pureza del 99,98%. El residuo de esta torre será el DIPB que se utilizará como subproducto del proceso.
11. Tanto el cumeno como el DIPB final serán enviados a sendos intercambiadores para que ambos productos se enfríen hasta los 25°C.
12. El destino final de los dos productos será el almacenaje en tanques. Asimismo, el 90'8% del cumeno producido en la planta, será trasladado mediante una tubería a la planta contigua para utilizarse como materia prima.

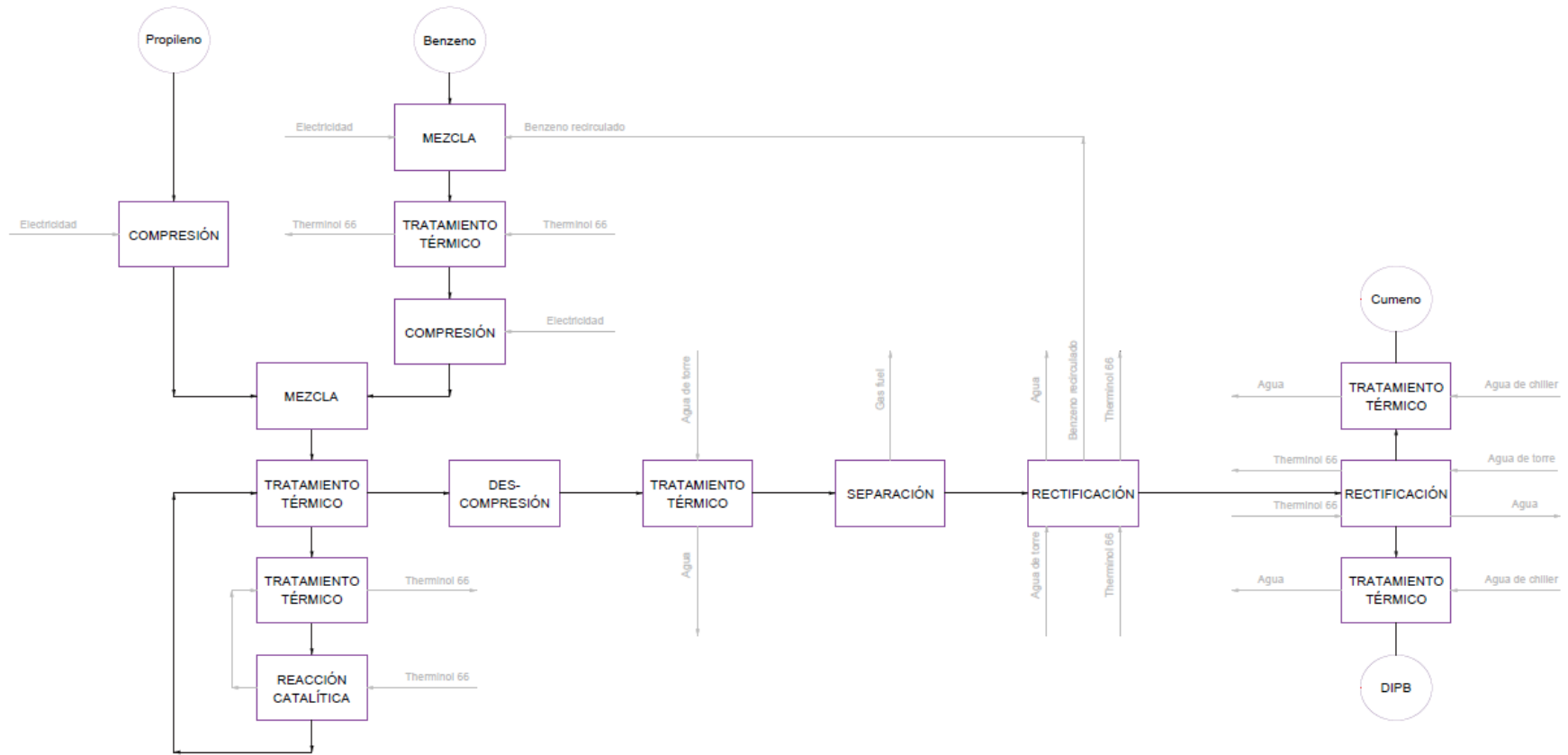


Figura 15 Diagrama de bloques del proceso de fabricación.



1.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS REACTIVOS Y PRODUCTOS

1.4.1 REACTIVOS (I): BENCENO

Tabla 1.8 Propiedades físicas y termodinámicas del benceno:

Propiedad	Valor	
Peso molecular (kg/kmol)	78,11	
Punto de fusión a presión atmosférica (°C)	5,53	
Punto de ebullición a presión atmosférica (°C)	80,09	
Densidad (kg/m ³)	25 °C	878,90
	20 °C	873,60
Presión de vapor a 25°C (kPa)	12,60	
Índice de refractividad, n _D , a 25°C	1,49	
Tensión superficial a 25°C (mN/m)	28,20	
Viscosidad a 25°C (mPa·s)	0,60	
Temperatura crítica (°C)	289,01	
Presión crítica (kPa)	4,89 · 10 ³	
Volumen crítico (m ³ /mol)	2,59 · 10 ⁻⁴	
Calor de formación (kJ/mol)	gas	82,93
	líquido	49,08
Calor de combustión (kJ/mol)	3,27 · 10 ³	
Calor de fusión (kJ/mol)	9,87	
Calor de vaporización a 25°C (kJ/mol)	33,89	
Solubilidad a 25°C (kg/100kg H ₂ O)	0,18	



1.4.2 REACTIVOS (II): PROPILENO

Tabla 1.9 Propiedades físicas y termodinámicas del propileno:

Propiedad	Valor	
Peso molecular (kg/kmol)	42,08	
Punto de fusión a presión atmosférica (°C)	-185,10	
Punto de ebullición a presión atmosférica (°C)	-47,60	
Densidad líquido a -50°C (kg/m ³)	6,12 · 10 ⁻⁴	
Índice de refractividad, n _D	1,35	
Temperatura crítica (°C)	92,00	
Presión crítica (kPa)	4.600,00	
Volumen crítico (m ³ /mol)	1,81 · 10 ⁻⁴	
Comprensibilidad crítica	0,27	
Factor acéntrico	0,14	
Calor de formación (kJ/mol)	20,42	
Calor de vaporización a 25°C (kJ/mol)	18,41	
Solubilidad a 20°C (L gas/100L disolvente)	en agua	44,60
	en etanol	1.250,00
	en ácido acético	524,50

1.4.3 REACTIVOS (III): PROPANO (COMO IMPUREZA)

Tabla 1.10 Propiedades físicas y químicas del propano:

Propiedad	Valor	
Peso molecular (kg/kmol)	44,09	
Punto de fusión a presión atmosférica (°C)	-187,50	
Punto de ebullición a presión atmosférica (°C)	-42,00	
Temperatura de autoignición (°C)	468,00	
Densidad (kg/m ³)	20 °C	1,98
	100 °C	1,46
Presión de vapor a 0°C (kPa)	475,00	
Temperatura crítica (°C)	96,80	
Presión crítica (kPa)	4.240,00	
Calor de formación (kJ/mol)	127,20	
Calor de combustión (kJ/mol)	2.202,00	
Calor de vaporización a 25°C (kJ/mol)	18,83	



1.4.4 PRODUCTOS (I): DIISOPROPILBENCENO

Tabla 1.11 Propiedades físicas y termodinámicas del DIPB:

Propiedad	Valor
Peso molecular (kg/kmol)	162,00
Punto de fusión a presión atmosférica (°C)	-16,40 °C
Punto de ebullición a presión atmosférica (°C)	210,10 °C
Densidad a 25 °C (kg/m ³)	8,55 · 10 ⁻⁴
Presión de vapor a 25°C (Pa)	52,40
Viscosidad a 25 °C (mPa·s)	1,19
Temperatura de autoignición (°C)	413,00

1.4.5 PRODUCTOS (II): CUMENO

Tabla 1.12 Propiedades físicas y termodinámicas del cumeno:

Propiedad	Valor
Peso molecular (kg/kmol)	120,20
Punto de fusión a presión atmosférica (°C)	-96,03
Punto de ebullición a presión atmosférica (°C)	152,39
Densidad (kg/m ³)	0°C 8,79 · 10 ⁻⁴
	20 °C 8,62 · 10 ⁻⁴
	40 °C 8,45 · 10 ⁻⁴
Índice de refractividad, n _D , a 25°C	1,49
Viscosidad a 25°C (mPa·s)	0°C 8,79 · 10 ⁻⁴
	20 °C 8,62 · 10 ⁻⁴
	40 °C 8,45 · 10 ⁻⁴
Presión de vapor (kPa)	35°C 1,00
	100 °C 19,00
	120 °C 37,00
	140 °C 68,00
	180 °C 185,00
Temperatura de autoignición (°C)	523,00
Temperatura crítica (°C)	351,40
Presión crítica (kPa)	3.220,00
Calor de formación líquido (kJ/mol)	-0,044
Calor de combustión (kJ/mol)	43,37
Calor de vaporización a 25°C (J/kg)	0,367



1.4.6 CATALIZADOR: ZEOLITA

Las zeolitas son sólidos cristalinos. Estructuras hechas de silicio, aluminio y oxígeno que forman un marco con cavidades y canales en el interior donde cationes, agua y/o pequeñas moléculas pueden residir. A menudo también se denominan como tamices moleculares. Muchos de ellos ocurren naturalmente como minerales, y minan ampliamente en muchas partes del mundo la búsqueda de aplicaciones en la industria y la medicina. Sin embargo, la mayoría de las zeolitas se han hecho sintéticamente. Algunas de ellas se hacen para el uso comercial, mientras que otras creadas por los científicos se usan para estudiar su química. En la actualidad, hay 191 tipos de zeolita identificadas, y más de 40 tipos de zeolitas naturales conocidas.

Las zeolitas se introdujeron en 1954 como adsorbentes para separaciones industriales y purificaciones. Debido a sus propiedades porosas únicas, las zeolitas se utilizan ahora en una variedad de aplicaciones con una producción mundial estimada en el rango de 2.500.000 a 3.000.000 toneladas métricas (TM) en el 2008 año. Se utilizan en el craqueo petroquímico, para ablandamiento de agua y purificación, en la separación y eliminación de gases y disolventes, en la agricultura, cría de animales y en la construcción.

Las zeolitas son aluminosilicatos cristalinos con estructuras de armazón 3D abiertas construidas de tetraedros de SiO_4 y AlO_4 vinculados entre sí mediante el intercambio de todos los átomos de oxígeno para formar cavidades y canales de dimensiones moleculares intra-cristalinas regulares. Una característica definitoria de las zeolitas es que sus marcos están hechos de átomos de 4 coordinados formando tetraedros. Estos tetraedros están unidos entre sí por sus esquinas y hacen una rica variedad de estructuras hermosas. La estructura marco puede contener vinculado jaulas, cavidades o canales, que son lo suficientemente grandes para permitir que las moléculas pequeñas puedan entrar. El sistema de grandes huecos explica la densidad específica baja de estos compuestos. En zeolitas usadas para diversas aplicaciones, los huecos están interconectados y forman canales anchos y largos de varios tamaños dependiendo del compuesto. Estos canales permiten el fácil desplazamiento de los iones y moléculas residentes dentro y fuera de la estructura. El marco de aluminosilicato está cargado negativamente y atrae a los cationes positivos que residen en jaulas para compensar la carga negativa de la estructura. A diferencia de la mayoría de los otros tectosilicatos, las zeolitas tienen jaulas largas en sus estructuras.

- Zeolitas industrialmente importantes:

Las zeolitas naturales son un grupo importante de minerales para usos industriales y otros. El descubrimiento en 1957 de grandes depósitos de relativamente alta pureza de minerales de zeolita en tobas volcánicas en el oeste de Estados Unidos y en varios otros países representa el comienzo de la era zeolita natural comercial. Antes de ese momento no había indicios reconocidos que los minerales de zeolita con propiedades útiles como materiales de tamiz molecular se produjeron en grandes depósitos. La comercialización de las zeolitas naturales chabazita, erionita, y mordenita como zeolitas de tamiz molecular se inició en 1962. Con su introducción como nuevos materiales adsorbentes con mejores características de estabilidad. Las aplicaciones de clinoptiolita en la recuperación de los residuos radiactivos y en el tratamiento de aguas residuales en el mismo período de los años 60 se basan no sólo en las características de estabilidad superiores, sino también de intercambio catiónico, alta selectividad para el cesio, estroncio, y para el ion amonio.



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Las zeolitas conocidas e industrialmente importantes han sido descubiertas entre 1950 y 1970 y se pueden clasificar en tres grupos de acuerdo a la proporción de Al / Si en sus marcos:

- "Low-sílice" o aluminio zeolitas A y X ricos (relación Si / Al \approx 1).

Las zeolitas A (Fig. 1) y X (los adsorbentes comerciales más comunes) descubiertas por RM Milton en Union Carbide Corporation Laboratorios representan una óptima combinación en la composición, volumen de poros, y la estructura de canal. Ambas zeolitas son casi "saturadas" de aluminio en la composición de marco con una relación molar de Si / Al \approx 1, que se considera como el más alto posible contenido de aluminio en los marcos de aluminosilicato tetraédricos. Como consecuencia de ello que contengan el número máximo de sitios de intercambio catiónico de equilibrio el marco de aluminio, y por lo tanto el contenido de cationes más altos y capacidades de intercambio. Estas características de composición combinadas les dan la superficie más altamente heterogénea conocida entre los materiales porosos, debido a cargas catiónicas expuestas anidadas en un marco de aluminosilicato que se traduce en altos gradientes de campo. Su superficie es altamente selectiva para el agua, las moléculas polares polarizables y que sirve como base para muchas aplicaciones en particular en el secado y purificación.

- "Intermedio" zeolitas de sílice: zeolita Y, mordenita, zeolita L, zeolitas naturales (relación Si / Al = 2 ÷ 5).

A principios de 1950 se reconoció por científicos de la Union Carbide Laboratorios que las posiciones de aluminio tetraédricos en los marcos de zeolita proporcionar un sitio de inestabilidad para el ataque por el vapor de ácido y agua de vapor de agua que hacen que las zeolitas sintéticas A y X menos estables que sus análogos naturales, que tienen características de estabilidad superiores que reflejan una mayor relación molar Si / Al de 3-5. Por lo tanto, se necesitan zeolitas con alto contenido de silicio, principalmente para mejorar las características de estabilidad, tanto térmica como a los ácidos.

Los terceros de importancia comercial zeolitas de tamiz molecular tipo Y, con una relación Si / Al de 1,5 a 3,0, y una topología marco como el de zeolitas X y la rara faujasita zeolitas mineral, representaron el primer descubrimiento exitoso en esa fila de compuestos realizado por DW Breck. Además de la mejora en la estabilidad de X más aluminoso, las diferencias en la composición y las estructuras tenían un efecto sorprendente, inesperado en las propiedades que hacen los catalizadores basados zeolitas Y valiosos en muchas aplicaciones catalíticas importantes que implican la conversión de hidrocarburos desde su introducción comercial inicial en 1959 .

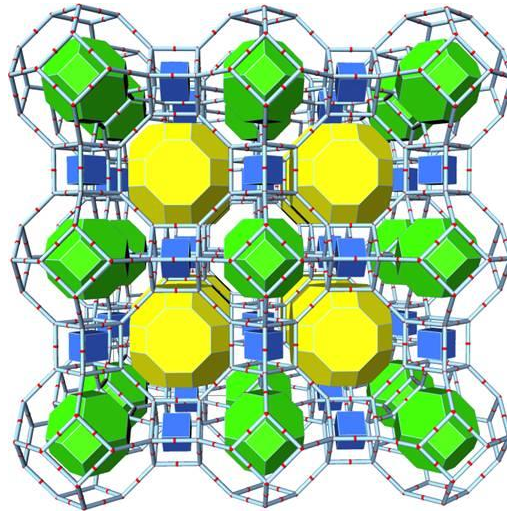


Figura 1.16 Una representación de la estructura de la zeolita A (LTA) como un conjunto de jaulas de marco (mosaicos).

El siguiente zeolita sintético éxito comercial introducido en la década de 1960 fue un gran mordenita de poros con relación $\text{Si} / \text{Al} \approx 5$. La mejora en la térmica, hidrotermal, y la estabilidad de ácido junto con sus características estructurales y de composición específicos resultó en aplicación de mordenita como un catalizador de conversión de hidrocarburos adsorbente. Zeolitas Tipo L, descubiertos en la década de los 50 por DW Breck y NA Acara con una relación $\text{Si} / \text{Al} = 3,0$ tienen única topología marco. Ellos se adaptaron como catalizadores comerciales en reacciones de conversión de hidrocarburos selectivas.

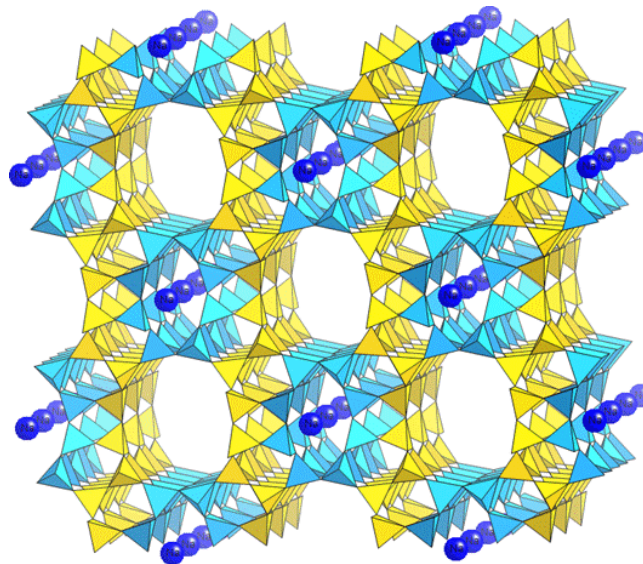


Figura 1.17 La mordenita mineral zeolita (MOR):

- "High" zeolitas de sílice: zeolita beta, ZSM-5 (relación $\text{Si} / \text{Al} \geq 10$).

Las etapas más recientes en la búsqueda de composiciones de tamices moleculares más sílíceas se logró a finales de 1960 y principios de 1970 con la síntesis en los Laboratorios de Investigación y Desarrollo de las "zeolitas elevado contenido en sílice" Mobil. En primer lugar en la fila era zeolita beta descubierto por RL Wadlinger, GT Kerr y EJ Rosinski, y más tarde ZSM-5 descubierto por RJ Argauer y Landolt GR. Estos son zeolitas de tamiz molecular con Si/Al ratios de 10 a 100 o más alto, con diferentes



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

características de la superficie. En contraste con los "bajos" y "intermedios" zeolitas de sílice, que representan superficies hidrofílicas heterogéneas dentro de un cristal poroso, la superficie de las zeolitas altas de sílice es más homogénea con una selectividad-organofílica hidrofóbica. Se adsorben más fuertes las moléculas orgánicas menos polares y sólo débilmente interactúan con el agua y otras moléculas polares.

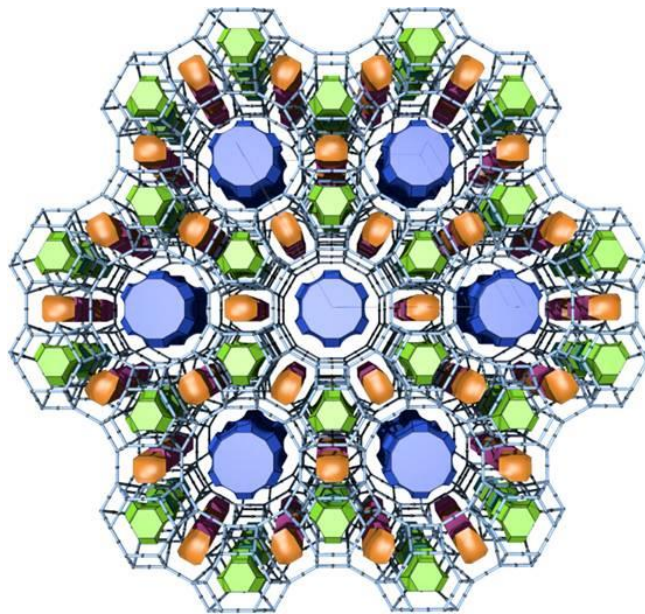


Figura 1.18 Representación de baldosas de la estructura de la zeolita L (LTL).

Además de esta novedosa selectividad de superficie, las composiciones de zeolita alta de sílice todavía contienen una pequeña concentración de aluminio en el marco y los sitios de intercambio catiónico estequiométricos que se acompañan. Por lo tanto, sus propiedades de intercambio catiónico permiten la introducción de grupos OH⁻ ácidos a través de las reacciones de intercambio de iones de zeolita bien conocidos, esenciales para el desarrollo de propiedades de catálisis de ácido de hidrocarburos.

- Aplicaciones:

Las propiedades de los materiales porosos dependen tanto de las estructuras de poro y la química del marco. El continuo aumento de la demanda de materiales con propiedades químicas y físicas muy específicas como las zeolitas han inspirado a los científicos para hacer nuevos materiales porosos con estructuras únicas.

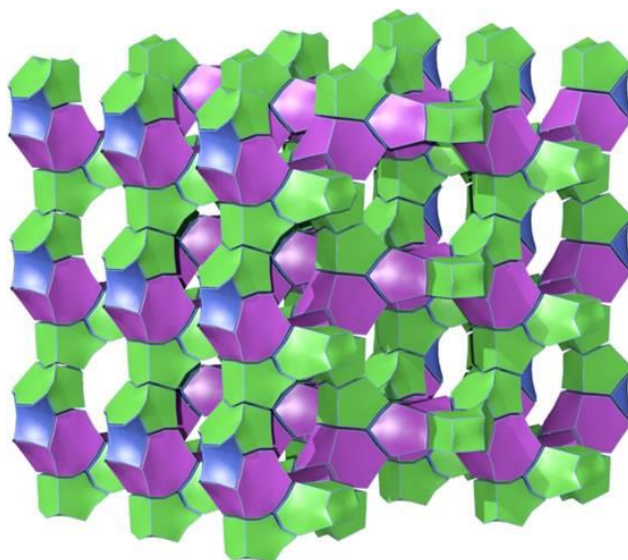


Figura 1.19 Ilustración del sistema de canal en la zeolita beta (BEA).

- Catálisis

Las zeolitas tienen la capacidad de actuar como catalizadores de las reacciones químicas que tienen lugar dentro de las cavidades internas. Esencialmente, las zeolitas tienen dos propiedades que los hacen particularmente adecuados como materiales de partida para la preparación de catalizadores:

- i. Son intercambiadores de cationes, por lo tanto, es posible introducir una gran variedad de cationes con diferentes propiedades catalíticas en su sistema de poros intracristalino, que a su vez ofrece la oportunidad de crear diferentes propiedades catalíticas, por ejemplo en las reacciones ácido o catalizadas por metales;
- ii. Las zeolitas son materiales porosos cristalinos con dimensiones de poro en el mismo orden que las dimensiones de las moléculas simples; por lo tanto, poseen propiedades de tamizado molecular cuando la forma y el tamaño de un sistema de poros particular, ejercen una influencia estérica en la reacción, controlar el acceso de los reactivos y productos.

En el caso de la catálisis selectiva a la forma en zeolitas, la combinación de ambas propiedades explotado para controlar la selectividad de las reacciones llevadas a cabo catalíticamente.

El uso de zeolitas como catalizadores tienen muchas ventajas ya que puede ser recuperado y reciclado con mayor facilidad y bajo coste, conduciendo a menos residuos y menos subproductos, a menudo funcionar con una mayor actividad, pueden combinarse varios pasos catalíticos, reducir la contaminación del medio ambiente mediante la sustitución de catalizadores homogéneos utilizados en la industria química tradicional (ácidos minerales, sales, metales pesados).

Zeolitas hidrógeno intercambiado, cuyos protones marco enlazado dar lugar a muy alta acidez son explotados en muchas reacciones orgánicas, incluyendo el petróleo crudo de craqueo, isomerización y la síntesis de combustible. Debido a la alta selectividad de zeolitas, a menudo son el método más eficiente y rentable para un número de conversiones de refinería.



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Zeolitas intercambiadas con metales pueden servir como catalizadores de oxidación o la reducción, por ejemplo Ti-ZSM-5 en la producción de caprolactama, y Cu-zeolitas en la descomposición de NO_x. Ellos se han empleado en los vehículos diesel como una opción menos costosa y más efectiva para la eliminación de NO_x que el convertidor catalítico de tres vías.

Las zeolitas encontrar y creciente aplicación en la producción de productos petroquímicos, a menudo reemplazando catalizadores poco ecológicas. Catalizadores de zeolita suelen producir menos impurezas, tener mayor capacidad, dar una mayor eficiencia de la unidad, y permitir una mayor selectividad. A diferencia de los catalizadores ácidos más peligrosas que se han utilizado en el pasado, por ejemplo, ácido fosfórico sólido, ácido fluorhídrico, etc., las zeolitas son peligrosos y no regenerable.

1.5 APLICACIONES DEL CUMENO

A continuación se muestra el listado de los múltiples usos que tiene el cumeno:

1. Como materia prima para la producción de fenol y co-producto de acetona.
2. El proceso de oxidación de cumeno para la síntesis de fenol ha crecido en popularidad desde de la década de los 60 y es prominente en la actualidad. El primer paso de este proceso consiste en la formación de hiperóxido de cumeno. Éste se escinde selectivamente al fenol y la acetona.
3. El fenol en sus diversas resinas de formaldehído para unir materiales de construcción como la madera contrachapada y la tabla de composición (40% del fenol producido) para el bisfenol A empleado en la fabricación de resinas epoxi y policarbonato (30%) y para la caprolactama, el material de partida para el nylon-6 (20%). Cantidades menores se utilizan para alquilfenoles.
4. El mayor uso de la acetona es como disolvente, aunque últimamente ha crecido la cantidad de acetona para hacer bisfenol A y acrilato de metilo.
5. El α -metilestireno se produce en cantidades controladas de la escisión de hiperóxido de cumeno, o puede ser efectuado directamente por la deshidrogenación de cumeno.
6. En menores cantidades, el cumeno se utiliza como un diluyente de pinturas, esmaltes y barnices y para producir acetofenona, el dicumilperóxido intermedio químico y diisopropilbenceno.
7. El cumeno también se usa como disolvente para las grasas.

1.6 BALANCES DE MATERIA

Como su nombre indica, en este apartado se muestran los balances de materia y energía que se producen durante el proceso de fabricación del cumeno. Primero se muestra el diagrama de proceso realizado con el programa Hysys, después se especifica el número de cada corriente con una breve descripción para poder identificarlo y posteriormente se muestran las tablas de los balances de materia.

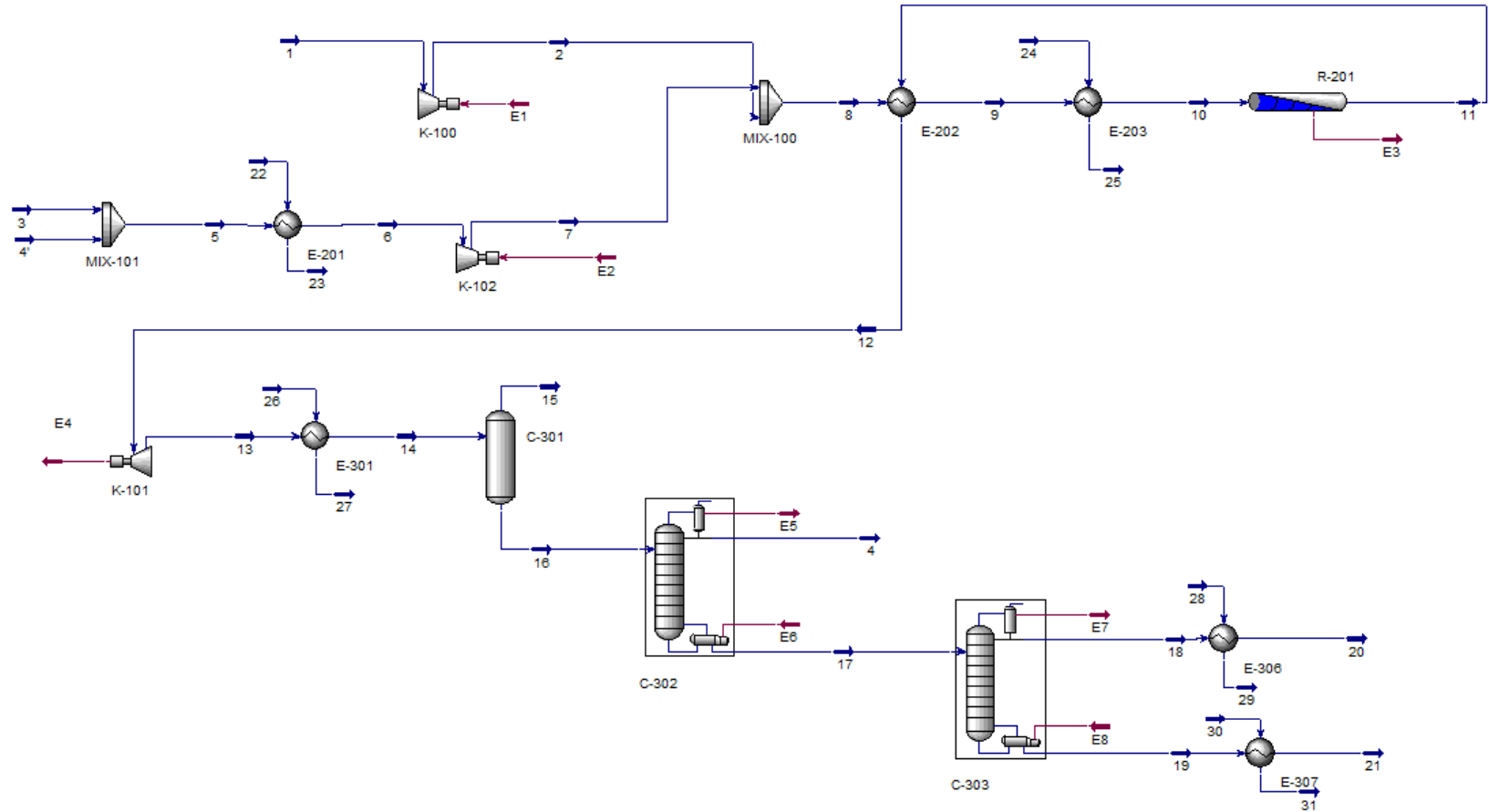
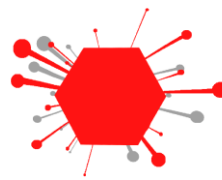


Figura 1.20. Diagrama de proceso hecho con Hysys.


ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO
Tabla 1.13 Descripción de las corrientes del proceso:

Corriente	Descripción	Kg/h totales
1	Alimento Propileno y Propano.	5.062
2	Propileno (5% propano) después de ser comprimido.	5.062
3	Alimento benceno.	8.584
4	Benceno recirculado.	7.161
5	Mezcla de alimento benceno y benceno recirculado.	15.750
6	Mezcla de alimento benceno y benceno recirculado después de calentarse.	15.750
7	Mezcla de alimento benceno y benceno recirculado caliente después de comprimirse.	15.750
8	Mezcla de benceno y propileno (5% propano).	20.810
9	Mezcla de reactivos precalentada.	20.810
10	Mezcla de reactivos en las condiciones óptimas de reacción.	20.810
11	Mezcla de reactivos y productos pasado el reactor.	20.810
12	Mezcla de reactivos y productos pasado el reactor ligeramente enfriados.	20.810
13	Mezcla de reactivos y productos ligeramente enfriados y comprimidos.	20.810
14	Mezcla de reactivos y productos listo para pasar por la columna flash.	20.810
15	Parte más volátil de la mezcla que será recirculada a la antorcha.	2.256
16	Parte más pesada de la mezcla antes de entrar a la primera columna de destilación.	18.550
17	Parte pesada de la mezcla que ha entrado a la primera columna de destilación y que va a entrar a la segunda columna.	11.390
18	Cumeno al 99'99% de pureza.	11.120
19	DIPB.	271'7
20	Cumeno al 99'99% de pureza listo para ser distribuido y almacenado.	11.120
21	DIPB listo para ser almacenado.	271'7
22	Aceite térmico que entra al intercambiador E-201.	43.200
23	Aceite térmico que sale del intercambiador E-201.	43.200
24	Aceite térmico que entra al intercambiador E-203.	17.016
25	Aceite térmico que sale del intercambiador E-203.	17.016
26	Agua de refrigeración que entra al intercambiador E-301.	284.009
27	Agua de refrigeración que sale del intercambiador E-301.	284.009
28	Agua de refrigeración que entra al intercambiador E-306.	55.703
29	Agua de refrigeración que sale del intercambiador E-306.	55.703
30	Agua de refrigeración que entra al intercambiador E-307.	110.567
31	Agua de refrigeración que sale del intercambiador E-307.	110.567



Tabla 1.14 Tabla de balances de materia:

CORRIENTE	1		2		3		4	
Temperatura (°C)	25.00		168.90		25.00		53.88	
Presión (kPa)	175.00		2500.00		175.00		175.00	
PM (kg/kmol)	42.18		42.18		78.11		77.00	
Caudal molar (kmol/h)	120.00		120.00		109.90		93.00	
Caudal vol. (m3/h)	9.73		9.73		9.73		8.30	
Fase	Vapor		Vapor		Líquido		Líquido	
COMPUESTO	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica
Benceno	0.00	0.00	0.00	0.00	8584.00	1.00	6624.64	0.93
Propano	253.10	0.05	253.10	0.05	0.00	0.00	108.85	0.02
Propileno	4808.90	0.95	4808.90	0.95	0.00	0.00	285.01	0.04
Cumeno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	142.50	0.02
DIPB	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aceite térmico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agua	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	5062.00	1.00	5062.00	1.00	8584.00	1.00	7161.00	1.00



Continuación Tabla 1.15 Tabla de balances de materia:

CORRIENTE	5		6		7		8	
Temperatura (°C)	38.55		100.70		235.10		213.60	
Presión (kPa)	175.00		175.00		2500.00		2500.00	
PM (kg/kmol)	77.62		77.62		77.62		64.45	
Caudal molar (kmol/h)	202.90		202.90		202.90		322.90	
Caudal vol. (m ³ /h)	18.03		18.03		18.03		27.76	
Fase	Líquido		Vapor		Vapor		Vapor	
COMPUESTO	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica
Benceno	15209.78	0.97	15209.78	0.97	15209.78	0.97	12627.51	0.61
Propano	110.25	0.01	110.25	0.01	110.25	0.01	478.63	0.02
Propileno	286.65	0.02	286.65	0.02	286.65	0.02	7585.25	0.36
Cumeno	143.33	0.01	143.33	0.01	143.33	0.01	118.62	0.01
DIPB	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aceite térmico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agua	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	15750.00	1.00	15750.00	1.00	15750.00	1.00	20810.00	1.00



Continuación Tabla 1.16 Tabla de balances de materia:

CORRIENTE	9		10		11		12	
Temperatura (°C)	330.00		360.00		427.00		325.40	
Presión (kPa)	2492.00		2500.00		2491.00		2475.00	
PM (kg/kmol)	64.45		64.45		92.32		92.32	
Caudal molar (kmol/h)	322.90		322.90		225.40		225.40	
Caudal vol. (m ³ /h)	27.76		27.76		24.80		24.80	
Fase	Vapor		Vapor		Vapor		Vapor	
COMPUESTO	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica
Benceno	12627.51	0.61	12627.51	0.61	9243.80	0.44	9243.80	0.44
Propano	478.63	0.02	478.63	0.02	684.65	0.03	684.65	0.03
Propileno	7585.25	0.36	7585.25	0.36	1864.58	0.09	1864.58	0.09
Cumeno	118.62	0.01	118.62	0.01	8860.90	0.43	8860.90	0.43
DIPB	0.00	0.00	0.00	0.00	156.08	0.01	156.08	0.01
Aceite térmico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agua	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	20810.00	1.00	20810.00	1.00	20810.00	1.00	20810.00	1.00



Continuación Tabla 1.17 Tabla de balances de materia:

CORRIENTE	13		14		15		16	
Temperatura (°C)	264.50		90.00		90.00		90.00	
Presión (kPa)	175.00		175.00		175.00		175.00	
PM (kg/kmol)	92.32		92.32		59.01		99.09	
Caudal molar (kmol/h)	225.40		225.40		38.23		187.20	
Caudal vol. (m3/h)	24.80		24.80		3.33		21.47	
Fase	Vapor		Líquido/Vapor		Vapor		Líquido	
COMPUESTO	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica
Benceno	9243.80	0.44	9243.80	0.44	831.79	0.37	8525.58	0.46
Propano	684.65	0.03	684.65	0.03	354.19	0.16	140.98	0.01
Propileno	1864.58	0.09	1864.58	0.09	973.92	0.43	367.29	0.02
Cumeno	8860.90	0.43	8860.90	0.43	95.88	0.04	9349.20	0.50
DIPB	156.08	0.01	156.08	0.01	0.23	0.00	166.95	0.01
Aceite térmico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agua	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	20810.00	1.00	20810.00	1.00	2256.00	1.00	18550.00	1.00



Continuación Tabla 1.18 Tabla de balances de materia:

CORRIENTE	17		18		19		20	
Temperatura (°C)	176.50		175.90		234.90		25.00	
Presión (kPa)	175.00		175.00		175.00		175.00	
PM (kg/kmol)	120.95		120.22		162.31		120.22	
Caudal molar (kmol/h)	94.17		92.50		1.67		92.50	
Caudal vol. (m ³ /h)	13.17		12.86		0.32		12.86	
Fase	Líquido		Líquido		Líquido		Líquido	
COMPUESTO	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica
Benceno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Propano	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Propileno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cumeno	11186.12	0.98	11118.89	1.00	0.14	0.00	11118.89	1.00
DIPB	203.88	0.02	1.11	0.00	271.56	1.00	1.11	0.00
Aceite térmico	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agua	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	11390.00	1.00	11120.00	1.00	271.70	1.00	11120.00	1.00



Continuación Tabla 1.19 Tabla de balances de materia:

CORRIENTE	21		22		23		24	
Temperatura (°C)	25.00		300.00		240.00		365.00	
Presión (kPa)	175.00		175.00		175.00		175.00	
PM (kg/kmol)	162.31		260.30		260.30		260.30	
Caudal molar (kmol/h)	1.67		165.96		165.96		65.37	
Caudal vol. (m3/h)	0.32		65.40		60.73		28.51	
Fase	Líquido		Líquido		Líquido		Líquido	
COMPUESTO	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica
Benceno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Propano	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Propileno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cumeno	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DIPB	271.56	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aceite térmico	0.00	0.00	43200.00	1.00	43200.00	1.00	17016.00	1.00
Agua	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	271.70	1.00	43200.00	1.00	43200.00	1.00	17016.00	1.00



Continuación Tabla 1.20 Tabla de balances de materia:

CORRIENTE	25		26		27		28	
Temperatura (°C)	339.85		30.00		40.00		15.00	
Presión (kPa)	175.00		175.00		175.00		175.00	
PM (kg/kmol)	260.30		18.00		18.00		18.00	
Caudal molar (kmol/h)	65.37		15778.28		15778.28		3094.61	
Caudal vol. (m ³ /h)	27.32		287.10		289.96		55.50	
Fase	Líquido		Líquido		Líquido		Líquido	
COMPUESTO	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica
Benceno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Propano	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Propileno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cumeno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DIPB	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aceite térmico	17016.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agua	0.00	0.00	284009.00	1.00	284009.00	1.00	55703.00	1.00
TOTAL	17016.00	1.00	284009.00	1.00	284009.00	1.00	55703.00	1.00



Continuación Tabla 1.21 Tabla de balances de materia:

CORRIENTE	29		30		31	
Temperatura (°C)	30.00		15.00		30.00	
Presión (kPa)	175.00		175.00		175.00	
PM (kg/kmol)	18.00		18.00		18.00	
Caudal molar (kmol/h)	3094.61		6142.61		6142.61	
Caudal vol. (m3/h)	56.31		110.16		111.77	
Fase	Líquido		Líquido		Líquido	
COMPUESTO	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica
Benceno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Propano	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Propileno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cumeno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DIPB	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aceite térmico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agua	55703.00	1.00	110567.00	1.00	110567.00	1.00
TOTAL	55703.00	1.00	110567.00	1.00	110567.00	1.00



1.7 CONSTITUCIÓN DE LA PLANTA

1.7.1 DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DE LA PLANTA

La planta de producción de cumeno diseñada en este proyecto cuenta de – edificios, en – de ellos se encuentra el proceso de producción, en otro se emplaza la zona social, dotada de vestuarios y comedores, en otro encontramos los almacenes y las salas de control, y en el último tenemos las oficinas de trabajo.

1.7.2 DISTRIBUCIÓN POR ÁREAS

En este apartado describimos las áreas que constituyen la planta. En la tabla 1.6 podemos contemplar las abreviaciones que durante el proyecto se irán mostrando. A continuación, se describe brevemente cada zona.

Tabla 1.22 Descripción de las áreas de la planta:

Zona	Descripción
A-100	Almacenamiento de materias primas
A-200	Reacción
A-300	Separación
A-400	Almacenamiento producto final
A-500	Tratamiento de residuos
A-600	Protección contra incendios
A-700	Zona carga y descarga
A-800	Oficinas
A-900	Laboratorio
A-1000	Zona social
A-1100	Sala de control
A-1200	Servicios mantenimiento planta
A-1300	Parking
A-1400	Ampliaciones
A-1500	Transformador eléctrico
A-1600	Servicios

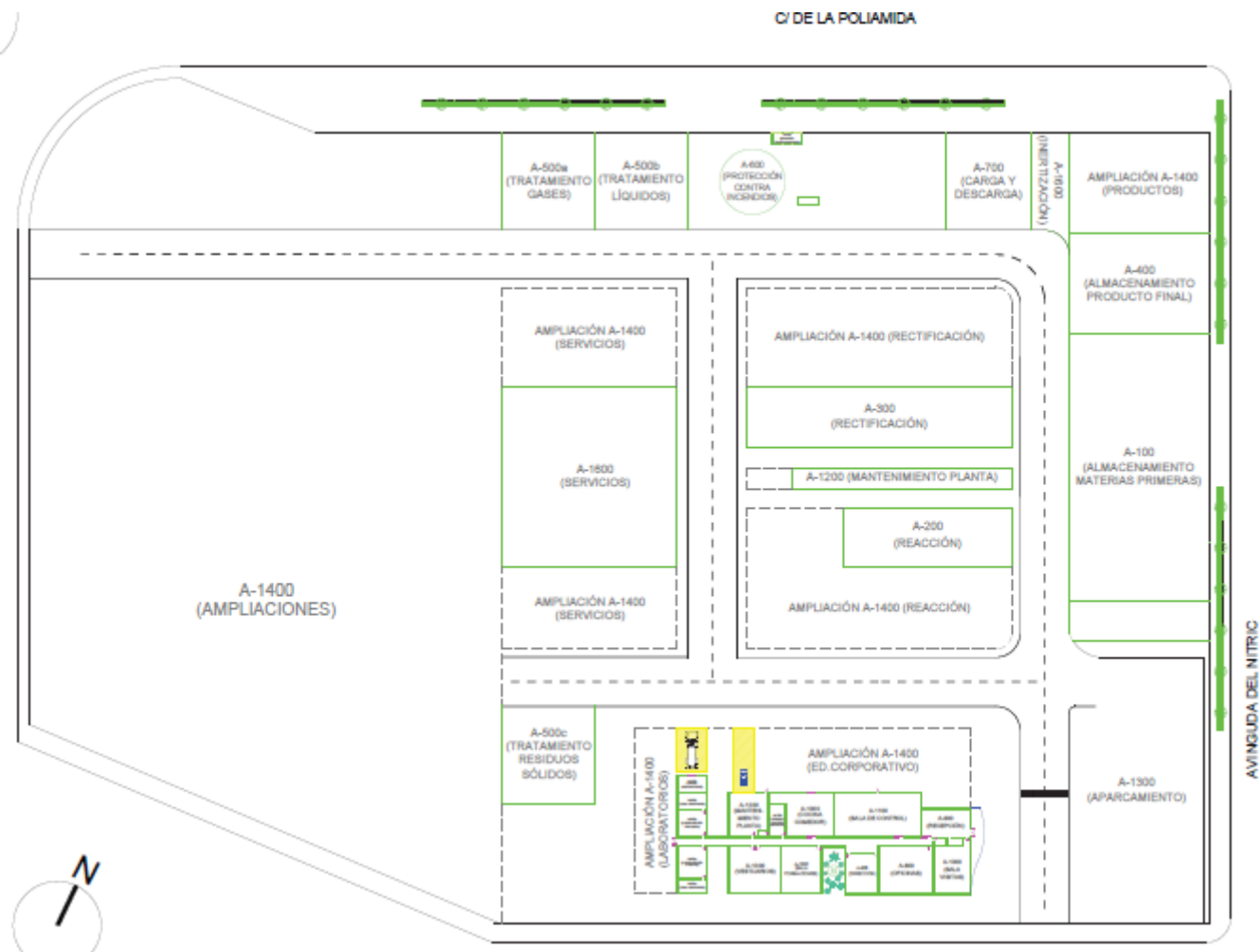


Figura 1.21. Plano con las áreas.



- **Área 100. Zona de almacenamiento de materias primas:**
En esta área se lleva a cabo el almacenamiento de materias primas. Dentro de esta área se encuentran los tanques que contienen los reactivos necesarios para llevar a cabo el producto, así como otros productos que sean menesteres para el mantenimiento de los equipos.
- **Área 200. Área de reacción:**
Esta zona es una de las claves de la planta, pues en ella hay el reactor que transforma nuestros reactivos en productos
- **Área 300. Área de separación:**
Otra de las zonas más importantes de nuestra planta. Está constituida, entre otros equipos, por las tres columnas de nuestra planta; un flash y dos de rectificación. Aquí se desempeña la labor de separar y purificar los productos resultantes del reactor, son el objetivo de mejorar la pureza especialmente del cumeno, que es el producto estrella de nuestra planta.
- **Área 400. Zona de almacenamiento de productos finales:**
Comprende la zona donde se almacenan los productos finales obtenidos en la planta. Éstos son el cumeno (producto principal), el DIPB. Aquí también se encuentran los depósitos donde se almacena el cumeno en forma líquida, tal como se presenta para su venta.
- **Área 500. Tratamiento de residuos:**
En esta zona encontramos los tratamientos de residuos tanto sólidos, como líquidos y gaseosos.
- **Área 600. Área de protección contra incendios:**
Aquí podemos encontrar lo necesario para actuar de forma rápida y eficaz en el caso de que se produjera un incendio en la planta.
- **Área 700. Zona de carga y descarga:**
En esta zona están colocadas las bocas de carga y descarga de los tanques de almacenaje. Aquí llegarán los camiones para descargar los productos. También es el mismo emplazamiento dónde se vendrá a recoger los productos de la planta. En el suelo se haya dos balanzas para camiones con las cuales se podrá saber la diferencia de peso entre el momento anterior a realizar la carga o descarga y el momento posterior, así poder saber ipso facto el volumen de transporte.



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

- **Área 800. Oficinas:**

Como su propio nombre indica, en el área 800 estarán las oficinas de la planta. Aquí se llevará a cabo el trabajo burocrático y la gestión de la planta. Podemos encontrar en esta zona los despachos, la sala de reuniones y la sala de actos.
- **Área 900. Laboratorios:**

Es el área de laboratorios, donde se desempeñan dos funciones; la primera es la toma de muestras de diferentes puntos del proceso para realizar un control de calidad y asegurar que el proceso se realiza dentro de los parámetros establecidos. La segunda función que se lleva a cabo en los laboratorios es la de investigación y desarrollo (I+D), donde la empresa intenta evolucionar científico-técnicamente para ser una empresa puntera y de vanguardia en su campo de producción.
- **Área 1000. Zona social:**

La zona social está destinada para que los diferentes trabajadores de la planta tengan un lugar dónde poder comer y descansar el tiempo reglamentario a su jornada laboral. También dispone de vestuarios para el aseo de los trabajadores.
- **Área 1100. Sala de control:**

En la sala de control se desempeña un trabajo clave para que la planta funcione con total rigor. Aquí encontramos personal las 24 horas del día velando por el buen funcionamiento de la planta y para controlar en primer momento cualquier incidencia que pueda acontecer. En esta sala se observan los diferentes parámetros de toda la planta de forma monitorizada, además se pueden cambiar las variables controladas del proceso.
- **Área 1200. Servicios de mantenimiento de planta:**

En esta área se localiza al personal de mantenimiento, así como los utensilios que se necesiten para mantener la planta.
- **Área 1300. Parking:**

Esta área está destinada para que puedan aparcar dentro del recinto los vehículos de los empleados, comerciales y las visitas. Se contempla zona de parking para motocicletas y para automóviles. Las plazas más cercanas a la entrada de la planta están reservadas para vehículos de personas que tienen movilidad reducida.
- **Área 1400. Ampliaciones:**

Dentro de la parcela encontramos un emplazamiento vacío, denominado zona de ampliación. Aquí se ubicaran las posibles ampliaciones que se realice en la planta a lo largo de los años.



- **Área 1500. Transformador eléctrico:**
Como su propio nombre indica, en esta zona se localiza el transformador eléctrico que abastece a toda la planta.
- **Área 1600. Área de servicios:**
En el área de servicios se encuentran la caldera de vapor, la descalcificadora de agua y el depósito de condensados. También hay una zona reservada para una posible futura caldera extra.

1.7.3 PLANTILLA DE TRABAJADORES

Como ya se ha comentado anteriormente, la producción planta de producción de cumeno trabaja 300 días al año las 24 horas del día, esto hace un total de 7.200 horas productivas al año. Durante el transcurso de un año se realizarán dos paradas para realizar las tareas de mantenimiento y limpieza procedentes. La razón para elegir dos paradas anuales es la siguiente: un número inferior a dos paradas supondría unos periodos de no producción excesivamente largos, por el contrario, un número superior a dos paradas conduciría a un excesivo aumento de costes debido a la parada y puesta en marcha de todos los equipos. Entonces, una vez consensuado el número de paradas anuales, se procede a decidir en qué fechas tendrán lugar, y éstas son todo el mes de Agosto, todo Diciembre y la primera semana de Enero.

Para un correcto funcionamiento de la planta se requiere un abanico de profesionales y especialistas en las diferentes áreas y campos de la empresa. Así pues, en la plantilla de trabajadores se incluyen directivos, personal de laboratorio cualificado, operarios y obreros, jefes de sección, técnicos, personal de oficina (marketing, publicidad, contabilidad, recursos humanos y administración), personal de mantenimiento, personal de limpieza y personal de seguridad.

A continuación se describe el número de trabajadores de cada sección y la tarea que desempeñan:

- **Directivos y técnicos:** Dos directivos y cuatro técnicos, seis personas en total, que se encargan de la gestión y dirección de la empresa. Las decisiones que tomen estas personas deberán ser ejecutadas por el resto de personal. Su horario es variable, dependiendo de las necesidades de la empresa, relaciones internacionales, conferencias, reuniones, etc.
- **Jefes de sección o especialistas:** Un total de 12 personas titulados como ingenieros químicos, industriales, de proceso entre otros. Su trabajo consiste en supervisar todas las secciones de la planta para garantizar la seguridad de ésta y un funcionamiento correcto del proceso. Su horario consiste en turnos de mañana y tarde, pero también cada semana ha de haber tres de los especialistas de guardia, por si se diera el caso de algún incidente.
- **Operarios y obreros:** En la planta trabajan 30 operarios distribuidos en las 6 principales áreas: 2 operarios en la sección de materias primas, 4 operarios en la sección de reacción, 10 operarios en la sección de columnas, 4 operarios en la sección de almacenamiento, 6 para la sección de tratamiento de residuos y 4 para la de carga y descarga. Estos



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

trabajadores se encargan del correcto funcionamiento de operación de la planta, así como del mantenimiento de la misma. El horario de este grupo de empleados consiste en 4 turnos alternos: mañana, tarde, noche y descanso.

Horario de los turnos:

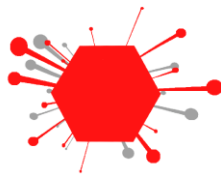
- Mañana: 3 semanas de 5 días de 6h a 14h + 2 días de descanso.
 - Tarde: 3 semanas de 5 días de 14h a 22h + 2 días de descanso.
 - Noche: 3 semanas de 5 días de 22h a 6h + 2 días de descanso.
-
- **Personal de oficina (marketing, recursos humanos, contabilidad, publicidad y administración):** En esta sección de la empresa trabajan un total de 19 personas: 5 en el sector de contabilidad, 7 administrativos, 4 personas de marketing, 1 persona en publicidad y 2 personas en recursos humanos. Tiene un horario de oficina propiamente dicho, son un total de 40 horas semanales distribuidas de lunes a viernes de las 8h a las 17h (incluido descanso para comer).

 - **Personal de laboratorio:** Con un total de 10 trabajadores cuya titulación es de técnico de laboratorio, químico y/o ingeniero químico, forman el personal de control de calidad (8 personas) y el de I+D (2 personas). Éstos últimos, como ya se ha dicho, se encargan de que la empresa está al día en el ámbito científico-técnico. Tienen un horario igual que el de oficinas. Los trabajadores de control de calidad son los encargados de analizar las muestras que se van tomando continuamente en la planta. Su horario se divide en dos turnos: 4 personas trabajan por la mañana (de 8h a 14h) y las otras 4 trabajan de tarde (de 14h a 22h).

 - **Personal de mantenimiento:** Constituidos por 4 trabajadores, velan por el buen funcionamiento de la planta. Y son los primeros en acudir si surge algún pequeño incidente o si algún equipo no funciona como debiera. Tiene horario de mañana, tarde, noche y festivos.

 - **Personal de limpieza:** Encargado de la limpieza e higiene de la planta, las cuatro persona que trabajan en esta sección tienen un horario de mañana (una persona), tarde (una persona), noche (dos personas).

 - **Personal de seguridad:** Es necesario que haya una persona encargada de la seguridad de la planta las 24 horas del día. Así, el equipo de seguridad se constituye con 4 personas que trabajan alternativamente 3 días 12 horas y dos días festivos.



1.8 PROGRAMACIÓN TEMPORAL Y MONTAJE DE LA PLANTA

En esta sección se muestran las diferentes tareas a realizar una vez ya se ha aceptado el proyecto de viabilidad (este proyecto). Así pues, vamos a ver la sucesión de actividades que se llevan a cabo una vez aceptado el proyecto de viabilidad y hasta que la planta está totalmente construida y lista para poner en marcha.

Tabla 1.23 Durada de las tareas a realizar durante el proceso de construcción y montaje:

Actividad	Subactividad	Procedencia	Durada (días)
Ingeniería del detalle	---	0:01	111
Licencia de obras y actividades	---	1:02	133
Urbanización	Limpieza de terrenos	2:03	132
	Excavaciones y cimientos		
	Instalación suministros		
	Viales y aceras		
	Instalación de soportes, escaleras, plataformas y barandillas		
Edificación de oficinas y aparcamiento	Edificio oficinas	3:04	154
	Aparcamiento		
Instalación de equipos	---	4:05	90
Calibración de equipos	---	5:06	15



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Tabla 1.24 Continuación tabla 1.18:

Actividad	Subactividad	Procedencia	Durada (días)
Instalación de tuberías	Instalacion de tuberías de proceso	5:07	120
	Conexión tuberías – equipo		
	Instalacion tuberías de servicio		
	Conexión tuberías servicios - equipos		
Instrumentación	Instalación instrumentación	4:08	180
	Conexión instrumentación – equipos		
Aparatos eléctricos	Instalación de aparatos eléctricos	4:09	120
	Conexión eléctrico - equipo		
Aislamiento	Aislamiento equipos	6:10	30
	Aislamiento tuberías		
	Aislamiento conductos		
Prueba de equipos	Puesta en marcha	1-10:11	15
Acabados	Pintura	1-10:12	15
	Limpieza		

A continuación se muestra el diagrama de Gantt, que tiene como objetivo posicionar cada tarea a lo largo de una línea temporal, de manera que se pueda identificar las relaciones y dependencias que existen entre las tareas. También, este método indica que la durada total del proyecto será de 32 eses, es decir, de 2 años y 6 meses.

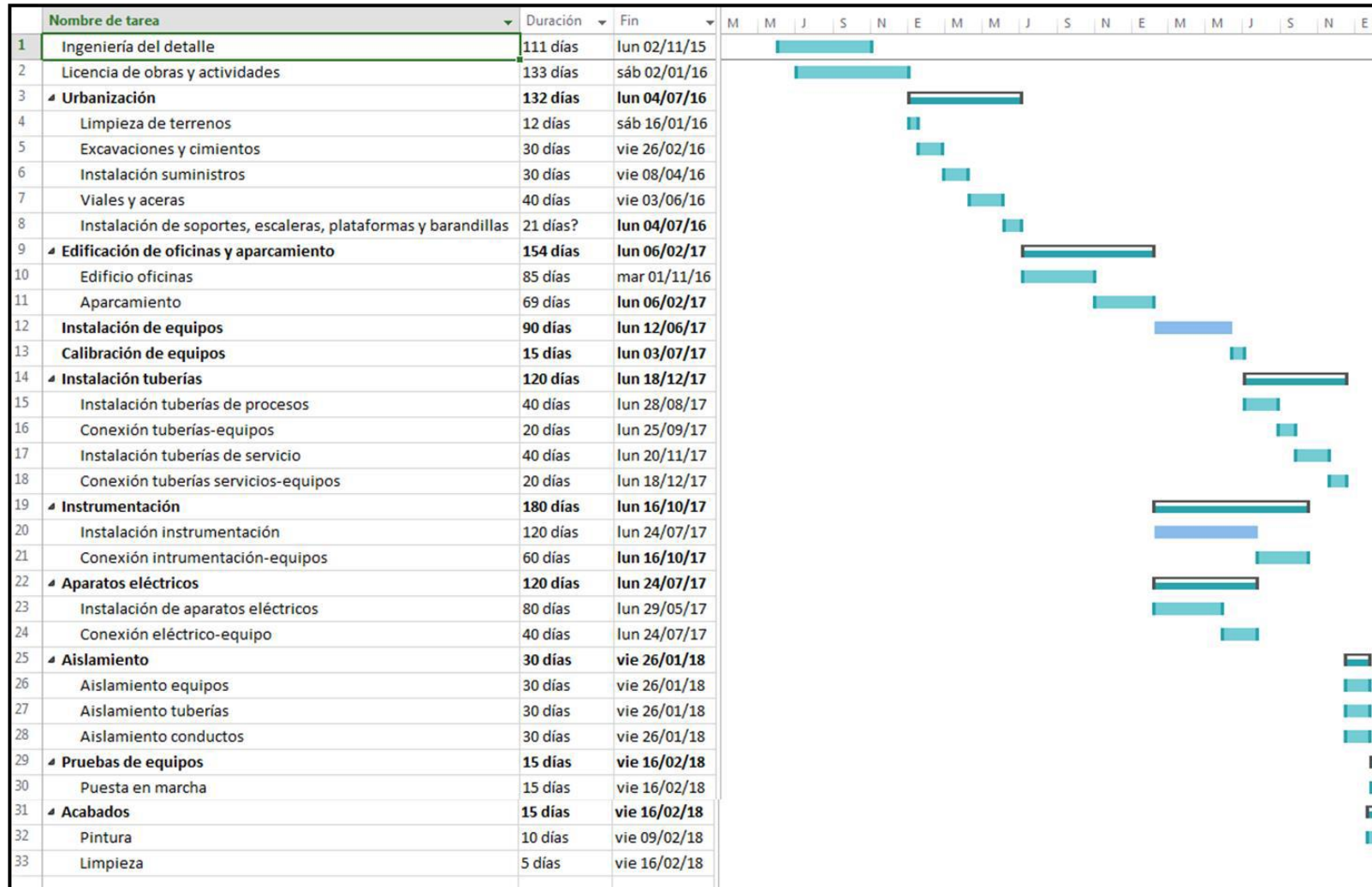


Figura 1.22. Diagrama de Gantt.



1.9 SERVICIOS DE PLANTA

Los aspectos a contemplar referentes a servicios para la planta son los siguientes:

- Energía eléctrica: Conexión des de la línea de 20 kV a pie de parcela, también hay una estación transformadora.
- Gas natural: Conexión a pie de parcela a media presión (1'5 kg/cm²).
- Alcantarillado: Red unitaria en el centro de la calle a una profundidad de 3'5m (diámetro del colector de 800mm).
- Agua de incendios: La máxima presión es de 4 kg/cm², se dispone de estación de bombeo y reserva de agua.
- Agua de red: Acometida a pie de parcela a 4 kg/cm² con un diámetro de 200mm.
- Terreno: Resistencia del terreno de 2 kg/cm² a 1'5m de profundidad sobre gravas.

Una vez sabido esto, se procede a describir los servicios que requiere la planta ARROL.

1.9.1 EQUIPOS DE FRÍO

En medio del equilibrio que existe entre la optimización del diseño de los equipos de intercambio de calor del proceso y sus necesidades de consumo de flujos de servicio, en este caso de frío de refrigeración, se ha optado por un término medio entre el tamaño del equipo de intercambio, el caudal de servicio que necesitará y el salto térmico de este flujo. Así, se han dimensionado los equipos de producción de frío con la finalidad de satisfacer esa demanda y se han vuelto a optimizar los equipos de proceso para que las necesidades del sistema fueran lógicamente fáciles de satisfacer. Al ser un proceso en continuo, todas las necesidades de frío se dan con simultaneidad.

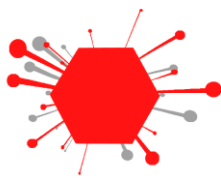
Las corrientes de frío se han agrupado en dos circuitos: la que requerirá temperaturas a las entradas de los equipos superiores a 20°C y la que las necesitarán por debajo. Esta separación térmica viene determinada por las limitaciones operativas de cada equipo de frío, su elección y las condiciones de entorno a las que funcionarán. Así, se opta por Torres de refrigeración para las corrientes que necesitan un enfriamiento con temperaturas de retorno a proceso superior a los 20°C con un salto térmico no superior a los 10°C y, equipos de agua de frío o Chillers, para las corrientes de temperatura inferior y/o salto térmico mayor.

1.9.1.1 Torres de refrigeración

Son equipos que destacan por consumo bajo en comparación a los equipos de frío, su robustez y su simple mantenimiento y control operativo. En contrapartida, son equipos que vienen limitados por las temperaturas exteriores (de bulbo húmedo) y, en equipos comerciales, por el salto térmico que puede ofrecer dada la altura de torre.

Además, estos equipos dada su naturaleza y el uso de agua como elemento de refrigeración, tienen asociados riesgos químicos e higiénicos o sanitarios.

- Sanitarios por su capacidad potencial de proliferación y dispersión de cepas de *Legionella pneumophilla*. Estos riesgos deben minimizarse mediante un mantenimiento de la calidad del agua de refrigeración.



- Químicos por la variación de la composición de la matriz del agua pudiéndola hacer agresiva o incrustante afectando a los equipos y a su duración.

El control sobre este equipo es bastante simple y viene proporcionado por el mismo equipo comercial: una sonda de conductividad que mida la concentración de sales por evaporación y controle una válvula de purga. Y una sonda de nivel que controle una válvula de llenado para satisfacer las pérdidas de flujo por evaporación, arrastre de gotas y purgas.

1.9.1.1.1 Lista de consumidores

Tabla 1.25 Lista de consumidores:

	ENTRADA EQUIPO			SALIDA EQUIPO		
	Caudal (Kg/h)	Temperatura (°C)	Entalpia	Caudal (Kg/h)	Temperatura (°C)	Entalpia
E-301	284009	30	8520270	284009	40	11360360
E-302	108813	30	3264390	108813	40	4352520
E-303	134636	30	4039080	134636	40	5385440
Σ	527.458		15.823.740	527.458		21.098.320

1.9.1.1.2 Corrientes en el equipo de frio

Tabla 1.26 Corrientes en el equipo:

Caudal salida torres (Kg/h)	527.458,00
Temperatura salida torres (°C)	30,00
Caudal colector (Kg/h)	527.458,00
Temperatura colector (°C)	40,00

1.9.1.1.3 Potencia frigorífica requerida

Tabla 1.27 Potencia requerida:

TORRES	
Cp agua (Kcal/h)	1
P (Kcal/h)	5.274.580
P (KW)	6.133
Equipos requeridos	3
P (KW/equipo)	2.044

1.9.1.2 Elección del equipo

Para poder satisfacer la demanda en posibles fallos de alguno de los equipos, se opta por una implantación conservativa con un incremento del 100% de los equipos requeridos. Un total de 4 equipos EWK 1800 de la casa EWK.



1.9.1.3 Implantación de los equipos

Se omite el diseño del equipo marcado por el Art. 7 RD 865/03 por la adquisición comercial y comprobación mediante acreditaciones de vendedor autorizado.

La distancia entre torres y tomas de aire, ventanas o puertas será el referenciado en el Anexo A de UNE 100.030:2005 IN.

1.9.1.4 Mantenimiento

Estos equipos al encontrarse implantados a la intemperie resultan muy vulnerables a la actuación de agentes externos. Así, es importante tener sobre ellos una serie de operaciones de mantenimiento tanto preventivo como correctivo para conservar su funcionamiento eficaz, prolongar su vida útil, cumplir con la normativa y conseguir así, un ahorro energético y consecuentemente económico importante

1.9.1.4.1 Mantenimiento preventivo

Se establecerán revisiones periódicas integrales de los equipos que incluirán el mantenimiento mecánico, eléctrico y el control de los parámetros de funcionamiento. Se alternarán equipos para no sobrecargar ninguno de ellos evitando así paradas inesperadas.

1.9.1.4.2 Mantenimiento de la calidad del agua de refrigeración

Se seguirán las indicaciones, recomendaciones y limitaciones marcadas por el fabricante en cuanto a la calidad de agua a emplear.

Se realizarán controles asociados a las torres y a sus vertidos marcados por la Normativa Nacional y Autonómica.

Se instalarán tratamientos de aguas adecuados a las necesidades de la matriz con tal de mantener la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua marcada.


Se realizarán las limpiezas y desinfecciones marcadas en la normativa.

1.9.1.4.3 Legislación aplicable

Nacional: RD 865/2003 (BOE 18/07/03)

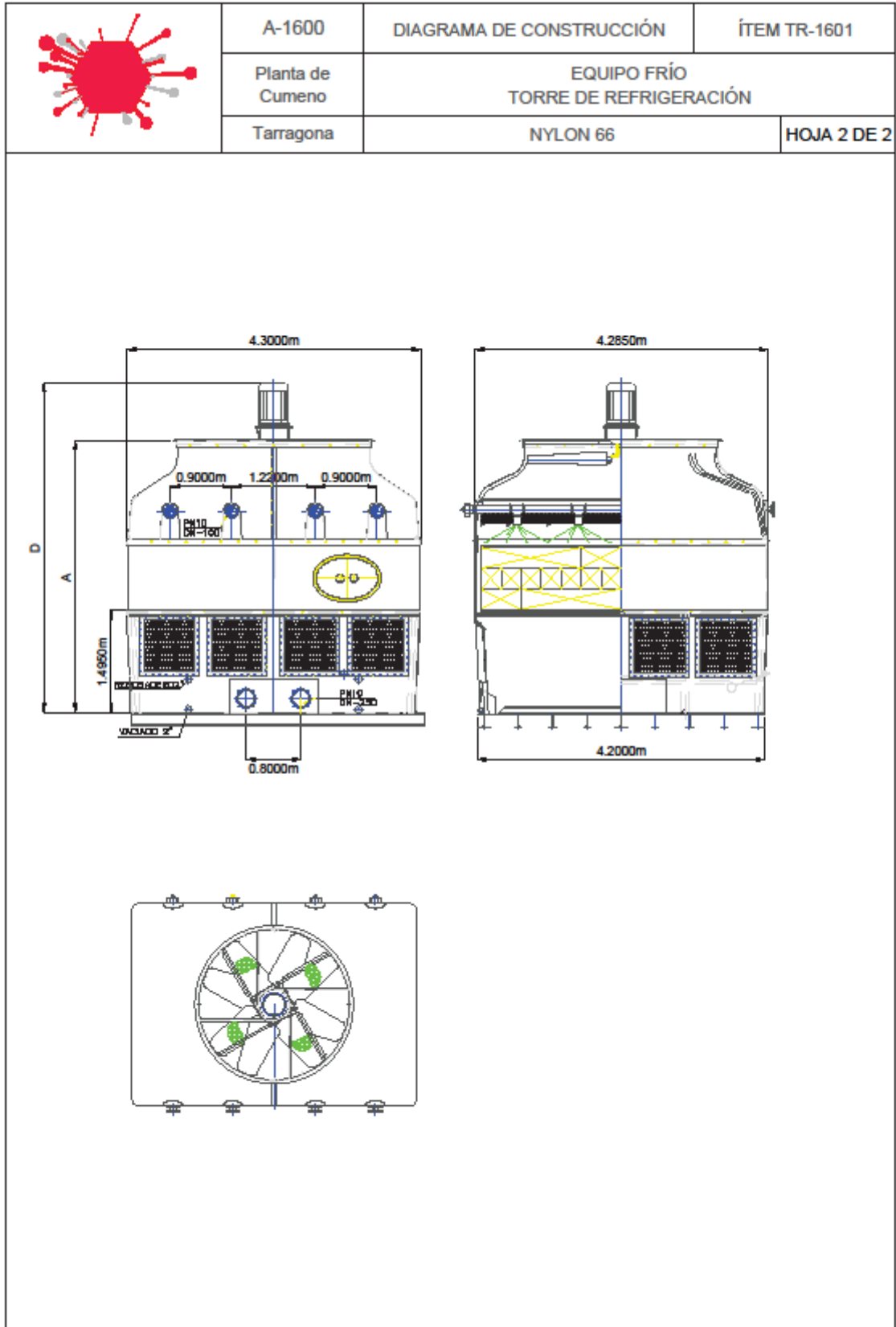
Autonómica: D 352/2004



	HOJA 1 DE 2		HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TORRES DE REFRIGERACIÓN
	ÍTEM	TR-1601/04	
	AREA	1600	
	PLANTA	NYLON-66	FECHA:
	LOCALIDAD	TARRAGONA	REVISADO:
DATOS GENERALES			
DENOMINACIÓN	Torre refrigeración		
FINALIDAD	Disminución de la temperatura del agua mediante disipación de calor en aire		
PRODUCTOS MANIPULADOS	Agua de refrigeración		
DATOS DE OPERACIÓN			
PROVEEDOR	J NEGRE C.		
EMPRESA	EWK		
SERIE	EWK		
MODELO	EWK 1800		
POTENCIA DISIPACIÓN (kw)	3150		
PESO VACIO (kg)	3400		
PESO EN SERVICIO (kg)	13000		
POTENCIA VENTILADOR (kw)	22		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN			
LONGITUD (mm)	4300		
ANCHO (mm)	4285		
ALTO (mm)	3900		



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO





1.9.2 EQUIPOS CHILLER

Son equipos más complejos, de mayor consumo energético, de mantenimiento más específico y regular y de coste de implantación y compra mayor que el de las torres. Aun así, estos equipos son la mejor opción para satisfacer las necesidades de frío que las torres no pueden, por sus limitaciones, cubrir.

Estos equipos contienen partes móviles con menor robustez que los ventiladores para el tiro forzado de las torres de refrigeración y refrigerantes comerciales que encarecen el equipo.

1.9.2.1 Elección del refrigerante: Solkane® 134a

Puesto que este ofrece propiedades fisicoquímicas muy semejantes, Solkane 134a se ha erigido en los últimos años como la mejor alternativa industrial a los refrigerantes clorofluorocarbonados (CFC) con un factor de 0 ODP (potencial destructivo de la capa de ozono), un valor de 0.26 GWP (factor de calentamiento global) y unos valores de toxicidad aceptables.

Su único inconveniente a nivel industrial y de dimensionamiento del equipo, a diferencia de otros compuestos CFC ya en desuso, es que el equipo requiere mayor cilindrada. Lo que se transforma en un incremento del equipo y por lo tanto, un mayor coste en la implantación del equipo.

A parte de sus cualidades fisicoquímicas, económicas y ambientales descritas, la elección del Solkane 134a también ha tenido su base en el funcionamiento operativo del equipo. Así, a diferencia de otros equipos de funcionamiento con compuestos sustitutivos de los CFC como el R407C y el R410A que también podrían erigirse como alternativas, la casa comercial consultada, nos ofrece la posibilidad de un equipo de frío mediante compresión a tornillo.

1.9.2.2 Corrientes a Chillers

1.9.2.2.1 Lista de consumidores

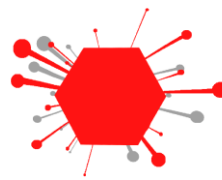
Tabla 1.28 Lista de consumidores:

	ENTRADA EQUIPO			SALIDA EQUIPO		
	Caudal (Kg/h)	Temperatura (°C)	Entalpia	Caudal (Kg/h)	Temperatura (°C)	Entalpia
E-306	55703	15,00	835545	55703	30,00	1671090
E-307	110567	15,00	1658505	110567	30,00	3317010
Σ	166.270		2.494.050	166.270		4.988.100

1.9.2.2.2 Corrientes en el equipo de frío

Tabla 1.29 Corrientes en el equipo:

Caudal salida chillers (Kg/h)	166.270,00
Temperatura salida (°C)	20,00
Caudal colector (Kg/h)	166.270,00
Temperatura colector (°C)	30,00


**ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO****1.9.2.2.3 Potencia frigorífica requerida****Tabla 1.30 Potencia requerida:**

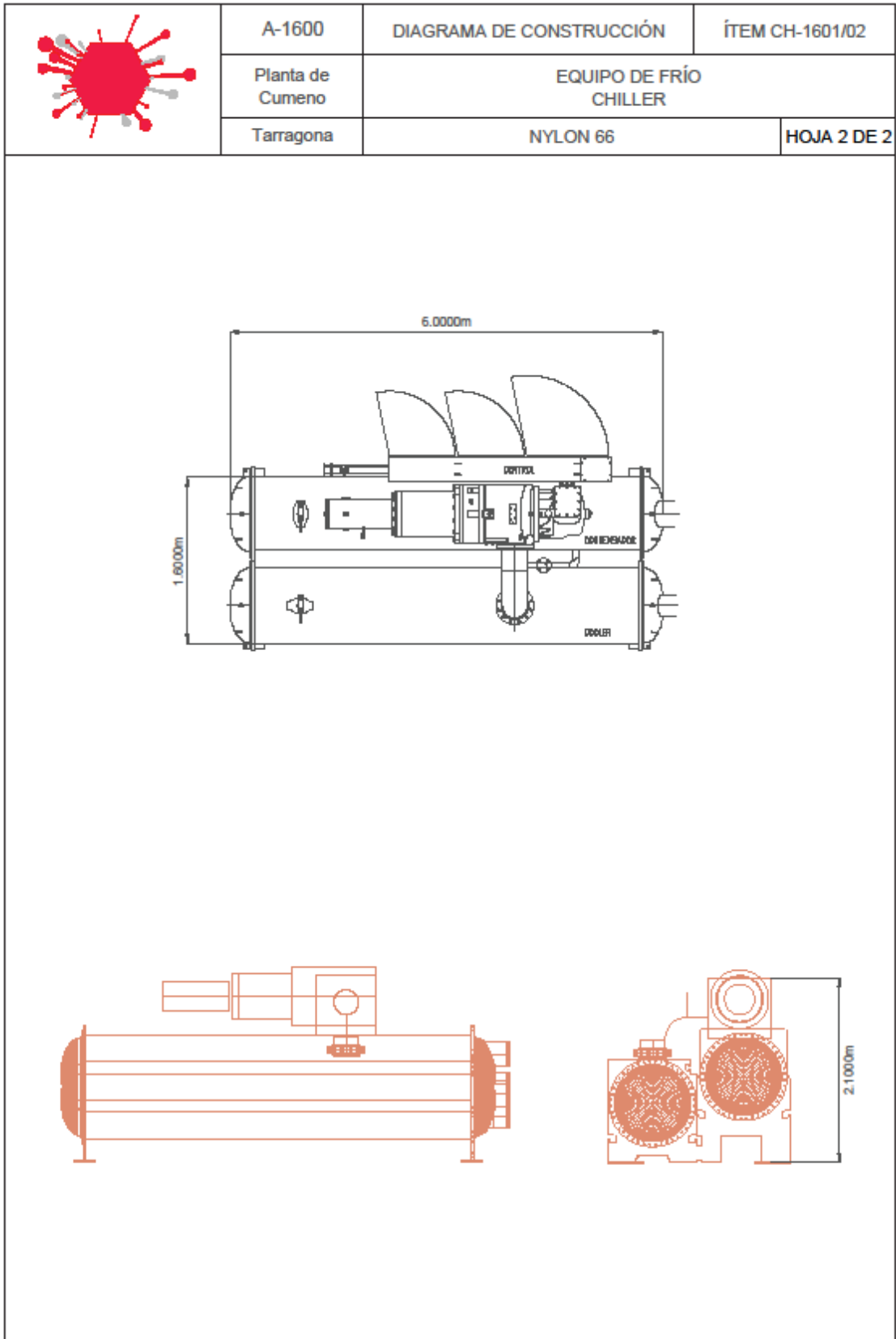
CHILLER	
Cp agua (Kcal/h)	1
P (Kcal/h)	1.662.700
P (KW)	1.933
Equipos	1
P (KW/equipo)	1.933

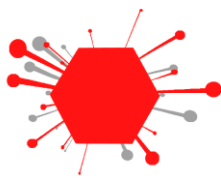
1.9.2.3 Elección del equipo

Para poder satisfacer la demanda en posibles fallos de alguno de los equipos, se opta por una implantación conservativa con un incremento del 100%. Un total de 2 equipos TMH 4D 2200 de Turbomiser.



	HOJA 1 DE 2		HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS CHILLER	
	ÍTEM	CH-1601/02		
	AREA	1600	FECHA:	
	PLANTA	NYLON-66		
LOCALIDAD	TARRAGONA	REVISADO:		
DATOS GENERALES				
DENOMINACIÓN	CHILLER			
FINALIDAD	Disminución de la temperatura del agua mediante circuito compresión/expansión			
PRODUCTOS MANIPULADOS	Agua de refrigeración; Solkane 134a			
DATOS DE OPERACIÓN				
PROVEEDOR	GEOCLIMA			
EMPRESA	Turbomise			
SERIE	TMH			
MODELO	4D 2200			
POTENCIA FRIGORÍFICA (kw)	3150			
POTENCIA NOMINAL	426,4			
EER	5,63			
SONIDO (dB(A))	8,57			
TIPO COMPRESOR	Libre de aceite			
NUMERO DE COMPRESORES	4			
TIPO EVAPORADOR	FL			
PESO VACIO (kg)	8980			
PESO EN SERVICIO (kg)	9657			
CONSUMO (kw)	426,4			
DATOS DE CONSTRUCCIÓN				
LONGITUD (mm)	6000			
ANCHO (mm)	1600			
ALTO (mm)	2100			





1.9.3 EQUIPOS DE CALOR

Dada la necesidad de aporte de calor en diferentes puntos de proceso, se ha diseñado un sistema de aporte de calor con consumo combustible. Para satisfacer esta demanda a altas temperaturas, se han decidido instalar calderas de fluido térmico.

Las necesidades de calor de las diferentes partes del proceso requieren, de la misma manera que se hizo con las necesidades de frío, la distribución en dos corrientes. Así, una demanda cubrirá las necesidades térmicas de los intercambiadores y la otra, la del reactor. Esta distribución evitando una homogeneización de los colectores que habría desembocado en un alto consumo energético puesto que todas las corrientes deberían haber salido de las calderas a la temperatura máxima.

1.9.3.1 Elección del aceite: Therminol 66

Para la elección del aceite térmico se ha tenido en cuenta la temperatura máxima del film. Así, THERMINOL 66 cumple con los requisitos de temperatura, resistente a esas condiciones, con una larga vida útil y con una larga experiencia en el sector.

1.9.3.1 Caldera de aceite térmico

Esta caldera proporcionará un salto térmico de 60°C para un caudal medio. Esta corriente alimentará las necesidades de los intercambiadores.

1.9.3.2 Lista de consumidores

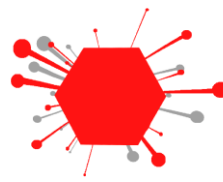
Tabla 1.31 Lista de consumidores:

	ENTRADA EQUIPO			SALIDA EQUIPO		
	Caudal (Kg/h)	Temperatura (°C)	Entalpia	Caudal (Kg/h)	Temperatura (°C)	Entalpia
E201	43200	300	7970400	43200	240	5899392
R-201/E-203	17016	300	3134347,2	17016	340	3824175,84
E-304	30000	300	5526000	30000	250	4267500
E-305	44703	300	8234292,6	44703	250	6359001,75
Σ	134.919		24.865.040	134.919		20.350.070

1.9.3.3 Corrientes en Caldera

Tabla 1.32 Corrientes en el equipo:

Caudal salida calderas (Kg/h)	134.919,00
Temperatura salida calderas(°C)	300
Caudal colector (Kg/h)	134.919,00
Temperatura colector (°C)	259



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.9.3.4 Potencia calorífica requerida

Tabla 1.33 Potencia requerida:

CALDERA	
Cp T66 (KCal/Kg°C)	0,58
P (Kcal/h)	3.401.534
P (KW)	3.955
Equipos	1
P (KW/equipo)	3.955


1.9.3.5 Elección del equipo

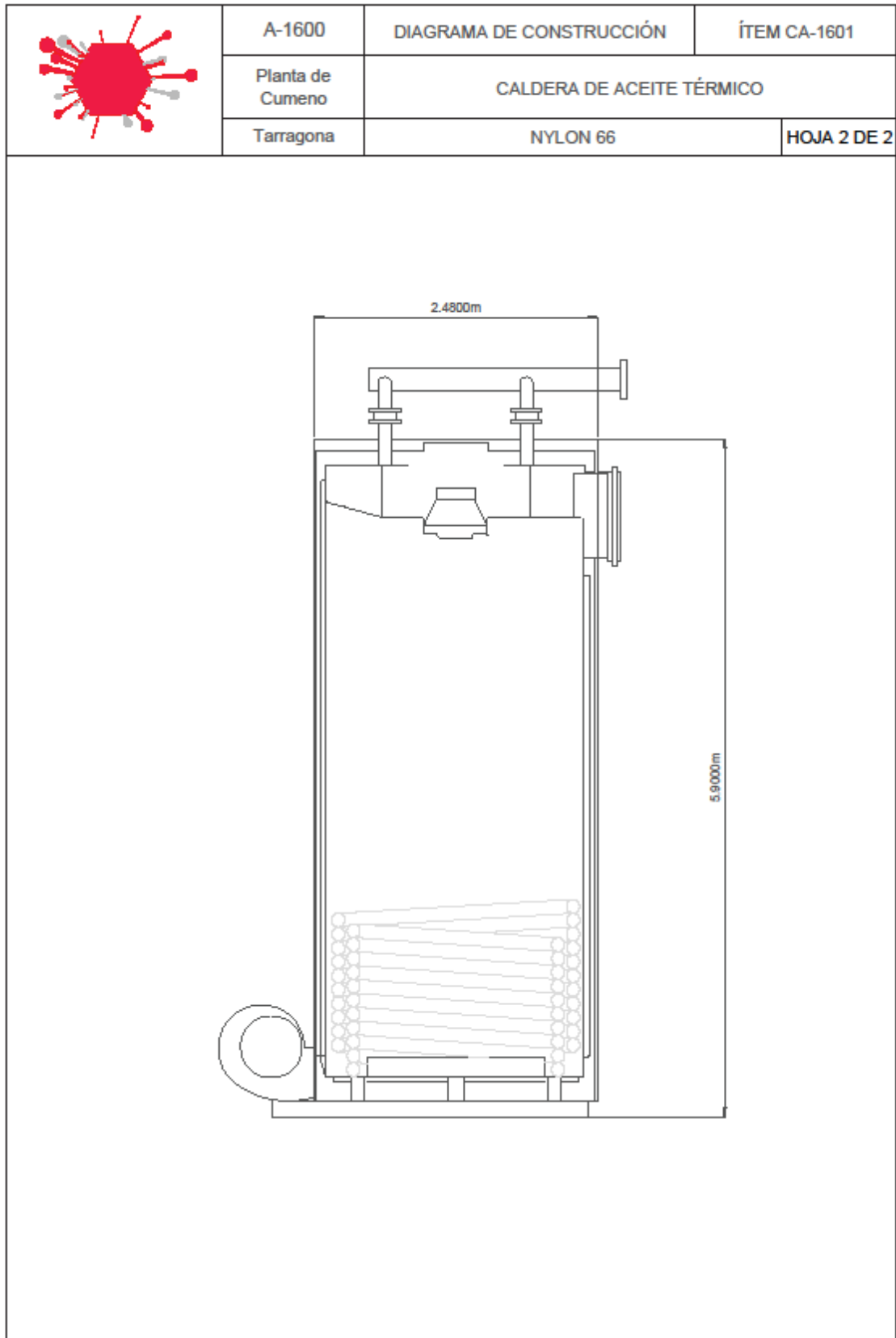
Para poder satisfacer la demanda en posibles fallos de alguno de los equipos, se opta por una implantación conservativa con un incremento del 100% en equipos. Un total de 2 equipos TPC-5000B de la casa BABCOCK WANSON.

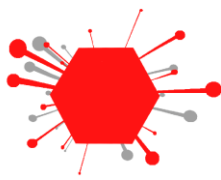
1.9.3.6 Mantenimiento

La propia compañía BABOCK WANSON ofrece contratos de mantenimiento, averías, repuestos y de alquileres de equipos a muy corto plazo.



	HOJA 1 DE 2		HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE CALDERA	
	ÍTEM	CA-1601/02		
	AREA	1600		
	PLANTA	NYLON-66	FECHA:	
	LOCALIDAD	TARRAGONA	REVISADO:	
DATOS GENERALES				
DENOMINACIÓN	CALDERA DE FLUIDO TÉRMICO			
FINALIDAD	Aumento de la temperatura fluido de calor			
PRODUCTOS MANIPULADOS	THERMINOL 66			
DATOS DE OPERACIÓN				
PROVEEDOR	BABCOCK WANSON			
EMPRESA	Grupo CNIM			
SERIE	TPC			
MODELO	5000B			
POTENCIA TÉRMICA (kw)	5814			
CONTENIDO ACEITE (l)	2347			
CAUDAL FLUIDO (mc/h)	200			
ΔT FLUIDO (°C)	50			
RENDIMIENTO TÉRMICO (%)	87			
DATOS DE CONSTRUCCIÓN				
LONGITUD (mm)	3600			
ANCHO (mm)	2480			
ALTO (mm)	5900			
CHIMENEA \varnothing (mm)	706			





1.9.4 AIRE COMPRIMIDO

Para el accionamiento de las válvulas de control y a fin de evitar posibles problemas eléctricos que puedan producir chispas en ambientes explosivos, se ha decidido la implantación de válvulas de accionamiento neumático. Así, los requerimientos de aire comprimido del proceso se limitarán al consumo de estas y su dimensionamiento se hará según la demanda de las mismas.

1.9.4.1 Consumo instrumentación

Tabla 1.34 Consumo por instrumentación:

Aire instrumentación	
Consumo unitario de válvulas de control	1,4 Nm ³ /h
Factor de simultaneidad de las válvulas de control	100 %
Consumo unitario de válvulas todo/nada	2 Nm ³ /h
Factor de simultaneidad de las válvulas todo/nada	15% %

1.9.4.2 Lista de consumidores

Tabla 1.35 Lista de consumidores:

LISTADO DE VÁLVULAS PNEUMÁTICAS			
Área 100			
Nº	DN	PN	TIPO
2	2"	4	AS
2	2"	40	TV
2	4"	40	TV
Área 200			
1	2,5"	4	AS
1	4"	4	AS
1	12"	4	AS
Área 300			
1	2"	4	AS
1	4"	4	AS
1	3/8"	4	AS
1	1/2"	4	AS
1	3"	4	AS
Área 400			
2	2"	4	AS
1	2"	4	TV



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.9.4.3 Presión de trabajo requerida

Tabla 1.36 Pérdidas de carga y presión requerida:

Presión de trabajo			
Presión requerida en el último consumidor	P	8	bar
Elemento	Perdida de Carga	Perdida típica	barg
Separador centrífugo	$\Delta P1$	0,3	bar
Tubería de distribución de aire	$\Delta P2$	0,1	bar
Secador Frigorífico	$\Delta P3$	0,1	bar
Filtración	$\Delta P4$	0,15	bar
Postfiltro	$\Delta P5$	0,1	bar
Microfiltro	$\Delta P6$	0,25	bar
Absorbedor de carbón activo	$\Delta P7$	0,1	bar
Medidor presión	$\Delta P8$	0,1	bar
Sistema de mantenimiento de la presión.	$\Delta P9$	0,5	bar
Σ		1,7	barg
Presión de trabajo			
Presión requerida	$P+\Sigma P$	9,7	barg

1.9.4.4 Análisis de la demanda de aire (ADA)

La demanda se puede realizar de múltiples maneras; proveedores que facilitan listados de consumo y devuelven el ADA, programas comerciales, etc.

En este caso se ha tomado como referencia PIPE FLOW EXPERT y se ha hecho una aproximación al consumo diseñado la instalación como la aportación de un tanque presurizado.

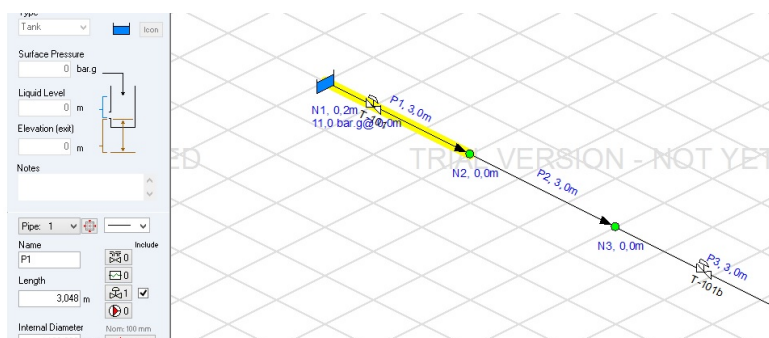


Figura 1.23 Detalle Pipe Flow Expert.

1.9.4.5 Elección del sistema de distribución

Para facilitar el mantenimiento de la red de aire comprimido, se elige, dado su reducido tamaño, una red cerrada. Aunque esta requiere de una inversión inicial mayor que otro tipo de distribución, facilita las labores de mantenimiento puesto que, pueden aislarse ciertas partes sin afectar al suministro. Esta falta de afectación al suministro es el factor clave para su elección.



1.9.4.1 Elección del equipo

Al tratarse de aire de control, sus necesidades de pureza son bastante altas. Por este motivo y según la norma ISO 8573-1 (2010) que marca los grados de tratamiento, se elige una configuración:

Separador centrífugo

Secador Frigorífico

Filtración

Depósito de aire comprimido

Sistema de separación de la presión

Postfiltro


Microfiltro

Absorbedor de carbón activo


Sistema de mantenimiento de la presión.

Así, se opta por la versión AIRCENTER 9 de la casa KESER COMPRESOR. Dada la posibilidad de un alquiler exprés de un equipo de repuesto por un fallo en el equipo, no se sobredimensiona el nº de equipos.

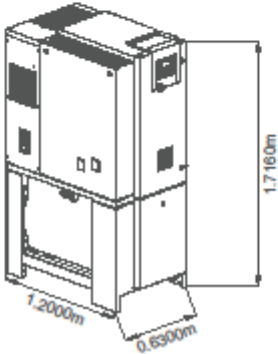



	HOJA 1 DE 2		HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO	
	ÍTEM	AI-1601		
	AREA	1600		
	PLANTA	NYLON-66	FECHA:	
LOCALIDAD	TARRAGONA	REVISADO:		
DATOS GENERALES				
DENOMINACIÓN	SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO			
FINALIDAD	Suministrar aire comprimido para la regulación de válvulas de control			
PRODUCTOS MANIPULADOS	Aire			
DATOS DE OPERACIÓN				
PROVEEDOR	KAESER			
EMPRESA	Kaeser			
SERIE	SM			
MODELO	AIRCENTER 9			
PRESION DE SERVICIO (bar)	10			
SOBREPRESIÓN MÁX. (bar)	11			
CAUDAL (m3/min)	0,75			
POTENCIA NOMINAL MOTOR (kw)	7,5			
POT. ABS. SECADOR. FRIGORIFICO	0,31			
VOLUMEN DEPÓSITO (l)	270			
PESO (kg)	390			
DATOS DE CONSTRUCCIÓN				
LONGITUD (mm)	1200			
ANCHO (mm)	630			
ALTO (mm)	1716			

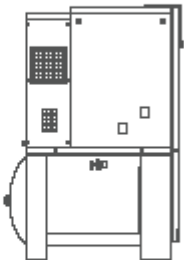


	A-1600	DIAGRAMA DE CONSTRUCCIÓN	ÍTEM AI-1601
	Planta de Cumeno	AIRCENTER 9	
	Tarragona	NYLON 66	HOJA 2 DE 2

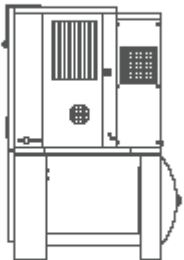
Vista frontal

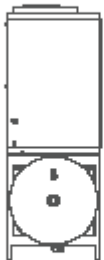
Vista izquierda

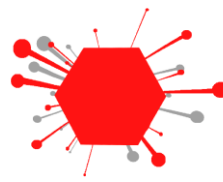


Vista derecha

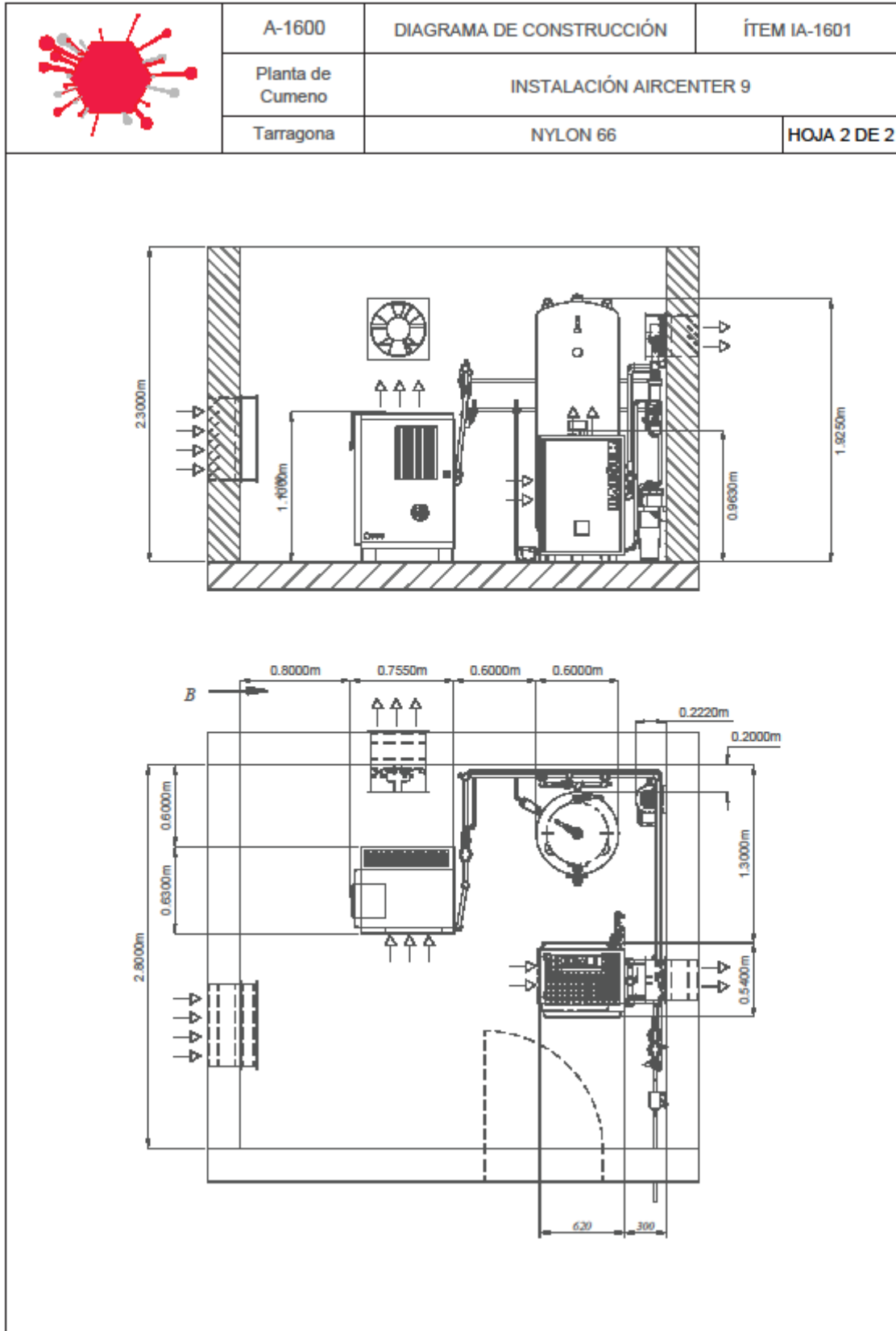


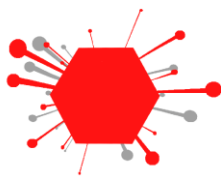
Vista posterior





ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO





1.9.5 NITRÓGENO

El nitrógeno estará presente en todos los tanques de almacenaje. El motivo de esto es que mediante el nitrógeno se asegura una atmosfera inerte dentro del tanque reduciendo las posibilidades de cualquier explosión o inicio de conato de incendio. Además de asegurar la estabilidad de las sustancias almacenadas, el nitrógeno es inerte con lo que el producto tampoco será dañado por su presencia.

1.9.5.1 Lista consumidores

Tabla 1.37 Lista de consumidores:

	TANQUES		
	Volumen (m3)	Ocupación (%)	Nitrogeno(m3)
T-101	145	86,7	19,29
T-102	145	86,7	19,29
T-103	247,17	83,92	39,74
T-104	247,17	83,92	39,74
T-401	215	86,7	28,60
T-402	215	86,7	28,60
T-403	14	82,47	2,45
Σ	1.228		177,70

1.9.5.2 Uso

Algunos tanques no dispondrán de un uso diario y su función principal será de almacenaje. Así, los tanques de la zona -100 verán variado su volumen y consecuentemente su consumo de Nitrógeno de manera esporádica y por perdidas por difusión.

Puesto que el consumo total horario no excederá de los 150 Nm³, la casa comercial consultada recomienda el suministro de Nitrógeno licuado en camión cisterna. El control del mismo dada su variable demanda se realizará por parte del proveedor y su programa SECCURA®.

Choose a gas and insert a value.

Nitrogen trifluoride (NF3) ▾

Norm cubic meter (Nm³)*


litre liquid, 1013 bar

Kilogram (kg)

*(Nm³ at 15° C and 1 bar)

Figura 1.24 Calculadora de necesidades Linde.



	HOJA 1 DE 2		HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE EQUIPO NITROGENO
	ÍTEM	N-1601	
	AREA	1600	
	PLANTA	NYLON-66	FECHA:
	LOCALIDAD	TARRAGONA	REVISADO:
DATOS GENERALES			
DENOMINACIÓN	SISTEMA DE APORTACIÓN DE NITRÓGENO		
FINALIDAD	Inertización de ambientes explosivos en tanques		
PRODUCTOS MANIPULADOS	Nitrogeno		
DATOS DE OPERACIÓN			
PROVEEDOR	ABELLÓ LINDE		
EMPRESA	LINDE		
SERIE	LITS 2		
MODELO	60		
PRESIÓN MÁX. TRABAJO (bar)	36		
APORTACIÓN MÁX (m3/h)	150		
VÁLVULA SEGURIDAD (Kg/h)	1090		
MATERIAL INTERIOR	ACERO AUSTENTITICO		
MATERIAL EXTERIOR	ACERO AL CARBÓN		
PESO (Kg)	5220		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN			
DIAMETRO (mm)	1600		
ALTO (mm)	7150		



	A-1600	DIAGRAMA DE CONSTRUCCIÓN	ÍTEM N-1601
	Planta de Cumeno	NITRÓGENO	
	Tarragona	NYLON 66	HOJA 2 DE 2



7.1500m



1.6000m



1.9.6 ELECTRICIDAD

1.9.5.1 Estación transformadora

La estación transformadora permite cambiar la intensidad de la corriente proporcionada por la compañía a la necesaria para la operación de la planta.

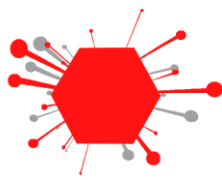
Para dimensionar el equipo de transformador, se tienen en cuenta los requisitos de funcionamiento de los equipos de proceso, los de servicio y el consumo de las instalaciones o edificaciones. En el caso menos concreto del dimensionamiento de los requisitos de las edificaciones, se toma como referencia los consumos medios para oficinas facilitados en la “Guía de auditorías energéticas en edificios de oficinas en la Comunidad de Madrid” diseñado por FENERCOM y aprobado por la Comunidad de Madrid.

La intensidad secundaria en trifásica será de 400V y la de línea 230V.

1.9.6.1 Lista consumidores

Tabla 1.38 Lista de consumidores:

Bombas				Servicios			
	W	Simultaneidad	Potencia (kW)		W	Simultaneidad	Potencia (kW)
P-101A	641	0,5	0,321	TR-1601	22000	0,75	16,5
P-101B	641	0,5	0,321	TR-1602	22000	0,75	16,5
P-201A	696	0,5	0,348	TR-1603	22000	0,75	16,5
P-202B	696	0,5	0,348	TR-1604	22000	0,75	16,5
P-301A	637	0,5	0,319	CH-1601	426400	0,5	213,2
P-301B	637	0,5	0,319	CH-1602	426400	0,5	213,2
P-302A	293	0,5	0,147	AI-1601	7500	1	7,5
P-302B	293	0,5	0,147	Σ	948.300		499,900
P-303A	220	0,5	0,110	Edificaciones			
P-303B	220	0,5	0,110		W	Simultaneidad	Potencia (kW)
P-304A	276	0,5	0,138	Calefacción	5,86	0,5	2,9
P-304B	276	0,5	0,138	Aire acond	6,25	0,5	3,1
P-305A	33	0,5	0,017	Iluminación	10,3	1	10,3
P-305B	33	0,5	0,017				
P-306A	85	0,5	0,043				
P-306B	85	0,5	0,043				
Σ	5.762		2,9	Σ	1.896.622		16,4



1.9.6.2 Necesidades totales

Tabla 1.39 Necesidades trafo:

TRAFO	
kW	519,1
Factor	0,85
kVA requerido	611
Sobredimensión	15%
kVA total	702


1.9.6.3 Elección del equipo

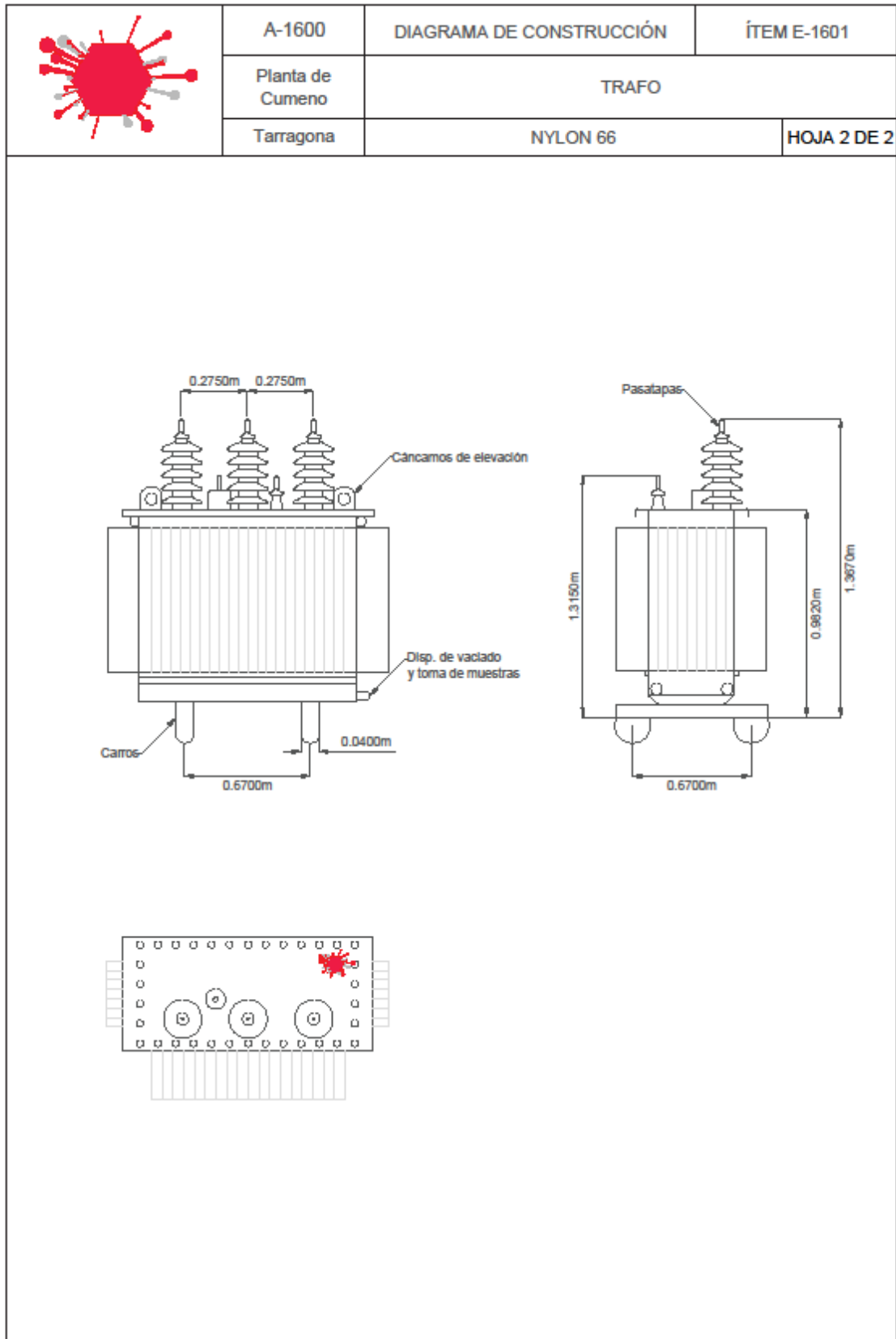
Para poder satisfacer la demanda se elige un equipo transformador hermético de llenado integral del tipo convencional. Se escoge un transformador Ormazabal del grupo Velatia.

1.9.6.4 Legislación aplicable

- EN 50464** Transformadores trifásicos de distribución
- IEC 60076-1** Transformadores de potencia: Generalidades
- IEC 60076-3** Transformadores de potencia: Niveles de aislamiento

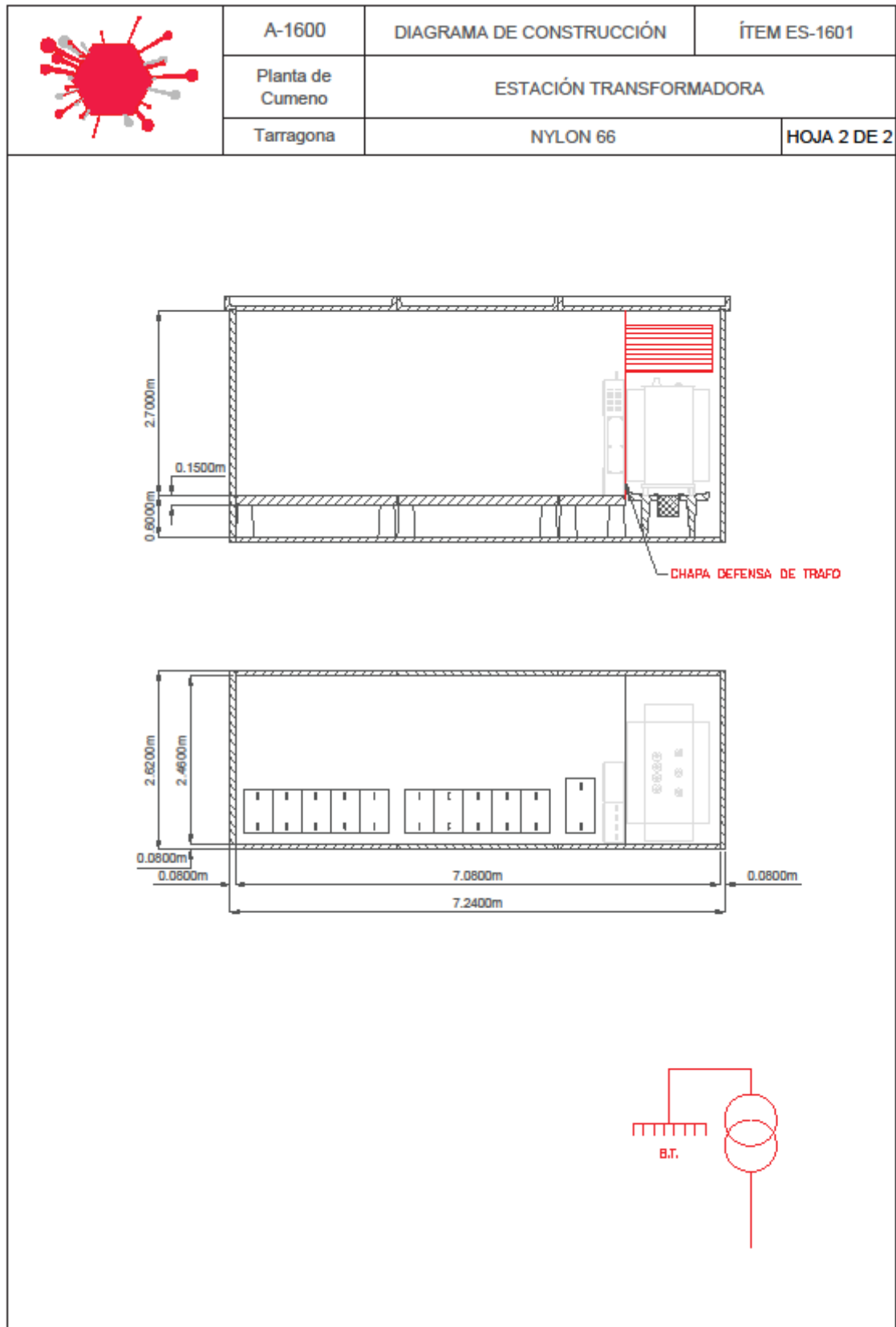


	HOJA 1 DE 2		HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TRAFO		
	ÍTEM				E-1601
	AREA				1600
	PLANTA		NYLON-66	FECHA:	
	LOCALIDAD		TARRAGONA	REVISADO:	
DATOS GENERALES					
DENOMINACIÓN		TRANSFORMADOR			
FINALIDAD		Transformación de baja a media tensión			
PRODUCTOS MANIPULADOS		Electricidad, Líquido dieléctrico natural biodegradable			
DATOS DE OPERACIÓN					
PROVEEDOR		Ormazabal			
EMPRESA		Velatia			
NORMAS		IEC-HN			
PÉRDIDAS		DoCk			
POTENCIA ASIGNADA		800			
TENSIÓN PRIMARIA [Ur máx (kW)]		24			
TENSIÓN SECUNDARIA [Secundaria en vacío (V)]		420			
IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO (%) A 75°C		7,5			
CAIDA TENSIÓN A PLENA CARGA		cosφ=1	1,22		
		cosφ=0,8	4,47		
RENDIMIENTO	Carga100%	cosφ=1	98,82		
		cosφ=0,8	98,53		
	Carga75%	cosφ=1	99,03		
		cosφ=0,8	98,79		
ENROLLAMIENTO		Cobre			
LÍQUIDO DIELECTRICO (l)		522			
PESO TOTAL (Kg)		2440			
DATOS DE CONSTRUCCIÓN					
LONGITUD (mm)		1806			
ANCHO (mm)		1106			
ALTO (mm)		982			
ALTO CON MT PORCELANA(mm)		1106			





ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO





1.9.7 SAI

El equipo de sistema de alimentación ininterrumpida es necesario para la mayoría de empresas que obligatoriamente deban que tener controlado el proceso en todo momento, deban evitar la falta de suministro algún equipo y la gestión de los datos operativos o su adquisición. Para ello el equipo SAI aporta el sustento energético temporal necesario para estos equipos entre el corte eléctrico y la aportación del generador o grupo electrógeno.

Así, las tomas de los equipos deberán ser divididas por su necesidades de no desconexión entre equipos en preferente (o SAI) y equipos a corriente.

1.9.7.1 Lista consumidores


Para dar un dimensionado al equipo SAI, se presupone en un valor máximo igual de 40kW. Valor estipulado por el consumo de los controladores y de los equipos informáticos de funcionamiento y de adquisición de datos.

1.9.7.2 Elección del equipo


Para poder satisfacer la demanda electrica temporal en el corte eléctrico, se decide implantar dos modulos MODULYS Green Power de 40kW de la casa SOCOMER.

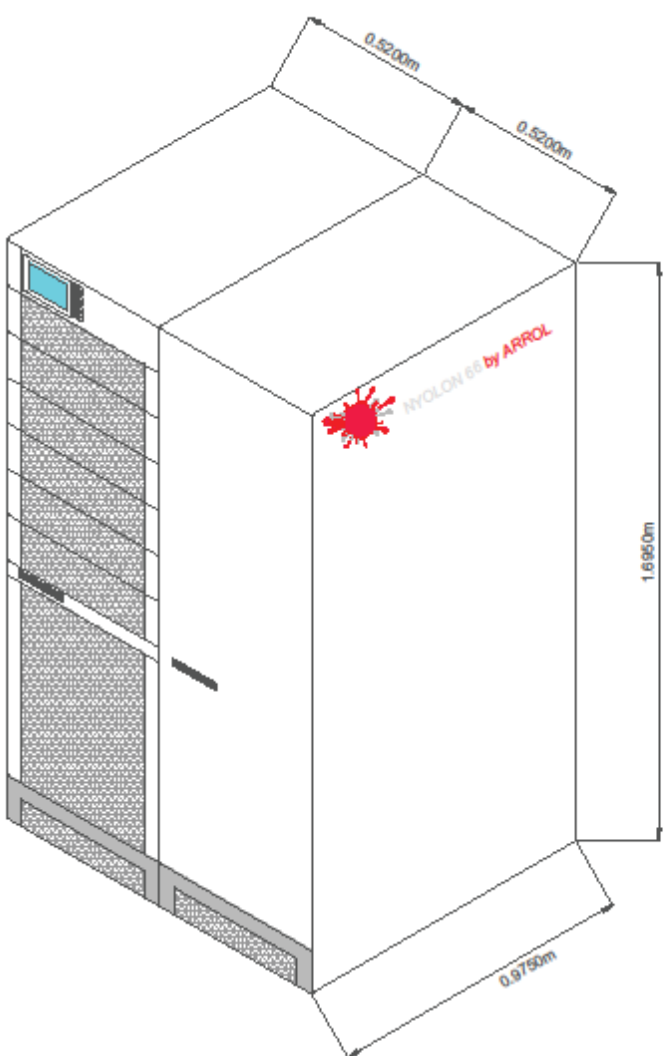


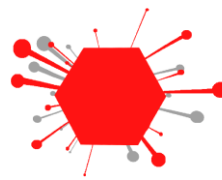
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

	HOJA 1 DE 2		HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE EQUIPO SAI
	ÍTEM	S-1601	
	AREA	1600	
	PLANTA	NYLON-66	FECHA:
	LOCALIDAD	TARRAGONA	REVISADO:
DATOS GENERALES			
DENOMINACIÓN	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA		
FINALIDAD	Asegurar la alimentación a red		
PRODUCTOS MANIPULADOS	Electricidad		
DATOS DE OPERACIÓN			
PROVEEDOR	SOCOMED Power and control Energy Efficiency UPS		
EMPRESA	Grupo SOCOMED		
SERIE	MODULYS		
MODELO	Green Power		
nº de módulos	2		
Sn (kVA) módulo	40		
Pn [kW] módulo	36		
ENTRADA	3/3		
ENTRADA Tensión nominal	400V		
SALIDA Tensión nominal	400V		
SALIDA Frecuencia nominal (Hz)	50-60		
SOBRECARGA	125% durante 10mins, 150% durante 1min		
PESO módulo	30Kg		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN			
LONGITUD (mm)	975		
ANCHO (mm)	520		
ALTO (mm)	1695		



	A-1600	DIAGRAMA DE CONSTRUCCIÓN	ÍTEM S-1601
	Planta de Cumeno	SAI	
	Tarragona	NYLON 66	HOJA 2 DE 2





1.9.8 GRUPO ELECTRÓGENO

Ante la posibilidad de un corte de suministro eléctrico y la consecuente interrupción inopinada de los equipos, debe disponerse de un equipo que remplace ese suministro para garantizar la operación de planta. Así, se requiere de la implantación de un grupo electrógeno que satisfaga esa necesidad.

1.9.8.1 Dimensionamiento del equipo

Un grupo electrógeno no debe ofrecer un exceso de potencia ni debe utilizarse por debajo de un umbral crítico correspondiente al tercio de su potencia, puesto que no sería garantía de seguridad y/o provocaría un desgaste prematuro de sus componentes.

A parte de la potencia nominal permanente que hay que satisfacer, un grupo electrógeno que alimente, como es en este caso, un motor trifásico, debe tener en cuenta un régimen transitorio en el arranque para vencer la inercia de su rotor. Para ello se sobredimensionará un 50% la potencia nominal.


Tabla 1.40 Dimensionamiento de la potencia:

GRUPO	
POTENCIA requerida (kW)	519,1
POTENCIA + 50% (kW)	778,7

1.9.8.2 Elección del equipo

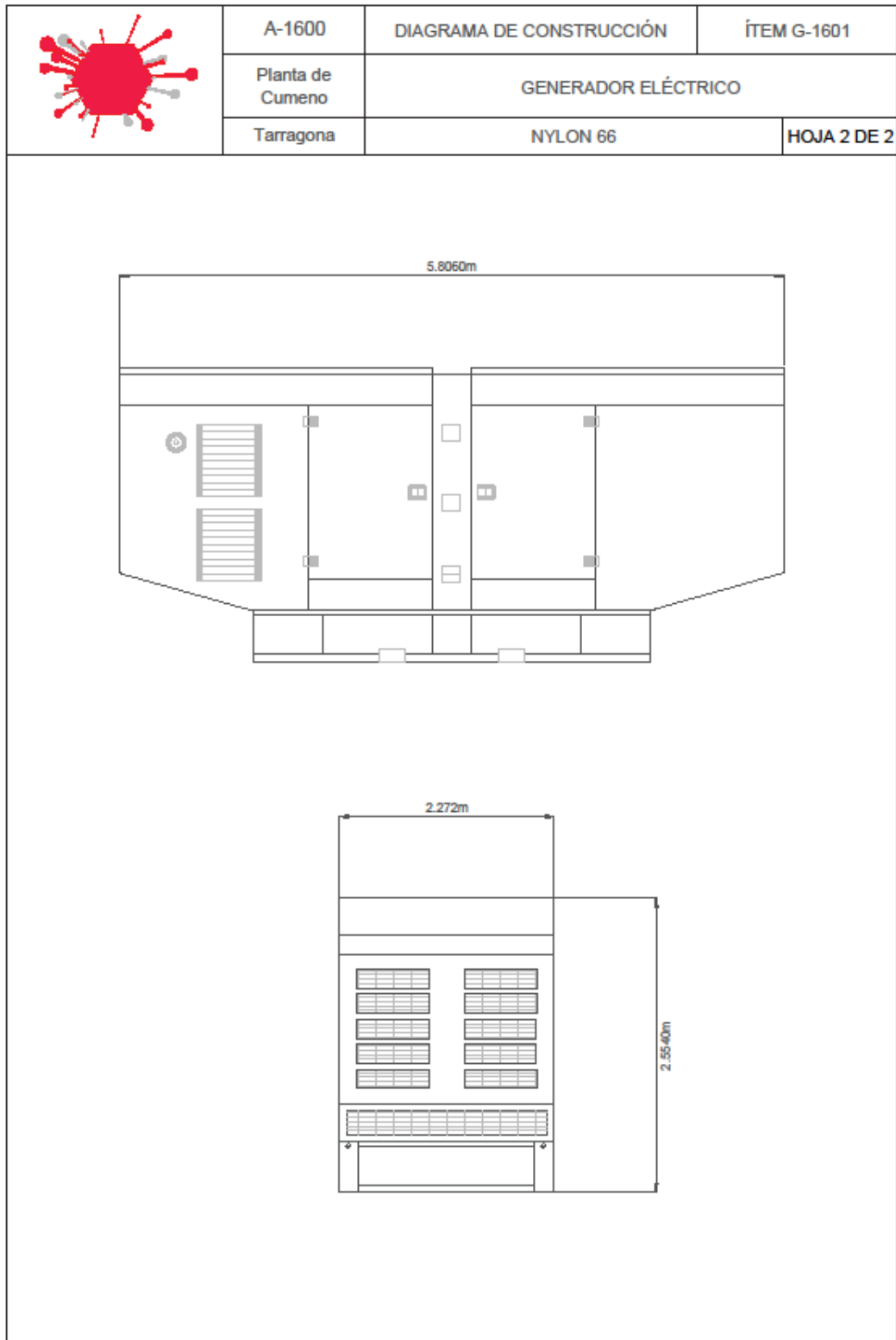
Para poder satisfacer la demanda eléctrica temporal en el corte eléctrico, se decide implantar un equipo APD100C de la casa AKSA POWER GENERATION con motor CUMMINS Inc.



	HOJA 1 DE 2		HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE BÁSCULA CAMIONES	
	ÍTEM	W-1601		
	AREA	1600		
	PLANTA	NYLON-66	FECHA:	
LOCALIDAD	TARRAGONA	REVISADO:		
DATOS GENERALES				
DENOMINACIÓN	GENERADOR ELECTRÓGENO			
FINALIDAD	Generar electricidad			
PRODUCTOS MANIPULADOS	Gasoil, Electricidad			
DATOS DE OPERACIÓN				
PROVEEDOR	KAZANCI HOLDING			
EMPRESA	AKSA POWER GENERATION			
SERIE	APD1100C			
TENSIÓN SALIDA (V)	400/230			
PESO VACÍO (Kg)	9300			
VERSIÓN	Con atenuador de sonido			
MOTOR				
MOTOR	CUMMINS			
MODELO	KTA38G8			
CILINDROS (V)	12			
VELOCIDAD DE GIRO (rpm)	1500			
RATIO DE COMPRESIÓN	13,9:1			
CONSUMO (l/h)	247,5			
VOLUMEN TANQUE (l)	900			
CAPACIDAD ACEITE (l)	135			
REFRIGERANTE (l)	279			
ALTERNADOR				
DISEÑO	Brushless single bearing, revolving field			
ESTATOR	2/3pitch			
DATOS DE CONSTRUCCIÓN				
LONGITUD (mm)	5806			
ANCHO (mm)	2272			
ALTO (mm)	2554			



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO





1.9.9 PESAJE

La báscula de pesaje se utilizará para poder determinar las entradas y salidas de material mediante camiones.

Los requisitos de la misma son bastantes simples, un margen de peso óptimo entre el peso habitual de un camión y el MMA (masa máxima autorizada) de los mismos.

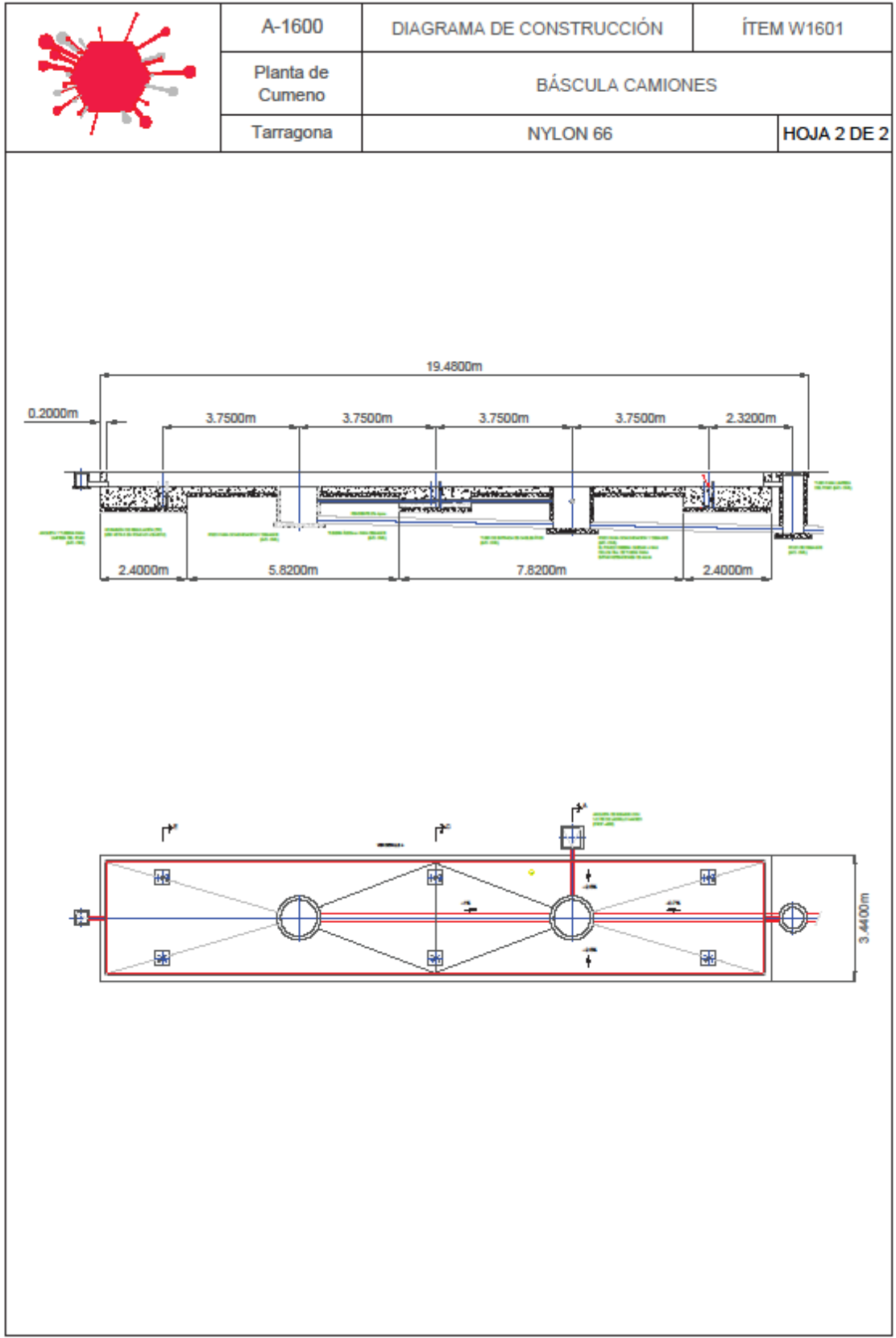
1.9.9.1 Elección del equipo

Para poder satisfacer la necesidad de pesaje, se determina un equipo de una marca reconocida, POWERCELL MTX de METTLER-TOLEDO.

	HOJA 1 DE 2		HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE BÁSCULA CAMIONES	
	ÍTEM	W-1601		
	AREA	1600	FECHA:	
	PLANTA	NYLON-66	REVISADO:	
	LOCALIDAD	TARRAGONA		
DATOS GENERALES				
DENOMINACIÓN	BÁSCULA			
FINALIDAD	Pesaje de camiones			
PRODUCTOS MANIPULADOS	Varios			
DATOS DE OPERACIÓN				
PROVEEDOR	METTLER-TOLEDO S.A.E			
EMPRESA	METTLER TOLEDO			
SERIE	7563			
CÉLULAS DE CARGA	Powercell MTX			
ALCANCE NOMINAL (tm)	25 y 45			
DISEÑO	Compresión columna basculante			
MATERIAL	Acero inoxidable 304 y 17-4 PH			
PROTECCIÓN MEDIOAMBIENTAL	IP68/IP69K			
PROTECCIÓN CONTRA RAYOS	IEEE 4-1978			
APROVACIÓN ATEX	KEMA 03ATEX1166, KEMA 03ATEX1250			
DATOS DE CONSTRUCCIÓN				
LONGITUD (mm)	19480			
ANCHO (mm)	3440			



ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO





1.9.10 CONSUMOS

En este apartado se recogen los principales consumos de servicios públicos de suministro de los principales procesos. Para ello se han tenido en cuenta los principales consumidores de estos servicios.

La demanda de estos servicios de las zonas de edificación no se ha tenido en cuenta en el cómputo general dada su poca afectación al volumen o consumo global o total de estos.

Los principales consumos son:

- Consumo de gas natural: debido a que se utiliza para que funcione la caldera que calienta el aceite térmico (Therminol 66). También para la suministración de calor en plantas y oficinas en invierno.
- Consumo de agua: El consumo de agua en las instalaciones de ARROL, va dirigido principalmente a los sistemas de refrigeración de las plantas, a la producción de vapor de agua y, en menor medida, al consumo del propio proceso.
- Consumo de electricidad: La energía eléctrica es usada principalmente en las bombas, compresores y ventiladores necesarios en el proceso de fabricación. Empleándose, en menor medida, para otros servicios tales como alumbrado de plantas y oficinas.
- Consumo de nitrógeno: Para la inertización de los tanques de almacenamiento y su consumo derivado de las pérdidas fugitivas y de los venteos por llenado. También para inertizar todos los equipos que intervienen en el proceso en cada parada de planta.

Tabla 1.41 Cómputo general de servicios:

SERVICIO	CONSUMO	UNIDADES
GAS NATRUAL	48.115.862	kW
AGUA	189.885	m3
ELECTRICIDAD	3.736.800	kW
NITRÓGENO	50.832	kg
THERMINOL 66	1.415	kg