



ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA I CIÈNCIES EXPERIMENTALS
GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**Proyecto de aislamiento energético de una planta de
tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos mediante
gasificación de los rechazos.**

TRABAJO FIN DE GRADO

AUTOR:

Santiago Alegre Balaguer

DIRECTOR/A

Francisco J. Colomer Mendoza

Castellón, Junio de 2018

Tras muchos años de esfuerzo y dedicación, ha llegado el momento, y quisiera dar las gracias a las personas que me han acompañado en este camino.

A mi madre, por apoyarme siempre y ayudarme, aunque en ocasiones no me deje, a seguir adelante. A mi padre, por el esfuerzo que ha supuesto sobre todo este año, pero también los anteriores. En general a mi familia, por todo el cariño mostrado aun cuando las cosas no iban todo lo bien que se esperaría que fuesen. A Vanesa, por estar siempre a mi lado pese a la distancia.

A Maite Hidalgo, Rafa Arnau, Luis Martínez y Luis Blasco, por toda la ayuda proporcionada durante mi estancia en prácticas en la UTE, mostrándose siempre disponibles a orientarme y proporcionarme datos. A Francisco J. Colomer, mi tutor, que se ha implicado en el desarrollo del proyecto y por proporcionarme los medios para completarlo.

A mis compañeros del Club Natación Castalia Castellón, y en general de la piscina, por aguantarme durante tantas tardes, sé que ha sido difícil.

A todos, gracias.



ÍNDICE

Memoria	3
Anexos	79
Planos	139
Pliego de condiciones	159
Presupuesto	193

MEMORIA

ÍNDICE

1 - Antecedentes	13
2 - Justificación	14
3 - Objeto	15
4 - Alcance	16
5 - Introducción	17
5.1 - Los residuos sólidos urbanos	17
5.1.1 - Definición	17
5.1.2 - Historia	17
5.1.3 - Gestión	18
5.1.3.1 - Prerrecogida.....	18
5.1.3.2 - Recogida.....	19
5.1.3.3 - Transporte.....	19
5.1.3.4 - Gestión final	20
5.2 - Situación actual de los residuos.....	21
5.2.1 - Los residuos en España	21
5.2.2 - Los residuos en la Comunitat Valenciana	22
5.3 - La energía eléctrica	24
5.3.1 - La energía eléctrica en España.....	24
5.3.2 - La energía eléctrica en la Comunitat Valenciana.....	25
5.4 - La planta de tratamiento de residuos.....	26
5.4.1 - Funcionamiento de la planta	27
5.4.2 - Áreas de proceso.....	28
5.4.2.1 - Área de recepción	28
5.4.2.2 - Área de biosecado.....	28
5.4.2.3 - Área de triaje.....	29
5.4.2.4 - Área de material bioestabilizado	29
5.4.2.5 - Vertedero	30
6 - La gasificación	31
6.1 - Elementos.....	31
6.1.1 - Comburente	31
6.1.2 - Combustible	32
6.1.3 - Catalizador	32
6.2 - El proceso	33
6.3 - Depuración del Syngas	35

6.3.1 - Separador centrífugo (ciclón).....	35
6.3.2 - Precipitador electrostático húmedo	36
6.4 - Consideraciones finales.....	36
7 - Marco normativo	38
7.1 - Directiva europea y nacional de vertido de residuos.....	38
7.2 - Directiva europea de emisiones en la incineración de residuos.....	40
7.3 - Generación y autoconsumo de energía eléctrica	42
7.4 - Financiación y subvenciones	45
8 - Instalación necesaria	46
8.1 - Localización	46
8.2 - Cimentación	47
8.3 - Nave de almacenaje	49
8.4 - Muros circundantes	50
8.5 - Sistema de gasificación y depurado	50
8.5.1 – Trituradora y pelletizadora.....	50
8.5.2 - Sistema de alimentación	51
8.5.3 - Reactor de gasificación	52
8.5.3.1 - Detalle del arranque en frío	53
8.5.3.2 - Detalle del arranque en caliente.....	54
8.5.4 - Intercambiador de calor.....	54
8.5.5 - Separador Centrífugo	54
8.5.6 - Precipitador electrostático húmedo (PEH)	55
8.5.7 - Soplantes.....	56
8.5.8 - Conducciones	56
8.5.9 - Bombas.....	57
8.6 - Antorcha.....	58
8.7 - Módulo de generación de energía eléctrica	59
8.7.1 - Sistemas de seguridad integrados	60
8.7.1.1 - Eléctricos (1): Armarios de control.....	60
8.7.1.2 - Eléctricos (2): Desacople de red.....	60
8.7.1.3 - Eléctricos (3): Celda del generador de baja tensión	61
8.7.1.4 - Gases (1): Detector de gases.....	61
8.7.1.5 - Gases (2): Detector de humos.....	61
8.7.2 - Suministro por parte del proveedor	62
8.7.2.1 - Sistema de ventilación	62
8.7.2.2 - Sistema de refrigeración	63

8.7.2.3 - Container.....	63
8.8 - Sistema anti incendios	64
8.9 - Sistema eléctrico	66
8.9.1 - Línea eléctrica a la salida de los generadores.....	67
8.9.1.1 - Protecciones adicionales.....	67
8.9.1.2 - Puesta a tierra de los generadores	68
8.9.2 - Línea eléctrica de alimentación de los nuevos equipos.....	68
9 - Resultados esperados.....	69
9.1 – Generación de energía	69
9.2 - Vida del vertedero.....	71
10 - Resumen del presupuesto	72
11 - Estudio de viabilidad	73
11.1 - Estudio de viabilidad económica.....	73
11.1.1 – Estudio de viabilidad económica (caso A)	73
11.1.2 – Estudio de viabilidad económica (caso B)	74
11.2 - Estudio de viabilidad ambiental	75
12 - Conclusiones	76
13 - Documentos que componen el proyecto	77
14 - Bibliografía.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Objetivos comunitarios de vertido de residuos	40
Tabla 2: Valores límite de emisiones a la atmosfera (valores medios horarios)	41
Tabla 3: Cargo fijo aplicable en función de la potencia	44
Tabla 4: Cargo variable aplicado sobre el autoconsumo horario	44
Tabla 5: Criterio de clasificación de hormigón según resistencia al fuego	47
Tabla 6: Extracto de la Tabla 8.2.2 de la norma EHE-08	48
Tabla 7: Extracto de la tabla 8.2.3 de la norma EHE-08	48
Tabla 8: Datos técnicos pelletizadora	51
Tabla 9: Características técnicas de la cinta transportadora	51
Tabla 10: Características técnicas del gasificador	52
Tabla 11: Características del ciclón (unidad).....	55
Tabla 12: Características de los soplantes.....	56
Tabla 13: Metros de conducciones a instalar.....	57
Tabla 14: Características bombas de agua.....	57
Tabla 15: Características antorcha.....	58
Tabla 16: Características módulo de generación eléctrica	59
Tabla 17: Parámetros de control de fallos eléctricos.....	60
Tabla 18: Tabla de nivel de riesgo intrínseco	64
Tabla 19: Dimensionado línea 1 y línea 2.....	67
Tabla 20: Dimensionado línea 3.....	67
Tabla 21: Dimensionado de conductores a nuevos equipos.....	68
Tabla 22: Precios de venta de energía eléctrica.....	70
Tabla 23: Estimación vida del vertedero	71
Tabla 24: Resumen de costes del proyecto.....	72
Tabla 25: Desglose presupuesto final	72
Tabla 26: Evolución de beneficios anuales, caso A	73
Tabla 27: Evolución de beneficios anuales, caso B	74
Tabla 28: Variación en la huella de carbono	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Distribución del tratamiento de residuos. Año 20 15.	21
Ilustración 2: Recogida de residuos por comunidad autónoma. Año 2015.	22
Ilustración 3: Distribución de planes zonales de gestión de residuos en la Comunitat.	23
Ilustración 4: Distribución de las fuentes energéticas en 2016 (izq.) y 2017(dcha.)	24
Ilustración 5: Planta de tratamiento (Fuente: emgrisa).....	26
Ilustración 6: Diagrama de procesos simplificado.....	27
Ilustración 7: Imagen aérea del vertedero.....	30
Ilustración 8: Representación de un reactor de gasificación	34
Ilustración 9: Gráfico de pérdidas energéticas.....	37
Ilustración 10: Plano de la instalación con la Localización resaltada.....	46
Ilustración 11: Temperaturas de funcionamiento del reactor	53
Ilustración 12: ejemplo de ciclón a instalar.....	55
Ilustración 13: Esquema general de la instalación eléctrica	66
Ilustración 14: Esquema de distribución TN-CS	68
Ilustración 15: Grafico de consumo energético horario	69

1 - ANTECEDENTES

El presente proyecto está centrado en la planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos situada en Cervera del Maestre (Castellón).

Esta planta nació de la unión de tres empresas, Teconma S.A., Azahar Environment S.A. y Ecodeco S.R.L., formando una unión temporal de empresas. La junta del Gobierno del Consorcio para la Ejecución de las Previsiones del Plan Zonal de Residuos de la Zona 1 acordó aprobar el Proyecto de Gestión de residuos sólidos urbanos, residuos verdes, voluminosos y peligrosos de origen doméstico presentado por esta unión temporal de empresas. Del mismo modo se le adjudicó la condición de agente de servicio de gestión de residuos sólidos urbanos.

Por tanto, la planta es la concesionaria de la gestión de residuos de las comarcas de Els Ports, Alt Maestrat, Baix Maestrat y parte de la Plana Alta. En total abarca 49 municipios, donde destacan localidades como Morella, Peñíscola, Vinaroz, Benicarló y Oropesa.

La planta es única en España, ya que cuenta con un sistema de biosecado, donde se consigue que la fracción putrescible sea fermentada generando calor y evaporando la humedad. De esta manera, a la salida del proceso de biosecado, se obtiene una fracción resto inodora e higienizada, donde el 30% del peso respecto del residuo de entrada ha sido reducido.

La instalación cuenta con un tratamiento de secado del residuo, un sistema mecánico de recuperación de materiales reciclables y un tratamiento biológico para la estabilización de la materia orgánica y obtención de material bioestabilizado (compost con pequeños impropios).

En el conjunto de la planta existen dos edificios de oficinas (uno de ellos habilitado como aula de educación para visitas), una nave de gestión de residuos voluminosos, una nave taller, una nave de bioestabilización para el compost y una nave de gestión de residuos, dividida en sala de control, dos líneas de biosecado y zona de triaje. El vertedero está situado a unos 9 kilómetros de la planta, en un terreno permeable por motivos de seguridad del medio ambiente.

La planta gestiona una media de 97.000 toneladas anuales de residuos, pero existe gran diferencia en la cantidad de residuos diarios que recibe, dado el componente turístico de la zona. Durante los meses de invierno, llegan a la planta unas 160 toneladas diarias, mientras que en verano lo hacen unas 480 diarias, siendo la media diaria anual de 266 toneladas. Este hecho radica en que la población en el área gestionada en los meses invernales es de 100.000 habitantes, y en los meses de verano asciende esta a 300.000.

2 - JUSTIFICACIÓN

Este proyecto surge de la necesidad de buscar una alternativa al destino de los rechazos finales de la planta, puesto que tras todo el proceso de triaje, el residuo final que no puede ser reciclado es llevado al vertedero. El vertedero de la planta fue proyectado para 15 años de explotación, tras los cuales, una vez colmatado, se deberá crear uno nuevo o buscar una salida a los rechazos de la planta.

Un vertedero tiene un alto coste social, ecológico y económico. Tienen muy mala imagen en la sociedad, ningún ayuntamiento quiere uno en su término municipal y generan mucho rechazo en la población una vez construidos. A su vez, los trámites de obtención de la licencia para su construcción son muy costosos, y cuando esta se consigue, la inversión económica necesaria es elevada puesto que hay que excavar grandes cavidades y adecuarlas a para la deposición de materiales potencialmente contaminantes.

Es imposible dejar de generar residuos, ya que cada vez la población es mayor, pero si es posible buscar alternativas a los vertederos, como la valorización de los residuos, y reducir el impacto que tenemos en el planeta.

3 - OBJETO

A través de este proyecto se pretende dotar a una planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos de un sistema de gasificación de residuos, gracias al cual se podrán transformar los rechazos de la planta, que anteriormente eran destinados al vertedero, en syngas que posteriormente será empleado como combustible en unos motores de cogeneración para generar energía eléctrica.

La aplicación de este proyecto conllevará una reducción de la cantidad diaria de residuo que el vertedero soporta, alargando así su vida útil. Al mismo tiempo, la energía eléctrica generada servirá para cubrir la demanda de la propia planta de tratamiento, lo que también implicará un ahorro económico. Por último, si la producción de energía excede la que se requiere para el autoconsumo, este excedente podrá ser vertido a la red, lo que también supondrá un beneficio económico.

Para la realización del mismo, se va a estudiar una nueva tecnología emergente en cuanto a obtención de energía mediante valorización de residuos, como lo es la gasificación. Se analizarán los rechazos a tratar para evaluar su uso como combustible. Posteriormente, habrá que diseñar la planta donde se va a producir el proceso de gasificación, en la cual incluiremos la propia gasificadora y los motores de cogeneración.

4 - ALCANCE

Para la realización de los cálculos se emplean valores aproximados facilitados por la empresa. No serán empleados datos totalmente reales por motivos de confidencialidad.

Se pretende reducir la cantidad de residuos llevados al vertedero con el fin de alargar la vida de este y de cumplir con la normativa europea al respecto. Esto supone reducir del actual 32% de vertidos al 20%.

Durante la realización del proyecto se contactará con diferentes proveedores para la maquinaria necesaria. Tras una comparación de las propuestas de cada uno, se irá seleccionando cual es más conveniente para nuestro objetivo. Si fuese necesario, se realizará una comparación a partir del cálculo económico de coste de inversión y de la Tasa Interna de Retorno (TIR) de cada opción.

5 - INTRODUCCIÓN

5.1 - LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

5.1.1 - DEFINICIÓN

Los residuos sólidos urbanos (RSU) son aquellos generados en los domicilios particulares, comercios y oficinas como consecuencia de la actividad doméstica. También serán considerados RSU aquellos generados por la industria cuya composición se asemeje a los anteriores, aquellos procedentes de la limpieza de vías públicas y otras áreas urbanas como zonas verdes o áreas recreativas, muebles, enseres y animales domésticos así como escombros de obra menor y de reparación domiciliaria.

Genéricamente, los RSU engloban vidrios, papel y cartón, materia orgánica donde incluimos restos de poda, metales, plásticos y otros componentes en menor proporción como podrían ser escombros, textiles o maderas. La mayoría de estos materiales pueden y deben ser recuperados mediante un correcto proceso de reciclaje o diferentes procesos de valorización.

5.1.2 - HISTORIA

Históricamente el problema de la generación de residuos ha sido prácticamente desconocido ya que las actividades humanas estaban integradas en los ciclos naturales y los subproductos generados eran fácilmente absorbidos por el ecosistema. A pesar de ello, en los grandes núcleos de población de la antigüedad fue necesario actuar ya que la acumulación de estos provocó plagas y epidemias. Como comenta en su tesis doctoral el arqueólogo Jesús Acero, los romanos desarrollaron un innovador sistema de recogida de residuos y almacenamiento de estos en lugares concretos, a lo que nosotros llamaríamos hoy en día vertederos. De hecho, según él, “reciclaban y reutilizaban más que el hombre actual, aunque no exactamente por conciencia ecológica, sino por necesidad de aprovechar los recursos disponibles al máximo...” (Pérez, 2015).

En la edad media, la mala o inexistente gestión de los residuos urbanos fue la causante de unos de los eventos más famosos de este periodo histórico, la peste. Tanto las basuras como el vertido de aguas fecales iba destinado a las calles de las ciudades, vías generalmente sin pavimentar, y esto causó la proliferación de las ratas, cuyas pulgas (*Xenopsylla cheapis*) causaron la peste bubónica, enfermedad que acabó casi con la mitad de la población europea (Colomer & Gallardo, 2007).

No obstante, no fue hasta el siglo XVIII cuando la generación de residuos empieza a presentarse como un problema tangible para la sociedad. Es en ese momento cuando se produce la revolución industrial, que va acompañada de un crecimiento demográfico y urbano sin precedente, lo que conlleva a una mayor generación de residuos. La sociedad por fin se percata del problema y se toman medidas al respecto.

Finalmente, es a partir de finales del siglo XX, con la aparición de la economía consumista, cuando el problema de los residuos llega a ser crítico, generando un grave impacto ambiental. Un vertido incontrolado de residuos puede producir desde malos olores y destrucción de parajes naturales hasta la contaminación de suelos y acuíferos, propiciando así la aparición de plagas o focos infecciosos. A su vez, la aparición de materiales sintéticos no degradables, como los plásticos, causan graves problemas de contaminación en suelos y mares a causa de la industrialización masiva.

Toda esta problemática creciente concienció a las autoridades, y desde 1973 se han adoptado en Europa diferentes programas comunitarios, cada vez más restrictivos, con el fin de legislar una normativa programática en materia del medio ambiente. (Colomer & Gallardo, 2007).

5.1.3 - GESTIÓN

La gestión es el control de la generación de residuos, su almacenamiento, recogida, transferencia y transporte, tratamiento y eliminación de la fracción no valorizable. Esta gestión incluye funciones administrativas, financieras, de planificación y tecnológicas. Métodos de gestión ineficaces conlleva a la aparición de peligros graves a la salud pública, como contaminación de aire, suelos y agua y a la creación de paisajes repulsivos (León, 2003).

La gestión engloba diferentes procesos, la prerrecolecta, la recogida, el transporte y la gestión final donde diferenciamos entre el vertido y la valorización.

5.1.3.1 - PRERRECOLECTA

En esta etapa se deposita el residuo en los lugares indicados para la posterior recogida por parte de los servicios municipales.

Existen diferentes tipos de contenedor, diferenciados por colores, destinados a albergar diferentes tipos de residuo. Este hecho facilita el poder hacer una separación previa de los residuos, por parte de la población, para así reducir los costes de tratamiento que conllevaría separar unos residuos de otros una vez estos han llegado a la planta de tratamiento. Este coste es económico y ecológico, puesto que las fracciones recuperables deben ser llevadas a gestores especializados en el reciclaje de cada una de ellas.

Si la separación se produce en origen, mediante dichos contenedores, estos residuos serán llevados directamente a su respectiva planta de tratamiento, mientras que si no existe separación en origen, los residuos serán transportados a una planta de tratamiento de residuos y tras un proceso de separación, conocido como triaje, serán llevados al gestor, lo que implica dos trayectos además del coste de la separación.

Actualmente existen contenedores azules (papel y cartón), verdes (vidrios), amarillos (envases), marrones (restos de comida o derivados orgánicos) y gris o verde en algunos lugares (resto de residuos).

Destacar también la existencia de puntos limpios o Ecoparques, donde aquellos residuos que no tienen cabida en el actual sistema de recogida, como los electrodomésticos, o que son peligrosos, como podrían serlo pilas, pinturas o aceites, son llevados por los ciudadanos para garantizar así su correcta recogida y tratamiento.

5.1.3.2 - RECOGIDA

Bien realizada por servicios municipales o subcontratada a empresas privadas, la recogida se encarga de vaciar el contenido de los contenedores en los camiones de carga preparados para ello. Estos vehículos están preparados para compactar los residuos una vez estos están en su interior y cuentan con sistemas que evitan o limitan la dispersión de malos olores.

La recogida, para hacer efectiva la separación producida en la prerrecogida, ha de ser selectiva. Cada administración valorara el hecho de tener diferentes flotas de vehículos destinados a la recogida de los residuos de cada uno de los contenedores o de diversificar la recogida por días. Esta última opción, menos conocida, se basa en asignar a cada día de la semana un tipo de residuo que será recogido. Esto quiere decir que, por ejemplo, los cartones serán recogidos los lunes, los vidrios los miércoles, etc.

Un novedoso sistema de recogida es la recogida neumática. Consiste en el movimiento de residuos a través de canalizaciones subterráneas gracias a la succión. El residuo recaba en contenedores cerrados herméticamente donde esperaran a ser transportados a los diferentes gestores.

Este sistema requiere una elevada inversión si se quiere implantar en las actuales ciudades, dado que han de instalarse las conducciones soterradas. En cambio sería una alternativa viable para zonas de nueva edificación, ya que reduce enormemente los costes de la recogida al prescindir de los vehículos.

En España, podemos encontrar este sistema en lugares como la Villa Olímpica de Barcelona, en Vitoria o Leganés (Madrid), siempre en zonas de nueva urbanización.

5.1.3.3 - TRANSPORTE

Comprende el recorrido del vehículo cargado hasta el punto final. En este recorrido destacamos la presencia de estaciones de transferencia, puntos donde los vehículos de recogida urbana depositan los residuos, que serán introducidos en otros vehículos de mayor capacidad, minimizando así el número de viajes a realizar hasta la planta de tratamiento. Para estudiar su viabilidad se consideran factores como el coste de los desplazamientos, la producción de residuos o costes de implantación, mantenimiento e inversión.

Las plantas de transferencia cobran mayor protagonismo en el entorno rural, donde algunos municipios pueden estar muy alejados de la planta de tratamiento de residuos correspondiente y los trayectos son, por ende, mayores.

5.1.3.4 - GESTIÓN FINAL

Como se ha mencionado anteriormente, los residuos llegan a la planta de tratamiento de residuos y han de pasar por un proceso de triaje, donde se separaran los materiales reciclables de los no reciclables. Este proceso de triaje engloba diferentes subprocesos, que pueden ser manuales o mecánicos, combinando diferentes tecnologías para separar ciertas fracciones del flujo general de residuos.

Algunas técnicas de separación son la separación magnética, siendo esta la manera más sencilla de recuperar los metales, los trommels, que criban el residuo por tamaño, o los separadores balísticos, que realizan una separación en función de la densidad del residuo.

Tras el proceso de triaje, es posible diferenciar tres tipos de residuo final, la materia compostable, los residuos reciclables, y el rechazo.

Los residuos susceptibles de ser reciclados serán llevados a sus respectivos gestores especializados, proceso evitable con una prerrecojida selectiva.

La materia orgánica compostable será transformada en compost o material bioestabilizado que posteriormente podrá venderse o cederse a agricultores de la zona para que estos lo empleen en sus campos.

Por último, el rechazo es la mezcla final de residuos, con una gran heterogeneidad. En la mayoría de casos este rechazo es llevado al vertedero, donde será depositado y acumulado. Estos puntos cuentan con mucho rechazo social, ya que supone una enorme acumulación de residuos y el consecuente impacto ambiental. No obstante, los sistemas de seguridad de los vertederos ya contemplan estas situaciones y existe una restrictiva normativa que cumplir. Desde la Unión Europea existe una política de reducción de uso de los vertederos, que se comenta posteriormente, pero que obliga a reducir sustancialmente la cantidad de residuos que son depositados en estas instalaciones. Actualmente en España, el 39.3 % de los residuos tienen como destino el vertedero.

Alternativamente, han ido apareciendo diferentes técnicas de valorización de este rechazo. La valorización consiste en dotar de valor a un elemento que ya carece del mismo. Esta suele ser energética o térmica, y hay diferentes tecnologías capaces de esto, de las cuales las más comunes son la incineración, la pirolisis y la gasificación.

Concretamente, en este proyecto se va a estudiar la gasificación como método de valorización del rechazo y con ello reducir la cantidad de rechazo llevado a vertedero y ceñirse así a la normativa europea.

5.2 - SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS

5.2.1 - LOS RESIDUOS EN ESPAÑA

En el ámbito local, según el último informe del Instituto Nacional de Estadística (INE) acerca de la recogida y tratamiento de residuos¹ publicado en Noviembre del 2017, en España se recogieron 466,4 kilogramos de residuos urbanos por habitante, lo que hace una media de 1,28 kilogramos por habitante y día. En total, 21,6 millones de toneladas de residuos fueron recogidas, de las que tan solo 3,9 millones corresponden a recogida separada, es decir, contenedores de reciclaje.

Las empresas de tratamiento de residuos, tanto de origen urbano o no urbano, gestionaron 47,5 millones de toneladas de residuos en 2015. El 53,3% de estos se destinó al reciclado, el 7,4% a la incineración y el 39,3% restante al vertido. En la siguiente tabla se aprecian dichos porcentajes en cifras, diferenciando entre residuos peligrosos y no peligrosos. (Fuente: INE).

Residuos tratados (por tipo de gestión)	Cantidad	% sobre el total	% variación interanual
Total residuos gestionados	47.488,3	100,0	-4,6
No peligrosos	45.543,2	95,9	-5,1
Peligrosos	1.945,1	4,1	10,0
Reciclado	25.301,3	53,3	-6,4
No peligrosos	23.695,8	49,9	-7,6
Peligrosos	1.605,5	3,4	14,5
Vertido	18.677,1	39,3	-3,6
No peligrosos	18.504,4	39,0	-3,3
Peligrosos	172,7	0,3	-24,5
Incineración	3.509,9	7,4	4,5
No peligrosos	3.343,1	7,0	3,8
Peligrosos	166,8	0,4	21,1

ILUSTRACIÓN 1: DISTRIBUCIÓN DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS. AÑO 20 15.

Se aprecia en la anterior tabla la enorme cantidad de residuos que finalmente son destinados a vertederos. Tal cantidad supone uno de los mayores problemas ecológicos a los que hay que hacer frente, ya que aunque controlados, estos vertidos suponen grandes riesgos y están convirtiendo al planeta en un basurero, generando montañas artificiales de residuos.

Las diferentes técnicas de valorización de los rechazos comentadas anteriormente, pirolisis, incineración y gasificación, quedan englobadas en la anterior tabla en "incineración".

¹ http://www.ine.es/prensa/residuos_2015

5.2.2 - LOS RESIDUOS EN LA COMUNITAT VALENCIANA

La Comunitat Valenciana, donde se encuentra la planta de tratamiento en la que se basa el proyecto, se sitúa en el cuarto puesto, con un total de 2,19 millones de toneladas recogidas. De esta cantidad, el 87,33% pertenece a la recogida mezclada de residuos, y el resto a la recogida selectiva. Este hecho muestra la gran cantidad de residuos potencialmente recuperables que actualmente son dirigidos a plantas de tratamiento de residuos.

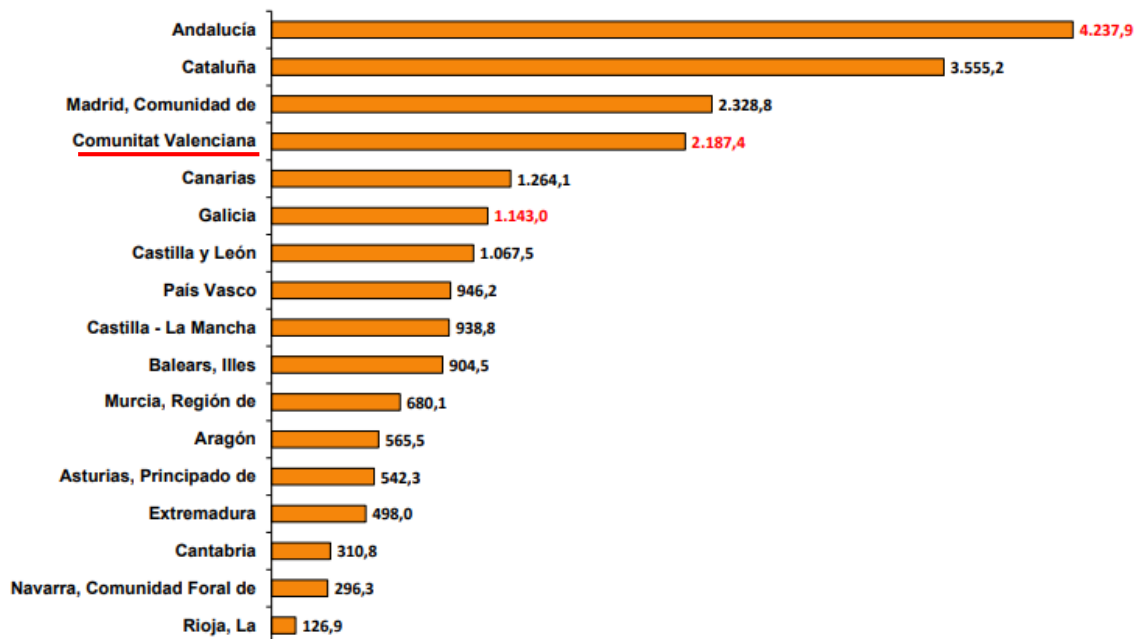


ILUSTRACIÓN 2: RECOGIDA DE RESIDUOS POR COMUNIDAD AUTÓNOMA. AÑO 2015.

La comunidad autónoma está dividida en diferentes planes zonales en cuanto a gestión de residuos se refiere. Concretamente, la zona cuyos residuos se gestionan en la planta corresponde a Plan Zonal 1 - Área de Gestión C1, una extensión de 3.463 Km² que agrupa 49 municipios. Al tratarse de una zona costera con una gran afluencia turística, existe una gran estacionalidad de la población, lo que revierte en una gran estacionalidad de la generación de residuos en dichas poblaciones. Durante el invierno, la población es de unos 100.000 habitantes, con una generación de residuos diaria de 160 toneladas. En verano, la población aumenta a 300.000 habitantes, y el consecuente aumento de la cantidad diaria de residuos, que ronda unas 480 toneladas diarias. En conjunto, aproximadamente entran en la planta 90.000 toneladas al año para ser tratadas.

Podemos apreciar en la imagen a continuación, obtenida de la Consellería de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural², que se trata de un área extensa, la segunda en la Comunitat Valenciana, siendo la zona de mayor fragmentación y dispersión geográfica.

² <http://www.agroambient.gva.es/web/calidad-ambiental/mapa-de-los-planes-zonales-y-areas-de-gestion-de-la-comunitat-valenciana-pircv-nueva-nomenclatura>

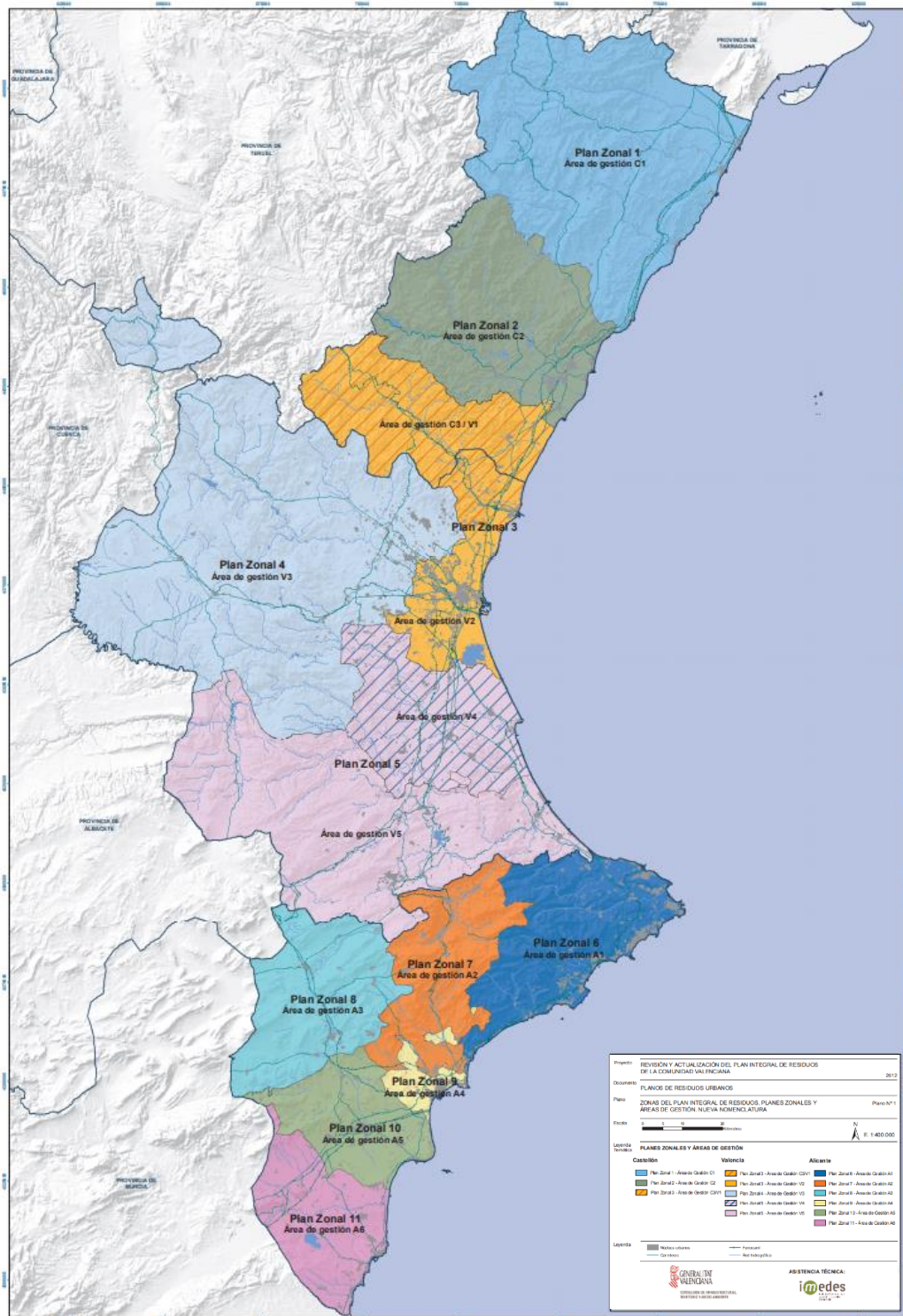


ILUSTRACIÓN 3: DISTRIBUCIÓN DE PLANES ZONALES DE GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA COMUNITAT.

5.3 - LA ENERGÍA ELÉCTRICA

5.3.1 - LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN ESPAÑA

En la sociedad moderna existe una enorme dependencia de los combustibles fósiles, tanto para la obtención de energía eléctrica como para el transporte.

Según los datos publicados por Red Eléctrica Española (REE) en su informe anual³, en 2016 la producción energética en el territorio peninsular la lideró la energía nuclear (22,9%), seguida por la eólica (19,3%) y la hidráulica (14,4%). En conjunto, la energía eléctrica obtenida a partir de fuentes no renovables representó un 58,2% del total, mientras que el 41,8% restante perteneció a las energías renovables.

En 2017, en cambio, se ha producido un descenso de la producción energética de las fuentes renovables, encabezado por la caída de la aportación hidráulica del 14,6% al 7% debido a la sequía que ha sufrido el país. Esta caída se ha compensado con una mayor generación por parte de fuentes no renovables como el carbón y los ciclos combinados. Ello ha propiciado que en el pasado 2017 la energía obtenida de las no renovables haya representado el 63,4% de la generación total española, mientras que las renovables se quedan en un escueto 31,62%. Como novedad, REE ha añadido los residuos como fuente energética.

Estos datos reflejan una realidad, y es que pese a la existencia de las energías renovables, estas aun no tienen el protagonismo que deberían tener en España.

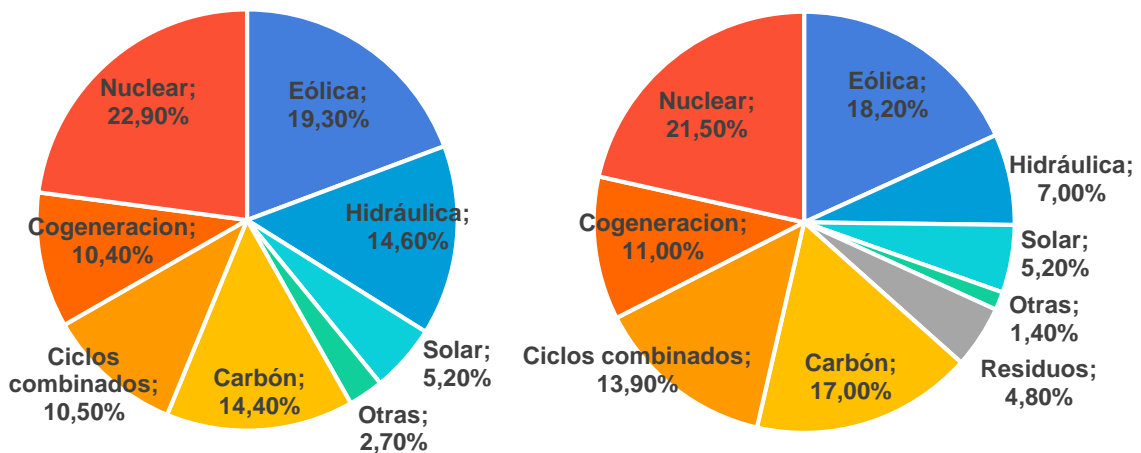


ILUSTRACIÓN 4: DISTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES ENERGÉTICAS EN 2016 (IZQ.) Y 2017(DCHA.)

³ <http://www.ree.es/es/sala-de-prensa/notas-de-prensa>

Además, España cerró el año 2016 con un balance de importación energética de 7.660GWh, cosa que no pasaba desde el año 2003. Esta nueva tendencia de importación sucede gracias a una caída de la generación interna de nuestro país, principalmente producida gracias a las nuevas trabas en cuestión de impuestos y peajes que han recibido las energías renovables con el actual ejecutivo, así como el aumento de las restricciones desde Europa a tecnologías ya moribundas como el carbón.

El pasar de un balance exportador a uno importador conlleva importantes cambios, reflejados en el precio final de la energía que soporta el consumidor. En el pasado, si en Francia el paro de las centrales nucleares creaba un problema de falta de energía generada, el país vecino podía importar nuestra energía. En cambio, esta misma situación a día de hoy, al no poder exportarse sino que es necesario importar, ha conllevado un aumento del precio de la energía en el mercado, lo que se ve reflejado en la factura del consumidor. Este, por ejemplo, ha sido el motivo de las subidas del precio de la energía tanto en Enero como en Octubre del pasado 2017 que tanto alarmaron y perjudicaron a la población.

El mercado energético se basa en la ley de la oferta y la demanda. Desde 1997 comenzó en España un proceso de liberalización del mercado, y actualmente se puede escoger entre consumir energía en el mercado regulado, donde el precio lo fija el Gobierno y es variable. Este se ajusta a la antes mencionada ley de la oferta y la demanda, es decir, varía en función de la franja horaria en la que nos encontremos y en función de la energía producida y consumida. Los precios que se cobrarán durante cada franja horaria de un día son publicados a las 20:30h del día anterior, por REE. Por otra parte hay un mercado libre donde las empresas comercializadoras fijan el precio del KWh (unidad de medida de la energía) y este se mantiene constante, suba o baje el coste de producción de dicha energía.

5.3.2 - LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA COMUNITAT VALENCIANA

En la Comunitat Valenciana el pasado 2017 se consumió de media dos millones (2.046.704) de MWh mensuales, lo que hace un total anual de 24.560 GWh, que representa el 9,7% del total consumido en España el mismo año.

Mensualmente, la energía se consume de manera estable, produciéndose en los meses de verano un repunte del 8%. En cuanto a sectores que representan un mayor consumo, el 30% corresponde a uso doméstico, el 17,5% corresponde a la hostelería (llegando a 20% en temporada estival), el 11,75% a la administración, donde se incluye gestión de agua y residuos, el 8,5% es consumido por gestores minerales no metálicos y un 5,6% al transporte.

5.4 - LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS

Existen en España un total de 373 instalaciones de tratamiento de residuos, de las que 86 son plantas de tratamiento mecánico biológico y gestionan más de diez millones de toneladas anuales, datos del Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos. Dentro de estas plantas se puede diferenciar entre biometanización (o digestión anaerobia) y compostaje.

La planta de tratamiento de residuos sobre la que versa el proyecto se trata de una planta de tratamiento mecánico biológico, ya que es la encargada de gestionar los residuos procedentes de la recogida no selectiva, y por tanto llega materia orgánica junto con otros materiales.

La principal función de la planta es la de hacer una separación de estos residuos que llegan mezclados, para poder aprovecharlos, derivarlos a gestores especializados o llevarlos al vertedero.

Adicionalmente, la planta consta de una estación de compostaje, donde se obtiene material bioestabilizado que puede emplearse como abono, y una nave de voluminosos, donde son tratados o almacenados electrodomésticos, colchones y en general los elementos que ocupan un mayor volumen y que no deben entrar en el proceso principal.

Entre los materiales recuperados, destacamos los materiales férricos, el aluminio, diferentes tipos de plásticos (PET, PVC, PEAD), bricks, cartón y papel. También se produce la separación de film, que son plásticos con poca densidad y no reciclables y la separación de material bioestabilizado antes mencionado.

También se cuenta con un vertedero de residuos no peligrosos, donde es llevada la fracción resto, situado a 9km de las instalaciones. Este vertedero tiene una capacidad de 800.000 m³.



ILUSTRACIÓN 5: PLANTA DE TRATAMIENTO (FUENTE: EMGRISA)

5.4.1 - FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA

En la actualidad, de la cantidad inicial de residuos que son llevados a la planta, se reduce, en una primera etapa de secado, un 30% del total gracias a la evaporación. El 70% restante pasa por un trommel, donde se produce la separación entre material susceptible de ser bioestabilizado y el que no lo es. Este pasará posteriormente por otros sistemas de afino, descartando los rechazos de dicho material.

Por otra parte, se produce un triaje del material que no ha sido separado por el trommel, separando los diferentes subproductos reutilizables, y del cual se obtiene la fracción resto que ha de ser destinada al vertedero.

Las fracciones resto tanto del proceso de triaje como de bioestabilización supone un 44% de la cantidad inicial de residuos en planta.

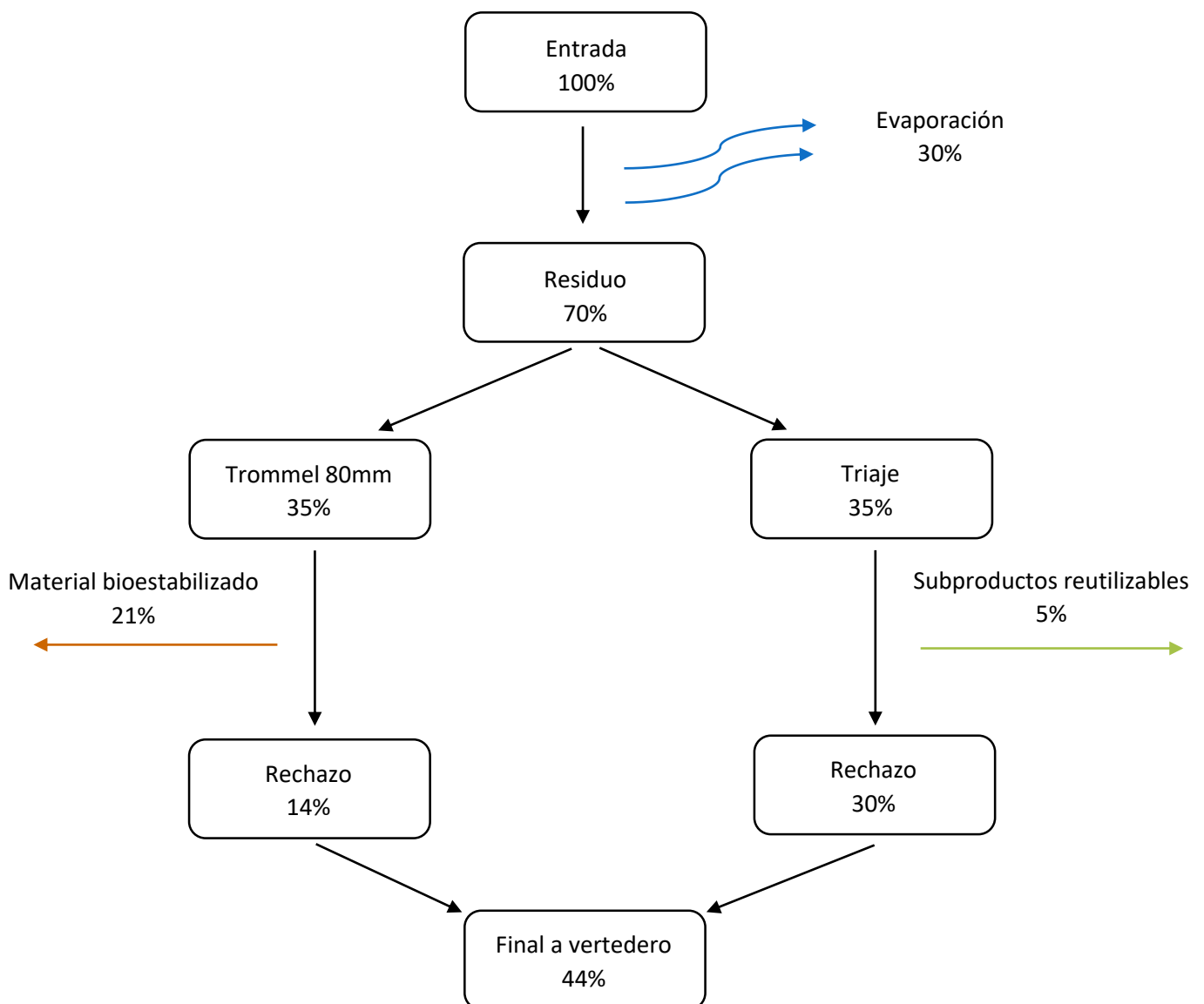


ILUSTRACIÓN 6: DIAGRAMA DE PROCESOS SIMPLIFICADO

5.4.2 - ÁREAS DE PROCESO

5.4.2.1 - ÁREA DE RECEPCIÓN

Los camiones descargan el contenido de la recogida de residuos en un foso común, situado dentro de la nave de biosecado, a la espera de pasar por la trituradora y ser emplazado en la zona asignada.

5.4.2.2 - ÁREA DE BIOSECADO

Tras pasar por la trituradora, los residuos son emplazados en un área delimitada, similar a un caballón, en función de la fecha de recogida. Esto asegura poder identificar, en caso de ser necesario, un grupo de residuos y controlar su proceso de maduración u otros parámetros.

Cada grupo de residuos está ventilado en su base gracias a un soplante y un sistema de ventilación independiente para cada uno. De este modo, se puede adaptar la ventilación al proceso de maduración de cada sección de residuos, aumentando o reduciendo el caudal de aire.

Todo este proceso está informatizado mediante un sistema de control, donde se puede observar la fecha a la que pertenece cada sección, su humedad relativa, la velocidad del ventilador y la cantidad de residuos entre otros. Dentro de la nave no se requiere la presencia de personal, salvo para tareas de mantenimiento, todo el traslado de los materiales está mecanizado gracias a dos puentes grúa.

Cada grupo de desechos permanecerá en la nave dos semanas, tras lo cual se obtendrá un material con una baja humedad relativa, higienizado y mayormente inodoro, y se procederá a su separación final.

Los gases producidos en este proceso son llevados a unos biofiltros situados cerca de la nave, donde una vez depurados son expulsados a la atmósfera.

5.2.2.3 - ÁREA DE TRIAJE

Tras el proceso de secado, y mediante un puente grúa, los residuos son situados en una cinta transportadora que los lleva a un trommel de 80mm. En este se separan los materiales que irán a una u otra línea de la planta.

El trommel básicamente es un cilindro rotatorio que cuenta con agujeros de un tamaño específico (80mm en el caso anterior) en sus paredes. Gracias a esos agujeros, es capaz de filtrar los materiales en función de su tamaño.

Los materiales que pasen a la línea de separación son aquellos que no han sido absorbidos por el trommel. Estos pasan por una cinta transportadora que los llevara a otros dispositivos de separación, donde se obtendrán materiales férricos, PVC, PET, Brik y PEAD, además de film, papel y cartón. Para el separado se cuenta con tablas densiométricas, separadores ópticos, separadores por magnetización y un área de triaje manual.

Finalmente, el residuo final tras la separación es prensado en forma de cubo de un metro cubico (1m³) y preparado para su transporte al vertedero.

5.2.2.4 - ÁREA DE MATERIAL BIOESTABILIZADO

A esta zona llega el hundido del trommel de 80mm. Se trata de una nave dotada de un sistema de vaporización de agua, donde la materia orgánica se deja madurar a condiciones de humedad y temperaturas elevadas, consiguiendo de esta manera un material similar al compost, pero con algunos impropios.

Tras la maduración, que puede llevar varios días, esta materia es filtrada por varios trommels más, de 30mm, 15mm y 8mm, obteniendo como producto final el material bioestabilizado y generando a su vez una cierta cantidad de rechazos que es llevada al vertedero.

Al no producirse la separación en origen (en las casas) de la materia orgánica, siempre quedan algunas partículas pequeñas de materiales no orgánicos que se filtran a través de los diversos trommels, en su mayoría vidrios, por lo que el producto final no es considerado compost al no cumplir con la normativa necesaria para adquirir este nombre. A esta área llegan también residuos de poda, los cuales no pasan por el proceso de secado y son incorporados directamente al proceso de compostaje tras la trituración de los mismos.

Pese a esa presencia de elementos no orgánicos, el producto de este proceso es almacenado y puesto al servicio de los agricultores de la zona, los cuales pueden emplearlo para abonar sus campos.

5.2.2.5 - VERTEDERO

Como se ha indicado anteriormente, tanto los rechazos del proceso de triaje como del proceso de bioestabilización son llevados al vertedero en balas de un metro cúbico mediante camiones de transporte. Esta instalación cuenta con una balsa de lixiviados a la que llega el agua que se filtra a través de los residuos a causa de la lluvia. El gas producido por la descomposición de la materia es absorbido mediante un sistema de canalización y llevado hasta una antorcha donde se quema antes de liberarse a la atmósfera.

Anualmente, el vertedero recibe unas 25.550 toneladas de residuos, las cuales son ubicadas y enterradas debidamente, para evitar la proliferación de enfermedades y la aparición en la zona de plagas. A ello hay que añadirle el hecho que desde hace unos meses, desde la colmatación del vertedero de la zona de Castellón de la Plana, los rechazos de la planta de Reciplasa son derivados, en parte, a este vertedero, por lo que finalmente el vertedero está soportando unas 32.850 toneladas de residuos anuales.

A este ritmo, está previsto que se produzca la vida útil de esta instalación finalice en un plazo de 7 años. La futura colmatación y clausura del vertedero supone un grave problema para la empresa concesionaria, que debería realizar una enorme inversión de capital para la construcción de una nueva instalación de similares características, además del coste ecológico que conllevaría su construcción y el más que posible rechazo de los habitantes de la zona.



ILUSTRACIÓN 7: IMAGEN AÉREA DEL VERTEDERO

Ante esta problemática, el presente proyecto estudia la implantación de una planta de gasificación en las instalaciones, en la cual se valorizarán los rechazos y se verá reducida la cantidad de este material que soporta el vertedero en la actualidad.

6 - LA GASIFICACIÓN

La gasificación es la transformación de una sustancia sólida o líquida en una mezcla gaseosa mediante la oxidación parcial con aplicación de calor. La oxidación parcial se consigue restringiendo el nivel de oxígeno en la cámara de postcombustión (Colomer & Gallardo, 2007). Dicha reacción puede describirse como la consecución de varios fenómenos: secado, combustión parcial, craqueo de gases, vapores y alquitranes y gasificación de los productos finales.

Este proceso está optimizado para generar la máxima cantidad de productos gaseosos de descomposición, como lo son el monóxido de carbono (C), hidrógeno (H), metano (CH₄), agua (H₂O), nitrógeno (N) y pequeñas cantidades de hidrocarburos superiores.

La gasificación no es una tecnología desarrollada recientemente, sino que ha sido un recurso habitual en periodos de carencia o escasez de combustibles ligeros, ya que permite convertir sólidos en gases que pueden ser empleados en motores de combustión interna, calderas y turbinas. Por otro lado, la gasificación como concepto de proceso puede aplicarse para sintetizar combustibles líquidos de alta calidad.

6.1 - ELEMENTOS

En este proceso intervienen de manera determinante ciertos elementos, de los cuales dependerá la calidad y el poder calorífico del gas generado. Estos son el comburente y el combustible empleado.

6.1.1 - COMBURENTE

El comburente es también conocido como agente oxidante. Gracias a este, y en las condiciones idóneas de presión y temperatura, puede combinarse con un combustible y provocar una combustión. En esta, el combustible se oxida, generando una reacción química que libera energía en forma de luz y calor.

El comburente más común es el oxígeno (O₂), que se encuentra en el aire con una concentración del 21% aproximadamente. Todo comburente deberá pues poseer oxígeno, ya sea en forma molecular o bien oxígeno que se cede durante la combustión. La proporción mínima de oxígeno para que se produzca la combustión está entre el 15% y 5%, en los casos más extremos.

El contenido energético de los gases de gasificación variará en función del comburente empleado y de las características del combustible. Si se toma como referencia el valor calorífico superior del gas natural (40 MJ/Nm³), el empleo de aire como agente oxidante nos dará un gas de entre 4 y 7 MJ/Nm³, si se emplea vapor de agua, el gas poseerá entre 10 y 18 MJ/Nm³ y si se trata de oxígeno puro, el valor calorífico superior podría estar entre los 20 y 28 MJ/Nm³.

La diferencia entre el empleo de estos agentes oxidantes es significativa, pero el empleo de vapor u oxígeno puro supone la necesidad de unas instalaciones más complejas, donde se garantice la seguridad en el tratamiento de dichos elementos, además del coste de adquisición. En cambio, el empleo de aire es gratuito y no requiere de instalaciones especiales.

Por ello, en este proyecto será el aire el agente comburente empleado en la gasificación.

6.1.2 - COMBUSTIBLE

Otro elemento de vital importancia es el combustible empleado en la gasificación. Este proceso acepta diversos tipos de combustible, desde biomasa hasta residuos, y el poder calorífico del Syngas generado variara en función del poder calorífico del combustible empleado.

Para asegurar un adecuado funcionamiento del reactor, la humedad relativa del combustible empleado no debe superar el 15%. Tampoco debe contener cloro (Cl), azufre (S) ni metales pesados. El tamaño del combustible empleado ha de ser pequeño para propiciar una buena reacción, por lo que previo a la gasificación el residuo pasará por una trituradora y pelletizadora.

La presencia de cloro en el combustible propiciará que durante el proceso se formen dioxinas y furanos, una familia de productos químicos complejos que contienen clorina. Estas sustancias son tóxicas a niveles muy bajos, afectando a órganos vitales y pudiendo provocar cáncer. Cuando se liberan a la atmósfera, se posan en las superficies y persisten en ellas, ya que se degradan muy lentamente y son insolubles en el agua.

En este proyecto se empleara como combustible el rechazo de la planta, que posee un poder calorífico neto de 22 MJ/kg (sobre masa húmeda), un porcentaje de cloro de 0.8% y una cantidad de mercurio de 0.003 mg/MJ. Estos datos cumplen con la normativa europea de clasificación del combustible (European Standard CEN/TS 15359) obteniéndose como código del producto:

Poder calorífico neto: 2; Contenido de cloro: 3; Contenido de mercurio: 1.

En el anexo N°1 se encuentra una explicación detallada de estos datos así como de la citada norma.

6.1.3 - CATALIZADOR

Un catalizador es una sustancia que acelera o retarda una reacción química sin participar en ella. En la gasificación, es necesario el uso de catalizadores para evitar la formación de alquitranes, compuestos orgánicos con elevado peso molecular (> 76 g/mol) que pueden condensar y colapsar los sistemas de tuberías o filtros.

Un catalizador adecuado debe poseer las siguientes características:

- Debe ser capaz de gasificar los alquitranes generados en el proceso de gasificación.
- Debe ser capaz de reformar el metano.
- Debe ser resistente a la desactivación, a la coquificación y a la sinterización.
- Debe producir gas de síntesis con una razón de H²/CO del orden de 1 a 4.

6.2 - EL PROCESO

El tipo de reactor de gasificación escogido para este proyecto es un reactor de lecho fluido burbujeante, tecnología perteneciente a CareCo (EEUU) y proporcionada por Technoholding S.A.

Los gasificadores de lecho fluido consiguen un excelente mezclado entre las fases y una distribución uniforme de las temperaturas. La producción de alquitranes de estos reactores ronda los 10g/Nm³. El hecho de que sea burbujeante significa que el agente oxidante se alimenta por el fondo y conforma el medio de fluidización.

La gasificación en este reactor se asimila a una combustión con defecto de oxígeno, entre un 20% y un 30% del aire estequiométrico. En el reactor se producirán reacciones de oxidación (combustión) y reacciones de reducción (sin oxígeno).

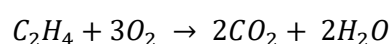
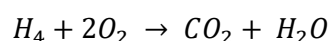
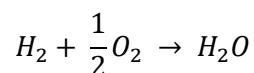
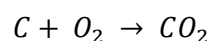
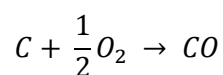
Los procesos que se producen dentro del reactor son:

- Oxidación incompleta: Los residuos no hacen una combustión completa, obteniendo como resultado monóxido de carbono (CO), hidrogeno (H₂) y liberación de calor.
- Transformaciones termoquímicas: Por la acción de la temperatura, se descomponen los sólidos en hidrocarburos gaseosos y líquidos y en carbono.
- Oxidación completa: Una combustión final de los hidrocarburos líquidos donde se libera el calor. Los gases generados se mantienen en esta fase uno o dos segundos, obteniéndose CO₂ y H₂O como resultado. Con ello se consigue un aprovechamiento total del poder calorífico de los productos y una emisión mínima de óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y de compuestos orgánicos volátiles.

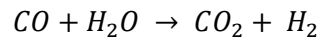
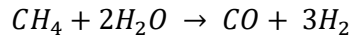
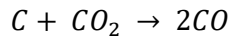
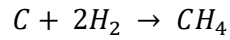
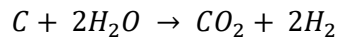
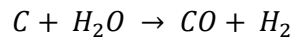
Nótese que el secado, que se ha mencionado con anterioridad, no aparece como uno de los procesos en el reactor, y es que gracias a la tecnología de la planta de biosecado, no es necesario que los residuos pasen por esta fase al encontrarse su humedad dentro de los límites exigibles.

Las reacciones que se producen en el reactor son:

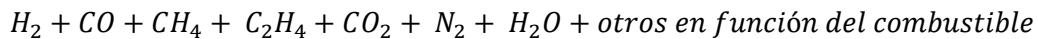
- Reacciones de combustión:



▪ Reacciones de reducción:



Finalmente se obtiene un Syngas cuya composición dependerá del combustible empleado, pero que básicamente contara con los siguientes elementos:



Y con una composición aproximada en % en volumen seco de:

- Monóxido de carbono (CO): 13 – 17 %
- Hidrogeno (H₂): 10 – 14 %
- Metano (CH₄): 4 – 6 %
- Etileno (C₂H₄): 1 – 2 %
- Dióxido de carbono (CO₂): 15 – 17 %
- Nitrógeno (N₂): 45 – 50 %

En la imagen inferior aparece la representación de un reactor de gasificación de lecho fluido, donde se aprecia la entrada de aire y de residuos, y la salida de las cenizas y del Syngas. La temperatura de operación alcanzan los 850°C y el Syngas obtenido ronda los 800°C a la salida del reactor. Este hecho hace muy conveniente la instalación de un sistema de intercambio térmico para poder aprovechar este calor, ya que de un modo u otro debe enfriarse antes de llegar a la siguiente fase.

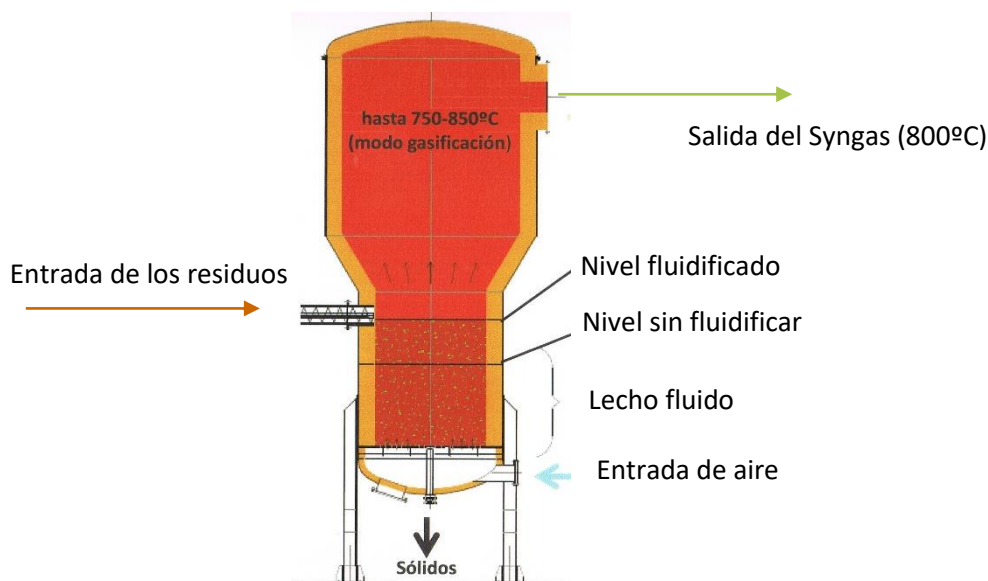


ILUSTRACIÓN 8: REPRESENTACIÓN DE UN REACTOR DE GASIFICACIÓN

Como se ha comentado anteriormente, y pese a que en un primer momento ha sido necesario controlar la composición del residuo empleado y separar, mediante el triaje, aquellos materiales que puedan generar elementos contaminantes, este Syngas obtenido puede poseer algunos elementos no deseados, por lo que deberá pasar por un proceso de adecuación y limpieza previo a su uso en los motores de cogeneración.

6.3 - DEPURACIÓN DEL SYNGAS

A la salida del reactor y tras enfriarse, el Syngas deberá pasar por varios elementos filtrantes, que son clasificados en función del tipo de contaminantes que eliminan.

Por una parte existen sistemas de captación de partículas, dentro de los cuales se encuentran:

- Sedimentadores por gravedad.
- Separadores centrífugos (ciclón).
- Precipitadores electrostáticos húmedos.
- Filtros de mangas.
- Lavadores de gases.

Por otra parte, están los sistemas de eliminación de gases, que comprenden:

- Procesos de absorción.
- Procesos de adsorción.
- Procesos de reducción.
- Sistemas combinados.

Para la limpieza del Syngas generado en el reactor, este pasara por un separador centrífugo o ciclón y por un precipitador electrostático húmedo.

6.3.1 - SEPARADOR CENTRÍFUGO (CICLÓN)

Los separadores centrífugos, también conocidos como ciclones, se encargan de recolectar partículas de un gas en seco, siempre y cuando estas partículas superen los veinte micrones de tamaño de grano.

Su principio de funcionamiento es muy simple y no posee piezas móviles. La corriente de aire ingresa al separador ciclónico comenzando a rotar de manera descendente formando una espiral, que se acelera a medida que se desciende por el cuerpo del cono, que cada vez posee menor diámetro, hasta llegar al punto de recolección final. En este movimiento descendente se genera una fuerza centrífuga y las partículas con masa suficiente para ser afectadas por esta se separan de la corriente, desplazándose hacia abajo hasta llegar a la salida inferior, por donde se encuentra el depósito de escorias o impurezas. El gas depurado es canalizado a través de un conducto interior.

El rendimiento de este proceso ronda el 98%, y permite trabajar con gases que estén a elevadas temperaturas. El mantenimiento a realizar es mínimo.

6.3.2 - PRECIPITADOR ELECTROESTÁTICO HÚMEDO

Un precipitador electrostático húmedo es un dispositivo para el control de partículas que utiliza fuerzas eléctricas para movilizar las partículas encauzadas dentro de una corriente de emisión gaseosa hacia las superficies de recolección.

Una carga eléctrica es impartida a las partículas encauzadas cuando pasan a través de una corona, una región donde fluyen los iones en fase gaseosa. Los electrodos ubicados en el centro del precipitador mantienen a un alto voltaje y generan un campo eléctrico que fuerzan a las partículas hacia las paredes recolectoras. Los colectores se bañan intermitentemente o continuamente por una aspersión de líquido, normalmente agua. El efluente húmedo se recolecta y frecuentemente se trata in situ.

Este tipo de precipitador actúa únicamente sobre las partículas a eliminar, y afecta de manera mínima al flujo del gas, teniendo pérdidas de presión mínimas en el proceso. Pueden recolectarse diversos tipos de partículas y, gracias a la atmósfera húmeda, permite filtrar partículas con alta resistividad, absorber gases y consigue condensar elementos contaminantes.

6.4 - CONSIDERACIONES FINALES

Los residuos ya llegan al reactor con la humedad adecuada, en torno al 15%, gracias al proceso de secado por el que pasan al llegar a la planta de tratamiento. Dado que el material que entre al reactor debe cumplir unas condiciones de tamaño de terminadas, los residuos deberán triturarse y pelletizarse antes de ser introducidos en el reactor. Las dimensiones del pellet resultante son 50mm de largo y entre 15 y 18 mm de diámetro.

Para la gasificación se emplea un reactor de lecho fluido burbujeante, donde el aire será el agente oxidante, los pellets de residuo el combustible y la olivina en el lecho será el agente catalizador.

El Syngas resultante de la reacción será enfriado en un intercambiador y posteriormente se le hará pasar por diversos filtros, preparándolo para su uso y eliminando posibles contaminantes.

Tras su adecuación, el Syngas es llevado a unos motores de cogeneración donde se empleara para la producción de energía eléctrica. Se instala también una antorcha, como variante del recorrido final del Syngas, donde se procedería a su combustión en caso de fallo en los motores o en caso de que el gas no sea apto para su empleo en dichos motores.

El diseño y la instalación del intercambiador quedan fuera del proyecto. Se considerara que se emplea un intercambiador de calor que enfría el gas, pero no se profundizara en este hecho. Para futuras ampliaciones o proyectos, se propone emplear este calor residual para calentar el aire que es bombeado al interior de la nave de biosecado, lo que supondría un ahorro energético adicional y un aprovechamiento íntegro del calor producido en el proceso.

A continuación se puede apreciar en el diagrama las pérdidas producidas en el proceso, y el porcentaje energético resultante. Aunque estas son cuantiosas, teniendo en cuenta que actualmente las pérdidas representan el 100% ya que el residuo es llevado al vertedero, obtener un 27% de rendimiento (ampliable mediante el aprovechamiento del intercambiador de calor) es muy significativo.

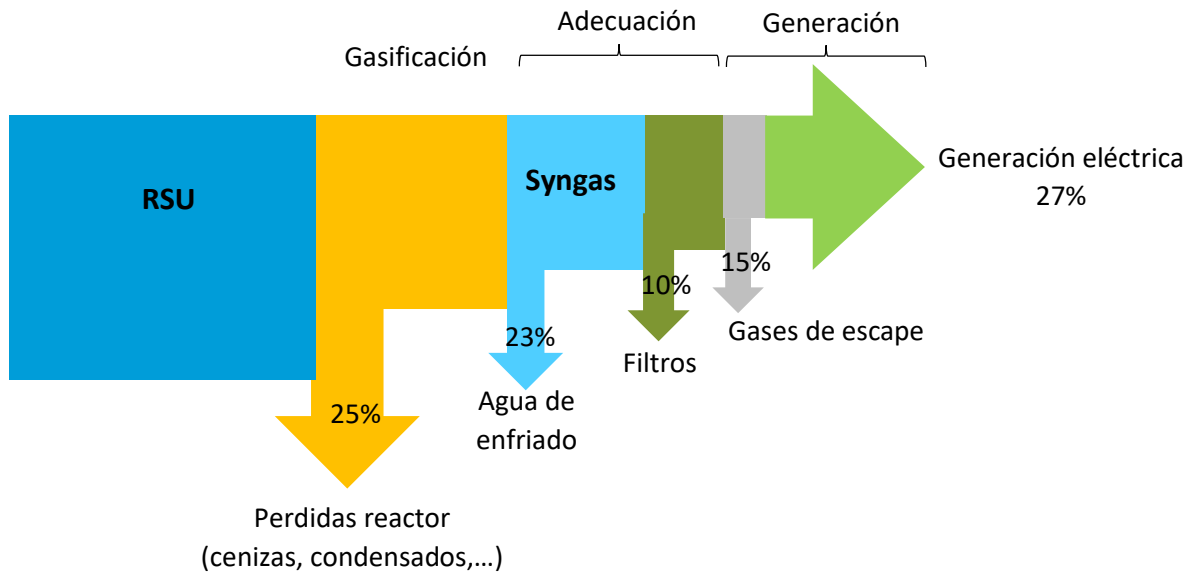


ILUSTRACIÓN 9: GRÁFICO DE PÉRDIDAS ENERGÉTICAS

7 - MARCO NORMATIVO

A continuación se exponen las diferentes normativas que han llevado a la necesidad de realizar este proyecto, así como aquellas directivas que han servido de guía en el mismo.

Es muy recomendable su consulta ya que aportan importante información acerca del desarrollo y puesta en marcha de la instalación, más allá de lo que se muestra en los siguientes puntos.

7.1 - DIRECTIVA EUROPEA Y NACIONAL DE VERTIDO DE RESIDUOS

Hace años, en España era común encontrarse vertederos sin licencia cerca de pueblos o en parajes naturales, ya que era más cómodo para los habitantes de esas zonas arrojar ahí sus residuos en lugar de llevarlos a vertederos y gestores de residuos, que en ocasiones estaban a varios kilómetros de distancia. Este hecho, que no solo se producía en España, llevo a la Unión Europea a legislar una normativa al respecto.

Mediante la **Directiva 1999/31/CE** la Unión Europea se enfrentó al problema ecológico que suponía el vertido incontrolado de residuos en sus estados miembros. Esta directiva establece unos objetivos de vertido de residuos que los estados miembros deben cumplir.

En el ámbito nacional, esta normativa se regula mediante el **Real Decreto 1481/2001**, por el que se regula la eliminación de residuos mediante deposito en vertedero.

En un primer lugar, se deben clausurar todos aquellos vertederos ilegales o sin licencia en vigor, o que estén en emplazamientos naturales de interés ecológico. Complimentado esto, la normativa de la UE establece unos objetivos generales de vertido y recuperación de materiales, que, en última instancia, deben cumplir las empresas concesionarias de gestión de residuos.

El 30 de mayo del presente año, actualizándose a las necesidades actuales, dicha normativa es modificada parciamente por la **Directiva (UE) 2018/850** del Parlamento Europeo y del Consejo.

A continuación se procede a destacar los apartados y artículos más reseñables de estas directivas:

Real Decreto 1481/2001, Artículo 5, sección 1:

“Antes del 16 de julio de 2003, la Administración General del Estado y las Administraciones de las Comunidades Autónomas elaborarán un programa conjunto de actuaciones para reducir los residuos biodegradables destinados a vertedero. Este programa incluirá medidas que permitan alcanzar los objetivos contemplados en el apartado 2 del presente artículo, en particular mediante reciclado, compostaje y otras formas de valorización, como producción de biogás mediante digestión anaerobia.”

Real Decreto 1481/2001, Artículo 5, sección 2:

“El programa a que se refiere el apartado anterior deberá asegurar que, como mínimo, se alcancen los siguientes objetivos:

a) A más tardar el 16 de julio de 2006, la cantidad total (en peso) de residuos urbanos biodegradables destinados a vertedero no superará el 75 por 100 de la cantidad total de residuos urbanos biodegradables generados en 1995.

b) A más tardar el 16 de julio de 2009, la cantidad total (en peso) de residuos urbanos biodegradables destinados a vertedero no superará el 50 por 100 de la cantidad total de residuos urbanos biodegradables generados en 1995.

c) A más tardar el 16 de julio de 2016, la cantidad total (en peso) de residuos urbanos biodegradables destinados a vertedero no superará el 35 por 100 de la cantidad total de residuos urbanos biodegradables generados en 1995.”

Este último es objetivo de enmienda en la **Directiva (UE) 2018/850**, añadiéndose lo siguiente:

“d) Los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias para garantizar que para 2022 la cantidad de residuos municipales depositados en vertederos se reduzca al 20 %, o a un porcentaje inferior, de la cantidad total de residuos municipales generados (en peso).”

“e) Los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias para garantizar que para 2035 la cantidad de residuos municipales depositados en vertederos se reduzca al 10 %, o a un porcentaje inferior, de la cantidad total de residuos municipales generados (en peso).”

Directiva (UE) 2018/850, Artículo 5, sección 3 bis:

“Los Estados miembros se esforzarán por garantizar que, a partir de 2030, todos los residuos aptos para el reciclado u otro tipo de valorización, en particular los residuos municipales, no sean admitidos en vertederos, con excepción de los residuos para los cuales el depósito en un vertedero proporcione el mejor resultado medioambiental, de conformidad con el artículo 4 de la Directiva 2008/98/CE.”

De dichos artículos se extrae que para el año 2030 los residuos sólidos urbanos no deben ser admitidos en vertederos en caso de existir una alternativa, y adicionalmente, la tasa de vertido se regirá por los siguientes porcentajes.

Año	Porcentaje de vertido
2006	75 %
2009	50 %
2016	35 %
2022	20 %
2035	10 %

TABLA 1: OBJETIVOS COMUNITARIOS DE VERTIDO DE RESIDUOS

Los últimos datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística, pertenecientes a 2015, sitúan el porcentaje de residuos llevados en España al vertedero en 39'3%, situándola cerca del objetivo pero sin llegar a cumplirlo.

7.2 - DIRECTIVA EUROPEA DE EMISIONES EN LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS

Como resultado de la combustión, se pueden producir, entre otras, partículas tóxicas o cancerígenas. Desde la Unión Europea se legisla mediante la **Directiva 2000/76/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo los parámetros que se debe cumplir a la hora de realizar una incineración de residuos.

Como se extrae de la definición en el propio documento, la gasificación es considerada incineración de residuos, y deberá ajustarse a los parámetros exigibles a esta.

Artículo 3, sección 4:

*“«instalación de incineración», cualquier unidad técnica o equipo, fijo o móvil, dedicado al tratamiento térmico de residuos con o sin recuperación del calor producido por la combustión, incluida la incineración por oxidación de residuos, así como la pirólisis, la **gasificación** u otros procesos de tratamiento térmico, por ejemplo el proceso de plasma, en la medida en que las sustancias resultantes del tratamiento se incineren a continuación.”*

El documento establece normas acerca de temperaturas de funcionamiento, tratamiento de cenizas y aguas residuales, condiciones de explotación y emisiones a la atmósfera, por lo que es muy interesante su consulta.

Es destacable, no obstante, el anexo V de dicho documento, donde se pueden encontrar los valores límite de emisiones a la atmósfera de diferentes elementos, que se deberán controlar por parte de la empresa una vez puesta en marcha la instalación.

Artículo 7, sección 1:

“Las instalaciones de incineración se diseñarán, equiparán, construirán y explotarán de modo que, en los gases de escape, no se superen los valores límite de emisión establecidos en el anexo V.”

En dicho anexo, se pueden encontrar límites de emisiones con diferentes métodos de medición, como por ejemplo valores medios diarios, valores medios semihorarios, valores medios medidos en periodos de entre 30 minutos y 8 horas, etc.

Como referencia, se toman los valores límite medios diarios, aunque una vez realizada la instalación y su puesta en marcha, tanto la empresa como las autoridades deberán acordar cual debe ser el procedimiento de medida adecuado.

Tipo de partícula	Cantidad
Partículas totales	10 mg/m ³
Sustancias orgánicas en estado gaseoso y de vapor expresadas en carbono orgánico total	10 mg/m ³
Cloruro de hidrógeno (HCl)	10 mg/m ³
Fluoruro de hidrógeno (HF)	1 mg/m ³
Dióxido de azufre (SO ₂)	50 mg/m ³
Monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO ₂) -instalaciones de capacidad superior a 6 toneladas por hora-	200 mg/m ³
Monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO ₂) -instalaciones de capacidad inferior a 6 toneladas por hora-	400 mg/m ³

TABLA 2: VALORES LÍMITE DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA (VALORES MEDIOS HORARIOS)

7.3 - GENERACIÓN Y AUTOCONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La legislación nacional respecto a la generación de energía eléctrica y su autoconsumo se ha vuelto restrictiva en los últimos años, a causa de un ejecutivo que ha limitado su desarrollo en favor del impulso a otras energías como el carbón o la nuclear (ver Ilustración 4, página 14).

El **Real Decreto 900/2015**, del 9 de octubre, se regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.

Es muy reseñable que según esta legislación, se deberán abonar los peajes de acceso a la red eléctrica de transporte y distribución aunque se realice autoconsumo de energía, en el caso de que no se trate de una instalación aislada. Una instalación aislada es aquella que concuerda con la siguiente definición, extraída de dicho documento:

Artículo 1, sección j:

*“j) Instalación aislada: aquella en la que no existe en ningún momento capacidad física de conexión eléctrica con la red de transporte o distribución ni directa ni indirectamente a través de una instalación propia o ajena. **Las instalaciones desconectadas de la red mediante dispositivos interruptores o equivalentes no se considerarán aisladas a los efectos de la aplicación de este real decreto.***

(...)

En el supuesto de instalaciones de producción conectadas a la red interior de un consumidor, se considerará que ambas instalaciones están conectadas a la red cuando o bien la instalación receptora o bien la instalación de generación esté conectada a la red.”

Este hecho hace que la mayoría de las instalaciones, al estar conectadas a la red o tener posibilidad de ello, sean consideradas instalaciones conectadas a la red, y por tanto deberán abonar los costes del peaje de acceso.

Según este documento, existen diferentes tipos de autoconsumo. Un primer tipo donde se trate de un único consumidor con un punto de suministro, en cuya red se encuentren dispositivos de generación de energía destinada al autoconsumo y no estén dados de alta como instalación de producción. Un segundo tipo donde el consumidor este asociado a varias instalaciones de producción debidamente inscritas en el registro de instalaciones de producción de energía eléctrica que estén conectadas en el interior de su red o compartan infraestructura de conexión con este.

Adicionalmente, según el **Artículo 14, sección 3**, para poder percibir una contraprestación económica por el vertido de energía a la red, la instalación deberá estar acogida a la modalidad de autoconsumo tipo 2. Por tanto, esta será la modalidad a la que se acoja la instalación proyectada.

De acuerdo al **Artículo 5, sección 2**, las instalaciones de producción acogidas a la modalidad de autoconsumo tipo 2 deberán cumplir lo siguiente:

“a) La suma de las potencias instaladas de las instalaciones de producción será igual o inferior a la potencia contratada por el consumidor.

b) En el caso de que existan varias instalaciones de producción, el titular de todas y cada una de ellas deberá ser la misma persona física o jurídica.

*c) Las instalaciones de producción deberán cumplir los requisitos técnicos contenidos en la normativa del sector eléctrico y en la reglamentación de calidad y seguridad industrial que les resulte de aplicación, en particular el Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, el Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, para instalaciones de producción incluidas en su ámbito de aplicación y el **Real Decreto 413/2014**, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.”*

De carácter obligatorio, de acuerdo con el **Artículo 13, sección 2**, estos son los requisitos en cuanto a equipos de medida a los que está sujeta la instalación que opta por el autoconsumo de tipo 2:

- Un equipo de medida bidireccional que mida la energía generada neta.
- Un equipo de medida que registre la energía consumida total por el consumidor asociado.
- Potestivamente, un equipo de medida bidireccional ubicado en el punto frontera de la instalación.

Además, podrán instalarse elementos de acumulación en dichas instalaciones, siempre y cuando dispongan de las protecciones establecidas en la normativa de seguridad y calidad industrial que les aplique.

El titular de la instalación deberá suscribir un contrato de acceso con la empresa distribuidora para sus servicios de producción, pudiéndose formalizar de manera conjunta con un contrato de consumo en caso de ser ambos, consumidor y productor, la misma persona física o jurídica, como es el caso del presente proyecto.

Los componentes de la facturación en este contrato vienen suscritos según el **Artículo 16, sección 3**, y los cargos asociados a los costes del sistema eléctrico se pueden encontrar en el **Artículo 17, sección 3** de dicho documento.

A continuación se muestran los valores de los cargos, tanto variables como fijos, que se aplican en función de los diferentes tipos de tarifa contratada con la empresa distribuidora (Tabla 3 y Tabla 4).

NT	Peaje de acceso	Cargo fijo (€/kW)					
		Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
BT	2.0 A (Pc ≤ 10 kW)	8,989169					
	2.0 DHA (Pc ≤ 10 kW)	8,989169					
	2.0 DHS (Pc ≤ 10 kW)	8,989169					
	2.1 A (10 < Pc ≤ 15 kW)	15,390453					
	2.1 DHA (10 < Pc ≤ 15 kW)	15,390453					
	2.1 DHS (10 < Pc ≤ 15 kW)	15,390453					
	3.0 A (Pc > 15 kW)	32,174358	6,403250	14,266872			
AT	3.1 A (1 kV a 36 kV)	36,608828	7,559262	5,081433	0,000000	0,000000	0,000000
	6.1A (1 kV a 30 kV)	22,648982	8,176720	9,919358	11,994595	14,279706	4,929022
	6.1B (30 kV a 36 kV)	16,747077	5,223211	7,757881	9,833118	12,118229	3,942819
	6.2 (36 kV a 72,5 kV)	9,451587	1,683097	4,477931	6,402663	8,074908	2,477812
	6.3 (72,5 kV a 145 kV)	9,551883	2,731715	3,994851	5,520499	6,894902	1,946805
	6.4 (Mayor o igual a 145 kV)	3,123313	0,000000	1,811664	3,511473	4,991205	1,007911

TABLA 3: CARGO FIJO APLICABLE EN FUNCIÓN DE LA POTENCIA

NT	Peaje de acceso	Cargo por energía autoconsumida (€/kWh)					
		Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
BT	2.0 A (Pc ≤ 10 kW)	0,049033					
	2.0 DHA (Pc ≤ 10 kW)	0,063141	0,008907				
	2.0 DHS (Pc ≤ 10 kW)	0,063913	0,009405	0,008767			
	2.1 A (10 < Pc ≤ 15 kW)	0,060728					
	2.1 DHA (10 < Pc ≤ 15 kW)	0,074079	0,018282				
	2.1 DHS (10 < Pc ≤ 15 kW)	0,074851	0,021301	0,014025			
	3.0 A (Pc > 15 kW)	0,029399	0,019334	0,011155			
AT	3.1A(1 kV a 36 kV)	0,022656	0,015100	0,014197			
	6.1A (1 kV a 30 kV)	0,018849	0,016196	0,011534	0,012518	0,013267	0,008879
	6.1B (30 kV a 36 kV)	0,018849	0,013890	0,010981	0,011905	0,012871	0,008627
	6.2 (36 kV a 72,5 kV)	0,020138	0,016194	0,011691	0,011696	0,011996	0,008395
	6.3 (72,5 kV a 145 kV)	0,022498	0,017414	0,012319	0,011824	0,011953	0,008426
	6.4 (Mayor o igual a 145 kV)	0,018849	0,013138	0,010981	0,011104	0,011537	0,008252

TABLA 4: CARGO VARIABLE APLICADO SOBRE EL AUTOCONSUMO HORARIO

7.4 - FINANCIACIÓN Y SUBVENCIONES

El Institut Valencià de Competitivitat Empresarial (IVACE) ofrece un programa de ayudas a las energías renovables y biocarburantes.

Entre las actuaciones susceptibles de ser apoyadas, se encuentra el objeto del presente proyecto, que encaja en la siguiente descripción:

“Instalaciones para el aprovechamiento térmico de residuos forestales, agrícolas, industriales, urbanos o materia prima procedente de cultivos energéticos, incluyendo tecnologías de combustión, gasificación, etc.”

La ayuda que se puede percibir, pues, varía entre el 45% del coste subvencionable hasta el 65%, en función de lo siguiente:

“Subvención a fondo perdido de hasta el 45% del coste subvencionable del proyecto. No obstante, la intensidad de ayuda podrá incrementarse en hasta 10 puntos porcentuales para las ayudas a las medianas empresas y en hasta 20 puntos porcentuales para las ayudas a las pequeñas empresas, ayuntamientos, entidades públicas y entidades e instituciones sin ánimo de lucro.

Estas ayudas contarán con financiación del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), en un porcentaje del 50%, a través del Programa Operativo de la Comunitat Valenciana 2014-2020.”

Y los costes perceptibles de ser subvencionados son los siguientes:

“Inversiones en equipos, montaje e instalaciones necesarias para conseguir el objetivo de utilización.

En general, los costes de inversión subvencionables corresponden a los costes suplementarios soportados por el solicitante, en comparación con los de una instalación convencional equivalente en términos de cantidad de energía efectiva generada.”

8 - INSTALACIÓN NECESARIA

8.1 - LOCALIZACIÓN

En un primer lugar se deberá instalar una cimentación en la zona. Al estar en el interior del área de construcción original, y situarse a escasos metros tanto de la nave principal como del área donde están los depósitos de agua y bombas antincendios, ya se dispone de las conducciones de agua de lluvia y acceso a las conducciones eléctricas.

En la imagen a continuación, extraída de los planos de este proyecto (Plano 4) se puede apreciar la cercanía de la localización escogida, representada por la letra "K" y un sombreado, con el depósito de agua y bombas del sistema antincendios (letra "H"). Este hecho asegura una fácil instalación de las conducciones necesarias que requieren los diferentes equipos de protección contra incendios proyectados.

También cabe resaltar la proximidad de la playa de descarga, situada en la parte superior del área de triaje (letra "B" en la imagen) con la localización. Los residuos deben ser transportados de la zona B hasta la zona K por el camino que indican las flechas, y la localización seleccionada asegura un trayecto mínimo.

Por último, la actual acometida de la planta con la red eléctrica estatal llega a los transformadores que posee la instalación, indicados en la imagen por un círculo, por lo que también existe una cercanía entre la localización y estos transformadores.

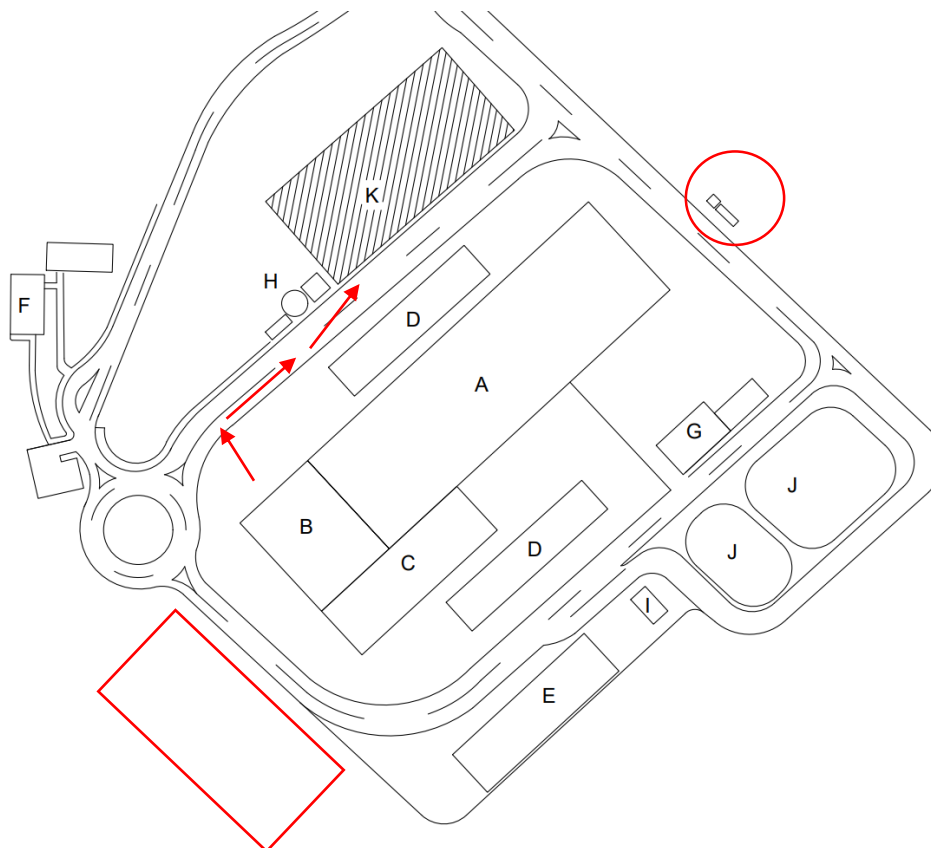


ILUSTRACIÓN 10: PLANO DE LA INSTALACIÓN CON LA LOCALIZACIÓN RESALTADA

Para la realización del proyecto se barajaron diferentes localizaciones dentro del perímetro de las instalaciones, pero fueron descartadas al apreciarse los numerosos beneficios que aporta la localización escogida.

La principal alternativa era una localización más cercana a la salida del residuo en la playa de descarga, que en la imagen anterior aparece representado por un cuadrado rojo. La ventaja de esta situación era la ya comentada proximidad al área de descarga de los rechazos, por lo que se minimizaba el trayecto entre la salida del residuo de la zona de triaje y su depósito en el almacén de la nueva construcción. En cambio, debían prolongarse las conducciones de agua del sistema de protección contra incendios desde su localización (recordemos, letra "H") hasta el lugar indicado, y además se trata del punto más alejado de la instalación de distribución de energía eléctrica ya existente, situada en la zona de los transformadores.

Se concluye que el ahorro que supone una menor distancia en el transporte no compensa con las posibles pérdidas que generaría el transporte de la energía hasta el centro de transformación, y la inversión a realizar en cuanto a la instalación de las conducciones de agua.

El área seleccionada para la nueva construcción ya posee por tanto de facilidades a la hora de la edificación, ya que cuenta con esos sistemas de canalización de aguas y electricidad, no obstante, es necesario una cimentación básica.

8.2 - CIMENTACIÓN

Para la cimentación se empleara una losa de cimentación de hormigón armado, que abarcará una superficie de 1.560 metros cuadrados. La losa de cimentación garantizará que no asiente el terreno bajo el peso de los nuevos equipos que se instalaran, además de disminuir las vibraciones que se pudieran producir.

El peso de cada motor de cogeneración es de 30.000 kg, y además se cuenta con una pequeña nave de almacenaje y el propio sistema de gasificación. El peso final de la instalación superará las 100 toneladas.

El material de la losa de cimentación será un hormigón armado con resistencia al fuego A1_{FL}, de acuerdo al **Real Decreto 842/2013**.

Clase	Método de ensayo	Criterios de clasificación
A1 _{FL}	UNE-EN-ISO 1182 UNE-EN-ISO 1716	$\Delta T \leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta m \leq 50\%$; $t_f = 0$ (es decir, sin llama sostenida) $PCS \leq 2.0 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$

TABLA 5: CRITERIO DE CLASIFICACIÓN DE HORMIGÓN SEGÚN RESISTENCIA AL FUEGO

Según lo que dicta la normativa EHE-08, recogida en el **Real Decreto 1247/2008** por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural, el hormigón empleado variara en función de los siguientes tipos de exposición y corrosiones:

Clase	Subclase	Designación	Tipo proceso	Descripción	Ejemplos
No agresiva		I	Ninguno	Hormigón en masa.	Interiores de edificios.
Normal	Humedad Alta	Ila	Corrosión de tipo diferente a fluoruros	Interiores sometidos a humedades relativas medias altas (>65%) o a condensaciones. Exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. Elementos enterrados o sumergidos	Sótanos no ventilados Cimentaciones Hormigón en cubiertas de edificios.
Normal	Humedad media	Ilb	Corrosión de tipo diferente a fluoruros	Exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción de la lluvia con precipitaciones medias anuales menores a 600mm.	Construcciones exteriores protegidas de la lluvia.

TABLA 6: EXTRACTO DE LA TABLA 8.2.2 DE LA NORMA EHE-08

Clase	Subclase	Designación	Tipo proceso	Descripción	Ejemplos
Con heladas	Sin sales fundentes	H	Hielo - deshielo	Elementos situados en contacto frecuente con agua o zonas con humedad ambiental relativa en invierno mayor de 75%, donde se puedan alcanzar los -5°C al menos una vez durante el año	Construcciones en zonas montañosas
	Con sales fundentes	F	Sales fundentes	Elementos destinados al tránsito de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con temperaturas mínimas medias inferiores a 0°C	Elementos de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña
Erosión		E	Abrasión y cavitación	Elementos sometidos a desgaste superficial. Elementos de estructuras hidráulicas	Diques, pantalanos y obras de defensa litoral.

TABLA 7: EXTRACTO DE LA TABLA 8.2.3 DE LA NORMA EHE-08

Teniendo en cuenta dicha norma EHE-08, en cuyas tablas se encuentra la información básica sobre la elección de hormigones según su uso y localización, se empleara para la losa de cimentación un hormigón **HA-30/B/20/Ila + H** con aditivo hidrófugo.

Esta nomenclatura corresponde con el código de los hormigones **T-R/C/TM/A**, donde:

- T: Tipo de hormigón. (Hormigón Armado, HA)
- R: Resistencia característica del hormigón. (30 N/mm²)
- C: Tipo de consistencia. (B, Blanda)
- TM: Tamaño del árido. ($TM \leq 1,25 * r(\text{recubrimiento})$)
- A: Ambiente. (Ila)
- H: aditivo hidrófugo.

Se empleará un acero estructural tipo **UNE-EN 10080 B 500 S**, con un diámetro de 10 mm en una cantidad de 125 kg/m³, cuya nomenclatura indica:

- UNE-EN 10080: Norma que se le aplica.
- B: Tipo de acero.
- 500: Límite elástico.
- S: Soldable.

A la hora de realizar la cimentación, la distancia máxima entre las barras de acero no será mayor de 30mm para no afectar a la estabilidad de la estructura.

Sera necesario instalar un encofrado para delimitar el área de vertido del hormigón. Para ello se contara con un encofrado perdido de bloques de hormigón de 20cm de espesor y 40cm de altura, que cumple con la norma **UNE-EN 771-3** y un mortero de albañilería de cemento para su unión, con capacidad de resistencia a compresión de 5 N/mm² de acuerdo con la norma **UNE-EN 998-2**. El vertido del hormigón una vez se haya asentado el encofrado se realizara con bomba desde hormigonera, y el acabado superficial se realizara mediante una regla vibrante de 3m.

La geometría final de la losa de cimentación será de 65m de longitud, 24m de ancho y un espesor de 40cm.

8.3 - NAVE DE ALMACENAJE

Se instala en el área de nueva construcción una nave de almacenaje, donde los residuos se almacenarán antes de entrar en el proceso propio de la gasificación. Esta nave se diseña con una capacidad suficiente de residuos como para que el sistema de gasificación mantenga su funcionamiento aunque haya un paro en la planta de tratamiento de residuos.

Las dimensiones de la nave son 20m de profundidad, 15m de ancho y 5 metros de alto, con una cubierta a dos aguas y muros de hormigón armado. EL volumen de la nave es suficiente para garantizar la existencia de combustible en caso de fallo o paro en procesos anteriores, ya que este alcanza los 1500m³, y si se estima un factor de ocupación del 50%, la cantidad de residuo almacenado sería de 375 toneladas.

La nave se sitúa en el extremo más cercano a los depósitos de agua, ya que es el lugar más cercano a la playa de descarga de la zona de triaje, asegurando así un mínimo recorrido de transporte. Al almacenar lo que se considera combustible, la nave contara con los pertinentes sistemas anti incendios, además de ventilación superior y una organización correcta a la hora del almacenamiento de los residuos, dejando una distancia entre pilas de residuos de 1,5 metros. Contará a su vez con dos huecos habilitados para el paso de maquinaria y personas, uno de 5 metros de amplitud y otro de 2.5 metros. Además, en el lateral más próximo al reactor se instalará la trituradora y pelletizadora, que contara con una salida directamente al sistema de alimentación del reactor de gasificación.

El coste de la nave de almacenaje se obtiene a nivel teórico a partir de unos ratios en función del m² proyectado, por lo que es un valor orientativo y no un dato real suministrado por una empresa especializada. Para naves de almacén e industriales de hasta 6 metros de altura, el coste orientativo es de 142,66€ / m², por lo que el total rondaría los 42.000€.

8.4 - MUROS CIRCUNDANTES

Para la protección contra el viento y elementos que puedan ser arrastrados por este, se coloca un muro circundante a la instalación por la cara norte y la cara oeste de la misma. Este muro tendrá una altura de 2m de alto y será realizado del mismo material que la solera, pero con una densidad de acero estructural de 50 kg/m². El encofrado se realiza mediante paneles metálicos modulares.

Se divide en dos partes, la cara norte tendrá una longitud de 24m, 3m de altura y 30cm de espesor. La cara oeste tendrá 3m de altitud, los mismos 30cm de espesor y una longitud de 47 metros.

8.5 - SISTEMA DE GASIFICACIÓN Y DEPURADO

A continuación se expone la maquinaria necesaria que requiere el proceso de gasificación, incluyéndose el depurado del Syngas y la preparación del residuo en un paso previo. Todo el montaje y puesta en marcha es realizado por la empresa suministradora del equipo, Technoholding S.A.

8.5.1 – TRITURADORA Y PELLETIZADORA

Situada en la nave de almacenamiento, esta máquina se encargara de triturar las balas de residuo y fabricar con ellas un pellet, de un tamaño adecuado para que el proceso que se da en el interior del reactor de gasificación se realice de manera óptima y sin la generación extra de residuos. Las dimensiones del pellet serán de 50mm de largo y entre 15 y 18mm de diámetro.

El suministrador de la maquinaria es Rosal S.A, empresa situada en Barcelona dedicada a la tecnología del procesado de biomasa, neumáticos, plásticos, papel, etc. La compra de esta incluye su instalación y puesta en marcha por parte de la empresa suministradora.

Según los datos suministrados por el fabricante, estas son las características básicas de la pelletizadora:

Modelo	PVR-440-2DE
Dimensiones: largo / ancho / diámetro	280 / 300 / 290 (cm)
Capacidad de procesamiento	2.500 kg/h
Potencia del motor	330 kW
Rendimiento	132 kWh/tonelada
Precio del conjunto (llave en mano)	250.000 €

TABLA 8: DATOS TÉCNICOS PELLETIZADORA

8.5.2 - SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Este sistema se instala para dosificar de manera continuada y controlada la cantidad de residuos destinados al tornillo de alimentación del gasificador.

Se compone de una tolva nodriza con tornillos de extracción y una cinta de transporte hasta dicho tornillo. Estos elementos son parte de la instalación proporcionada por la empresa Technoholding, proveedora del sistema de gasificación, y el precio va incluido en el total del equipamiento.

Modelo	CM – 4/500
Longitud total variable (mínimo / máximo)	2 / 4,7 m
Ancho de banda	600 mm
Altura de descarga (mínima / máxima)	1,3 / 2,4
Potencia motor	1,12 kW

TABLA 9: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA CINTA TRANSPORTADORA

8.5.3 - REACTOR DE GASIFICACIÓN

El reactor de gasificación, al igual que los equipos de depuración, es suministrado por Technoholding S.A., distribuidor oficial en España de la tecnología estadounidense CareCo. El reactor posee 2 metros de diámetro, y aproximadamente 12 metros de altura, diseñado para su funcionamiento a intemperie.

La temperatura de operación fluctúa entre los 750°C y los 850°C, dependiendo del porcentaje de humedad que posea el combustible, en este caso los residuos y el interior está revestido por un material refractario para evitar el desgaste por altas temperaturas. Los residuos son inyectados en la parte baja del gasificador, saliendo el Syngas por la parte superior. Es en esta parte superior donde se produce la oxidación completa del gas y de las partículas carbonosas que contiene.

Se cuenta con un lecho de olivina, arena refractaria con características catalizadoras. Gracias a la inyección del aire como agente comburente a través de una placa de fluidificación, este lecho se expande burbujeando (de ahí el nombre de lecho fluido burbujeante). La distribución del aire es homogénea gracias a las toberas con las que cuenta el reactor.

Al haber presencia de sólidos incombustibles, además de la generación propia de cenizas, que ronda el 2%, es necesaria la existencia de un sistema de extracción inferior. Estas cenizas pueden tener diversos fines, ya sea el vertedero o la reciente aplicación en la construcción.

El reactor tiene una gran inercia térmica gracias al material refractario en su interior y al lecho de olivina, de modo que arranques después de 1 o 2 horas de parada se ejecutan en 10 o 15 minutos, mientras que paros de 2 días o más, incluido el arranque en frío, requieren 2 horas. Por otra parte no se recomienda un uso interrumpido del gasificador, ya que los constantes enfriamientos y calentamientos suponen un gran desgaste para el material refractario y podría dañarse, debiendo sustituir el reactor si sucede.

Durante el proceso de arranque, hasta que se llega a la temperatura de operación, el gas que produce no es adecuado para su empleo en los motores, por lo que se instalara una antorcha de combustión a la que se derivara el gas siempre que no sea apropiado para su valorización energética.

Es un quipo silencioso, que no cuenta con partes móviles en su interior y que está equipado con controles de combustión y medidores de presión y temperatura, además de sistemas de seguridad. El funcionamiento es totalmente automático y de reducido mantenimiento.

Gasificador	
Dimensiones: alto / diámetro	12 / 2 (m)
Capacidad de procesamiento	1.500 kg/h
Syngas generado (en operación)	2.500 m ³ /h
Temperatura de operación	750 °C – 850 °C

TABLA 10: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL GASIFICADOR

8.5.3.1 - DETALLE DEL ARRANQUE EN FRIO

La primera puesta en marcha y los otros arranques en frío se realizan siguiendo un programa automático, siendo sus fases:

1. Calentamiento:

Se inyecta aire en el reactor a unos 400°C, mediante un quemador instalado entre el soplante de aire y la placa de fluidificación. Es indiferente si en el reactor hay presencia de residuos (arranque después de paro prolongado) o está vacío (primer arranque), por lo que no es necesario retirar los materiales que pudiera haber en el interior.

Durante esta fase no se alimenta de combustible el gasificador hasta que no se alcance la temperatura de ignición en el lecho fluido.

2. Combustión:

Una vez alcanzada la temperatura de ignición de los residuos en el lecho, se inicia la alimentación de este combustible, acompañado de un incremento del caudal de aire que se inyecta, con el fin de mantener la combustión.

Paulatinamente se va incrementando el caudal de combustible y de aire, hasta que se alcanza la temperatura de gasificación en el interior del reactor.

3. Gasificación:

Una vez se alcanza la temperatura de gasificación (alrededor de 750°C), y manteniendo el caudal de entrada de residuos al reactor constante, se reduce el caudal de entrada de aire a un 30% del estequiométrico correspondiente a la combustión completa.

Se entra a modo gasificación, donde coexisten gases combustibles como el hidrogeno (H_2), el monóxido de carbono (CO), el metano (CH_4) e hidrocarburos pesados entre otros.

4. Operación

Llegados a este punto, el sistema se queda en modo automático, regulando los caudales de entrada tanto de combustible como de aire de acuerdo a la demanda. La monitorización se realiza desde la sala de control y no es necesario la presencia de operarios adicionales.

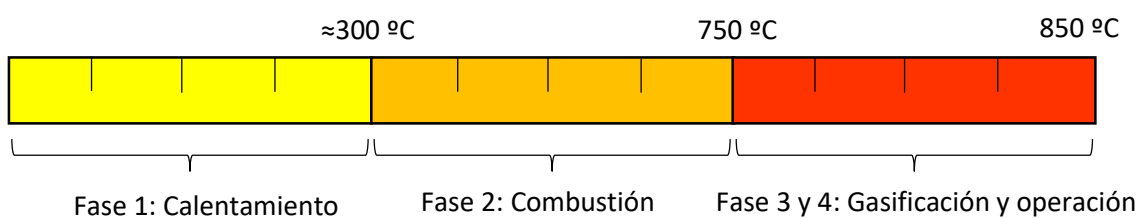


ILUSTRACIÓN 11: TEMPERATURAS DE FUNCIONAMIENTO DEL REACTOR

8.5.3.2 - DETALLE DEL ARRANQUE EN CALIENTE

El arranque en caliente se refiere a paros de corta duración, de hasta 6 horas en función de cada caso, en los cuales el reactor no ha perdido demasiada temperatura. Estas pérdidas rondan los 10°C cada media hora que el reactor está inactivo, y el límite que marca la posibilidad de realizar un arranque “en caliente” lo marca la temperatura de gasificación.

Si durante el paro la temperatura en el interior no ha bajado por debajo de la temperatura de gasificación, indicada en la fase 3, se podrá iniciar el arranque en esta fase 3. Si en cambio ha bajado la temperatura por debajo de ese límite, se iniciara en la fase correspondiente.

8.5.4 - INTERCAMBIADOR DE CALOR

Se instala un intercambiador de calor a la salida del reactor, con el fin de enfriar el Syngas obtenido antes de su paso a través de los elementos de limpieza. Su dimensionado no entra dentro de este proyecto.

El intercambiador de calor podría ser empleado en futuros proyectos o en futuras ampliaciones del presente, para calentar el aire empleado en el proceso de biosecado de la instalación original.

El suministrador es el encargado, como en el resto del equipamiento, de su montaje y puesta en marcha. Este equipo requiere un mantenimiento bajo y no requiere supervisión.

8.5.5 - SEPARADOR CENTRÍFUGO

Se instalan dos separadores centrífugos, también conocidos como ciclón. Esos son los encargados de la limpieza de las partículas secas del gas, mediante un proceso ya descrito, que al no tener partes móviles en su interior, no requieren un elevado mantenimiento. El consumo energético se produce en el ventilador instalado para la conducción de las partículas hasta el depósito de almacenaje. El montaje y puesta en marcha lo realiza el proveedor de los sistemas.

Cada uno de estos ciclones a instalar tendrán un diámetro máximo de 34 cm, y las partículas recogidas se llevaran hasta el depósito, a la espera de ser recogidas por un gestor especializado. En la siguiente imagen se aprecia una representación de un ciclón como los que se van a instalar, donde aparecen los diferentes parámetros esenciales. En el montaje real del proyecto, a la salida de las partículas, estas vierten en un canal conjunto donde serán transportadas hasta su punto de almacenaje.

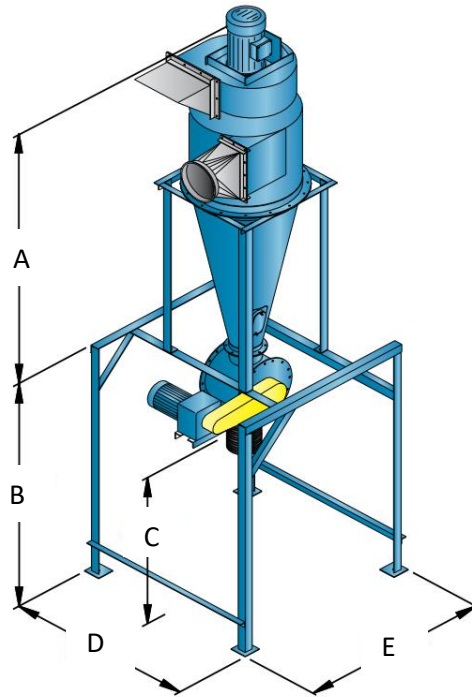


ILUSTRACIÓN 12: EJEMPLO DE CICLÓN A INSTALAR

Nederman C - 2005 R			
A	161 cm	Diámetro superior	34 cm
B	112 cm	Diámetro interior	11 cm
C	76 cm	Motor del ventilador	5 hp / 3,73 kW
D	87,5 cm	Peso total	475 kg
E	87,5 cm	Volumen ocupado	2 m ³

TABLA 11: CARACTERÍSTICAS DEL CICLÓN (UNIDAD)

8.5.6 - PRECIPITADOR ELECTROSTÁTICO HÚMEDO (PEH)

A continuación del separador centrífugo se instala un precipitador electrostático húmedo, encargado de filtrar las partículas contaminantes submilimétricas que no puede extraer el ciclón. La unidad instalada se caracteriza por una buena relación coste/beneficio, gracias a:

- Un juego de transformadores que maximiza el campo eléctrico y reduce el consumo energético.
- El enfriamiento externo de los electrodos, que reduce el consumo de agua durante la operación.
- Electrodo con formato único, que facilita su mantenimiento y ajuste, y reduce su tamaño y coste de unidad.

Este sistema de depuración es instalado junto con un depurador tipo Venturi, que entra dentro de los depuradores húmedos. La eficiencia conjunta de ambos equipos se estima entre el 90 y 95%, siendo la eficiencia del depurador Venturi menor que la del PEH. El equipo pertenece a la empresa Babcock & Wilcox MEGTEC.

8.5.7 - SOPLANTES

A lo largo del proceso se instalan varios soplantes para asegurar el flujo de los diferentes elementos. Son de vital importancia para la inyección de aire en el reactor de gasificación y para facilitar el flujo del Syngas una vez este sale del mismo. Este último se instala a la salida del reactor, después del proceso de enfriamiento, asegurando que en el reactor se trabaja con presiones negativas. Al final de la instalación, antes de los motores de cogeneración, se instalara otro, asegurando el flujo se Syngas por todos los elementos.

Son equipos centrífugos diseñados para operar tanto en interiores como al aire libre gracias a la protección IP 55, cuentan con la posibilidad de instalar diferentes adaptadores para las bocas de entrada y salida, en función del diámetro de las conducciones a las que estén conectados. También poseen un sistema de amortiguación para evitar transmitir las vibraciones al resto del equipo.

Fabricados por la empresa Nederman S.A. y suministrados por Technoholding S.A., serán instalados y puestos en marcha junto con el resto del equipamiento.

Modelo: NCF 120/15 R			
Voltaje	230/400 V	Amperaje	24/13,8 A
Potencia	7,5 kW	Nivel acústico	85 dB (A) máx.
Diámetro entrada	200 mm	Diámetro salida	200 mm
Altura máxima	400 mm	Longitud máxima	400 mm
Amplitud máxima	340 mm	Peso	46 kg

TABLA 12: CARACTERÍSTICAS DE LOS SOPLANTES

8.5.8 - CONDUCCIONES

Las conducciones entre los diferentes equipos, desde la generación del Syngas hasta los motores de cogeneración, incluyendo todos los sistemas de depuración y conducciones de impurezas o aguas que intervienen en el proceso, se realizan empleando tuberías de acero inoxidable AISI-SAE 316L, de diferentes diámetros y longitudes en función del uso, con espesores de hasta 1 cm pintadas de diferente color con resinas epoxi o termo revestidos, para diferenciarlos fácilmente. Esta diferenciación es vital porque se trabaja con elementos peligrosos y no peligrosos, así que se diferenciara los conductos de gases de los conductos de aguas e impurezas.

A efectos de la diferenciación de cada sistema de tuberías, la conducción de Syngas tendrá un revestimiento de resina epoxi color amarillo, la conducción de aguas tendrá un mismo recubrimiento, de color azul, y la de cenizas no tendrá recubrimiento.

Los diámetros instalados varían entre los 10 y los 13 cm, dependiendo el punto del proceso en el cual están instalados. Como excepción se instala una tubería de seguridad a la salida del precipitador electrostático de 4 cm de diámetro.

Diámetro (DN)	13 cm	10 cm	4 cm
Longitud total tramos	10 m	6,60 m	1,63 m

TABLA 13: METROS DE CONDUCCIONES A INSTALAR

8.5.9 - BOMBAS

Ciertos equipos requieren un sistema de abastecimiento de agua, como el intercambiador de calor o el precipitador electrostático húmedo, por lo que es necesario instalar bombas capaces de suministrar a dichos equipos el agua necesaria.

Será necesario instalar tres bombas, una para el abastecimiento del intercambiador de calor y dos para el sistema de depuración y suministro del precipitador electrostático húmedo.

El equipo seleccionado son unas bombas centrifugas monobloque normalizadas según la normativa **UNE-EN 733**, que cuentan con una protección IP 55 por lo que son aptas para su uso a intemperie. Fabricadas por SAER Electrobombas y suministradas junto al resto del equipo por Technoholding S.A.

Modelo: IR32 – 125 A			
Potencia	1,5 kW	Caudal máx.	400 m ³ /h
RPM	1.450 – 2.900	Temperatura fluido	-15 °C / +120 °C
Diámetro entrada	150 mm	Diámetro salida	150 mm
Peso	29 kg	Altura agua máx.	25,4 m

TABLA 14: CARACTERÍSTICAS BOMBAS DE AGUA

8.6 - ANTORCHA

Siempre que el gas obtenido no sea apropiado para ser llevado a los motores de cogeneración, o se tenga un excedente de gas y los motores instalados no puedan admitirlo, este será llevado a la antorcha, donde será quemado y liberado a la atmósfera. El lugar donde ira instalada es al final del proceso, siguiendo un recorrido lineal del gas a través de la nueva instalación.

La antorcha que se instala está preparada para operar con gases provenientes de residuos, como el biogás generado en vertederos, por ello, el quemador está preparado para trabajar con diferentes caudales, y diferente composición de gases y se asegura la presencia de llama en condiciones extremas de fuertes vientos y/o lluvia. Además, contara con un microprocesador programable que proporciona información sobre parámetros de regulación y de control, y que permite el control remoto de la misma y un sistema de alarmas que detectan anomalías en el proceso.

Consta de un quemador cerámico, en el que se asegura una temperatura mayor de 900°C y un tiempo de retención de entre 0,7 y 1,8 segundos, lo que asegura la nula emisión a la atmósfera de elementos contaminantes que hubiesen podido quedar en el gas tras el proceso de limpieza. Su dimensionamiento corresponde a que será capaz de quemar la totalidad del Syngas generado en caso de fallo en los motores de generación.

El conjunto del equipo se suministra en una estructura metálica para ser fijada al suelo, con tirantes de estabilización.

Este equipo incluye los siguientes complementos:

- Un control del caudal mediante variadores electrónicos en función de la producción
- Equipo de medida de la temperatura y presión del gas a la entrada
- Sonda UV para el control de la llama
- Sistema de análisis continuo (CH₄, O₂, CO₂...)
- Aislamiento de antorcha
- Sistema de control externo
- Gasómetro

Suministrada y fabricada por EMISON, empresa con sede en Barcelona, que se encarga del montaje de la misma y de la puesta en marcha. Se asegura el cumplimiento de diferentes normativas de seguridad, como la norma ATEX ante riesgo de explosiones, o las normas ISO 9613 e ISO 9614 sobre niveles sonoros.

Modelo: EMISON AT 2500			
Caudal máx.	2.000– 2.700 m ³ /h	Temperatura	> 900 °C
Presión mínima gas	50 mm C.A.	Diámetro tubo	250 mm
Tiempo de retención	0,7 – 1,8 seg	Eficiencia destrucción	98 %
Altura	10 m	Diámetro exterior	2 m

TABLA 15: CARACTERÍSTICAS ANTORCHA

8.7 - MÓDULO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Se decide instalar un sistema de generación eléctrica para el aprovechamiento del Syngas utilizando motores de combustión interna. Estos van en módulos containerizados, que contienen tanto el motor como el control, el generador síncrono, los interruptores y el sistema de distribución de energía térmica.

Se instalan 2 módulos JGC 320 GS-S.LC de la compañía GE Jenbacher, capaces de generar cada uno 767 kW eléctricos (100% rendimiento). Estos módulos están preparados para funcionar con gases especiales, como el que se genera en el reactor de gasificación. Para cubrir la totalidad de la producción de Syngas, estos 2 motores deberán funcionar a un 75% de rendimiento, que en términos de energía eléctrica supondría la generación de 1148kW/h. El hecho de instalar dos módulos dota al sistema de flexibilidad a la hora de realizar paros por mantenimiento en alguno de los dos equipos, ya que el otro podría seguir funcionando y el caudal sobrante iría destinado a la antorcha.

A continuación se muestra un resumen de las características de cada módulo instalado. Esta información aparece ampliada en el anexo Nº2 "Motor de cogeneración", donde se pueden encontrar todas las características del equipo.

Modelo: JGC 320 GS-S.LC			
Generalidades:			
Caudal de gas*	1.066 m ³ /h	Potencia eléctrica*	574 kW elect.
Longitud	12.192 mm	Anchura	3.000 mm
Altura	2.670 mm	Peso	30.000 kg
Motor:			
Funcionamiento	4 tiempos	Cilindros	20
Cilindrada	48 l	Potencia arrancador	7 kW
Temp. Gases escape	≈ 450	Presión acústica máx.	96 dB (A)
Alternador:			
Potencia	1.268 kVA	Potencia efectiva nom.	767 kW
Frecuencia	50 Hz	Voltaje	400 V
Rendimiento	96%	Corriente cortocircuito	15,76 kA

*Datos referentes a un rendimiento del 75%

TABLA 16: CARACTERÍSTICAS MÓDULO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

El modulo contiene por tanto un motor de cogeneración y un generador síncrono de baja tensión, dentro de un contenedor con sistemas de prevención de vibraciones y contaminaciones acústicas. Se incluyen diferentes sensores, actuadores y componentes necesarios para la monitorización y seguridad del proceso.

8.7.1 - SISTEMAS DE SEGURIDAD INTEGRADOS

El modulo viene equipado con sistemas de prevención de riesgos, tanto eléctricos como derivados del uso de un gas combustible, que se detallan a continuación.

8.7.1.1 - ELÉCTRICOS (1): ARMARIOS DE CONTROL

Los armarios de control consisten en armarios de chapa de acero, totalmente cerrados, con puerta delantera con juntas de goma, cableado hasta listones de bornes, listos para el servicio. Cuentan con una rejilla en la parte inferior para ventilación natural.

El nivel de protección es IP 42 en el exterior, e IP 20 en el interior, para evitar el contacto con elementos que se encuentren bajo tensión.

8.7.1.2 - ELÉCTRICOS (2): DESACOPLE DE RED

En caso de fallo de la red de generación, se requiere un desacople rápido para evitar dañar los componentes a los que se les suministra energía. Para lograrlo, se requieren las siguientes señales:

- Control de tensión: Dos parámetros de disparo por mínima y máxima tensión c/u.
- Control de frecuencia: Dos parámetros de disparo por mínima y máxima frecuencia c/u.
- Retardos de disparo por tensión y frecuencia ajustable en forma independiente.
- Control de micro-cortes mediante salto de vector o control df/dt para garantizar tiempos de actuación rápidos.

Estos parámetros se controlan a partir de la siguiente tabla, que establece los tiempos máximos que debe tardarse en desconectar de la red:

Parámetro	Limite	Tiempo máximo de retardo
Frecuencia	$f < 47,5 \text{ Hz}$	0,1 s
	$f > 51,5 \text{ Hz}$	0,1 s
Tensión	$V < 80\% V_n \text{ (V)}$	1 s
	$V < 75\% V_n \text{ (V)}$	0,2 s
	$V > 108\% V_n \text{ (V)}$	60 s
	$V > 115\% V_n \text{ (V)}$	0,1 s

TABLA 17: PARÁMETROS DE CONTROL DE FALLOS ELÉCTRICOS

8.7.1.3 - ELÉCTRICOS (3): CELDA DEL GENERADOR DE BAJA TENSIÓN

Se trata de un armario donde están las protecciones dimensionadas para cada unidad de generación, conectadas entre esta unidad y la red a la que abastece. Esta celda o armario cuenta con los siguientes equipos:

- **1 Interruptor automático:**

Elemento de montaje fijo con accionamiento por motor. Este dispositivo electrónico de disparo integrado consiste en un disparador fuertemente retardado ajustable para la protección de sobrecarga y un disparador selectivo ajustable para la protección ante cortocircuito. También posee un disparador de mínima tensión. Estos dispositivos se ajustan a los siguientes parámetros:

Tiempo de establecimiento:	< 70 ms
Tiempo de corte:	< 60 ms
Corriente de cortocircuito máxima admisible:	65 kA
Poder de corte I_{CU} , I_{CS} :	65 / 50 kA
Poder de cierre I_{CM} :	143 / 105 kA
Corriente de corta duración admisible I_{CW} (1s):	65 kA

- **3 transformadores de intensidad 1600 A / 1 A**, conectados a bornes.
- **1 sistema de barras de cobre tetrapolar** para conexionado de cables (L1, L2, L3, PE + N).
- **Regleta de bornes para cables de mando.**
- **Ventilador accionado por termostato**
- **Dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias** ($U_{p\ max} = 2,5\ kV$).

8.7.1.4 - GASES (1): DETECTOR DE GASES

El detector de gases controla continuamente el aire de la zona donde están instalados los equipos y avisa de concentraciones de gas explosivas o perjudiciales para la salud.

Los cabezales medidores, dos sensores catalíticos, se sitúan uno a nivel de suelo y otro a una cierta altura, para detectar los gases independientemente de su densidad.

Se suministra un sistema de alarma y dos detectores.

8.7.1.5 - GASES (2): DETECTOR DE HUMOS

El detector de humos se caracteriza, junto con detectores ópticos, situados en los armarios de control, y detectores térmicos, situados junto al motor, por una detección temprana de un posible incendio.

El equipo suministrado consta de un detector de humos, montado sobre soporte de plástico, un detector óptico, un detector térmico y un sistema de alarma, tanto óptico como sonoro.

8.7.2 - SUMINISTRO POR PARTE DEL PROVEEDOR

El suministro tras la compra por parte de Jenbacher incluye los siguientes puntos (por modulo):

- Grupo motor – alternador.
- Contenedor insonorizado para alojamiento de motor, alternador, cuadros eléctricos y sistema de ventilación.
- Sistema de encendido.
- Sistema de admisión y formación de la mezcla aire / gas.
- Sistema de arranque eléctrico (baterías y cargador de baterías).
- Sistema de refrigeración (camisas, aceite e intercooler) con intercambiadores de calor montados y conectados y aerofriador para disipar el calor del circuito de refrigeración.
- Suministro de todos los flexibles para conexiones a fluidos (escape, agua, gas, etc.).
- Sistema de lubricación por aceite, incluyendo depósitos y bomba de recirculación de aceite.
- Silenciador de gases de escape para un nivel sonoro residual de 65 dBA @ 10 m.
- Sistema de control, regulación, protección y sincronismo del grupo, incluyendo cables de control e interruptor eléctrico del grupo (DYG) para su conexión con el resto de la instalación.
- Pruebas en fábrica (banco de pruebas).
- Transporte sobre camión (s/ Incoterms 2010) y seguro de transporte.
- Documentación técnica en castellano (esquemas, planos, manuales de operación, etc.).
- Sistema de combustible formado por rampa de gas especial, dimensionada para las características del gas, suministrada suelta (instalación por terceros); en el exterior del contenedor.
- Sistemas propios de gas especial (encendido redundante, barrido de N2, etc).

8.7.2.1 - SISTEMA DE VENTILACIÓN

El sistema de ventilación se encarga de suministrar a los motores el aire necesario para la combustión correcta, así como de la ventilación del interior de la sala donde se encuentra el motor (dentro del contenedor) para evacuar el calor irradiado por los motores. Por tanto, se diferencia claramente en dos partes:

- **Sistema de entrada de aire:**
Se trata de un ventilador que aspira aire desde el exterior a través de una celosía y un filtro, y lo conduce al motor. Se activa automáticamente cuando arranca el sistema de generación.
- **Sistema de salida de aire:**
Grupo de rejillas que comunican el contenedor con el exterior, disipando el calor que pueda haber dentro del mismo. Se abren cuando en la sala se alcanza la temperatura de activación del termostato de control.

8.7.2.2 - SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El calor que se produce en el proceso debe ser evacuado si no hay posibilidad de aprovecharlo en el proceso. Los elementos que acumulan calor son el agua de las camisas, el aceite y el intercooler, y se refrigeran mediante aerorefrigeradores de circuito cerrado, instalados en el exterior del contenedor.

El sistema está diseñado para operar con temperaturas ambiente de hasta 35°C, y está compuesto de:

- Intercambiador de placas.
- Aerorefrigerador.
- Control eléctrico.
- Depósito de dilatación.

8.7.2.3 - CONTAINER

El container es el elemento estructural básico de los módulos de generación. Este contiene todos los elementos (salvo los disipadores de calor) en su interior, siendo su estructura un almacén formado por el bastidor principal y el tejado, soldados en columnas. Su solidez permite que el tejado sea transitable para labores de mantenimiento. Existen diferentes puertas de acceso a las salas del contenedor (sala de motores y sala de distribución). Estas puertas se pueden abrir desde el interior como puertas de emergencia en la dirección de la ruta de escape, y están debidamente señalizadas.

El nivel de insonorización es elevado, consiguiéndose una presión acústica de 65 dB a 10 m de distancia, gracias a unas planchas de lana mineral cubiertas de una chapa agujereada.

- **Sala de motores:**
Como el nombre indica, en esta sala ira ubicado el motor de cogeneración. El suelo está construido con chapa de acero formando una bandeja estanca, siendo su capacidad la suficiente como para contener un derrame de aceite desde el sistema
Las líneas de cables y gas van montadas en carriles suspendidos del techo.
Existen las debidas aberturas para las entradas del agua, el gas, el aire, etc.
- **Sala de distribución:**
Provista en toda su superficie de un revestimiento plástico con el objetivo de aislarla del contenedor, la sala de distribución cuenta con un sistema de ventilación propio y varias aberturas para el paso del cableado.

8.8 - SISTEMA ANTI INCENDIOS

De acuerdo con la normativa actual sobre sistemas de protección contra incendios, se procede al dimensionamiento de un sistema seguro de protección para la nueva instalación.

En cuanto a la nave de almacenaje se trata de un edificio de clase C, ocupando completamente un edificio y estando a una distancia mayor de 3 metros del edificio más próximo. La carga de fuego que soporta se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_s = \frac{\sum_i G_i * q_i * C_i}{A} * R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

Donde:

Q_s = Densidad de carga de fuego.

G_i = Masa (en kg) de cada uno de los combustibles del área. (50.000 kg)

q_i = Poder calorífico del combustible situado en el área. (22MJ / kg)

C_i = Coeficiente de peligrosidad del combustible. (1,3)

R_a = Coeficiente de peligrosidad de la actividad industrial desarrollada. (1)

A = Superficie construida. (300 m²)

Se obtiene por tanto un valor de $Q_s = 4008,33 \text{ MJ/m}^2$.

Que comparándolo con la tabla de niveles de riesgo intrínseco en función de la carga de fuego, nos da un nivel **Alto 6**.

Nivel de riesgo		Densidad carga de fuego
		MJ / m ²
Bajo	1	$Q_s < 425$
	2	$425 < Q_s < 850$
Medio	3	$850 < Q_s < 1275$
	4	$1275 < Q_s < 1700$
	5	$1700 < Q_s < 3400$
Alto	6	$3400 < Q_s < 6800$
	7	$6800 < Q_s < 13600$
	8	$13600 < Q_s$

TABLA 18: TABLA DE NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO

Se tiene por tanto un edificio tipo C con un nivel de riesgo alto, 6. Estos son los parámetros a partir de los cuales se calculan los elementos de protección activa y pasiva en caso de incendio.

Para un edificio de esa clase, con ese nivel de riesgo, la superficie máxima permitida de construcción es de 3.000 m² y la nave proyectada ocupa una superficie de 300 m², cumpliendo por tanto la normativa.

En cuanto a la protección pasiva, estos son los elementos proyectados acorde a la normativa:

- La nave debe tener dos salidas, siendo la distancia desde cualquier punto de la edificación hasta una de estas menor a 25 m.
- La distancia entre las pilas de combustible almacenado deberá de ser al menos 1,5 m.
- Al menos un acceso, el principal, deberá tener un ancho de 4,5 m como mínimo.
- Pese a no ser obligatorio, dado el tipo de combustible almacenado, se dota a la nave de ventilación superior a través de celosías.
- Se instalan 4 sistemas de alarma automáticos, detectores ópticos de humos.
- También se instalan dos sistemas de alarma manual, situados junto a las puertas de acceso.
- Por último, señales acústicas y luminosas, dos de cada tipo, que se instalaran una en el interior de la nave y una en el exterior, en un lugar visible.

En el exterior, la instalación suministrada ya cuenta con sistemas de detección de humos y gases y su correspondiente sistema de alarma, por lo que no se incluyen en este apartado.

Como medidas de protección activa, se instalaran en el interior de la nave:

- 9 rociadores automáticos que se activaran en caso de detección de humo.
- 2 extintores de espuma, con una capacidad de 6 kg con eficacia de 34 A, situados también en la proximidad de los accesos.
- Un equipo de bombeo necesario para abastecer de agua a los rociadores.

En este caso sí que será necesario la instalación de elementos de protección activa en el exterior de la nave, en la zona de operación del gasificador y los motores de cogeneración. Estos serán:

- 2 hidrantes, cada uno con un rango operativo de 40 m, con un caudal de 2.500 l/min.
- 2 bocas de incendio equipadas (BIE), de un diámetro nominal de 45 mm y manguera flexible plana
- 6 extintores con las mismas características que los del interior de la nave. La espuma ha sido elegida para poder operar ante casos de incendio en la zona de generación de energía eléctrica.

La autonomía de estos equipos no es un problema dado que la instalación se sitúa colindante a los depósitos de agua y bombas anti incendio, por lo que recibirá la presión y caudal necesario.

La canalización del agua hasta los diferentes elementos de protección se realiza mediante tuberías de PVC, de diámetro nominal de 200mm las conducciones subterráneas (BIE y hidrantes) y 50mm de diámetro nominal las destinadas a los rociadores.

En el plano Nº 5, "Distribución del sistema anti incendio", se aprecia la distribución de los elementos citados.

8.9 - SISTEMA ELÉCTRICO

La nueva instalación contará por tanto de dos motores de combustión interna, de 574 kW eléctricos cada uno, generando energía eléctrica a 400V. Este sistema se conectará a la red ya existente a través de las protecciones pertinentes para el autoconsumo, y la energía sobrante será integrada a la red de distribución estatal a través de un transformador, el cual ya es propiedad de la empresa y está debidamente instalado.

Como se observa en la siguiente imagen, extraída del plano N° 8 “Esquema eléctrico global”, la potencia instalada en la planta es de 2.000 kW, pero los motores son capaces de generar, a máximo rendimiento, 1.534 kW entre los dos. Esta decisión de diseño responde a que en ningún momento, la totalidad de los equipos de la planta entran en funcionamiento de manera simultánea, ya que hay un proceso que debe llevarse a cabo etapa a etapa. Como se verá en apartados posteriores, la generación de entre 1.184 kW y 1.532 kW es suficiente para cubrir la demanda energética de la planta. Si en un momento puntual hiciese falta más energía, al estar la planta conectada a la red eléctrica nacional, se podría abastecer de esta. Se recomienda consultar el anexo N°4 “Consumo energético de la planta” y el anexo N°5 “Dimensionado del sistema de gasificación y generación eléctrica”.

También es necesaria la instalación de un contador bidireccional a la salida del trafo, para contabilizar tanto la energía consumida como la vertida a la red.

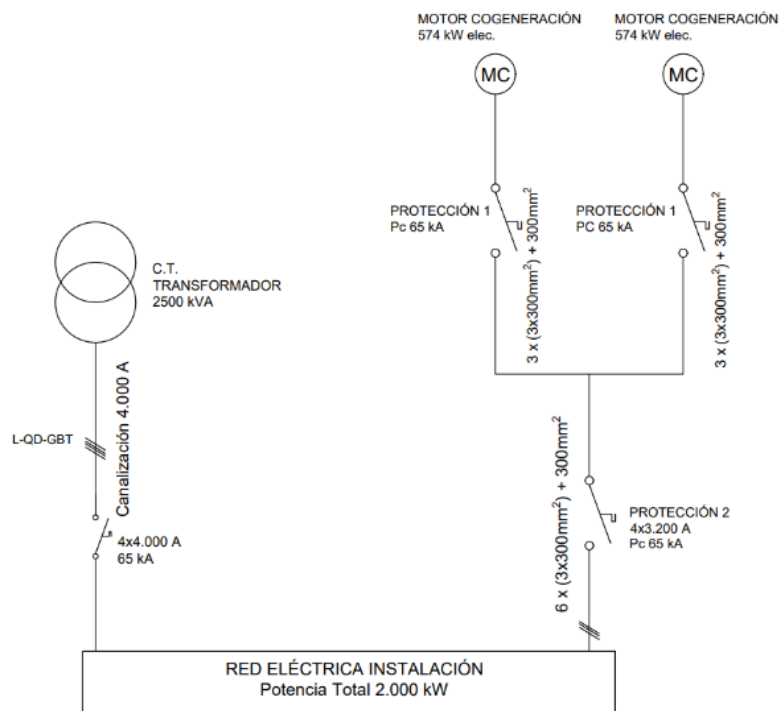


ILUSTRACIÓN 13: ESQUEMA GENERAL DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

8.9.1 - LÍNEA ELÉCTRICA A LA SALIDA DE LOS GENERADORES

La generación de energía se realiza en baja tensión (400 V), y se deberá realizar una conexión entre esta y la red eléctrica actual para suministrar dicha energía a la planta, empleando líneas trifásicas. Los criterios para el dimensionado de estas líneas son el criterio de máxima intensidad admisible y el criterio de caída de tensión máxima.

Los elementos a instalar son los que aparecen en las siguientes tablas, teniendo en cuenta que habrá que instalar dos conducciones (Línea 1 y 2) para las salidas de cada generador y otra conducción (Línea 3) donde las anteriores se han unido, la cual soportara más intensidad. Los cálculos justificativos se detallan en el anexo N^o3 “Dimensionado de líneas eléctricas y protecciones”.

Intensidad base	Intensidad corregida	Conducción seleccionada	I unitaria admisible	I máxima admisible
1.107,07 A	1.383,83 A	Cable unipolar 3x(3x300 mm ²)	640 A	1.920 A

TABLA 19: DIMENSIONADO LÍNEA 1 Y LÍNEA 2

Intensidad base	Intensidad corregida	Conducción seleccionada	I unitaria admisible	I máxima admisible
2.214,14 A	2.767,67 A	Cable unipolar 6x(3x300 mm ²)	640 A	3.840 A

TABLA 20: DIMENSIONADO LÍNEA 3

8.9.1.1 - PROTECCIONES ADICIONALES

Además de las protecciones que vienen integradas con el motor, se instala un interruptor automático Legrand DMX³-H3200 situado en la unión de las líneas 1 y 2 con la línea 3.

Dicho interruptor automático consta de las siguientes características:

- Intensidad nominal (I_N) = 3.200A.
- Poder de corte = 65 kA.

8.9.1.2 - PUESTA A TIERRA DE LOS GENERADORES

De acuerdo a la **ITC-BT 40**, “En las instalaciones de este tipo (generadoras de baja tensión) se realizara la puesta a tierra del neutro del generador y de las masas de la instalación de acuerdo a los sistemas recogidos en la **ITC-BT 08**”.

El grupo generador tendrá un esquema de puesta a tierra TN-CS, donde las funciones de neutro y protección están combinadas en un solo conductor en una parte del esquema, como el de la siguiente imagen, extraída de la ITC-BT 08.

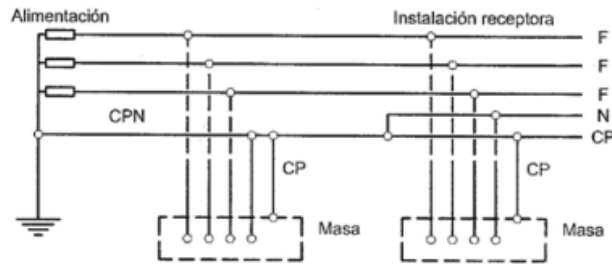


ILUSTRACIÓN 14: ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN TN-CS

8.9.2 - LÍNEA ELÉCTRICA DE ALIMENTACIÓN DE LOS NUEVOS EQUIPOS

Todos los equipos se alimentan a baja tensión (400 V), y se dimensiona sus conductores cumpliendo con los criterios empleados en el apartado 8.9.1. Los cálculos justificativos se pueden encontrar en el anexo N°3 “Dimensionado de líneas eléctricas y protecciones”.

A continuación se muestra una tabla con los conductores escogidos para abastecer a cada equipo.

Equipo	Potencia	Intensidad	Conductor	Intensidad máxima admisible
	kW	A		A
Trituradora / pelletizadora	330	476,31	3x300 mm ² + 150 mm ²	547
Alimentación	1,12	1,16	3x1,5 mm ² + 1,5 mm ²	16
Soplante ciclón	3,728	5,38	3x1,5 mm ² + 1,5 mm ²	16
PEH	2	2,88	3x1,5 mm ² + 1,5 mm ²	16
Soplantes Syngas	3 x 7,5	32,47	3x 6 mm ² + 6 mm ²	37
Bombas agua	2 x 1,5	4,33	3x1,5 mm ² + 1,5 mm ²	16

TABLA 21: DIMENSIONADO DE CONDUCTORES A NUEVOS EQUIPOS

9 - RESULTADOS ESPERADOS

Se exponen en este apartado los resultados esperados de la aplicación de este proyecto, en términos de generación de energía y de reducción de vertido de residuos.

9.1 – GENERACIÓN DE ENERGÍA

La generación de energía debe ser la suficiente como para cubrir la demanda energética de la planta en cada momento. Para analizar los resultados, se deberá conocer cuál es el consumo que se tiene, y para ello se analizarán las curvas horarias de consumo energético (ampliación en anexo N° 4 “Consumo energético en la planta”).

Tomándose como referencia dos días de verano (9 y 10 de agosto) y dos días de invierno (12 y 13 de diciembre) del año 2017, se pretende arrojar una visión general del consumo en la planta, teniendo en cuenta la estacionalidad de la generación de residuos por parte de la población. Los datos de dichas fechas se presentan de manera visual en la gráfica siguiente, pero es recomendable consultar el anexo antes citado para ampliar la información al respecto.

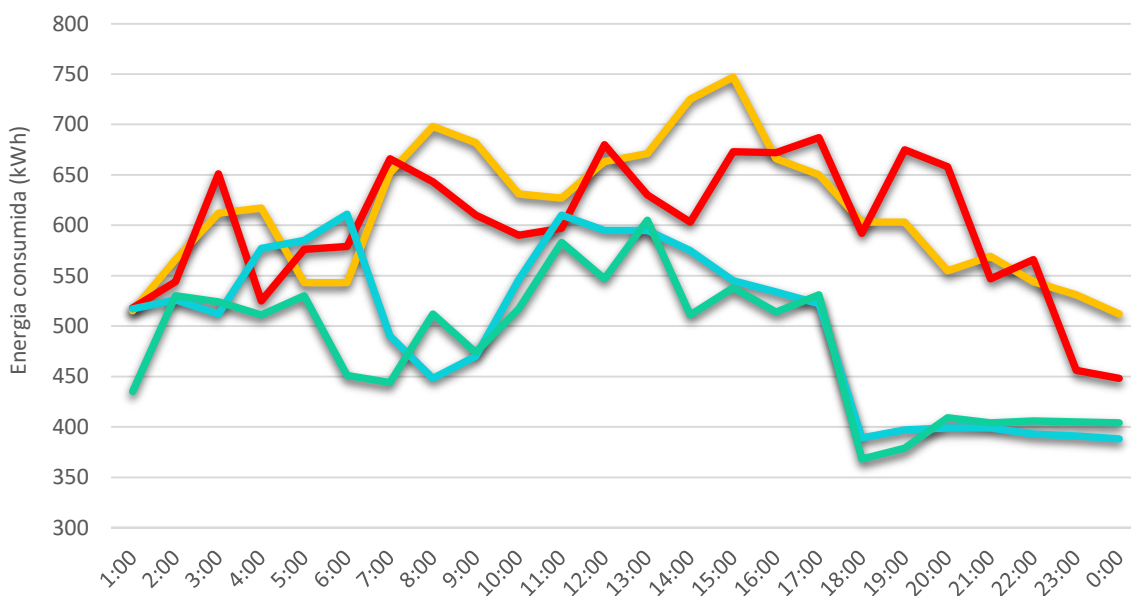


ILUSTRACIÓN 15: GRAFICO DE CONSUMO ENERGÉTICO HORARIO

Se aprecia claramente como durante los meses de verano (colores cálidos), la instalación requiere más energía para lograr su funcionamiento, al recibir mayor cantidad de residuos y por tanto tener que operar a un mayor rendimiento. En cambio, en los meses de invierno (colores fríos) la cantidad de energía necesaria es mucho menor por lo general. Pese a ello, en ningún momento se sobrepasan los 1.148 kWh que se generaría en la instalación proyectada, funcionando esta a un rendimiento del 75%.

Teniendo esto en cuenta, y suponiendo que el sistema de gasificación y generación energética funciona 24 horas al día, se generaría una gran cantidad de energía excedente, que sería vertida a la red eléctrica cambio de una compensación económica, hay que decirlo, no muy elevada.

Comparando la previsión de generación energética con los datos de facturación mensual por parte de la compañía suministradora en 2017, los excedentes energéticos supondrían más del 50% de la generación, llegando a un 60% en los meses invernales. Por ejemplo, en el mes de enero, el excedente energético diario hubiese sido de 17.957,71 kWh y en el mes de agosto, este hubiese sido de 14.436,07 kWh.

El ahorro en energía es notable, ya que las partidas presupuestarias para gastos energéticos rondan los 400.000 € anuales en la empresa.

Por otra parte, la remuneración por vertido a la red energética supondría una obtención de beneficios más que importante. El precio de la energía es volátil, está siempre en constante cambio, pero se toma como referencia una tabla de precios, por periodo horario, de venta de energía para calcular los beneficios que se obtendrían.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
€/ kWh	0,026674	0,019921	0,010615	0,005283	0,003411	0,002137

Tabla 22: Precios de venta de energía eléctrica

Para realizar una estimación de los beneficios de esta venta, se toma como referencia el excedente energético que hubiese habido en el año 2017. Esta energía sobrante hubiese sido de media 15.857,926 kWh/día, que multiplicando por el promedio de precios de la Tabla 21 y por el número de días del mismo año, arroja un beneficio anual de 65.638,51€.

Por otra parte, menos residuos son llevados al vertedero, por lo que se deben realizar menos transportes al mismo, hecho que también implica ahorro en costes. A través de unos baremos que estiman el gasto que conlleva el transporte de mercancías, que incluye costes de mantenimiento de la flota y combustible, se estima que el ahorro en este concepto ronde los 40.000 €

Los cálculos son sobre el año 2017, del cual se tiene todos los datos de consumo y mediante una estimación de generación (75% rendimiento de los motores sin incidencias que detengan su funcionamiento), por lo que son simplemente orientativos. Aun así, supondría un ahorro de toda la partida presupuestaria de la empresa destinada a adquirir energía y al transporte al vertedero de los residuos, además de una obtención de beneficio por venta de energía, dando un beneficio final de unos 500.000€ anuales.

9.2 - VIDA DEL VERTEDERO

Del mismo modo que la reducción de costes que supone llevar menos residuos al vertedero, este hecho también prolonga la vida útil del mismo.

Originalmente proyectado para una duración de unos 15 años (la duración de la concesión por parte de la administración), tras los cambios en la cantidad de residuo que esta instalación percibe, se prevee que su colmatación (a expensas de otro cambio en dichas cantidades) se produzca dentro de unos 7 años, tres años antes de lo proyectado. Este hecho sumado a las cada vez más restrictivas normativas europeas, hace imprescindible la búsqueda de alternativas al vertedero como fin último de los residuos.

Este proyecto se presenta como una de ellas, prolongando su vida útil en 5 años más a partir de esta fecha, lo que vendrían a ser 17 años desde su edificación (2 más que los proyectados) y se reduciría a un 20,25% la cantidad de residuos que tienen como destino el vertedero. En la siguiente tabla se aprecia en que momento está prevista la colmatación de la instalación en función de la cantidad de residuos que percibe.

“Original” hace referencia al estado inicial del proyecto, con su fecha prevista de colmatación en el año 2026. “Realidad” hace referencia a la cantidad de residuos a partir de la llegada de la planta de Reciplasa, produciéndose el fin de su vida útil en 2023 y “Previsión”, al posible futuro con la aplicación del presente proyecto, prolongando su utilidad hasta 2029.

	Original	Realidad	Previsión
2015	255500,00	284700,00	284700,00
2016	306600,00	350400,00	324120,00
2017	357700,00	416100,00	363540,00
2018	408800,00	481800,00	402960,00
2019	459900,00	547500,00	442380,00
2020	511000,00	613200,00	481800,00
2021	562100,00	678900,00	521220,00
2022	613200,00	744600,00	560640,00
2023	664300,00	810300,00	600060,00
2024	715400,00	876000,00	639480,00
2025	766500,00	941700,00	678900,00
2026	817600,00	1007400,00	718320,00
2027	868700,00	1073100,00	757740,00
2028	919800,00	1138800,00	797160,00
2029	970900,00	1204500,00	836580,00
2030	1022000,00	1270200,00	876000,00

TABLA 23: ESTIMACIÓN VIDA DEL VERTEDERO

Prolongando su vida se asegura finalizar la concesión pública con el vertedero aún operativo, y reduciendo a 20% el porcentaje de residuos que son destinados a él se cumple con la normativa europea hasta el año 2035. En un futuro se podría ampliar la instalación para seguir reduciendo este porcentaje más si cabe.

10 - RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Para los cálculos del presupuesto, se aplican los márgenes de beneficio a las partidas presupuestarias excepto a los productos comprados directamente al proveedor, que ya las incluyen. En la Tabla 23 se puede observar el coste de cada concepto de la instalación, y en la Tabla 24 aparece el cálculo del presupuesto final que supondrá la instalación.

Nº	Concepto	Importe (€)
1	Solera	122.349,23
2	Contenedor	17.387,19
3	Nave almacenaje	102.789,00
4	Sistema protección contra incendios	9.682,87
5	Instalación eléctrica	16.029,99
6	Gasificación y generación eléctrica	2.390.000,00
	Total	2.658.238,28

TABLA 24: RESUMEN DE COSTES DEL PROYECTO

Concepto	Importe (€)
Presupuesto de ejecución de material	268.238,28
Gastos generales (13%)	34.870,98
Beneficio industrial (6%)	16.094,30
Presupuesto ejecución contrata	319.203,55
Compra directa a proveedores	2.390.000,00
Subtotal	2.709.203,55
IVA (21%)	568.932,75
Presupuesto final	3.278.136,30

TABLA 25: DESGLOSE PRESUPUESTO FINAL

11 - ESTUDIO DE VIABILIDAD

11.1 - ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

Para el estudio de viabilidad económica se presentaran dos posibles casos, un primer caso “A” donde se percibe la subvención a fondo perdido por parte de la Generalitat, expuesta en el punto 7.4 del presente documento, y un caso “B” en el que no se recibe dicha subvención.

11.1.1 – ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA (CASO A)

El presupuesto final del proyecto es de 3.278.136,30 y la subvención a fondo perdido que se obtendría de la Generalitat es de un 45% de base, pudiéndose ampliar en diez puntos porcentuales en caso de tratarse de medianas empresas.

Si a la cifra de 3.278.136,30 € se le resta el 45%, la empresa deberá realizar una inversión inicial de **1.802.974,96 €**. Dicha cantidad deberá amortizarse en los años que quedan de concesión pública, es decir, 10 años, por lo que la amortización anual será de 180.297,50 € (evolución según IPC).

Los gastos de mantenimiento de los nuevos equipos y derivados de los mismos suman **89.130,00€** anuales, los ahorros que se generan suman 420.000,00 € y los beneficios por la venta de la energía se estiman en 65.628,51 €, siendo los beneficios totales unos **485.628,51 €** anuales. Ambas cifras también evolucionan con el IPC anualmente.

A partir de esos datos se calcula el beneficio bruto, y el beneficio neto obtenido de restarle un 25% al beneficio bruto. Finalmente se obtiene el flujo de caja, sumando el beneficio neto a la amortización.

A continuación se presenta la evolución anual de estas cifras.

Años	Amortización	Gastos	Ahorros	Beneficio bruto	Beneficio neto	Flujo de caja
2019	183.001,96 €	90.466,95 €	492.912,94 €	219.444,03 €	164.583,02 €	347.584,98 €
2020	185.746,99 €	91.823,95 €	500.306,63 €	222.735,69 €	167.051,77 €	352.798,76 €
2021	188.533,19 €	93.201,31 €	507.811,23 €	226.076,72 €	169.557,54 €	358.090,74 €
2022	191.361,19 €	94.599,33 €	515.428,40 €	229.467,88 €	172.100,91 €	363.462,10 €
2023	194.231,61 €	96.018,32 €	523.159,83 €	232.909,89 €	174.682,42 €	368.914,03 €
2024	197.145,08 €	97.458,60 €	531.007,22 €	236.403,54 €	177.302,66 €	374.447,74 €
2025	200.102,26 €	98.920,48 €	538.972,33 €	239.949,60 €	179.962,20 €	380.064,46 €
2026	203.103,79 €	100.404,28 €	547.056,92 €	243.548,84 €	182.661,63 €	385.765,42 €
2027	206.150,35 €	101.910,35 €	555.262,77 €	247.202,07 €	185.401,55 €	391.551,90 €
2028	209.242,61 €	103.439,00 €	563.591,71 €	250.910,10 €	188.182,58 €	397.425,18 €

TABLA 26: EVOLUCIÓN DE BENEFICIOS ANUALES, CASO A

Con estos datos, el valor actual neto (VAN) en 10 años será de **1.677.841,06 €**, con una tasa interna de rentabilidad (TIR) del **14%** y un periodo de retorno (pay-back) de **4,84** años.

11.1.2 – ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA (CASO B)

En este caso no se obtiene la subvención del 45% a fondo perdido, por lo que la inversión inicial de la empresa es de **3.278.136,30 €**, que mediante una amortización a 10 años supone una amortización anual de **327.813,63 €**. Los gastos de mantenimiento y beneficios en cuanto al ahorro y venta de energía son los mismos que en el anterior caso, siendo los beneficios totales **485.628,51 €** anuales.

El método de cálculo de los diferentes parámetros también es idéntico, y los datos aparecen representados en la siguiente tabla.

Años	Amortización	Gastos	Ahorros	Beneficio bruto	Beneficio neto	Flujo de caja
2019	332.730,83 €	90.466,95 €	492.912,94 €	69.715,15 €	52.286,36 €	385.017,20 €
2020	337.721,80 €	91.823,95 €	500.306,63 €	70.760,88 €	53.070,66 €	390.792,46 €
2021	342.787,62 €	93.201,31 €	507.811,23 €	71.822,29 €	53.866,72 €	396.654,34 €
2022	347.929,44 €	94.599,33 €	515.428,40 €	72.899,63 €	54.674,72 €	402.604,16 €
2023	353.148,38 €	96.018,32 €	523.159,83 €	73.993,12 €	55.494,84 €	408.643,22 €
2024	358.445,61 €	97.458,60 €	531.007,22 €	75.103,02 €	56.327,26 €	414.772,87 €
2025	363.822,29 €	98.920,48 €	538.972,33 €	76.229,56 €	57.172,17 €	420.994,46 €
2026	369.279,62 €	100.404,28 €	547.056,92 €	77.373,01 €	58.029,76 €	427.309,38 €
2027	374.818,82 €	101.910,35 €	555.262,77 €	78.533,60 €	58.900,20 €	433.719,02 €
2028	380.441,10 €	103.439,00 €	563.591,71 €	79.711,61 €	59.783,71 €	440.224,81 €

TABLA 27: EVOLUCIÓN DE BENEFICIOS ANUALES, CASO B

En este caso, el valor actual neto (VAN) en 10 años es de **396.498,51€**, la tasa interna de rentabilidad (TIR) es del **3%** y el periodo de retorno es de **7,95** años.

11.2 - ESTUDIO DE VIABILIDAD AMBIENTAL

Se estudia también la implicación en emisiones que supondría este cambio en el proceso industrial. Para ello, se tomara como referencia la huella de carbono de la empresa y se comparara la situación actual con la situación posterior a la aplicación del proyecto.

Se emplean como datos de partida los consumos del 2017, y mediante el sistema de cálculo de emisiones que proporciona el Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio ambiente, se obtiene que en 2017 se emitieron un total de 734,379 toneladas de CO₂, distribuidas de la siguiente manera: 94,029 toneladas pertenecen al desplazamiento de vehículos, es decir, el traslado de residuos al vertedero, y 640,35 toneladas corresponden a la generación de la energía eléctrica consumida en dicho año. Esto nos da un ratio de 7,6 kg CO₂ emitido por tonelada de residuo gestionada.

En cambio si se lleva a cabo el proyecto, se reduce la emisión a causa del transporte, y se elimina el concepto de emisiones por generación energética, siendo el valor total de toneladas de CO₂ anuales emitidas de 48,327, y el ratio por tonelada de residuo gestionada queda en 0,5 kg CO₂.

	Emisión total anual	Emisión transporte	Emisión generación	Ratio
Unidades	t CO ₂	t CO ₂	t CO ₂	kg CO ₂ /t residuo
Sin sistema de gasificación	734,379	94,029	640,35	7,6
Con sistema de gasificación	48,327	48,327	-----	0,5

TABLA 28: VARIACIÓN EN LA HUELLA DE CARBONO

12 - CONCLUSIONES

El presente proyecto proporciona una alternativa viable y factible al destino de los rechazos de la planta. Proporciona una solución a dos problemas a los que se enfrenta la empresa, el fin próximo de la vida del vertedero y la aplicación de la normativa europea sobre vertido de residuos. Además, incide en el concepto de economía circular, el cual está muy presente en las decisiones de la empresa, proporcionando un gran ejemplo de reutilización de residuos.

La inversión necesaria es elevada, pero gracias a los elevados beneficios obtenidos se recupera rápidamente dicha inversión, proporcionando a la empresa una gran fuente de ingresos.

Otro punto reseñable es la mejora de la opinión pública, ya que instalando un sistema de generación de energía renovable y reduciendo la cantidad de residuo llevado al vertedero, así como reduciendo notablemente la huella de carbono generada, la población de los municipios circundantes vería que desde la empresa hay una clara preocupación por el medio ambiente y por la mejora de las condiciones del entorno, influyendo positivamente en la imagen que se tiene de la planta de tratamiento de residuos, la cual en la actualidad se ve en ocasiones dañada por los prejuicios que se tiene sobre este tipo de instalaciones.

Por último, al tratarse de una instalación fácilmente ampliable, se podría en un futuro reducir más aun el vertido de residuos añadiendo más estaciones de generación y aumentando la cantidad de rechazo valorizado. Otro punto de ampliación es el uso del calor residual para conducirlo a la nave de biosecado para su aprovechamiento.

13 - DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL PROYECTO

- Anexos a la memoria:
 - Nº1. Caracterización de los residuos.
 - Nº2. Motor de cogeneración.
 - Nº3. Dimensionado de líneas eléctricas y protecciones.
 - Nº4. Consumo energético en la planta.
 - Nº5. Dimensionado del sistema de gasificación y generación eléctrica.

- Planos:
 - Plano Nº1. Localización geográfica.
 - Plano Nº2. Planta de la instalación original.
 - Plano Nº3. Planta con la zona de nueva construcción.
 - Plano Nº4. Distribución de la nueva instalación.
 - Plano Nº5. Distribución sistema de protección anti incendios.
 - Plano Nº6. Diagrama de flujo del proceso de gasificación
 - Plano Nº7. Plano del sistema de gasificación y elementos de depuración.
 - Plano Nº8. Esquema eléctrico global.
 - Plano Nº9. Esquema unifilar nueva instalación.

14 - BIBLIOGRAFIA

- Arteaga-Perez, L. E., Casas-Ledon, Y., Cabrera-Hernandez, J., & Rodriguez Machin, L. (2014). *Gasificación de biomasa para la producción sostenible de energía. Revisión de las tecnologías y barreras para su aplicación*. Concepción, Chile: Unidad de desarrollo tecnológico, Universidad de Concepción.
- Colomer, F. J., & Gallardo, A. (2007). *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- León, F. O. (2003). Los residuos de origen doméstico, sistemas para la gestión. En C. Junta de Andalucía, *Los Residuos Urbanos y Asimilables* (págs. 125-143). Sevilla: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Pérez, J. A. (2015). *La gestión de los residuos en Augusta Emerita (Mérida, España) Siglos I a.c. - VII d.c.* Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura.
- Velis, D. C. (2012). *Waste to Energy via Solid Recovered Fuels: a viable route?* Leeds: Unievrstity of Leeds.
- Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).
- Instituto Nacional de Estadística (INE).
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE).
- Red Eléctrica Española (REE).
- Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient, Canvi climatic y Desenvolupament rural. (Generalitat Valenciana).

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°1. Caracterización de los residuos	83
Anexo N°2. Motor de cogeneración	93
Anexo N°3. Dimensionado de líneas eléctricas y protecciones	107
Anexo N°4. Consumo energético de la planta	119
Anexo N°5. Dimensionado del sistema de gasificación.....	131

Anexo N° 1

Caracterización de los residuos

ÍNDICE

1 - Toma de muestras	87
1.1 - Grupo INGRES.....	87
2 - Resultados Caracterización.....	88
3 - Clasificación de residuos	89
3.1 – Clasificación final de los residuos propios.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla A1.1: Hoja tipo de resultados de caracterización.....	88
Tabla A2.2: Sistema de clasificación según UNE-EN 15359:2011	89
Tabla A3.3: Datos de caracterizaciones de residuos (2015 - 2017)	90
Tabla A4.4: Clasificación final del residuo	91

ÍNDICE DE IMÁGENES

Ilustración A1.1: Parámetros más influyentes en la clasificación de los residuos	91
--	----

1 - TOMA DE MUESTRAS

Periódicamente, en las instalaciones se realiza una toma de muestras de los residuos, tanto de los que son clasificados como film a la salida del proceso de triaje, como los que son clasificados como rechazo. Estas muestras son enviadas a un equipo de investigación perteneciente a la Universitat Jaume I.

Las muestras son tomadas mediante un cuarteo. Este proceso consiste en escoger 4 balas de residuos (recordemos que a la salida de la planta y con destino al vertedero, los residuos van empacados en balas de un metro cúbico), dividir las en 4 partes más o menos homogéneas cada una y tomar una muestra de cada una de las partes. Con ello se pretende obtener una muestra homogénea y general de los residuos de salida, ya que si se tomase como referencia una única porción, el resultado de la caracterización sería particular de esa bala y no aplicable a la totalidad de los residuos de la planta.

Tras la toma de muestras y debidamente identificadas, estas son transferidas al equipo de investigación INGRES, que se encargará de analizar las muestras en laboratorio y devolver los resultados pertinentes.

1.1 - GRUPO INGRES

El grupo INGRES es un equipo de investigación de la Universitat Jaume I, cuyas actividades buscan soluciones y aplicaciones más respetuosas con el medio ambiente, relativas a la gestión de residuos y al diseño de productos y/o procesos. Cuenta con seis investigadores fijos en dicha universidad, y realiza colaboraciones de investigación con diferentes universidades de América Latina y Centroamérica.

El grupo cuenta con diferentes líneas de investigación, desde la propia ingeniería de residuos hasta evaluaciones de impacto ambiental y poseen numerosos proyectos y publicaciones que datan desde 1997 hasta la actualidad y en los cuales se tratan diversos temas, todos ellos relacionados con el respeto al medio ambiente.

Por otra parte, dispone también de un laboratorio de análisis donde es posible realizar un variado número de pruebas relacionadas con los diferentes tipos de impacto ambiental de la industria. Es en este laboratorio donde se realizan las pruebas pertinentes con las muestras recibidas. Estas pruebas dan como resultado la caracterización de los residuos, arrojando información acerca de su composición, humedad, poder calorífico, generación de cenizas, conductividad, presencia de nitrógeno, azufre o carbono y también presencia de metales como mercurio, cobre, cadmio, etc.

Los resultados de esta caracterización sirven para poder evaluar qué tipo de residuo se está obteniendo de la planta y los posibles fines de estos.

2 - RESULTADOS CARACTERIZACIÓN

A continuación se presenta una hoja tipo de resultados de un análisis de caracterización realizado por este equipo. En ella se pueden observar los diferentes parámetros que son objeto de sus análisis.

INFORME DE ANÁLISIS		Castellón de la Plana, a ___ de _____ de _____	
DATOS DEL CLIENTE			
DATOS DE LA MUESTRA			
Tipo de muestra:			
Referencia:			
Fecha de entrada:			
Fecha de análisis:			
RESULTADOS			
Parámetros:	Resultado	Unidades	
PCI		Kcal/kg sms	
PCI		Kcal/kg smh	
Sólidos Volátiles		% sms	
S		% sms	
Cl		% sms	
F		% sms	
I		% sms	
V		mg/kg sms	
Cr		mg/kg sms	
Mn		mg/kg sms	
Co		mg/kg sms	
Ni		mg/kg sms	
Cu		mg/kg sms	
As		mg/kg sms	
Cd		mg/kg sms	
Sn		mg/kg sms	
Sb		mg/kg sms	
Tl		mg/kg sms	
Pb		mg/kg sms	
Hg		mg/kg sms	
Zn		mg/kg sms	
Na		mg/kg sms	
K		mg/kg sms	
Humedad		%	

TABLA A1.1: HOJA TIPO DE RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN

3 - CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS

Una vez se tiene la caracterización de los residuos, es posible clasificarlos en función de los diferentes parámetros establecidos en la normativa europea CEN/TS 15359, que también puede encontrarse en la UNE-EN 15359:2011.

De acuerdo a esta normativa, la clasificación estará basada en tres importantes características de los residuos empleados como combustible:

- Poder calorífico neto (valor medio).
- Contenido en cloro (valor medio).
- Contenido en mercurio (mediana y percentil 80).

Realizados los cálculos necesarios para hallar los anteriores valores, se compararán los resultados con la siguiente tabla, obteniendo así la clasificación final. En la misma tabla se indica que medida estadística se emplea en el cálculo de cada uno de los valores que se compararán.

Característica de clasificación	Medida Estadística	Unidad	Clases				
			1	2	3	4	5
Poder Calorífico Neto (NCV o PCI)	Media	MJ/kg	≥25	≥20	≥15	≥10	≥3
Cloro (Cl)	Media	%	≤0,2	≤0,6	≤1,0	≤1,5	≤3
Mercurio (Hg)	Mediana	mg/MJ	≤0,02	≤0,03	≤0,08	≤0,15	≤0,5
	Percentil 80	mg/MJ	≤0,04	≤0,06	≤0,16	≤0,30	≤1,00

TABLA A2.2: SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SEGÚN UNE-EN 15359:2011

Este sistema de clasificación comunitario europeo facilita la comercialización a nivel interno, ayuda a los fabricantes de equipamiento para tratarlos y facilita el control por parte de las autoridades sobre estos productos.

Empresas cementeras como Cemex o Lafarge, que emplean los residuos como combustible alternativo en sus hornos, exigen a la hora de la compra unas calidades entre el 1 y el 3 tanto en cantidad de mercurio como de cloro. Además, la calidad del producto influye en su precio de venta, por lo que es adecuado obtener una mejor clasificación.

3.1 – CLASIFICACIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS PROPIOS

Los residuos generados por la empresa no tienen como objetivo la comercialización, sino su uso en la planta de gasificación. No obstante, es recomendable conocer su clasificación para obtener la información relativa al poder calorífico neto y la presencia de contaminantes, y mejorar si es necesario el proceso de separación o triaje que se efectúa en la planta.

Para la clasificación se cuenta con las caracterizaciones de los residuos desde que la planta entró en funcionamiento, en el año 2015. Los datos que se destacan de dichas caracterizaciones son los siguientes: PCI sobre masa húmeda, medido en MJ/kg; Humedad relativa, medida en tanto por ciento; cantidad de cloro (Cl) medida en tanto por ciento sobre masa húmeda; cantidad de mercurio, medido en mg/MJ.

		2015			2016			2017		
		02	07	11	03	07	12	04	10	12
PCI	MJ/kg	21,22	23,13	28,02	27,32	27,22	25,62	23,96	21,51	22,77
Humedad	%	10,14	17,19	12,40	12,13	19,87	11,97	10,76	16,40	13,14
Cl	% sms	1,25	0,35	0,54	1,34	0,11	1,16	1,53	0,63	0,41
Hg	mg/MJ	0,12	0,091	0,145	0,25	0,05	0,031	0,15	0,078	0,035

TABLA A3.3: DATOS DE CARACTERIZACIONES DE RESIDUOS (2015 - 2017)

Todos los valores fluctúan de una caracterización a otra, y es que los residuos que se generan en los municipios varían en función de las fechas, y por tanto la composición del rechazo de la planta. No obstante, se observa como el poder calorífico de los residuos es elevado, por lo que cuentan con un elevado potencial para la generación de energía. Los valores de humedad relativa son bajos gracias al proceso de secado por el que pasan dichos residuos a la entrada del proceso ya existente en la instalación, por lo que no es necesario su secado previo a la gasificación. Los valores de mercurio son muy bajos, no suponen un mayor problema, en cambio los valores de cloro, pese a no ser elevados, podrían ser más bajos.

En la siguiente gráfica se aprecia la fluctuación de los datos más influyentes a la hora de la clasificación. Destaca el hecho de que la presencia de cloro en las muestras es muy variable, por lo que se deberían tomar medidas en el proceso de triaje de la instalación para evitar que los productos que, por lo general suelen contener este elemento (desde PVC hasta envases que contengan lejía u otros compuestos) sean apartados del conjunto de residuos que se gasifican.

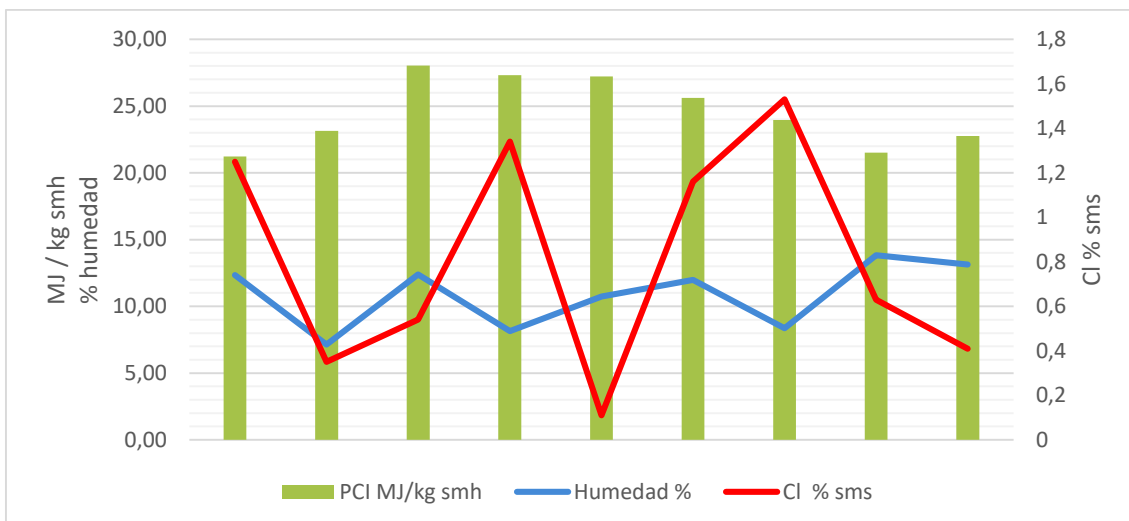


ILUSTRACIÓN A1.1: PARÁMETROS MÁS INFLUYENTES EN LA CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS

Con estos datos, y aplicando las medidas estadísticas pertinentes que se indican en la Tabla 2 de este mismo anexo, los rechazos de la planta que serán llevados a gasificar se clasifican en función de sus valores. Dicha clasificación puede observarse en la siguiente tabla (Tabla 4), en la columna “clase”, donde 1 es lo mejor posible y 5 lo peor posible.

	Valor medio aritmético	Confianza	Limite	Mediana	Percentil 80	Clase
Poder Calorífico Neto (NCV o PCI) MJ/kg	24	22	22	-	-	2
Cloro (Cl) %	0,8	0,5	0,8	-	-	3
Mercurio (Hg) mg/MJ	-	-	-	0,003	0,008	1

TABLA A4.4: CLASIFICACIÓN FINAL DEL RESIDUO

Se observa que, como se ha comentado anteriormente, el contenido de cloro es reducible, el contenido de mercurio es idóneo, mucho más bajo de los valores límite de la primera clase y el poder calorífico de las muestras, pese a no ser perfecto, es bueno, asegurando un buen funcionamiento y la obtención de un Syngas capaz de generar energía de manera aceptable.

Anexo Nº 2

Motor de cogeneración

ÍNDICE

1 - El motor de cogeneración.....	97
1.1 - Motor seleccionado	97
1.2 - Contenedor	97
1.3 - Sistema de recuperación de calor	98
2 - Documentación fotográfica	99
3 - Ficha técnica	101
3.1 - Datos Técnicos (en el contenedor)	101
3.2 - Datos Técnicos del motor.....	103
3.2 - Datos Técnicos del alternador.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla A2.1: Datos técnicos (en el contenedor)	101
Tabla A2.2: Dimensiones globales y pesos (en contenedor).....	102
Tabla A2.3: Conexiones	102
Tabla A2.4: Potencia / Consumo	102
Tabla A2.5: Datos técnicos del motor	103
Tabla A2.6: Potencia térmica	103
Tabla A2.7: Gases de escape	104
Tabla A2.8: Aire de combustión	104
Tabla A2.9: Presión sonora.....	104
Tabla A2.10: Potencia acústica.....	105
Tabla A2.11: Datos técnicos alternador	105
Tabla A2.12: Reactancias alternador.....	106

ÍNDICE DE IMÁGENES

Ilustración A2.1: Sistema de agua caliente	98
Ilustración A2.2: Vista general del contenedor.....	99
Ilustración A2.3: Compresor a la entrada del gas	99
Ilustración A2.4: Cuadro de controles eléctricos	100
Ilustración A2.5: Vista interior del contenedor.....	100

1 - EL MOTOR DE COGENERACIÓN

El presente anexo define en conjunto el motor de cogeneración escogido para la realización del proyecto, tanto los motores como los elementos que requiere para su correcto funcionamiento.

Para la elección de este motor JGC 320 GS-S.LC fabricado por Jenbacher, se ha tenido en cuenta la demanda energética de la planta a la que se abastece, la facilidad de montaje de un contenedor frente a un conjunto de elementos por separado y la flexibilidad de la instalación en cuanto a producción.

1.1 - MOTOR SELECCIONADO

Se instalarán 2 motores situados en dos módulos containerizados individuales, de 767 kW eléctricos cada uno funcionando a pleno rendimiento. Para evitar el excesivo desgaste y las consecuencias del mismo, se opta por que los motores funcionen a un 75% de rendimiento, aportando cada uno una potencia de 574 kW eléctricos. La decisión de instalar dos en lugar de un solo motor de mayor potencia se debe a que en caso de parada de uno de los dos, se sigue generando energía en la otra unidad, manteniendo una generación de energía. Entre los dos, se consume un caudal de gas de 1.066 m³/h funcionando a ese rendimiento, ampliable hasta 1.372 m³/h si se aumenta.

1.2 - CONTENEDOR

El contenedor que incluye el motor también lleva integrados un generador síncrono, unos interruptores y los sistemas de distribución de calor.

Estos son los elementos que incluye, en mayor detalle:

- Contenedor
- Iluminación, enchufes en contenedor.
- Aislamiento de las líneas de calefacción en el contenedor.
- Motor JGS GS-S.LC.
- Utillajes del motor.
- Generador síncrono trifásico auto regulable.
- Utillajes del módulo.
- Circuito de agua de refrigeración del motor.
- Sistema de llenado automático de aceite lubricante.
- Línea de presión de biogás con antillamas
- Instalación de ignición con batería.
- Instalación de calor eléctrica.
- Conexiones eléctricas.
- Depósito de recogida de aceite.
- Periféricos:
 - Intercambiador de calor del tubo de escape.
 - Amortiguador del tubo de escape para 65 dB(A) a 10 m de distancia.

- Tuberías de escape hasta 10 metros.
- Compresor de gas Meidinger.
- Enfriadora de la mezcla.
- Enfriadora de emergencia.
- Sistema de refrigeración del motor PWT con bomba.
- Sistema de calefacción en el módulo.
- Refrigeración de emergencia.
- Control electrónico para la entrada y salida de aire.
- Control electrónico para el control del retorno de refrigeración.
- Contador de gas con unidad de evaluación.
- Instalación de aviso de gas y fuego
- Provisión de aceite lubricante.
 - Tanque de aceite nuevo, de pared doble 1.000 Litros.
 - Tanque de aceite usado, de pared doble 1.000 Litros.
 - Visualizador del contenido del tanque.
 - Bomba lubricante (bomba Gerotor).
 - Instalación de la tubería para los contenedores
- Regulación de la temperatura de ida de la planta Jenbacher.
- Convertidor de frecuencia.
- Modificación del software, plano y documentación.

1.3 - SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE CALOR

El contenedor cuenta con un sistema de recuperación de calor del motor, mediante agua y otros fluidos, que se puede aprovechar del mismo modo que se propone aprovechar el calor que se disipa de gas en el intercambiador. A continuación la imagen del esquema del enfriador.

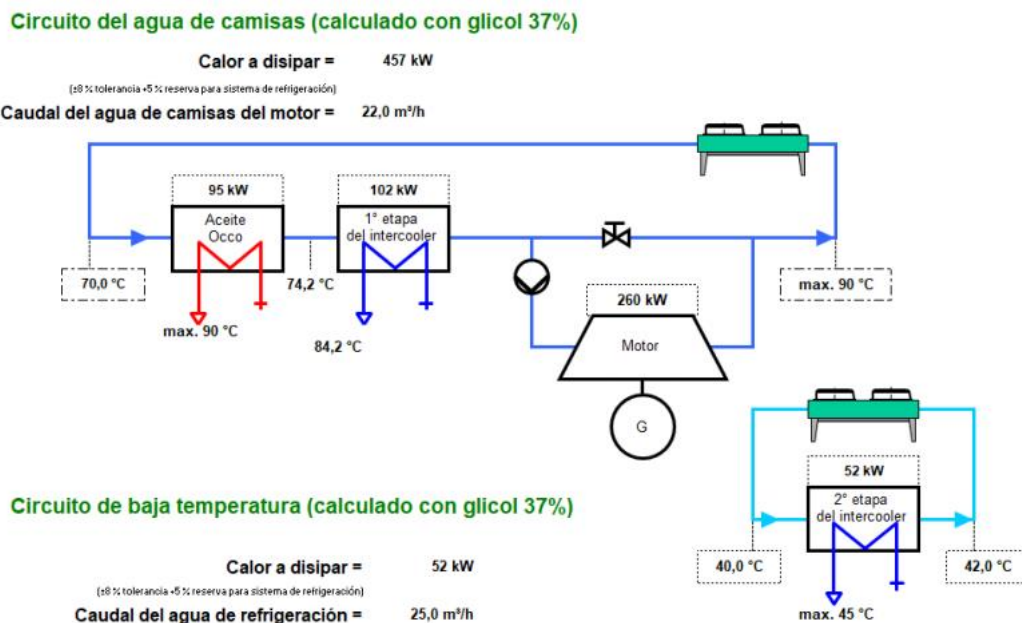


ILUSTRACIÓN A2.1: SISTEMA DE AGUA CALIENTE

2 - DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA



ILUSTRACIÓN A2.2: VISTA GENERAL DEL CONTENEDOR



ILUSTRACIÓN A2.3: COMPRESOR A LA ENTRADA DEL GAS



ILUSTRACIÓN A2.4: CUADRO DE CONTROLES ELÉCTRICOS



ILUSTRACIÓN A2.5: VISTA INTERIOR DEL CONTENEDOR

3 - FICHA TÉCNICA

3.1 - DATOS TÉCNICOS (EN EL CONTENEDOR)

			100%	75%	50%
Energía invertida	[2]	kW	2.058	1.600	1.142
Caudal de gas	*)	Nm ³ /h	1.372	1.066	761
Potencia mecánica	[1]	kW	791	593	395
Potencia eléctrica	[4]	kW el.	767	574	378
Calor a disipar	[5]				
~ 1° etapa del intercooler (Circuito del agua de camisas)	[9]	kW	102	34	1
~ 2° etapa del intercooler (Circuito de baja temperatura)		kW	52	40	4
~ Aceite (Circuito del agua de camisas)		kW	95	84	71
~ Agua de camisas		kW	260	241	210
~ Calor superficial	ca. [7]	kW	102	~	~
consumo específico de combustible eléctrico	[2]	kWh/kWel.h	2,69	2,79	3,02
Consumo específico de combustible	[2]	kWh/kWh	2,60	2,70	2,89
Consumo de aceite lubricante	ca. [3]	kg/h	0,40	~	~
Rendimiento eléctrico			37,2%	35,9%	33,1%
Poder calorífico inferior del gas (PCI)		kWh/Nm ³	1,5		

*) Valor indicativo para el dimensionamiento de las tuberías

[] Véase 0.10 para explicaciones - Condiciones técnicas de funcionamiento

Todos los valores del balance térmico están basados en condiciones estándares según anexo 0.10. Cualquier desviación respecto a las condiciones estándares puede originar cambios en los valores especificados. Esto se ha de considerar para el dimensionamiento de los equipos de refrigeración (Intercooler, refrigeración de emergencia,...). Se recomienda calcular con una reserva adicional del +5 % sobre la tolerancia general de ±8 % de la potencia térmica para dimensionar el sistema de refrigeración adecuadamente.

TABLA A2.1: DATOS TÉCNICOS (EN EL CONTENEDOR)

Dimensiones globales y pesos (en el contenedor)

Longitud	mm	~ 12.200
Anchura	mm	2500-3000
Altura	mm	~ 2.600
Peso en seco	kg	~ 28.800
Peso listo para funcionar	kg	~ 30.300

TABLA A2.2: DIMENSIONES GLOBALES Y PESOS (EN CONTENEDOR)

Conexiones

Entrada y salida del agua de refrigeración	DN/PN	80/10
Salida de gases de escape [C]	DN/PN	250/10
Conexión de gas (en el contenedor) [D]	mm	100/16
Conexión de aceite nuevo	G	28x2"
Conexión de aceite viejo	G	28x2"
Salida de cables	mm	800x400
Purga de condensados	mm	18

TABLA A2.3: CONEXIONES

Potencia / Consumo

Potencia continua ISO estándar ICFN	kW	791
Pres. med. efectiva a potencia y veloc. nominal	bar	13,00
Tipo de gas (combustible)		Wood gas, H ₂ =18-20 Vol.%
Número de metano de referencia Número de metano mínimo	MZ	n.a. 45 d)
Relación de compresión	Epsilon	11
Presión mín./máx. del gas en la entrada de la rampa de gas	mbar	150 - 200 c)
Velocidad máx. admisible para variaciones de la presión de gas	mbar/sec	10
Temp. max. admisible del agua en la 2° etapa del intercooler	°C	40
Consumo específico de combustible	kWh/kWh	2,60
Consumo específico de aceite	g/kWh	0,50
Temperatura máx. del aceite	°C	90
Temperatura máx. del agua de camisas	°C	95
Capacidad de aceite lubricante (cambio)	lit	~ 342

c) Menor presión de gas posible si se requiere

d) basado en programa de calculo del numero de metano AVL 3.2

TABLA A2.4: POTENCIA / CONSUMO

3.2 - DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR

Fabricante		GE Jenbacher
Tipo del motor		J 320 GS-D47
Funcionamiento		Cuatro tiempos
Configuración		V 70°
Número de cilindros		20
Taladro	mm	135
Carrera	mm	170
Cilindrada	lit	48,67
Velocidad nominal	rpm	1.500
Velocidad media del pistón	m/s	8,50
Longitud	mm	3.320
Anchura	mm	1.358
Altura	mm	2.065
Peso en seco (motor)	kg	5.200
Peso total listo para funcionar	kg	5.700
Momento de inercia del motor	kgm ²	8,61
Sentido de rotación (mirando el volante)		izquierda
Radiointerferencia según VDE 0875		N
Potencia del arrancador	kW	7
Voltaje del arrancador	V	24

TABLA A2.5: DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR

Potencia térmica

Energía invertida	kW	2.058
Mezcla	kW	154
Aceite	kW	95
Agua de camisas	kW	260
Gases de escape enfriados hasta 180 °C	kW	450
Gases de escape enfriados hasta 100 °C	kW	580
Calor superficial	kW	71

TABLA A2.6: POTENCIA TÉRMICA

Datos de los gases de escape

Temperatura de los gases de escape a plena carga [8]	°C	445
Temperatura de los gases de escape a BMEP= 9,7 [bar]	°C	~ 462
Temperatura de los gases de escape a BMEP= 6,5 [bar]	°C	~ 479
Caudal másico húmedo de los gases de escape	kg/h	5.505
Caudal másico seco de los gases de escape	kg/h	5.218
Caudal volumétrico húmedo de gases de escape	Nm ³ /h	4.211
Caudal volumétrico seco de gases de escape	Nm ³ /h	3.854
Pérdida de presión máx. de gases de escape a la salida del motor	mbar	60

TABLA A2.7: GASES DE ESCAPE

Datos del aire de combustión

Caudal másico de aire	kg/h	3.858
Caudal volumétrico de aire	Nm ³ /h	2.986
Pérdida de presión máx. admisible del filtro de aspiración	mbar	10

TABLA A2.8: AIRE DE COMBUSTIÓN

Nivel de presión sonora

Genset a)	dB(A) re 20μPa	96
31,5 Hz	dB	78
63 Hz	dB	90
125 Hz	dB	92
250 Hz	dB	89
500 Hz	dB	92
1000 Hz	dB	90
2000 Hz	dB	89
4000 Hz	dB	87
8000 Hz	dB	90
Gas escape b)	dB(A) 20μPa	122
31,5 Hz	dB	97
63 Hz	dB	108
125 Hz	dB	118
250 Hz	dB	110
500 Hz	dB	113
1000 Hz	dB	114
2000 Hz	dB	117
4000 Hz	dB	115
8000 Hz	dB	114

TABLA A2.9: PRESIÓN SONORA

Potencia acústica

Genset	dB(A) re 1pW	117
Superficie de medida	m ²	120
Gas escape	dB(A) re 1pW	130
superficie de medida	m ²	6,28

a) los valores mencionados son presiones acústicas sobre superficie de medida (calculados en el exterior) según DIN 45635 tipo de precisión 3, distancia 1m.

b) los valores mencionados son presiones acústicas sobre superficie de medida según DIN 45635 tipo de precisión 2, distancia 1m. El espectro es válido para equipos hasta una pme=18 bar. (Para presiones superiores se debe considerar un margen de seguridad sobre todos los valores de 1 dB por cada 1 bar de incremento).

TABLA A2.10: POTENCIA ACÚSTICA

3.2 - DATOS TÉCNICOS DEL ALTERNADOR

Fabricante		STAMFORD e)
Tipo		PE 734 C e)
Potencia tipo	kVA	1.268
Potencia en el eje	kW	791
Potencia efectiva nominal con cos phi = 1,0	kW	767
Potencia efectiva nominal con cos phi = 0,8	kW	760
Potencia aparente nominal con cos phi = 0,8	kVA	950
Potencia reactiva nominal con cos phi = 0,8	kVar	570
Intensidad nominal con cos phi = 0,8	A	1.372
Frecuencia	Hz	50
Voltaje	V	400
Número de revoluciones	rpm	1.500
Número de revoluciones de embalamiento	rpm	1.800
Factor de potencia (inductivo - capacitivo)		0,8 - 1,0
Rendimiento con cos phi = 1,0		96,9%
Rendimiento con cos phi = 0,8		96,1%
Momento de inercia del motor	kgm ²	36,33
Peso	kg	2.967
Radiointerferencia según EN 55011 Class A (EN 61000-6-4)		N
I _k " Corriente de cortocircuito inicial simétrica	kA	15,76
I _s Corriente de cortocircuito máxima asimétrica	kA	40,12
Clase de aislamiento		H
calentamiento (a potencia nominal)		F
Temperatura ambiente máxima	°C	40

TABLA A2.11: DATOS TÉCNICOS ALTERNADOR

Reactancias y constantes de tiempo (saturado) con potencia aparente nominal

xd Reactancia síncrona longitudinal	p.u.	1,82
xd' Reactancia transitoria longitudinal	p.u.	0,11
xd'' Reactancia subtransitoria longitudinal	p.u.	0,09
x2 reactancia inversa	p.u.	0,11
Td'' Constante de tiempo de cortocircuito subtransitoria	ms	10
Ta Constante de tiempo To	ms	20
Tdo' Constante de tiempo transitoria en vacío	s	2,23

e) GE Jenbacher se reserva el derecho a cambiar el proveedor y tipo de alternador. Cambiándose mínimamente los datos de los alternadores asegurados por contrato y manteniendo la potencia eléctrica producida.

TABLA A2.12: REACTANCIAS ALTERNADOR

Anexo Nº 3

Dimensionado de líneas eléctricas y protecciones

ÍNDICE

1 - dimensionado de las líneas	111
1.2 - Salida de los generadores	111
1.2 - Conduccion hasta transformador	113
1.3 - Conducciones hasta nuevos equipos	114
2 - Protecciones	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla A3.1: Intensidades máximas admisibles según ITC-BT 19 (Configuración f)	112
Tabla A3.2: Factores de corrección en función del número de ternas	112
Tabla A3.3: Intensidades máximas admisibles según ITC-BT 19 (configuración e).....	115

1 - DIMENSIONADO DE LAS LINEAS

1.2 - SALIDA DE LOS GENERADORES

Tras los generadores síncronos, la energía es llevada a través de una línea de baja tensión fuera de los módulos de generación, donde ambas líneas se unirán y se conducirán al transformador y al sistema de distribución de la planta de tratamiento.

En este apartado se dimensiona el primer paso, las conducciones trifásicas desde los motores hasta la unión. Como datos tenemos los siguientes:

- Baja tensión: 400V
- Distancia a recorrer: 2m
- Potencia de los motores: 574 kW (máximo posible 767 kW)
- Material conductor: Cobre ($\rho = 0,0171 \text{ Ohm} * \text{mm}^2/\text{m}$)

En cuanto a parámetros de diseño, se tienen cables unipolares en contacto mutuo distantes de la pared al menos el diámetro del cable, tipo de configuración F. Como aislamiento se escoge el polietileno reticulado o etileno propileno (XLPE/EPR), al admitir este material valores más elevados de intensidad admisible.

Para los cálculos se emplea la mayor potencia capaz de generar el motor, de modo que se dimensiona para el peor caso y la instalación debería soportar variaciones en la potencia generada. La intensidad nominal generada viene dada por:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$$

- $P = 767 \text{ kW}$
- $V = 0,4 \text{ kV}$
- $\cos\varphi = 1$

$$I = \frac{767}{\sqrt{3} * 0,4 * 1} = 1107,07 \text{ A}$$

La intensidad de diseño se obtiene aplicando a este valor obtenido un factor de corrección estipulado en la ITC-BT 40 "Instalaciones generadoras de baja tensión", que en su artículo 5 dice: "Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior". De este modo, la intensidad de dimensionado será:

$$I_{DIS} = 1,25 * 1107,07 = 1383,83 \text{ A}$$

Con este valor de intensidad se deberán dimensionar los conductores necesarios, basándose en la Tabla A3.1.

F	Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a pared no inferior a D.	3xPVC	3x XLPE / EPR
Cobre	mm ²	A	A
	10	--	68
	16	--	91
	25	95	116
	35	119	144
	50	145	175
	70	185	224
	95	224	271
	120	260	314
	150	299	363
	185	341	415
	240	401	490
300	461	640	

TABLA A3.1: INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES SEGÚN ITC-BT 19 (CONFIGURACIÓN F)

Se observa que la tensión admisible de la sección máxima de conductor no alcanza para el valor de intensidad que debemos conducir, por lo que habrá que instalar varias ternas de cable. Este hecho lleva asociado la aplicación de un factor de corrección en función del número de ternas adicionales.

Numero de cables	1	2	3	Más de 3
Factor de corrección	1,00	0,89	0,80	0,75

TABLA A3.2: FACTORES DE CORRECCIÓN EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE TERNAS

Teniendo una intensidad de diseño de 1383,83 A, se observa que con dos ternas, la intensidad admisible sería de 1280 A, menor que la de diseño, así que se opta por instalar 3 ternas (factor de corrección 0,8).

$$I_{CORR} = \frac{1383,83}{0,8} = 1729,78 \text{ A} \quad \rightarrow \quad I_{UD} = \frac{1729,78}{3} = 576,6 \text{ A}$$

A partir de este valor de intensidad por unidad de terna, y consultando la Tabla A3.1, la sección de conductor escogida es la de 300mm², con una intensidad máxima admisible de 640 A. No obstante, se deberá comprobar que se cumpla con el criterio de caída de tensión entre el origen y el destino de los conductores (condición más restrictiva). La caída de tensión se obtiene a partir de la siguiente formula:

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * R$$

$$R = \rho * \frac{L}{S} = 0,0171 * \frac{2}{300} = 0,0001166 \text{ Ohm}$$

Obteniéndose una caída de tensión de:

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * R = 0,001166 * \sqrt{3} * 576,6 = 0,1165 V$$

Que en porcentaje es:

$$\frac{0,1165}{400} * 100 = 0,03\% < 1,5\%$$

Por lo tanto, cumpliendo ambos criterios, el conductor seleccionado es: **3x (3x300mm²)+150 mm²**.

1.2 - CONDUCCION HASTA TRANSFORMADOR

En este caso, se dimensiona a partir de los siguientes datos:

- Baja tensión: 400V
- Distancia a recorrer: 90 m
- Potencia de los motores: 1148 kW (máximo de 1534 kW)
- Material conductor: Cobre ($\rho = 0,0171 \text{ Ohm} * \text{mm}^2/\text{m}$)

Y el conductor escogido es el mismo que en el apartado anterior, cobre con recubrimiento de XLPE / EPR.

Se procede al cálculo de la intensidad de dimensionado, siempre en el peor caso, es decir, con los motores a máxima potencia.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$$

- P = 1534 kW
- V = 0,4 kV
- $\cos\varphi = 1$

$$I = \frac{1534}{\sqrt{3} * 0,4 * 1} = 2214,14 A$$

Y aplicando el factor de corrección arreglo a la ITC-BT 40:

$$I_{DIS} = 1,25 * 2214,14 = 2767,67 A$$

También será necesaria la instalación de varias ternas, y la correspondiente aplicación del factor de corrección de la Tabla A3.2. Así pues, se valorara la instalación de 5 ternas, 6 ternas y 7 ternas.

- **5 Ternas:**

Si se divide la intensidad de diseño entre 5 ternas, se obtiene una intensidad de 533,53 A por cada una, menor que los 640 A que cada conductor puede conducir como máximo. Si se aplica el factor de corrección:

$$I_{CORR} = \frac{2767,67}{0,75} = 3690,23 A \quad \rightarrow \quad I_{UD} = \frac{3690,23}{5} = 738,046 A$$

La intensidad corregida es mayor que la máxima admisible, por lo que queda descartada la opción de 5 ternas.

▪ **6 Ternas:**

En cambio, dividiendo el amperaje de diseño entre 6 ternas, este será seguro menor que la máxima admisible por el conductor. Debe ser menor también después de aplicar el factor de corrección:

$$I_{CORR} = \frac{2767,67}{0,75} = 3690,23 \text{ A} \quad \rightarrow \quad I_{UD} = \frac{3690,23}{6} = 615,04 \text{ A}$$

Esta configuración sí que cumple, pero todavía se debe comprobar que cumpla con el criterio de caída de tensión. Se empezara con un diámetro de conductor de 240 mm² y si no cumple se comprobara el de 300 mm².

$$R = \rho * \frac{L}{S} = 0,0171 * \frac{90}{240} = 0,006125 \text{ Ohm}$$

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * R = \sqrt{3} * 615 * 0,006125 = 6,83V$$

Que en porcentaje es:

$$\frac{8,83}{400} * 100 = 1,71 > 1,5\%$$

Al producirse una caída mayor que la permitida, esa sección de conductor no es admisible y se deberá aumentar la sección a 300 mm² y comprobar si cumple.

$$R = \rho * \frac{L}{S} = 0,0171 * \frac{90}{300} = 0,00513 \text{ Ohm}$$

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * R = \sqrt{3} * 615 * 0,00513 = 5,46V$$

Que en porcentaje es:

$$\frac{5,46}{400} * 100 = 1,36 < 1,5\%$$

Por tanto cumple, y el conductor seleccionado es **6x (3x300 mm²) + 150 mm²**.

1.3 - CONDUCCIONES HASTA NUEVOS EQUIPOS

Se dimensionan los conductores que abastecerán a los nuevos equipos de la instalación de gasificación. Para ello, se tomara como referencia una distancia media de 20 metros desde el punto de distribución, se opera en baja tensión siempre (400 V), la configuración será para cables multipolares sobre bandeja perforada horizontal, tipo E en la tabla de la ITC-BT 19, el material conductor será el cobre y el recubrimiento de PVC, salvo excepción.

E	Cables multipolares sobre bandeja perforada en horizontal o vertical.	3xPVC	3x XLPE / EPR
Cobre	mm ²	A	A
	1,5	16	20
	2,5	22	26,5
	4	30	36
	6	37	46
	10	52	65
	16	70	87
	25	88	110
	35	110	137
	50	133	167
	70	171	214
	95	207	259
	120	240	301
	150	278	343
	185	317	391
	240	374	468
300	423	547	

TABLA A3.3: INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES SEGÚN ITC-BT 19 (CONFIGURACIÓN E)

Se calcula la intensidad para cada nuevo equipo y a partir de esta se escoge un conductor adecuado:

- **Trituradora**

Potencia = 330 kW

$$I = \frac{330}{\sqrt{3} * 0,4 * 1} = 476,31 \text{ A}$$

Al tratarse de un equipo que requiere mucha potencia, se sustituye el recubrimiento de PVC por el de XLPE/EPR, que admite mayores intensidades. La sección de 300 mm² con intensidad nominal de 547 A serviría. Se comprueba que se cumpla el criterio más restrictivo de caída de tensión.

$$R = \rho * \frac{L}{S} = 0,0171 * \frac{20}{300} = 0,000114 \text{ Ohm}$$

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * R = 0,00114 * \sqrt{3} * 476,31 = 0,94 \text{ V}$$

$$\frac{0,94}{400} * 100 = 0,23\% < 1,5\%$$

Cumple, por lo tanto se instala el siguiente conductor **3x300 mm² + 150 mm²**.

▪ **Sistema de alimentación**

Potencia = 1,12 kW

$$I = \frac{1,12}{\sqrt{3} * 0,4 * 1} = 1,16 A$$

Se repite el proceso que en el caso anterior, pero esta vez con recubrimiento de PVC al trabajar con bajas intensidades. La sección escogida es de 1,5 mm² con intensidad nominal de 16 A.

$$R = \rho * \frac{L}{S} = 0,0171 * \frac{20}{1,5} = 0,228 Ohm$$

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * R = 0,228 * \sqrt{3} * 1,16 = 0,46 V$$

$$\frac{0,46}{400} * 100 = 0,11\% < 1,5\%$$

Cumple, por lo tanto se instala el siguiente conductor: **3x1,5 mm² + 1,5 mm²**.

▪ **Depurador ciclónico (soplante de cenizas)**

Potencia = 3,728 kW

$$I = \frac{3,728}{\sqrt{3} * 0,4 * 1} = 5,38 A$$

Se repite el proceso que en el caso anterior, también con recubrimiento de PVC. La sección escogida es de 1,5 mm² con intensidad nominal de 16 A.

$$R = \rho * \frac{L}{S} = 0,0171 * \frac{20}{1,5} = 0,228 Ohm$$

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * R = 0,228 * \sqrt{3} * 5,38 = 2,12 V$$

$$\frac{2,12}{400} * 100 = 0,53\% < 1,5\%$$

Cumple, por lo tanto se instala un conductor de: **3x1,5 mm² + 1,5 mm²**.

▪ **Precipitador electrostático húmedo (PEH)**

Potencia = 2 kW

$$I = \frac{2}{\sqrt{3} * 0,4 * 1} = 2,88 A$$

Se repite el proceso que en el caso anterior, también con recubrimiento de PVC. La sección escogida sigue siendo de 1,5 mm² con intensidad nominal de 16 A.

$$R = \rho * \frac{L}{S} = 0,0171 * \frac{20}{1,5} = 0,228 \text{ Ohm}$$

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * R = 0,228 * \sqrt{3} * 2,88 = 1,137 \text{ V}$$

$$\frac{1,137}{400} * 100 = 0,28\% < 1,5\%$$

Cumple, por lo tanto también se instala un conductor de: **3x1,5 mm² + 1,5 mm²**.

▪ **Soplantes del circuito del Syngas**

Potencia = 7,5 kW

Unidades: 3

$$I = \frac{3 * 7,5}{\sqrt{3} * 0,4 * 1} = 32,47 \text{ A}$$

En este caso se instalan 3 unidades de soplantes, por lo que hay que sumar sus potencias para calcular el conductor que les alimente. Siguiendo con el recubrimiento de PVC, se escoge una sección de 6 mm² con intensidad nominal de 37 A.

$$R = \rho * \frac{L}{S} = 0,0171 * \frac{20}{6} = 0,057 \text{ Ohm}$$

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * R = 0,057 * \sqrt{3} * 32,47 = 3,2 \text{ V}$$

$$\frac{3,2}{400} * 100 = 0,8\% < 1,5\%$$

Cumple, por lo tanto se instala un conductor de: **3x6 mm² + 6 mm²**.

▪ **Bombas de agua**

Potencia = 1,5 kW

Unidades: 2

$$I = \frac{2 * 1,5}{\sqrt{3} * 0,4 * 1} = 4,33 \text{ A}$$

Se escoge una sección de 1,5 mm² con recubrimiento de PVC, con intensidad nominal de 16 A, y se comprueba que cumpla el requisito de caída de tensión:

$$R = \rho * \frac{L}{S} = 0,0171 * \frac{20}{1,5} = 0,228 \text{ Ohm}$$

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * R = 0,228 * \sqrt{3} * 4,33 = 1,71 \text{ V}$$

$$\frac{1,71}{400} * 100 = 0,42\% < 1,5\%$$

Cumple, por lo tanto se instala un conductor de: **3x1,5 mm² + 1,5 mm²**.

2 - PROTECCIONES

Pese a que cada sistema de generación ya incorpora un interruptor automático adecuado a su funcionamiento, se decide instalar otro una vez los conductores de ambos equipos se han unido. Las condiciones que deberá cumplir, según la norma UNE 20-460-4-43, son las siguientes:

- $I_B < I_N < I_Z$
- $P_C > I_{CCMAX}$
- $I_{CCMIN} > I_A$

Donde:

- I_B es la intensidad de diseño.
- I_Z es la intensidad máxima admisible.
- I_N es la intensidad nominal del dispositivo de protección.
- P_C es el poder de corte del dispositivo de protección.
- I_{CCMAX} es la intensidad de cortocircuito máxima.
- I_A es la intensidad de regulación

A partir de los datos que se tienen, se calcula cual debe ser la intensidad nominal del interruptor automático:

$$2.767 < I_N < 3.840$$

Se escoge un interruptor con intensidad nominal de 3.200 A. El poder de corte viene proporcionado por el fabricante de los equipos de generación, y debe ser de 65 kA. Se comprueba la última condición:

$$I_A < I_{CCMIN} \rightarrow 3.200 < 35.000$$

A partir de estos datos, el interruptor automático seleccionado es un Legrand DMX³-H3200, con una intensidad nominal de 3.200 A y un poder de corte de 65kA, regulable hasta 3.200 A.

Anexo N° 4

Consumo energético de la planta

ÍNDICE

1 - Análisis por Consumo promedio anual.....	123
2 - Análisis por consumo mensual	124
3 - Analisis por curvas horarias.....	125
4 - Conclusiones.....	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla A4.1: Energía consumida anualmente.....	123
Tabla A4.2: energía consumida promedio diario	123
Tabla A4.3: Datos de consumo horario real 9 agosto 2017	125
Tabla A4.4: Datos de consumo horario real 10 agosto 2017	126
Tabla A4.5: Datos de consumo horario real 12 diciembre 2017.....	127
Tabla A4.6: Datos de consumo horario real 13 diciembre 2017.....	128

ÍNDICE DE IMÁGENES

Ilustración A4.1: Grafico de consumo mensual energético 2016	124
Ilustración A4.2: Curvas horarias representadas gráficamente	129

1 - ANÁLISIS POR CONSUMO PROMEDIO ANUAL

De cara a la realización de este proyecto, se tiene acceso a los datos de facturación de energía eléctrica desde la puesta en marcha de la instalación de tratamiento de residuos. Estos datos servirán para la comparación con la energía que se estima produzcan los motores de cogeneración.

Así pues, se tiene la siguiente tabla donde aparecen los consumos totales de cada año, en función del periodo horario y el total anual.

	2013	2014	2015	2016	2017
P1	220.189	247.404	277.269	313.190	336.393
P2	278.025	317.901	355.313	421.357	446.709
P3	138.577	173.916	186.274	237.719	209.332
P4	238.952	297.673	324.508	424.652	359.992
P5	327.380	411.777	437.722	541.724	498.855
P6	1.445.767	1.721.524	1.896.355	2.330.772	2.356.821
TOTAL (kWh)	2.648.890	3.170.195	3.477.421	4.269.414	4.208.102

TABLA A4.1: ENERGÍA CONSUMIDA ANUALMENTE

Se observa claramente una tónica ascendente en la cantidad de energía consumida, debido a la creciente cantidad de residuos a procesar.

Para comparar la energía consumida durante esos años con la que se pretende producir, se pasa la cifra de total anual a total diario, y esta última a total diario por hora. Obtendremos así una media de consumo horaria anual para cada año.

	2013	2014	2015	2016	2017
Total anual	2.648.890	3.170.195	3.477.421	4.269.414	4.208.102
Media diaria	7257,233	8685,465	9527,18	11697,024	11529,046
Media horaria	302,384	361,894	396,965	487,376	480,6769

TABLA A4.2: ENERGÍA CONSUMIDA PROMEDIO DIARIO

Obtenidos esos valores promedio, se puede comparar con los valores de una generación teórica de energía y evaluar los resultados.

No obstante, al ser un promedio diario anual, difiere en cuanto a las necesidades reales de la red local en función de las fechas, para ello se evaluara conforme al siguiente apartado.

2 - ANÁLISIS POR CONSUMO MENSUAL

Con la intención de ofrecer unos datos más fieles a la realidad, se realiza un estudio de la facturación del año 2016 por meses, de manera que se observara la diferencia de demanda energética entre los meses de invierno y verano.

Para facilitar la comprensión, se exponen los datos en la siguiente gráfica. Se puede observar el repunte durante los meses estivales de consumo de energía, siendo el máximo en el mes de agosto (413.857 kWh), seguido de cerca por junio y septiembre (401.116 kWh y 393.478 kWh respectivamente). Hay que recordar que el consumo energético va ligado a las condiciones meteorológicas y otros factores variables que hacen que sea muy variable.

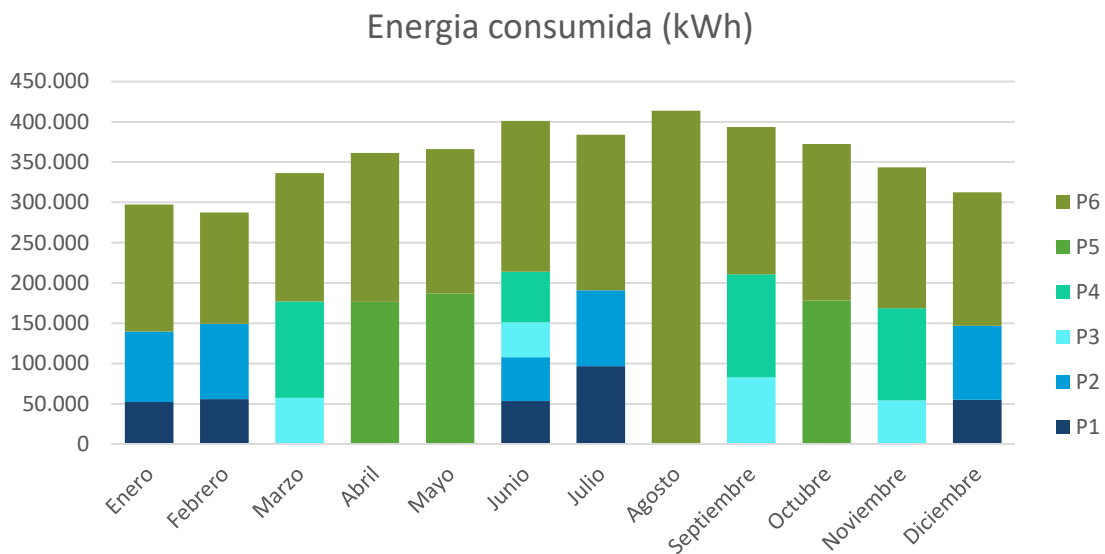


ILUSTRACIÓN A4.1: GRÁFICO DE CONSUMO MENSUAL ENERGÉTICO 2016

Realizando el cálculo de la media diaria de energía consumida por hora, los valores máximos se alcanzan en los meses de junio (557,11 kWh), agosto (556,26 kWh) y septiembre (546,50 kWh). A partir de estos, como en el caso anterior, se proyecta la instalación de generación.

Existe otra forma de analizar la energía consumida más detalladamente, un ejemplo claro de “Big Data”, término anglosajón para describir la inteligencia de datos a gran escala, es decir, el análisis de grandes cantidades de datos. Este método es analizando las curvas horarias de energía consumida.

3 - ANALISIS POR CURVAS HORARIAS

Es una de las bondades de los nuevos contadores inteligentes que se vienen instalando. Se trata de una representación gráfica del consumo eléctrico durante un determinado tiempo. Esta se genera a partir de 4 lecturas a lo largo de una hora integradas en un solo dato horario.

Es el mejor método de analizar el consumo energético de una instalación, ya sea un hogar o una gran industria, pero tiene como principal inconveniente que el usuario que desee analizar mediante este método una red se enfrentara a una enorme cantidad de datos, unos 8.760 valores en un solo año.

Para este análisis se escogen dos días de un mes de verano y dos días de un mes de invierno del año 2017, asegurándonos que sean días de funcionamiento normal en la planta (ni festivos ni jornadas de parada por mantenimiento).

A continuación se presentan los datos extraídos (Tabla A4.3 hasta Tabla A4.6).

Fecha Inicio	Fecha Fin	Total kWh
09/08/2017 00:00	09/08/2017 00:59	515
09/08/2017 01:00	09/08/2017 01:59	566
09/08/2017 02:00	09/08/2017 02:59	612
09/08/2017 03:00	09/08/2017 03:59	617
09/08/2017 04:00	09/08/2017 04:59	543
09/08/2017 05:00	09/08/2017 05:59	543
09/08/2017 06:00	09/08/2017 06:59	652
09/08/2017 07:00	09/08/2017 07:59	698
09/08/2017 08:00	09/08/2017 08:59	682
09/08/2017 09:00	09/08/2017 09:59	631
09/08/2017 10:00	09/08/2017 10:59	627
09/08/2017 11:00	09/08/2017 11:59	663
09/08/2017 12:00	09/08/2017 12:59	671
09/08/2017 13:00	09/08/2017 13:59	725
09/08/2017 14:00	09/08/2017 14:59	747
09/08/2017 15:00	09/08/2017 15:59	666
09/08/2017 16:00	09/08/2017 16:59	650
09/08/2017 17:00	09/08/2017 17:59	603
09/08/2017 18:00	09/08/2017 18:59	603
09/08/2017 19:00	09/08/2017 19:59	555
09/08/2017 20:00	09/08/2017 20:59	569
09/08/2017 21:00	09/08/2017 21:59	544
09/08/2017 22:00	09/08/2017 22:59	531
09/08/2017 23:00	09/08/2017 23:59	512

TABLA A4.3: DATOS DE CONSUMO HORARIO REAL 9 AGOSTO 2017

Fecha Inicio	Fecha Fin	Total kWh
10/08/2017 00:00	10/08/2017 00:59	518
10/08/2017 01:00	10/08/2017 01:59	544
10/08/2017 02:00	10/08/2017 02:59	651
10/08/2017 03:00	10/08/2017 03:59	525
10/08/2017 04:00	10/08/2017 04:59	576
10/08/2017 05:00	10/08/2017 05:59	579
10/08/2017 06:00	10/08/2017 06:59	666
10/08/2017 07:00	10/08/2017 07:59	643
10/08/2017 08:00	10/08/2017 08:59	610
10/08/2017 09:00	10/08/2017 09:59	590
10/08/2017 10:00	10/08/2017 10:59	597
10/08/2017 11:00	10/08/2017 11:59	680
10/08/2017 12:00	10/08/2017 12:59	630
10/08/2017 13:00	10/08/2017 13:59	603
10/08/2017 14:00	10/08/2017 14:59	673
10/08/2017 15:00	10/08/2017 15:59	672
10/08/2017 16:00	10/08/2017 16:59	687
10/08/2017 17:00	10/08/2017 17:59	592
10/08/2017 18:00	10/08/2017 18:59	675
10/08/2017 19:00	10/08/2017 19:59	658
10/08/2017 20:00	10/08/2017 20:59	547
10/08/2017 21:00	10/08/2017 21:59	566
10/08/2017 22:00	10/08/2017 22:59	456
10/08/2017 23:00	10/08/2017 23:59	448

TABLA A4.4: DATOS DE CONSUMO HORARIO REAL 10 AGOSTO 2017

Fecha Inicio	Fecha Fin	Total kWh
12/12/2017 00:00	12/12/2017 00:59	435
12/12/2017 01:00	12/12/2017 01:59	530
12/12/2017 02:00	12/12/2017 02:59	524
12/12/2017 03:00	12/12/2017 03:59	511
12/12/2017 04:00	12/12/2017 04:59	530
12/12/2017 05:00	12/12/2017 05:59	451
12/12/2017 06:00	12/12/2017 06:59	444
12/12/2017 07:00	12/12/2017 07:59	512
12/12/2017 08:00	12/12/2017 08:59	474
12/12/2017 09:00	12/12/2017 09:59	517
12/12/2017 10:00	12/12/2017 10:59	583
12/12/2017 11:00	12/12/2017 11:59	547
12/12/2017 12:00	12/12/2017 12:59	605
12/12/2017 13:00	12/12/2017 13:59	511
12/12/2017 14:00	12/12/2017 14:59	538
12/12/2017 15:00	12/12/2017 15:59	514
12/12/2017 16:00	12/12/2017 16:59	531
12/12/2017 17:00	12/12/2017 17:59	368
12/12/2017 18:00	12/12/2017 18:59	379
12/12/2017 19:00	12/12/2017 19:59	409
12/12/2017 20:00	12/12/2017 20:59	404
12/12/2017 21:00	12/12/2017 21:59	406
12/12/2017 22:00	12/12/2017 22:59	405
12/12/2017 23:00	12/12/2017 23:59	404

TABLA A4.5: DATOS DE CONSUMO HORARIO REAL 12 DICIEMBRE 2017

Fecha Inicio	Fecha Fin	Total kWh
13/12/2017 00:00	13/12/2017 00:59	517
13/12/2017 01:00	13/12/2017 01:59	526
13/12/2017 02:00	13/12/2017 02:59	512
13/12/2017 03:00	13/12/2017 03:59	577
13/12/2017 04:00	13/12/2017 04:59	585
13/12/2017 05:00	13/12/2017 05:59	611
13/12/2017 06:00	13/12/2017 06:59	490
13/12/2017 07:00	13/12/2017 07:59	448
13/12/2017 08:00	13/12/2017 08:59	470
13/12/2017 09:00	13/12/2017 09:59	546
13/12/2017 10:00	13/12/2017 10:59	610
13/12/2017 11:00	13/12/2017 11:59	595
13/12/2017 12:00	13/12/2017 12:59	595
13/12/2017 13:00	13/12/2017 13:59	575
13/12/2017 14:00	13/12/2017 14:59	545
13/12/2017 15:00	13/12/2017 15:59	534
13/12/2017 16:00	13/12/2017 16:59	522
13/12/2017 17:00	13/12/2017 17:59	389
13/12/2017 18:00	13/12/2017 18:59	397
13/12/2017 19:00	13/12/2017 19:59	399
13/12/2017 20:00	13/12/2017 20:59	399
13/12/2017 21:00	13/12/2017 21:59	393
13/12/2017 22:00	13/12/2017 22:59	391
13/12/2017 23:00	13/12/2017 23:59	388

TABLA A4.6: DATOS DE CONSUMO HORARIO REAL 13 DICIEMBRE 2017

Para favorecer un análisis visual más sencillo, en la gráfica siguiente aparecen las curvas horarias para cada jornada escogida. Se observan claramente los picos de demanda energética, que en general suelen ser más altos durante los meses estivales.

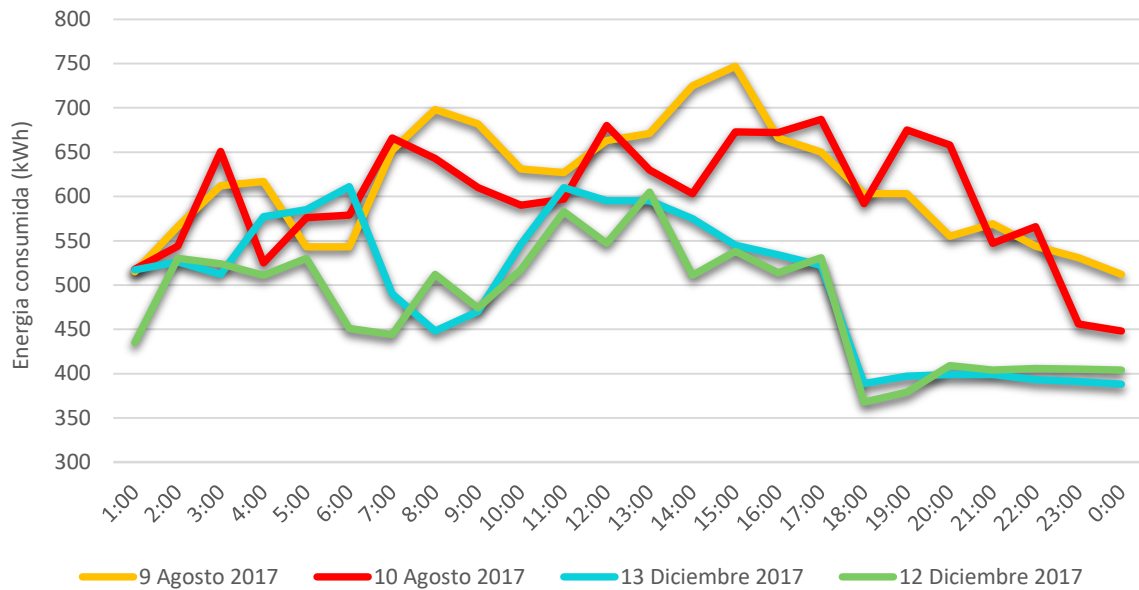


ILUSTRACIÓN A4.2: CURVAS HORARIAS REPRESENTADAS GRÁFICAMENTE

El promedio de energía consumida del día 9 de agosto es de 613,55 kWh, con un pico de 747 kWh. El promedio el día 10 es de 599,41 kWh y su pico de 687 kWh.

Durante el periodo invernal, los promedios son, para los días 12 y 13 respectivamente, de 480,5 y 500 kWh, con unos picos de 605 kWh y 611 kWh.

4 - CONCLUSIONES

El conjunto de los datos obtenidos en los tres apartados de este anexo son una excelente guía para decidir y dimensionar el sistema de gasificación y generación de la nueva instalación, proporcionando una información detallada acerca del consumo energético de la planta de tratamiento de residuos.

Cabe resaltar la significativa variación entre los datos según el método empleado. En el apartado 1, se obtiene que la media anual diaria de consumo eléctrico es de **487,376 kWh** en el peor caso, que corresponde al año 2016.

En un análisis más detallado realizado en el apartado 2, se obtiene que la media mensual de consumo energético diario más alta es de **557,11 kWh**, correspondiente a Agosto 2016. Casualmente esta cifra corresponde al mismo año que la anterior, pero se observa que el primer método de estudio otorgaba una cifra bastante alejada de la media mensual, lo cual puede llevar a cometer un error de dimensionamiento.

Por último, de los datos mostrados en el apartado 3, se observa que pese a haber una media de consumo de 613,55 kWh el día 9 de agosto de 2017, el mayor pico es de **747 kWh**.

Si se pretende dimensionar a partir de los valores anteriores, se observa como dependiendo del método empleado, se obtienen cifras bastante dispares entre si, lo que puede generar un error de dimensionamiento y que la instalación proyectada se quede corta a la hora de cubrir la demanda.

Anexo Nº 5

Dimensionado del sistema de gasificación y generación eléctrica

ÍNDICE

1 - Dimensionado del sistema de generación	135
2 - Dimensionado del sistema de gasificación	136
3 - Dimensionado de elementos constructivos.....	137
3.1 - Nave de almacenaje	137
3.2 - Muros circundantes	137
3.3 - Solera.....	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla A5.1: Características principales de dimensionado.....	135
Tabla A5.2: Capacidad de operación de los elementos dimensionados.....	136

1 - DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN

En el presente anexo se pretende dimensionar tanto el sistema de gasificación como el sistema de generación energética. Se utilizarán datos que aparecen tanto en el anexo N°2 “Motor de cogeneración” como en el anexo N°4 “Consumo energético de la planta”.

En primer lugar se dimensionará el sistema de generación, y a partir de este, sabiendo las necesidades de combustible que tengan los motores, se pasará a dimensionar el sistema de gasificación.

El motor seleccionado es un Jenbacher JGC 320 GS-S.LC, cuyas características técnicas aparecen en el anexo N°2. De estas, cabe destacar las remarcadas en la tabla siguiente, como criterios de dimensionado.

Rendimiento	Uds.	100%	75%	50%
Caudal de gas	Nm ³ /h	1.372	1.066	761
Potencia eléctrica	kW el.	767	574	378

TABLA A5.1: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE DIMENSIONADO

La demanda energética a cubrir se extrae del anexo N°4, del cual se extrae que esta es mayor durante los meses de verano, siendo el valor medio más elevado 613,55 kWh a lo largo del día 9 de agosto de 2017, pero con un pico de 747 kWh.

Para poder cubrir el consumo energético de la instalación en todo caso, se dimensiona para el caso más desfavorable, es decir, para cubrir la demanda del pico de 747kWh.

Consultando la Tabla A5.1, se observa que se podría instalar un único motor, ya que este funcionando al 100% de rendimiento genera 767 kWh, pero para dotar de una mayor flexibilidad al sistema, se opta por la instalación de dos equipos de generación.

Estos funcionarían al 75% de capacidad, generando así 1148 kWh de manera conjunta, suficiente para cubrir la demanda en todo momento. Si en algún momento fuese necesario que uno de los dos motores se detenga, ya sea por labores de mantenimiento o por fallo mecánico, se podría aumentar el rendimiento del otro, generando así la suficiente energía, o al menos aportando la mayor parte de la necesaria, para que la planta siguiese operativa.

Como se mantiene la conexión a la red, en todo momento los excedentes energéticos pueden ser comercializados con la empresa distribuidora, proporcionando una remuneración extra a la empresa, y en el posible caso que, como se ha comentado, el funcionamiento de alguno de los sistemas de generación se detuviese, podría importarse la energía necesaria de la red nacional, por lo que siempre se contará con suministro eléctrico.

Por lo tanto se cuenta con un sistema flexible, que se adapta a las necesidades operativas y que genera un excedente del cual obtener beneficios.

No es aconsejable aumentar el rendimiento de operación de los motores por encima del 90% para evitar un desgaste excesivo de las partes mecánicas.

2 - DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE GASIFICACIÓN

Con dos equipos instalados y funcionando normalmente al 75% de capacidad, los motores consumirán entre los dos 2132 m³/h de Syngas. A partir de este dato se dimensiona el resto de la instalación de gasificación.

El reactor genera a plena carga en operación 2.500 m³/h, suficientes para abastecer a los dos motores e incluso para aumentar su rendimiento si se desea. El sobrante de este Syngas es llevado a la antorcha, que deberá poder asimilar la totalidad del gas generado en el reactor. La antorcha proyectada es capaz de quemar hasta 2.700 m³/h, cubriendo la totalidad del gas en caso que sea necesario. Los soplantes instalados aseguran el flujo de gas en la dirección deseada.

La alimentación del reactor deberá ser capaz de suministrar la suficiente capacidad de residuos, que deberán ser como mínimo 1.500 kg/h para asegurar el desarrollo correcto de la operación. La trituradora y pelletizadora instalada es capaz de procesar 2.500 kg/h, así que se asegura el suministro. El sistema de alimentación, con un ancho de banda de 600mm, es suficiente para asegurar el suministro.

A modo de resumen, se presenta la siguiente tabla con los requisitos de la instalación y la capacidad de los equipos instalados.

Equipo	Ud.	Requerimiento	Máxima capacidad operativa
Trituradora / pelletizadora	kg/h	1.500	2.500
Reactor de gasificación	m ³ /h	2.132	2.500
Antorcha	m ³ /h	2.500	2.700
Motores de generación	kWh	750	1.148

TABLA A5.2: CAPACIDAD DE OPERACIÓN DE LOS ELEMENTOS DIMENSIONADOS

Como se aprecia claramente, se puede aumentar la producción general de toda la instalación, ya que se ha dejado un amplio margen operativo para otorgarle flexibilidad al proceso ante imprevistos.

Pese a ello, no se recomienda aumentar los parámetros establecidos en este anexo para evitar problemas por sobrecarga de elementos del sistema.

3 - DIMENSIONADO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Los dimensionamientos de este punto se realizan a nivel teórico, ya que son elementos clave en la instalación y requieren ser añadidos al presupuesto. Los datos obtenidos tienen un carácter orientativo y no definitivo, ya que un proveedor especializado podría aconsejar su modificación en función de los requisitos de la instalación.

3.1 - NAVE DE ALMACENAJE

La nave donde se almacenaran los residuos a la espera de ser tratados servirá a su vez de almacén de reserva en caso de que, por algún motivo, se detuviese la generación en la planta principal.

Teniendo en cuenta que el consumo horario de combustible por parte del reactor es de 1.500 kg/h y que el sistema funciona de manera ininterrumpida durante 24 horas al día, la cantidad de combustible consumido al día es de 36.000 kg/día, que en términos de volumen son 72 m³/día.

Como se pretende otorgar al sistema de generación una autonomía suficiente pese a que no se generen rechazos, la nave se dimensiona para poder dar cabida a suficientes residuos para asegurar el funcionamiento 10 días.

Estos 10 días suponen 720 m³ de residuos (hay que recordar que se generan en balas de 1 m³), por lo que la nave deberá ser capaz de almacenar al menos esa cantidad. También se debe tener en cuenta que las pilas de combustible en la nave no deben ocuparla en su totalidad, sino que deben dejar el suficiente espacio para el paso de personas y maquinaria, y dejar una distancia suficiente al techo para favorecer el funcionamiento del sistema de protección anti incendios.

Teniendo esos factores en cuenta, se decide por edificar una nave de 1500 m³ de capacidad, que suponiendo un factor de ocupación de 0,5, es decir, ocupando la mitad del volumen total disponible, asegura el abastecimiento de combustible al reactor.

Las dimensiones finales de la nave serán 20 metros de profundidad, 15 metros de amplitud y 5 metros de altura. El coste de dicha instalación se realiza mediante un baremo establecido por el Colegio de Arquitectos de Valencia.

3.2 - MUROS CIRCUNDANTES

Los muros circundantes se proyectan como defensa ante las inclemencias del tiempo, por lo que deben cubrir la maquinaria que se va a instalar.

Para ello, estos elementos de protección partirán de la nave de almacenaje hasta el final de la solera instalada. Eso hace un muro de 47 metros de longitud y otro menor de 24 metros de longitud. La altura de los muros es de 3 metros para asegurarse que se cubre la maquinaria, excepto el reactor y la antorcha. El espesor es de 30 centímetros para asegurar la resistencia frente al viento, ya que un área tan grande genera un gran efecto vela.

3.3 - SOLERA

La solera supone el sustento básico de toda la instalación, evitando que el terreno asiente produciendo indeseables desplazamientos en la maquinaria y conducciones. Las dimensiones abarcan la totalidad del área de edificación, que serán 24 metros de profundidad y 65 metros de amplitud.

El espesor deberá ser suficiente para soportar los pesos de todo el equipo además de la nave de almacenaje y los muros circundantes. Se estima un peso de 100.000 kg, de los que 60.000 kg pertenecen a los módulos de generación. Se elige un espesor comercial de 30 cm para realizar los cálculos.

Se calcula la condición de hundimiento:

- $\sigma_{med} < \sigma_{adm}$
- $\sigma_{max} < 1,25 * \sigma_{adm}$

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M * Z}{I} = \frac{100.000 * 9,8}{24 * 65} = 628,20 \frac{N}{m^2} = 64,10 \frac{kg}{m^2} < \sigma_{adm} = 20000 \frac{kg}{m^2}$$

Claramente cumple con la condición.

Las cuantías geométricas y mecánicas de la armadura interna se realizan cumpliendo la normativa EHE 08.

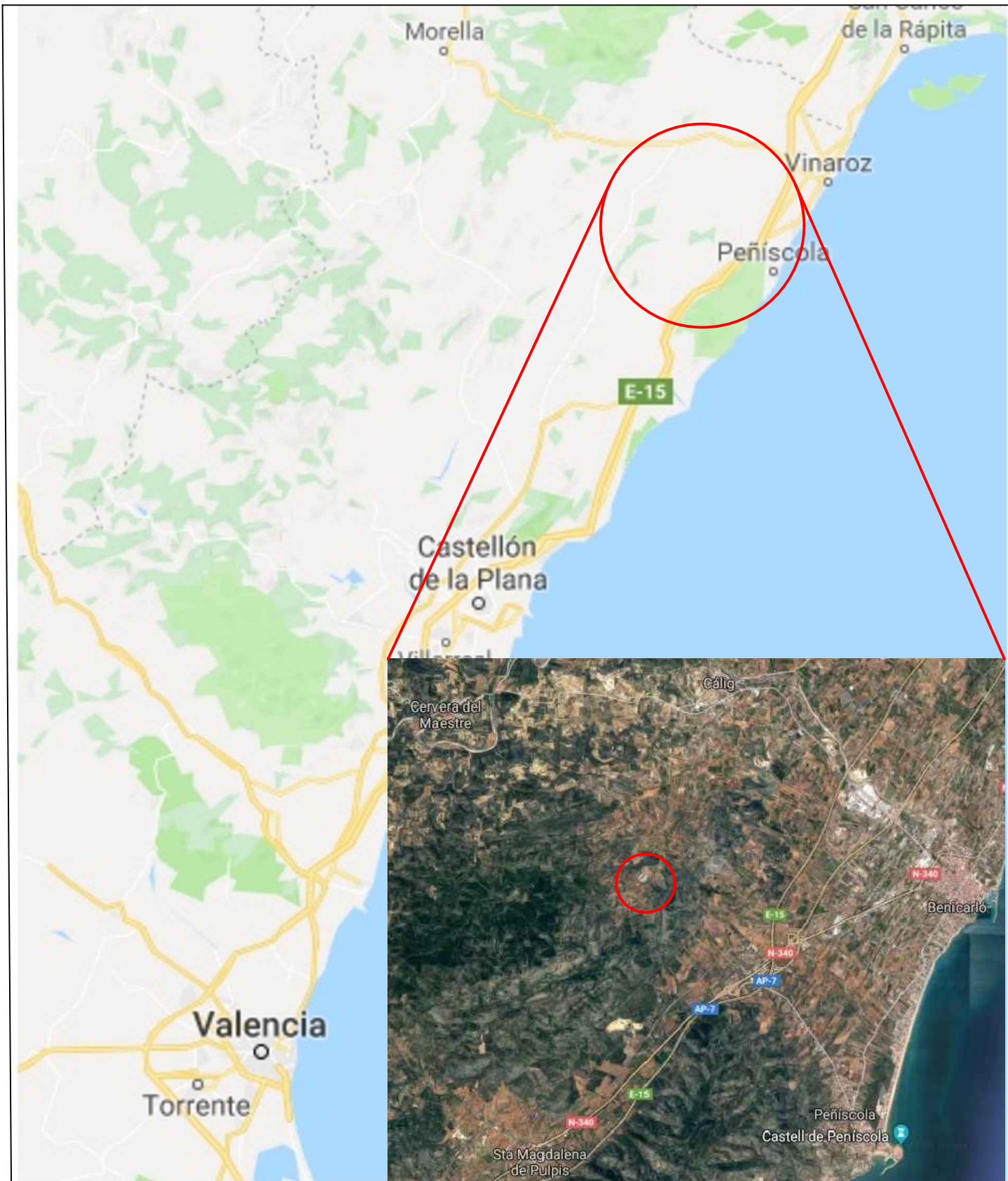
En cuanto a la armadura geométrica, la cuantía geométrica mínima se define principalmente para evitar la fisuración debido a las deformaciones por temperatura. Se calcula a partir de la siguiente ecuación:


$$A_s = C_G * A_C = 0,0018 * 3000 = 5,4 \text{ cm}^2$$

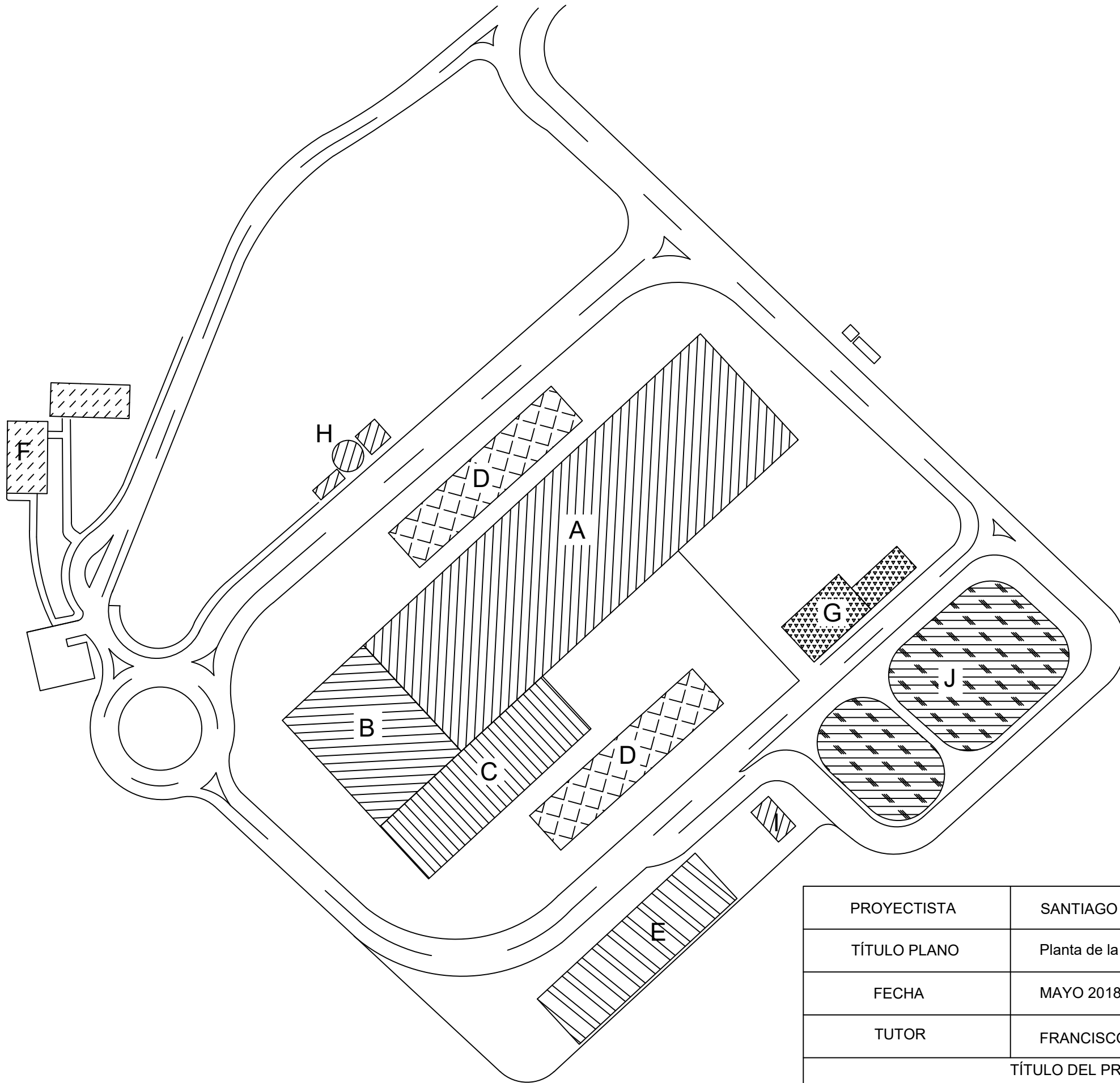
El valor de C_G es la cuantía geométrica mínima y se extrae de la norma EHE 08, y A_C se refiere al área de la losa de cimentación, suponiendo 30 centímetros de espesor.

La armadura de la losa correspondiente a dicha armadura geométrica se realiza a través de un sistema de embarado de acero. Este embarado tiene como diámetro mínimo 10 mm, con un número de barras aproximado de 200 barras para la totalidad de la losa.


PLANOS

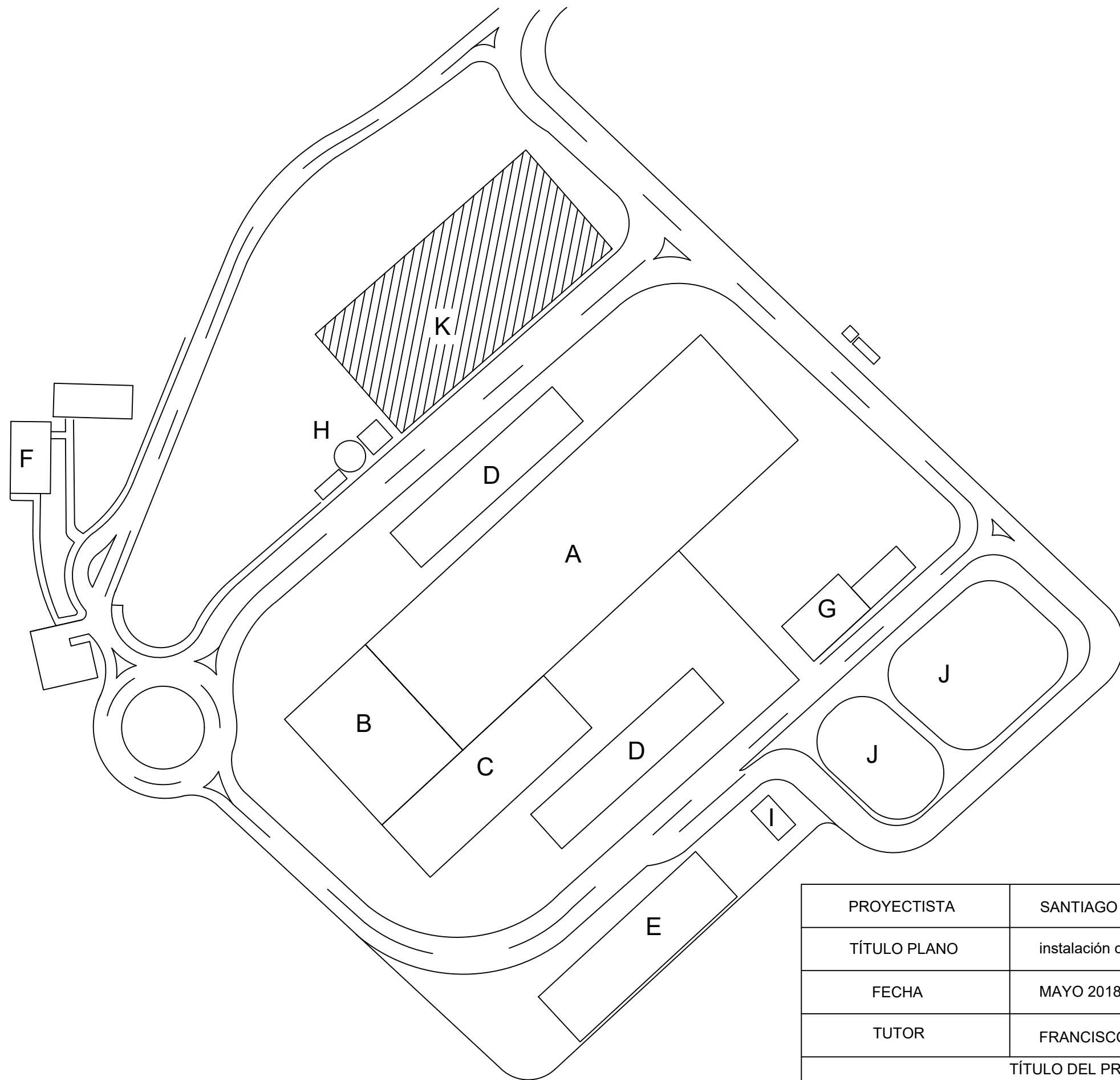


PROYECTISTA	SANTIAGO ALEGRE BALAGUER		
TÍTULO PLANO	Localización geográfica		
FECHA	MAYO 2018	UNIDAD DE COTA	
TUTOR	FRANCISCO JOSÉ COLOMER MENDOZA	-	
TÍTULO DEL PROYECTO		ESCALA	PLANO
Proyecto de aislamiento energético de una planta de tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos mediante la gasificación de los rechazos		-	1




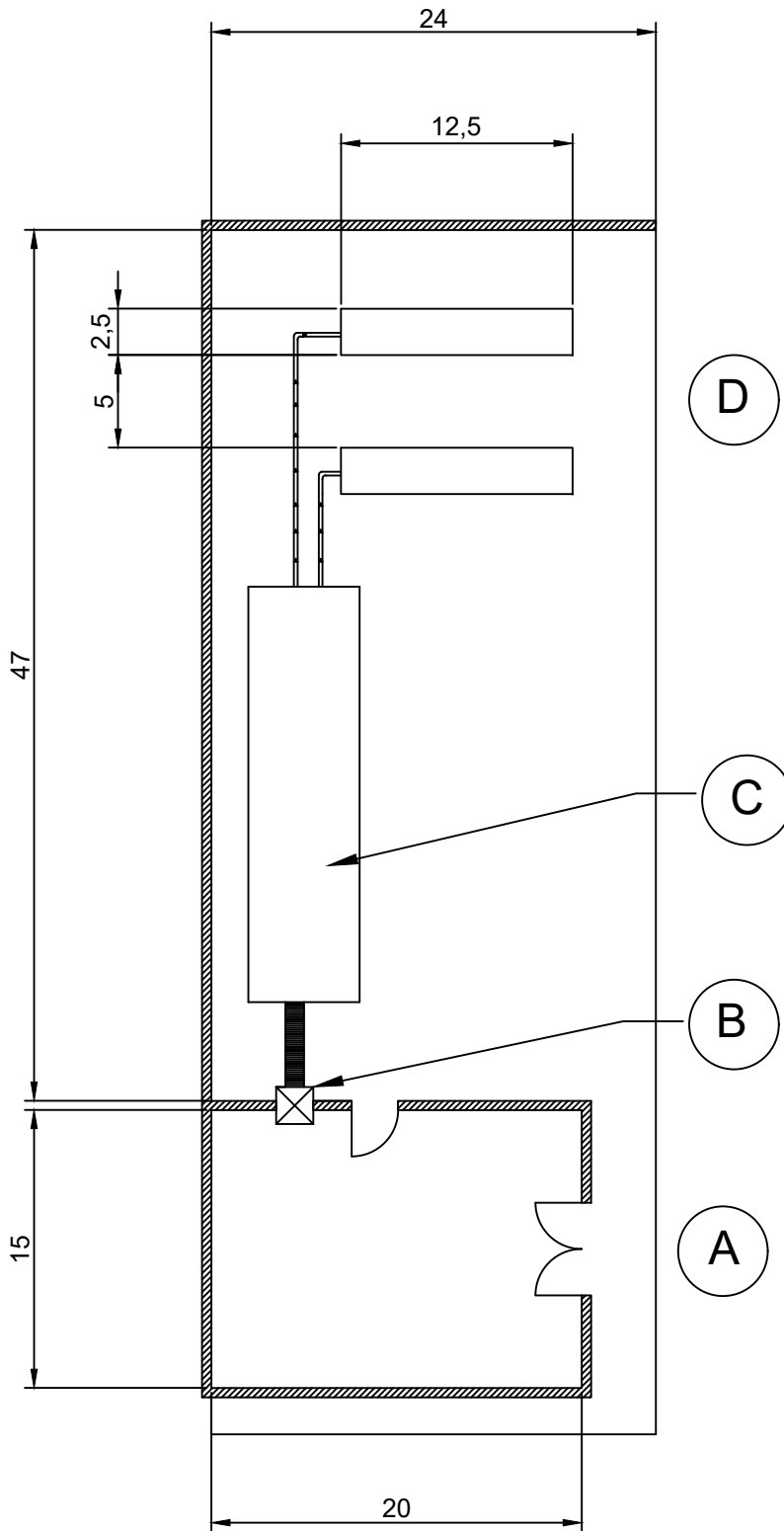
Zonas destacadas	
A	Nave de biosecado
B	Área de triaje
C	Material bioestabilizado
D	Biofiltros
E	Nave de voluminosos
F	Oficinas
G	Talleres
H	Deposito anti incendios
I	Depuradora
J	Embalses de aguas

PROYECTISTA	SANTIAGO ALEGRE BALAGUER	 UNIVERSITAT JAUME I	
TÍTULO PLANO	Planta de la instalación original		
FECHA	MAYO 2018		
TUTOR	FRANCISCO JOSÉ COLOMER MENDOZA	UNIDAD DE COTA	
TÍTULO DEL PROYECTO		ESCALA	PLANO
Proyecto de aislamiento energético de una planta de tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos mediante la gasificación de los rechazos		1:500	2




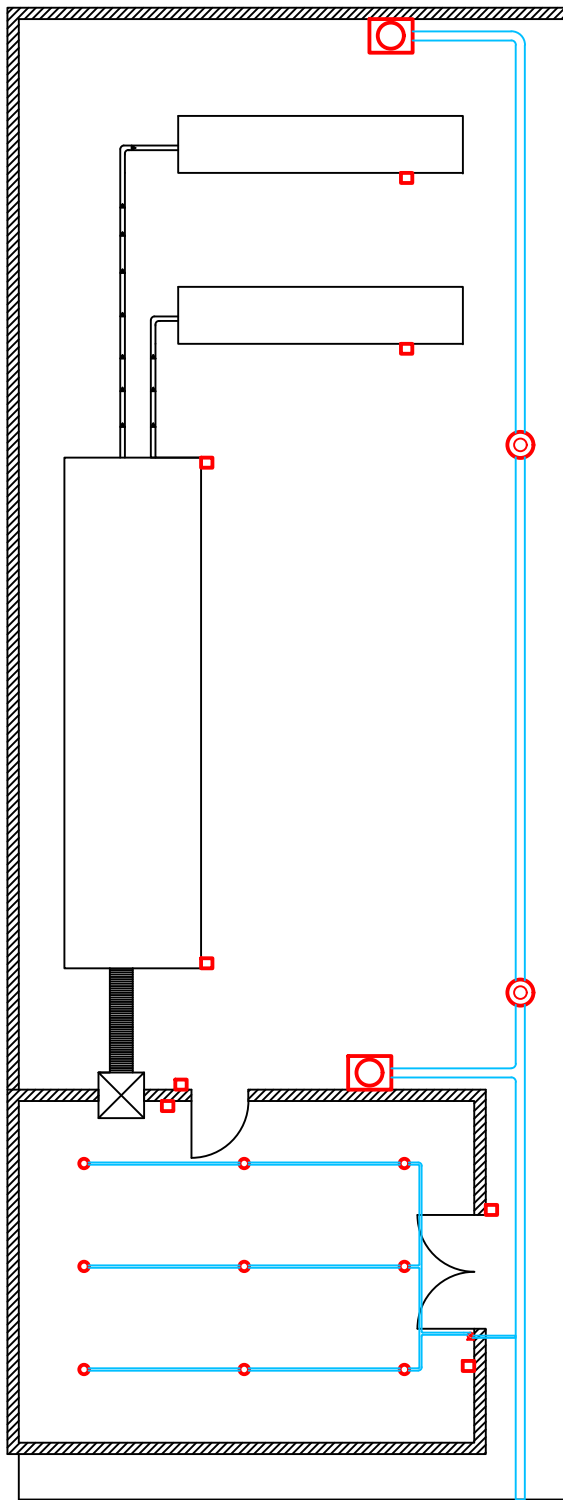
Zonas destacadas	
A	Nave de biosecado
B	Área de triaje
C	Material bioestabilizado
D	Biofiltros
E	Nave de voluminosos
F	Oficinas
G	Talleres
H	Deposito anti incendios
I	Depuradora
J	Embalses de aguas
K	Nueva construcción

PROYECTISTA	SANTIAGO ALEGRE BALAGUER	 UNIVERSITAT JAUME I	
TÍTULO PLANO	instalación con la zona de nueva construcción		
FECHA	MAYO 2018		
TUTOR	FRANCISCO JOSÉ COLOMER MENDOZA		
TÍTULO DEL PROYECTO		UNIDAD DE COTA	
Proyecto de aislamiento energético de una planta de tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos mediante la gasificación de los rechazos		-	
		ESCALA	PLANO
		1:500	3

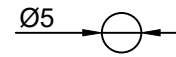


Elementos o zonas	
Letra	Designación
A	Nave de almacenamiento
B	Trituradora / pelletizadora
C	Sistema de gasificación y depuración (detalle en plano 6)
D	Motores de cogeneración

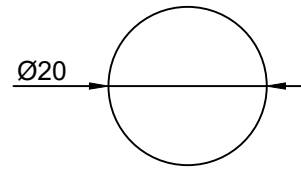
PROYECTISTA	SANTIAGO ALEGRE BALAGUER		
TÍTULO PLANO	Distribución de la nueva instalación		
FECHA	MAYO 2018	UNIDAD DE COTA m	
TUTOR	FRANCISCO JOSÉ COLOMER MENDOZA		
TÍTULO DEL PROYECTO Proyecto de aislamiento energético de una planta de tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos mediante la gasificación de los rechazos		ESCALA 1:50	PLANO 4



Conducción rociadores



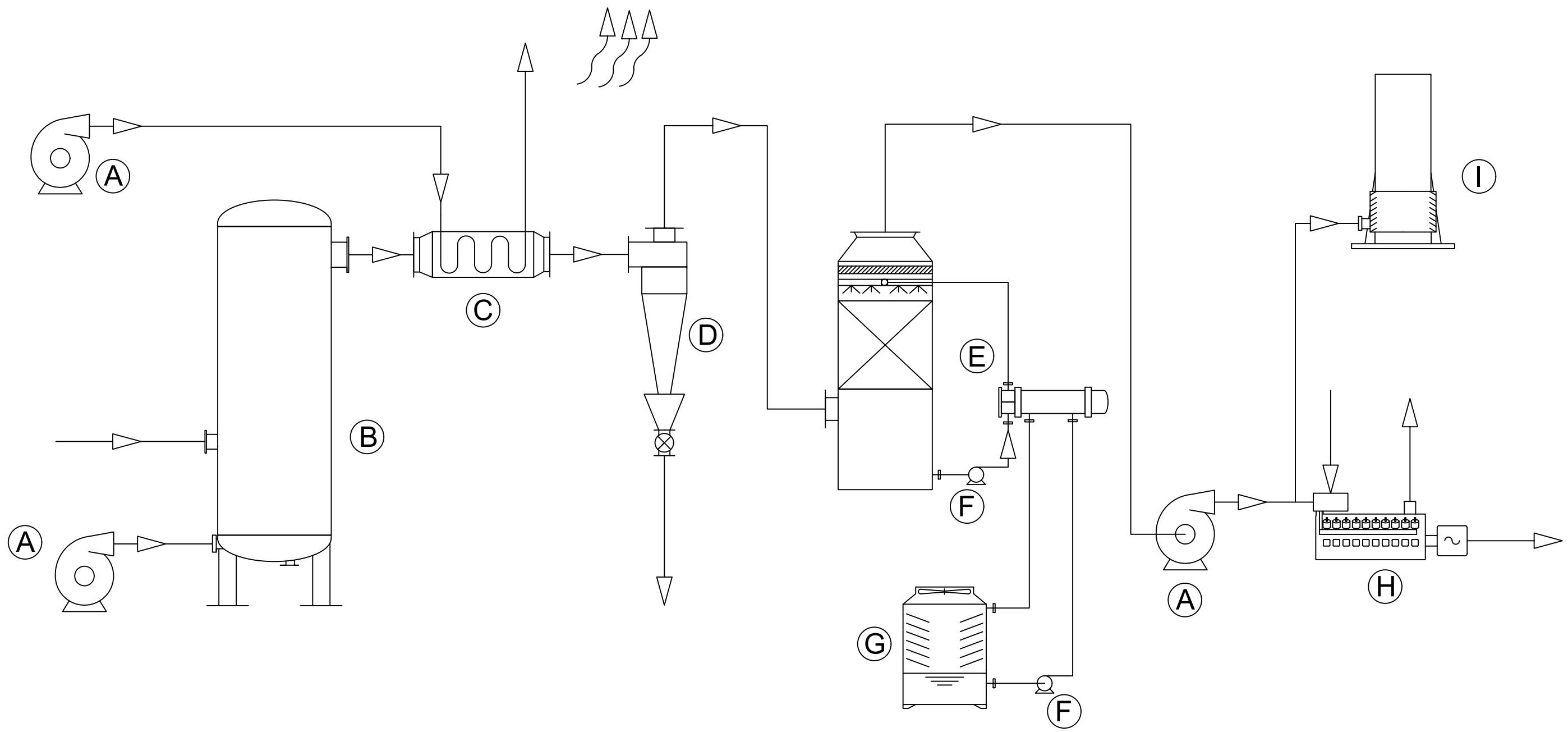
Conducción principal BIE/hidrantes




Leyenda

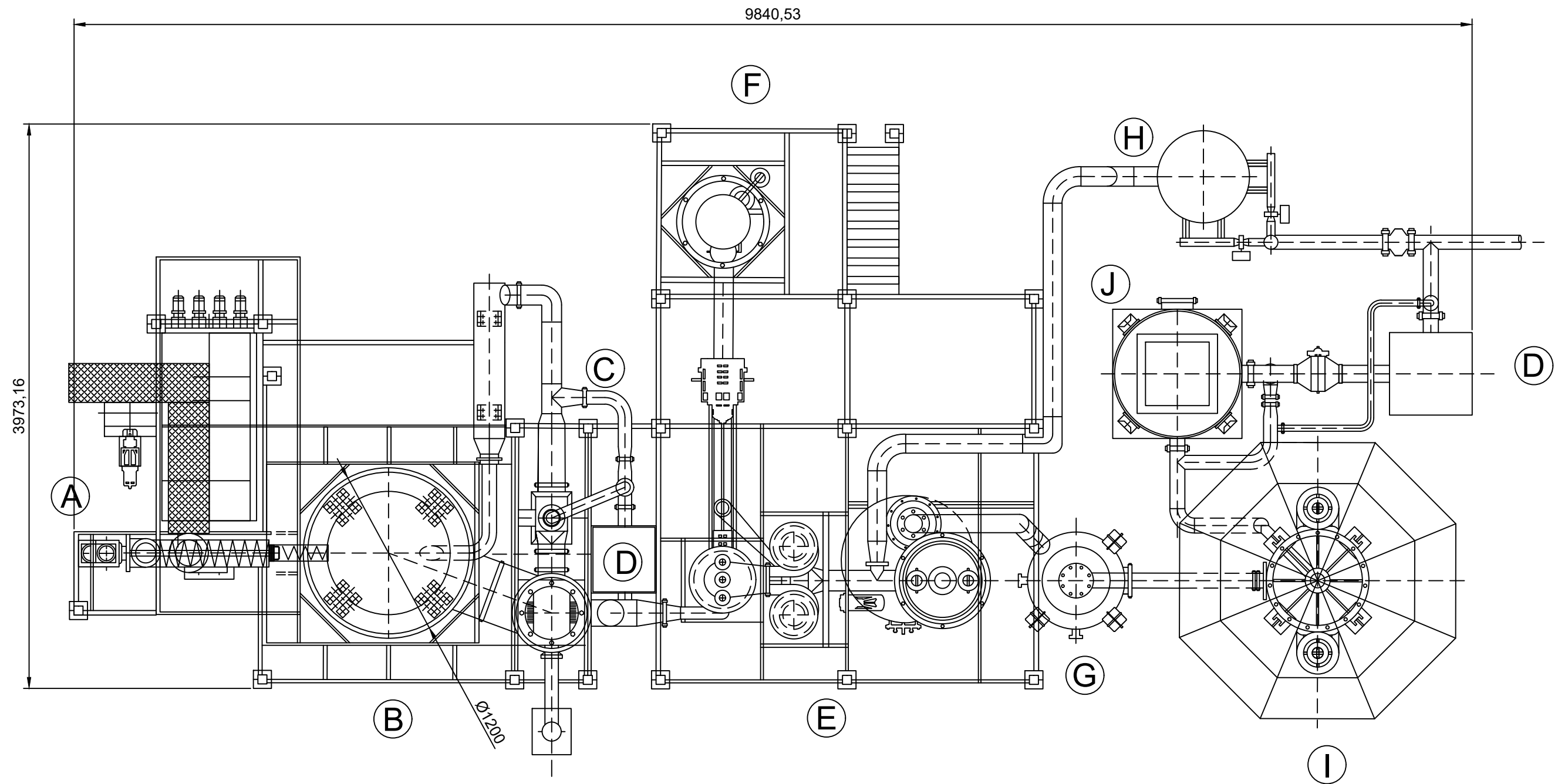
Símbolo	Cantidad	Elemento
	2	BIE, DN45mm, SIM3
	2	Hidrante exterior
	2 y 6	Extintores (interior y exterior)
	9	Rociadores antiincendios
	1	Bomba sistema de rociadores
	----	Conducciones de agua

PROYECTISTA	SANTIAGO ALEGRE BALAGUER		
TÍTULO PLANO	Distribución sistema anti incendios		
FECHA	MAYO 2018	UNIDAD DE COTA cm	
TUTOR	FRANCISCO JOSÉ COLOMER MENDOZA		
TÍTULO DEL PROYECTO Proyecto de aislamiento energético de una planta de tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos mediante la gasificación de los rechazos		ESCALA ----	PLANO 5




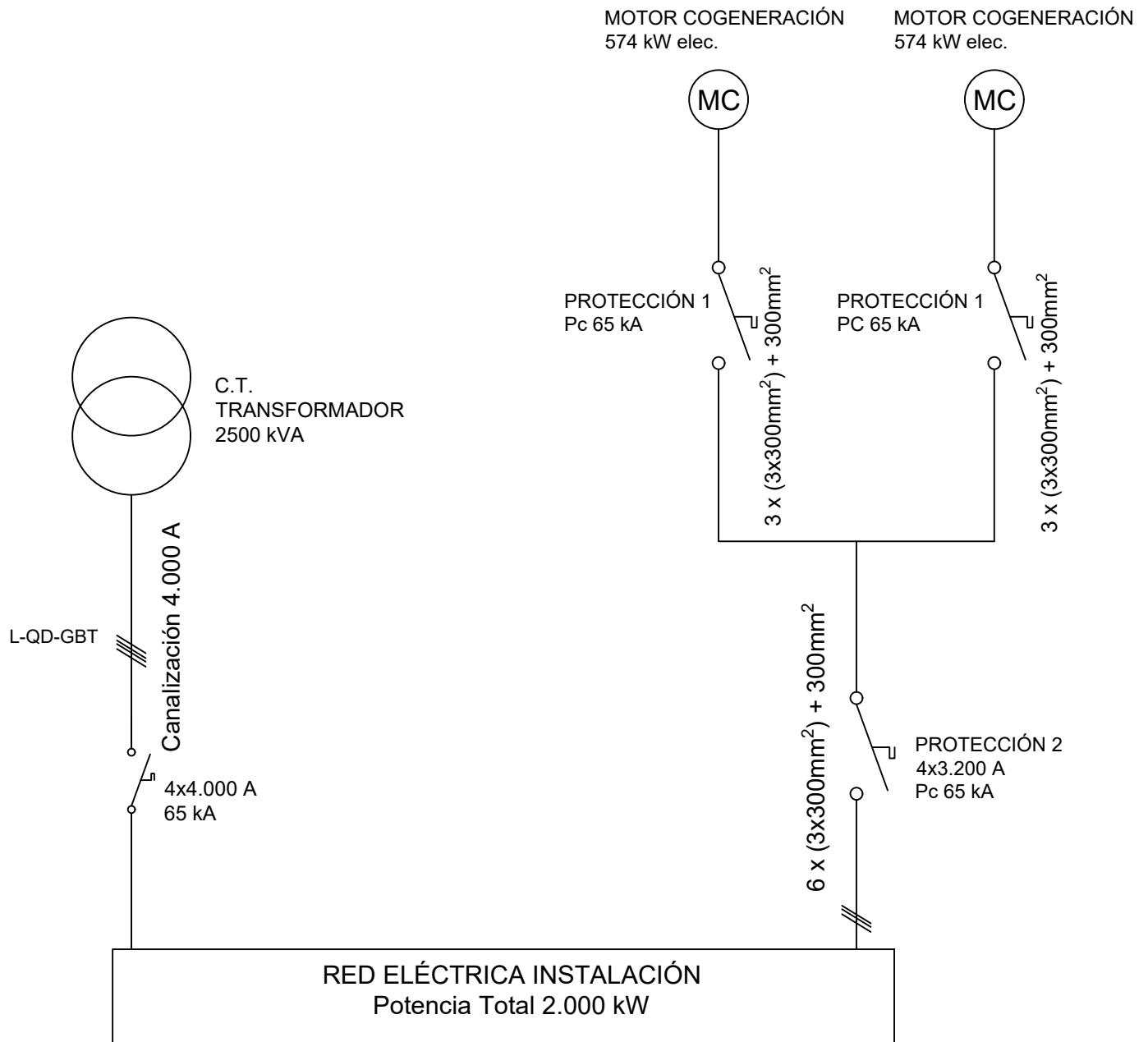
Elementos		
Letra	Cant.	Descripción
A	3	Sistema de alimentación
B	1	Reactor de gasificación
C	1	Intercambiador de calor
D	1	Ciclón
E	1	Precipitador electrostático húmedo
F	2	Bombas sistema de agua
G	1	Sistema de limpieza y refrigeración del agua
H	1	Motor de cogeneración
I	1	Antorcha


PROYECTISTA	SANTIAGO ALEGRE BALAGUER		
TÍTULO PLANO	Diagrama de flujo del proceso		
FECHA	MAYO 2018	UNIDAD DE COTA	
TUTOR	FRANCISCO JOSÉ COLOMER MENDOZA	-	
TÍTULO DEL PROYECTO		ESCALA	PLANO
Proyecto de aislamiento energético de una planta de tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos mediante la gasificación de los rechazos		-	6

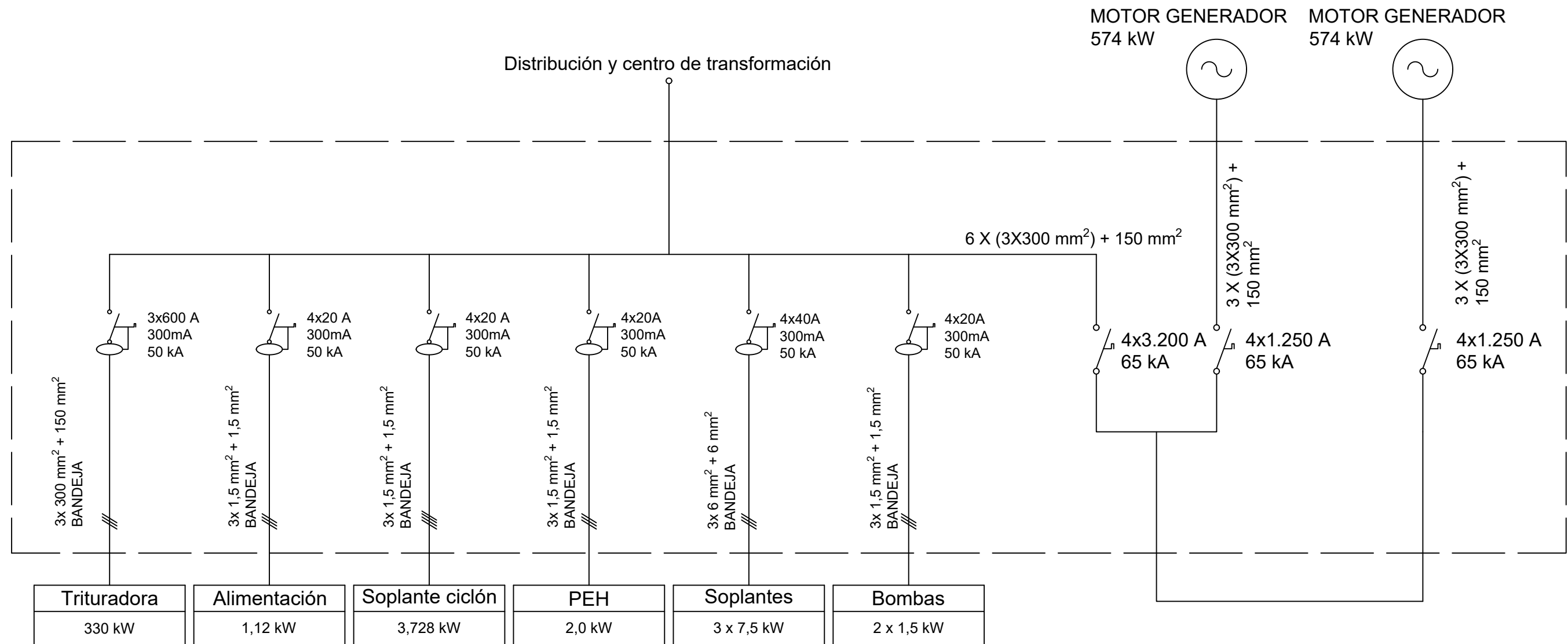



Elementos		
Letra	Cant.	Descripción
A	1	Siestema de alimentación
B	1	Reactor de gasificación
C	1	Intercambiador de calor
D	2	Solpantes
E	2	Separador centrífugo (ciclón)
F	1	Almacén de cenizas
G	1	Torre de refrigeración
H	1	Antorcha
I	1	Precipitador electrostático húmedo
J	1	Deposito de agua residual

PROYECTISTA	SANTIAGO ALEGRE BALAGUER	 UNIVERSITAT JAUME I	
TÍTULO PLANO	Plano gasificador y elementos de depuración		
FECHA	MAYO 2018		
TUTOR	FRANCISCO JOSÉ COLOMER MENDOZA	UNIDAD DE COTA	
TÍTULO DEL PROYECTO Proyecto de aislamiento energético de una planta de tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos mediante la gasificación de los rechazos		mm	
		ESCALA	PLANO
		1:50	7



PROYECTISTA	SANTIAGO ALEGRE BALAGUER		
TÍTULO PLANO	Esquema eléctrico global		
FECHA	MAYO 2018	UNIDAD DE COTA	
TUTOR	FRANCISCO JOSÉ COLOMER MENDOZA	--	
TÍTULO DEL PROYECTO		ESCALA	PLANO
Proyecto de aislamiento energético de una planta de tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos mediante la gasificación de los rechazos		----	8



PROYECTISTA	SANTIAGO ALEGRE BALAGUER	 UNIVERSITAT JAUME I
TÍTULO PLANO	Esquema unifilar de la nueva instalación	
FECHA	MAYO 2018	UNIDAD DE COTA
TUTOR	FRANCISCO JOSÉ COLOMER MENDOZA	--
TÍTULO DEL PROYECTO		ESCALA
Proyecto de aislamiento energético de una planta de tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos mediante la gasificación de los rechazos		--
		PLANO
		9

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

1 - Pliego de condiciones generales	163
1.1 - Disposiciones Generales.....	163
1.1.1 - Objeto.....	163
1.1.2 - Contrato de obra	163
1.1.3 - Documentación del contrato de obra	164
1.1.4 - Dirección de obra	164
1.1.5 - El contratista	164
1.1.6 - Accidentes de trabajo	165
1.1.7 - Daños y perjuicios a terceros	165
1.1.8 - Indemnizaciones al Contratista	166
1.1.9 - Hallazgos	166
1.1.10 - Replanteo	166
1.1.11 - Inicio de obra.....	166
1.1.12 - Ampliación del proyecto por causas de fuerza mayor	167
1.1.13 - Prórroga por causa de fuerza mayor.....	167
1.2 - Disposiciones relativas a trabajos y materiales	168
1.2.1 - Suministro de Materiales	168
1.2.2 - Procedencia de materiales, aparatos y equipos	168
1.2.3 - Materiales, aparatos y equipos defectuosos	168
1.2.4 - Gastos por pruebas y ensayos.....	168
1.3 - Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas.....	169
1.3.1 - Consideraciones de carácter general	169
1.3.2 - Recepción provisional	169
1.3.3 - Recepción Definitiva.....	170
1.3.4 - Recepción de trabajos con contrata rescindida.....	171
1.4 - Documentos	172
1.4.1 - Documentación de seguimiento de obra.....	172
1.4.2 - Documentación de control de obra	172
1.4.3 - Certificado final de obra.....	172
2 - Pliego de condiciones facultativas	173
2.1 -El promotor	173
2.2 -El proyectista.....	174
1.3 - El constructor o contratista.....	175
2.4 - El director de obra.....	177
2.5 - El director de la ejecución de la obra.....	178
	161

2.6 - Los propietarios y los usuarios	180
2.7 - Responsabilidades.....	180
2.7.1 - Daños materiales.....	180
2.7.2 - Responsabilidad civil	181
2.8 - Disposiciones legales.....	182
3 - Obras que comprende el proyecto.....	182
4 - Pliego de condiciones técnicas.....	183
4.1 - Materiales	183
4.1.1 - Hormigón	183
4.1.1.1 - Suministro	183
4.1.1.2 - Recepción.....	183
4.1.1.3 - Empleo	184
4.1.2 - Aceros.....	185
4.1.2.1 - Suministro	185
4.1.2.2 - Recepción.....	185
4.1.2.3 - Conservación.....	185
4.1.2.4 - Empleo	186
4.1.3 - Bloques prefabricados para encofrado.....	186
4.1.3.1 - Suministro	186
4.1.3.2 - Recepción.....	186
4.1.3.3 - Conservación.....	186
4.1.3.4 - Empleo	187
4.2 - Forma de medición y abono en las obras	188
4.2.1 - Cimentaciones.....	188
4.2.2 - Estructuras	188
4.2.3 - Estructuras metálicas	188
4.2.4 - Forjados.....	188
4.2.5 - Muros.....	188
4.2.6 - Fachadas.....	189
4.2.7 - Instalaciones.....	189
4.3 - Instalaciones en baja tensión.....	190
4.3.1 - Conductores	190
4.3.2 - Tubos.....	190
4.3.3 - Cajas de empalme	191
4.3.4 - Aparatos de mando y maniobra.....	192
4.3.5 - Aparatos de protección.....	192

1 - PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.1 - DISPOSICIONES GENERALES

1.1.1 - OBJETO

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto "Proyecto de aislamiento energético de una planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos mediante la gasificación de los rechazos" acorde a la normativa vigente.

Las características técnicas del mismo están especificadas en la memoria del proyecto y en el pliego de condiciones técnicas.

1.1.2 - CONTRATO DE OBRA

Se deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 "Contratación de Obras. Condiciones Generales", siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones Particulares.

Se recomienda la contratación por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes.

El contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto General. Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el contratista

Se consideraran causas suficientes de rescisión de contrato:

- Muerte o incapacidad del contratista.
- Quiebra del contratista.
- Alteraciones en el contrato de obra sin motivo justificado.
- Modificaciones de las unidades de obra, cuando representen más del 40% del proyecto original, o más del 50% de unidades de obra del proyecto ya modificado.
- Incumplimiento de las condiciones del contrato de obra.
- Retraso en el inicio de los trabajos más allá del plazo indicado sin motivo justificado.
- Vencimiento del plazo de ejecución de obra.
- El abandono de la obra sin causas justificadas.

1.1.3 - DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

- Las condiciones fijadas en el contrato de obra.
- El presente Pliego de Condiciones.
- La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anejos, mediciones y presupuestos.

En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

1.1.4 - DIRECCIÓN DE OBRA

El facultativo de la propiedad director de la obra será una persona, con titulación adecuada y suficiente, directamente responsable de la comprobación y vigilancia de la correcta realización de la obra contratada. Para el desempeño de su función podrá contar con colaboradores a sus órdenes, que desarrollarán su labor en función de las atribuciones derivadas de sus títulos profesionales o de sus conocimientos específicos y que integrarán la dirección de la obra. El Director designado y su equipo serán comunicados al contratista antes de la fecha de la comprobación de replanteo.

Las funciones del Director, en orden a la dirección, control y vigilancia de las obras son:

- Exigir el cumplimiento de las condiciones contractuales de la obra.
- Garantizar que el desarrollo de las obras se ajuste estrictamente al proyecto aprobado y a sus posibles modificaciones, debidamente autorizadas.
- Resolver todas las cuestiones que puedan surgir a la hora de interpretación de planos, materiales y ejecución de unidades de obra.
- Estudiar las incidencias que puedan surgir durante el desarrollo de la obra y que puedan suponer el incumplimiento del contrato o la necesidad de modificarlo.
- Proponer las actuaciones procedentes para obtener los permisos y autorizaciones necesarios para la ejecución de las obras.
- Asumir personalmente y bajo su responsabilidad, en caso de urgencia o necesidad, la dirección inmediata de determinadas operaciones o trabajos, teniendo a su disposición el personal y el material de obra.
- Acreditar al contratista las obras realizadas conforme a los documentos del contrato.

1.1.5 - EL CONTRATISTA

Se entiende por "Contratista" la parte contratante obligada a ejecutar la obra. El contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto. En consecuencia, quedará obligado a la demolición y

reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

El "Libro de Órdenes" será diligenciado previamente por el servicio a que esté adscrita la obra, se abrirá en la fecha de comprobación del replanteo y se cerrará en la de la recepción definitiva. Durante dicho lapso de tiempo estará a disposición de la dirección, que, cuando proceda, anotará en él las órdenes, instrucciones y comunicaciones que estime oportunas, autorizándolas con su firma. El contratista estará también obligado a transcribir en dicho libro, por sí o por medio su delegado cuantas órdenes o instrucciones reciba por escrito de la Dirección, y a firmar, a los efectos procedentes, el oportuno acuse de recibo, sin perjuicio de la necesidad de una posterior autorización de tales transcripciones por la Dirección, con su firma, en el libro indicado. Efectuada la recepción definitiva, el "Libro de Órdenes" pasará a poder de la propiedad, si bien podrá ser consultado en todo momento por el contratista.

1.1.6 - ACCIDENTES DE TRABAJO

Es de obligado cumplimiento el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción" y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios. Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el contratista.

1.1.7 - DAÑOS Y PERJUICIOS A TERCEROS

El contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de "Todo riesgo al derribo y la construcción", suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el promotor, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

1.1.8 - INDEMNIZACIONES AL CONTRATISTA

El contratista tendrá derecho a ser indemnizado por la propiedad en los casos y forma que determina y establece el Reglamento General de Contratación, si bien en el expediente deberá acreditar que, previamente al suceso, había tomado las medidas y precauciones razonables para prevenir y evitar, en lo posible, que las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados en la obra pudieran sufrir daños por eventos de la naturaleza.

En la valoración de los daños causados se tendrá en cuenta la adopción de las medidas y precauciones razonables por parte del contratista, a fin de segregarse de aquellos daños que se hubiesen podido evitar, de haberse tomado las medidas oportunas previas o inmediatamente después de acaecer el hecho causa de los daños.

1.1.9 - HALLAZGOS

El promotor se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte o sustancias minerales utilizables que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en sus terrenos o edificaciones. El contratista deberá emplear, para extraerlos, todas las precauciones que se le indiquen por parte del director de obra.

El promotor abonará al contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen, siempre que estén debidamente justificados y aceptados por la Dirección Facultativa.

1.1.10 - REPLANTEO

El contratista iniciará "in situ" el replanteo de las obras, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del contratista e incluidos en su oferta económica. Asimismo, someterá el replanteo a la aprobación del director de ejecución de la obra y, una vez éste haya dado su conformidad, preparará el Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañada de un plano de replanteo definitivo, que deberá ser aprobado por el director de obra. Será responsabilidad del contratista la deficiencia o la omisión de este trámite.

1.1.11 - INICIO DE OBRA

El contratista dará comienzo a las obras en el plazo especificado en el respectivo contrato, desarrollándose de manera adecuada para que dentro de los períodos parciales señalados se realicen los trabajos, de modo que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato. Será obligación del contratista comunicar a la Dirección Facultativa el inicio de las obras, de forma fehaciente y preferiblemente por escrito, al menos con tres días de antelación. El director de obra redactará el acta de comienzo de la obra y la suscribirán en la

misma obra junto con él, el día de comienzo de los trabajos, el director de la ejecución de la obra, el promotor y el contratista.

Para la formalización del acta de comienzo de la obra, el director de la obra comprobará que en la obra existe copia de los siguientes documentos:

- Proyecto de Ejecución, Anejos y modificaciones.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y su acta de aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de los trabajos.
- Licencia de Obra otorgada por el Ayuntamiento.
- Comunicación de apertura de centro de trabajo efectuada por el contratista.
- Otras autorizaciones, permisos y licencias que sean preceptivas por otras administraciones. Libro de Órdenes y Asistencias.
- Libro de Incidencias.

La fecha del acta de comienzo de la obra marca el inicio de los plazos parciales y total de la ejecución de la obra.

1.1.12 - AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS DE FUERZA MAYOR

Cuando se precise ampliar el Proyecto, por motivo imprevisto o por cualquier incidencia, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones de la Dirección Facultativa en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado. El contratista está obligado a realizar, con su personal y sus medios materiales, cuanto la dirección de ejecución de la obra disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

1.1.13 - PRÓRROGA POR CAUSA DE FUERZA MAYOR

Si, por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del contratista, éste no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderlas o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para su cumplimiento, previo informe favorable del director de obra. Para ello, el contratista expondrá, en escrito dirigido al director de obra, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

El contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito, no se le hubiese proporcionado.

1.2 - DISPOSICIONES RELATIVAS A TRABAJOS Y MATERIALES

1.2.1 - SUMINISTRO DE MATERIALES

Se especificará en el Contrato la responsabilidad que pueda caber al contratista por retraso en el plazo de terminación o en plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

1.2.2 - PROCEDENCIA DE MATERIALES, APARATOS Y EQUIPOS

El contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto. Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesta en obra, el contratista deberá presentar al director de ejecución de la obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

A petición del director de obra, el contratista presentará las muestras de los materiales, aparatos y equipos, siempre con la antelación prevista en el calendario de obra.

1.2.3 - MATERIALES, APARATOS Y EQUIPOS DEFECTUOSOS

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones no fuesen de la calidad y características técnicas prescritas en el proyecto, no tuvieran la preparación en él exigida o cuando se reconociera o demostrara que no son los adecuados para su fin, el director de obra, a instancias del director de ejecución de la obra, dará la orden al contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin al que se destinen. Si, a los 15 días de recibir el contratista orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, ésta no ha sido cumplida, podrá hacerlo el promotor a cuenta de contratista. En el caso de que los materiales, aparatos, equipos o elementos de instalaciones fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del director de obra, se recibirán con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el contratista prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

1.2.4 - GASTOS POR PRUEBAS Y ENSAYOS

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras correrán a cargo y cuenta del contratista. Todo ensayo que no resulte satisfactorio, no se realice por omisión del contratista, o que no ofrezca las suficientes garantías, podrá comenzarse nuevamente a cargo y cuenta del contratista.

1.3 - DISPOSICIONES DE LAS RECEPCIONES DE EDIFICIOS Y OBRAS ANEJAS

1.3.1 - CONSIDERACIONES DE CARÁCTER GENERAL

La recepción de la obra es el acto por el cual el contratista, una vez concluida la obra, hace entrega de la misma al promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes. La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el promotor y el contratista, haciendo constar:

- Las partes que intervienen.
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- El coste final de la ejecución material de la obra.
- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.
- Las garantías que, en su caso, se exijan al contratista para asegurar sus responsabilidades.

Asimismo, se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el director de obra y el director de la ejecución de la obra. El promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecúa a las condiciones contractuales. En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción. Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los treinta días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor.

La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos treinta días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito. El cómputo de los plazos de responsabilidad y garantía será el establecido en la "Ley 38/1999 Ley de Ordenación de la Edificación", y se iniciará a partir de la fecha en que se suscriba el acta de recepción, o cuando se entienda ésta tácitamente producida según lo previsto en el apartado anterior.

1.3.2 - RECEPCIÓN PROVISIONAL

Treinta días antes de dar por finalizadas las obras, comunicará el director de ejecución de la obra al promotor la proximidad de su terminación a fin de convenir el acto de la Recepción Provisional. Ésta se realizará con la intervención del promotor, del contratista, del director de obra y del director de ejecución de la obra. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección extenderán el correspondiente Certificado de Final de Obra. Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar expresamente en el Acta y se darán al contratista las oportunas instrucciones para subsanar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra. Si el contratista no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con la pérdida de la fianza.

El plazo de garantía deberá estipularse en el contrato privado y, en cualquier caso, nunca deberá ser inferior a seis meses.

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el director de ejecución de la obra a su medición definitiva, con precisa asistencia del contratista o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el director de obra con su firma, servirá para el abono por el promotor del saldo resultante menos la cantidad retenida en concepto de fianza.

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo y cuenta del contratista. Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones ocasionadas por el uso correrán a cargo del promotor y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo del contratista.

1.3.3 - RECEPCIÓN DEFINITIVA

La recepción definitiva se realizará después de transcurrido el plazo de garantía, en igual modo y con las mismas formalidades que la provisional. A partir de esa fecha cesará la obligación del contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios, y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran derivar de los vicios de construcción.

Si, al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el director de obra indicará al contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias. De no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con la pérdida de la fianza.

El director de ejecución de la obra, asistido por el contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactará la documentación final de las obras, que se facilitará al promotor, con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente. Esta documentación incluye el Manual de Uso y Mantenimiento del Edificio.

1.3.4 - RECEPCIÓN DE TRABAJOS CON CONTRATA RESCINDIDA

En caso de resolución del contrato, el contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo fijado, la maquinaria, instalaciones y medios auxiliares, a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa sin problema alguno.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos anteriormente. Transcurrido el plazo de garantía, se recibirán definitivamente según lo dispuesto anteriormente. Para las obras y trabajos no terminados, pero aceptables a juicio del director de obra, se efectuará una sola y definitiva recepción.

1.4 - DOCUMENTOS

El arquitecto, asistido por el contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactarán la documentación final de las obras, que se facilitará a la propiedad. Dicha documentación se adjuntará, al acta de recepción, con la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Esta documentación constituirá el libro del edificio, que ha de ser encargado por el promotor y será entregado a los usuarios finales del edificio. Esta documentación constará de los siguientes elementos:

1.4.1 - DOCUMENTACIÓN DE SEGUIMIENTO DE OBRA

Esta será depositada por el director de obra en su colegio de arquitectos.

Se compone de:

- Libro de órdenes y asistencias
- Libro de incidencias en materia de seguridad y salud
- Proyecto, con sus anejos y modificaciones debidamente autorizadas.
- Licencia de obras y otras autorizaciones administrativas.

1.4.2 - DOCUMENTACIÓN DE CONTROL DE OBRA

Su recopilación es responsabilidad del director de ejecución de obra, y se compone de:

- Documentación de control, que debe corresponder a lo establecido en el proyecto, más sus anejos y modificaciones.
- Documentación, instrucciones de uso y mantenimiento, así como garantías de los materiales y suministros, que debe ser proporcionada por el constructor.
- Documentación de calidad de las unidades de obra, preparada por el constructor y autorizada por el director de ejecución en su colegio profesional.

1.4.3 - CERTIFICADO FINAL DE OBRA

El director de la obra certificará que la edificación ha sido realizada bajo su dirección, de conformidad con el proyecto objeto de la licencia y la documentación técnica que lo complementa, hallándose dispuesta para su adecuada utilización con arreglo a las instrucciones de uso y mantenimiento.

Al certificado final de obra se le unirán como la descripción de las modificaciones que, con la conformidad del promotor, se hubiesen introducido durante la obra y la relación de los controles realizados.

2 - PLIEGO DE CONDICIONES FACULTATIVAS

2.1 -EL PROMOTOR

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la edificación, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios. Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparan también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la edificación.

El promotor está obligado a:

- 1 Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- 2 Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra, al director de la ejecución de la obra y al contratista posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.
- 3 Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.
- 4 Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes que, de conformidad con la normativa aplicable, conlleva la construcción de edificios, la urbanización que procediera en su entorno inmediato, la realización de obras que en ellos se ejecuten y su ocupación.
- 5 Garantizar los daños materiales que el edificio pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder.
- 6 La suscripción obligatoria de un seguro, de acuerdo a las normas concretas fijadas al efecto, que cubra los daños materiales que ocasionen en el edificio el incumplimiento de las condiciones de habitabilidad en tres años o que afecten a la seguridad estructural en el plazo de diez años, con especial mención a las viviendas individuales en régimen de autopromoción, que se regirán por lo especialmente legislado al efecto.
- 7 Contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico, en su caso, al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".
- 8 Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas.

- 9 En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.
- 10 Entregar al adquirente y usuario inicial, en su caso, el denominado Libro del Edificio que contiene el manual de uso y mantenimiento del mismo y demás documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.

2.2 -EL PROYECTISTA

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto. Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

El proyectista está obligado a:

- 1 Redactar el proyecto por encargo del promotor, con sujeción a la normativa urbanística y técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.
- 2 Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente y calcular los elementos fundamentales del edificio, en especial la cimentación y la estructura.
- 3 Concretar en el Proyecto el emplazamiento de cuartos de máquinas, de contadores, hornacinas, espacios asignados para subida de conductos, reservas de huecos de ventilación, alojamiento de sistemas de telecomunicación y, en general, de aquellos elementos necesarios en el edificio para facilitar las determinaciones concretas y especificaciones detalladas que son cometido de los proyectos parciales, debiendo éstos adaptarse al Proyecto de Ejecución, no pudiendo contravenirlo en modo alguno.
- 4 Deberá entregarse necesariamente un ejemplar del proyecto complementario al director de obra antes del inicio de las obras o instalaciones correspondientes.
- 5 Acordar con el promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.
- 6 Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso edificatorio, que deberán ser redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede ser distinta e incompatible con las competencias del director de obra y, por tanto, de exclusiva responsabilidad de éstos.
- 7 Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del director de obra y previo acuerdo con el promotor, pudiendo exigir la compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad

intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.

- 8 Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

1.3 - EL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA

Es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

La ley señala al contratista general como responsable directo de vicios o defectos en la obra, sin perjuicio del derecho de repetición de éste hacia los subcontratistas.

El contratista está obligado a:

- 1 Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor.
- 2 Organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al correspondiente Plan de Obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.
- 3 Elaborar, y exigir de cada subcontratista, un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dichos planes se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención propuestas, con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.
- 4 Comunicar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud.
- 5 Adoptar todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud.
- 6 Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.
- 7 Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes.
- 8 Facilitar la labor de la Dirección Facultativa, suscribiendo el Acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las Instrucciones del director de obra y del director de la ejecución material de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.

- 9 Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales o *lex artis*, aun cuando estos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación de proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.
- 10 Disponer de los medios materiales y humanos que la naturaleza y entidad de la obra impongan, disponiendo del número adecuado de oficiales, suboficiales y peones que la obra requiera en cada momento, bien por personal propio o mediante subcontratistas al efecto, procediendo a solapar aquellos oficios en la obra que sean compatibles entre sí y que permitan acometer distintos trabajos a la vez sin provocar interferencias, contribuyendo con ello a la agilización y finalización de la obra dentro de los plazos previstos.
- 11 Ordenar y disponer en cada momento de personal suficiente a su cargo para que efectúe las actuaciones pertinentes para ejecutar las obras con solvencia, diligentemente y sin interrupción, programándolas de manera coordinada con el director de ejecución material de la obra.
- 12 Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo autocontrol de los trabajos que efectúen, y ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.
- 13 Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción facultativa del director de la ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la Dirección Facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.
- 14 Dotar de material, maquinaria y utillajes adecuados a los operarios que intervengan en la obra, para efectuar adecuadamente las instalaciones necesarias y no menoscabar con la puesta en obra las características y naturaleza de los elementos constructivos que componen el edificio una vez finalizado.
- 15 Poner a disposición del director de ejecución material de la obra los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, recabando de dicho técnico el plan a seguir en cuanto a las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias.
- 16 Cuidar de que el personal de la obra guarde el debido respeto a la Dirección Facultativa. Auxiliar al Director de la Ejecución de la Obra en los actos de replanteo y firmar posteriormente y una vez finalizado éste, el acta correspondiente de inicio de obra, así como la de recepción final. Facilitar a los directores de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.
- 17 Suscribir las garantías de obra que, en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio).

2.4 - EL DIRECTOR DE OBRA

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del director de obra.

El director de obra está obligado a:

- 1 Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.
- 2 Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Órdenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al promotor.
- 3 Redactar las modificaciones, ajustes, rectificaciones o planos complementarios que se precisen para el adecuado desarrollo de las obras. Es facultad expresa y única la redacción de aquellas modificaciones o aclaraciones directamente relacionadas con la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno; el cálculo o recálculo del dimensionado y armado de todos y cada uno de los elementos principales y complementarios de la cimentación y de la estructura vertical y horizontal; los que afecten sustancialmente a la distribución de espacios y las soluciones de fachada y cubierta y dimensionado y composición de huecos, así como la modificación de los materiales previstos.
- 4 Asesorar al director de la ejecución de la obra en aquellas aclaraciones y dudas que pudieran acontecer para el correcto desarrollo de la misma, en lo que respecta a las interpretaciones de las especificaciones de proyecto.
- 5 Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan para asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto, así como impartir las soluciones aclaratorias que fueran necesarias, consignando en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas que se estimara oportunas reseñar para la correcta interpretación de lo proyectado, sin perjuicio de efectuar todas las aclaraciones y órdenes verbales que estimare oportuno.
- 6 Firmar el Acta de replanteo o de comienzo de obra y el Certificado Final de Obra, así como firmar el visto bueno de las certificaciones parciales referidas al porcentaje de obra efectuada y, en su caso y a instancias del promotor, la supervisión de la documentación que se le presente relativa a las unidades de obra realmente ejecutadas previa a su liquidación final, todo ello con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- 7 Informar puntualmente al promotor de aquellas modificaciones sustanciales que, por razones técnicas o normativas, conllevan una variación de lo construido con respecto al proyecto básico y de ejecución y que afecten o puedan afectar al contrato suscrito entre el promotor y los destinatarios finales de las viviendas.
- 8 Redactar la documentación final de obra, en lo que respecta a la documentación gráfica y escrita del proyecto ejecutado, incorporando las modificaciones efectuadas. Para ello, los técnicos redactores de proyectos y/o estudios complementarios deberán obligatoriamente entregarle la documentación final en la que se haga constar el estado final de las obras y/o instalaciones por ellos redactadas, supervisadas y realmente ejecutadas, siendo responsabilidad de los firmantes la veracidad y exactitud de los documentos presentados.

Al Proyecto Final de Obra se anexará el Acta de Recepción Final; la relación identificativa de los agentes que han intervenido en el proceso de edificación, incluidos todos los subcontratistas y oficios intervinientes; las instrucciones de Uso y Mantenimiento del Edificio y de sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

La documentación a la que se hace referencia en los dos apartados anteriores es parte constituyente del Libro del Edificio y el promotor deberá entregar una copia completa a los usuarios finales del mismo.

Además de todas las facultades que corresponden al director de obra, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección mediata, denominada alta dirección en lo que al cumplimiento de las directrices generales del proyecto se refiere, y a la adecuación de lo construido a éste.

Cabe señalar expresamente que la resistencia al cumplimiento de las órdenes de los directores de obra en su labor de alta dirección se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá recusar al contratista y/o acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el contratista de las consecuencias legales y económicas.

2.5 - EL DIRECTOR DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

Es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo edificado. Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el director de obra, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estimare necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución de las mismas.

Corresponde al director de ejecución material de la obra las atribuciones competenciales y obligaciones que se señalan a continuación:

- 1 La Dirección inmediata de la Obra.
- 2 Verificar personalmente la recepción a pie de obra, previo a su acopio o colocación definitiva, de todos los productos y materiales suministrados necesarios para la ejecución de la obra, comprobando que se ajustan con precisión a las determinaciones del proyecto y a las normas exigibles de calidad, con la plena potestad de aceptación o rechazo de los mismos en caso de que lo considerase oportuno y por causa justificada, ordenando la realización de pruebas y ensayos que fueran necesarios.
- 3 Dirigir la ejecución material de la obra de acuerdo con las especificaciones de la memoria y de los planos del Proyecto, así como, en su caso, con las instrucciones complementarias necesarias que recabara del director de obra. Anticiparse con la antelación suficiente a las distintas fases de la puesta en obra, requiriendo las aclaraciones al director de obra o directores de obra que fueran necesarias y planificando de manera anticipada y continuada con el contratista principal y los subcontratistas los trabajos a efectuar.
- 4 Comprobar los replanteos, los materiales, hormigones y demás productos suministrados, exigiendo la presentación de los oportunos certificados de idoneidad de los mismos.

- 5 Verificar la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, extendiéndose dicho cometido a todos los elementos de cimentación y estructura horizontal y vertical, con comprobación de sus especificaciones concretas de dimensionado de elementos, tipos de viguetas y adecuación a ficha técnica homologada, diámetros nominales, longitudes de anclaje y adecuados solape y doblado de barras.
- 6 Observancia de los tiempos de encofrado y desencofrado de vigas, pilares y forjados señalados por la Instrucción del Hormigón vigente y de aplicación.
- 7 Comprobación del correcto dimensionado de rampas y escaleras y de su adecuado trazado y replanteo con acuerdo a las pendientes, desniveles proyectados y al cumplimiento de todas las normativas que son de aplicación; a dimensiones parciales y totales de elementos, a su forma y geometría específica, así como a las distancias que deben guardarse entre ellos, tanto en horizontal como en vertical.
- 8 Verificación de la adecuada puesta en obra de fábricas y cerramientos, a su correcta y completa trabazón y, en general, a lo que atañe a la ejecución material de la totalidad de la obra y sin excepción alguna, de acuerdo a los criterios y leyes de los materiales y de la correcta construcción y a las normativas de aplicación.
- 9 Asistir a la obra con la frecuencia, dedicación y diligencia necesarias para cumplir eficazmente la debida supervisión de la ejecución de la misma en todas sus fases, desde el replanteo inicial hasta la total finalización del edificio, dando las órdenes precisas de ejecución al contratista y, en su caso, a los subcontratistas.
- 10 Consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas que considerara oportuno reseñar para la correcta ejecución material de las obras.
- 11 Supervisar posteriormente el correcto cumplimiento de las órdenes previamente efectuadas y la adecuación de lo realmente ejecutado a lo ordenado previamente.
- 12 Verificar el adecuado trazado de instalaciones, conductos, acometidas, redes de evacuación y su dimensionado, comprobando su idoneidad y ajuste tanto a las especificaciones del proyecto de ejecución como de los proyectos parciales, coordinando dichas actuaciones con los técnicos redactores correspondientes.
- 13 Detener la Obra si, a su juicio, existiera causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Órdenes y Asistencias, dando cuenta inmediata a los directores de obra que deberán necesariamente corroborarla para su plena efectividad, y al promotor.
- 14 Supervisar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, respecto a lo especificado por la normativa vigente, en cuyo cometido y obligaciones tiene legalmente competencia exclusiva, programando bajo su responsabilidad y debidamente coordinado y auxiliado por el contratista, las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias de elementos estructurales, así como las pruebas de estanqueidad de fachadas y de sus elementos, de cubiertas y sus impermeabilizaciones, comprobando la eficacia de las soluciones. Informar con prontitud a los directores de obra de los resultados de los Ensayos de Control conforme se vaya teniendo conocimiento de los mismos, proponiéndole la realización de pruebas complementarias en caso de resultados adversos.
- 15 Tras la oportuna comprobación, emitir las certificaciones parciales o totales relativas a las unidades de obra realmente ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- 16 Colaborar activa y positivamente con los restantes agentes intervinientes, sirviendo de nexo de unión entre éstos, el contratista, los subcontratistas y el personal de la obra.
- 17 Elaborar y suscribir responsablemente la documentación final de obra relativa a los resultados del Control de Calidad y, en concreto, a aquellos ensayos y verificaciones de ejecución de obra realizados bajo su supervisión relativos a los elementos de la cimentación,

muros y estructura, a las pruebas de estanqueidad y escorrentía de cubiertas y de fachadas, a las verificaciones del funcionamiento de las instalaciones de saneamiento y desagües de pluviales y demás aspectos señalados en la normativa de Control de Calidad.

- 18 Suscribir conjuntamente el Certificado Final de Obra, acreditando con ello su conformidad a la correcta ejecución de las obras y a la comprobación y verificación positiva de los ensayos y pruebas realizadas.

Si se hiciera caso omiso de las órdenes efectuadas por el director de la ejecución de la obra, se considerara como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el contratista de las consecuencias legales y económicas.

2.6 - LOS PROPIETARIOS Y LOS USUARIOS

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuente.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

2.7 - RESPONSABILIDADES

2.7.1 - DAÑOS MATERIALES

Las personas físicas o jurídicas que intervienen en el proceso de la edificación responderán frente a los propietarios y los terceros adquirentes de los edificios o partes de los mismos, en el caso de que sean objeto de división, de los siguientes daños materiales ocasionados en el edificio dentro de los plazos indicados, contados desde la fecha de recepción de la obra, sin reservas o desde la subsanación de éstas:

- Durante 10 años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos que afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio.
- Durante 3 años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad del artículo 3 de la LOE.

El constructor también responderá de los daños materiales por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras dentro del plazo de 1 año.

2.7.2 - RESPONSABILIDAD CIVIL

La responsabilidad civil será exigible en forma personal e individualizada, tanto por actos u omisiones de propios, como por actos u omisiones de personas por las que se deba responder.

No obstante, cuando pudiera individualizarse la causa de los daños materiales o quedase debidamente probada la concurrencia de culpas sin que pudiera precisarse el grado de intervención de cada agente en el daño producido, la responsabilidad se exigirá solidariamente. En todo caso, el promotor responderá solidariamente con los demás agentes intervinientes ante los posibles adquirentes de los daños materiales en el edificio ocasionados por vicios o defectos de construcción.

En el caso de que exista más de un proyectista, los mismos responderán solidariamente.

Los proyectistas que contraten los cálculos, estudios, dictámenes o informes de otros profesionales, serán directamente responsables de los daños que puedan derivarse de su insuficiencia, incorrección o inexactitud, sin perjuicio de la repetición que pudieran ejercer contra sus autores.

El constructor responderá directamente de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos derivados de la impericia, falta de capacidad profesional o técnica, negligencia o incumplimiento de las obligaciones atribuidas al jefe de obra y demás personas físicas o jurídicas que de él dependan.

Cuando el constructor subcontrate con otras personas físicas o jurídicas la ejecución de determinadas partes o instalaciones de la obra, será directamente responsable de los daños materiales por vicios o defectos de su ejecución, sin perjuicio de la repetición a que hubiere lugar.

El director de obra y el director de la ejecución de la obra que suscriban el certificado final de obra serán responsables de la veracidad y exactitud de dicho documento.

Quien acepte la dirección de una obra cuyo proyecto no haya elaborado él mismo, asumirá las responsabilidades derivadas de las omisiones, deficiencias o imperfecciones del proyecto, sin perjuicio de la repetición que pudiere corresponderle frente al proyectista.

Cuando la dirección de obra se contrate de manera conjunta a más de un técnico, los mismos responderán solidariamente sin perjuicio de la distribución que entre ellos corresponda.

Las responsabilidades por daños no serán exigibles a los agentes que intervengan en el proceso de la edificación, si se prueba que aquellos fueron ocasionados por caso fortuito, fuerza mayor, acto de tercero o por el propio perjudicado por el daño.

2.8 - DISPOSICIONES LEGALES

Las obras del Proyecto, además del Pliego de Condiciones, se regirán en todo momento por lo especificado en las siguientes normas:

- REBT: Reglamento Electrotécnico para baja tensión.
- ITC-BT-16. Instalaciones de enlace.
- ITC-BT-17. Dispositivos generales e individuales de mando y protección.
- ITC-BT-18. Instalaciones de puesta a tierra
- UNE-HD 60364-5-52:2014
- UNE-EN 61386-22:2005 / A11:2011
- UNE- 21123-4:2017.
- CTE. DB-HS Salubridad
- RD 513/2017: Reglamento de instalaciones de protección contra incendios
-

3 - OBRAS QUE COMPRENDE EL PROYECTO

El conjunto de las obras a realizar para la puesta en práctica de este proyecto consisten en la instalación de una planta de gasificación, así como las instalaciones auxiliares necesarias para su funcionamiento.

Las obras a realizar serán las siguientes:

- Edificación de los diferentes elementos arquitectónicos (solera, nave de almacenaje y muros circundantes).
- Ejecución de la instalación de protección contra incendios, detección de gases, puesta a tierra y conducciones eléctricas.
- Instalación de la planta de gasificación y los motores de cogeneración.

4 - PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

4.1 - MATERIALES

4.1.1 - HORMIGÓN

4.1.1.1 - SUMINISTRO

El hormigón se debe transportar utilizando procedimientos adecuados para conseguir que las masas lleguen al lugar de entrega en las condiciones estipuladas, sin experimentar variación sensible en las características que poseían recién amasadas.

Cuando el hormigón se amasa completamente en central y se transporta en amasadoras móviles, el volumen de hormigón transportado no deberá exceder del 80% del volumen total del tambor. Cuando el hormigón se amasa, o se termina de amasar, en amasadora móvil, el volumen no excederá de los dos tercios del volumen total del tambor.

Los equipos de transporte deberán estar exentos de residuos de hormigón o mortero endurecido, para lo cual se limpiarán cuidadosamente antes de proceder a la carga de una nueva masa fresca de hormigón. Asimismo, no deberán presentar desperfectos o desgastes en las paletas o en su superficie interior que puedan afectar a la homogeneidad del hormigón.

El transporte podrá realizarse en amasadoras móviles, a la velocidad de agitación, o en equipos con o sin agitadores, siempre que tales equipos tengan superficies lisas y redondeadas y sean capaces de mantener la homogeneidad del hormigón durante el transporte y la descarga.

4.1.1.2 - RECEPCIÓN

A la llegada a la obra de cada partida, se entregara a la dirección facultativa cualquier documento de identificación del producto. Algunos de estos documentos se exponen a continuación.

Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente. Se entregarán los certificados de ensayo que garanticen el cumplimiento de lo establecido en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Cada carga de hormigón fabricado en central, tanto si ésta pertenece o no a las instalaciones de obra, irá acompañada de una hoja de suministro que estará en todo momento a disposición de la Dirección de Obra, y en la que deberá figurar el nombre de la central de fabricación, número de serie, fecha de entrega, nombre del peticionario y las especificaciones del hormigón.

Certificado de garantía del producto suministrado.

4.1.1.3 - EMPLEO

El tiempo transcurrido entre la adición de agua de amasado al cemento y a los áridos y la colocación del hormigón, no debe ser mayor de hora y media. En tiempo caluroso, o bajo condiciones que contribuyan a un rápido fraguado del hormigón, el tiempo límite deberá ser inferior, a menos que se adopten medidas especiales que, sin perjudicar la calidad del hormigón, aumenten el tiempo de fraguado.

En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de cero grados centígrados.

En casos en los que sea necesario hormigonar en condiciones extremas (menos de 0°C o más de 40°C) se tomarán las medidas especiales necesarias para evitar deterioros locales ni mermas permanentes apreciables en las características resistentes del material.

No se permitirá el vertido del hormigón desde alturas superiores a un metro (1 m), quedando prohibido el arrojarlo con palas a gran distancia, distribuirlo en rastrillos, o hacerlo avanzar más de un metro (1 m) dentro de los encofrados. Tampoco se permitirá el empleo de canaletas y trompas para el transporte y vertido del hormigón salvo que el Director de obra lo autorice, expresamente, en casos particulares.

El citado Director de Obra podrá autorizar la colocación neumática del hormigón, siempre que el extremo de la manguera no esté situado a más de tres metros (3 m) del punto de aplicación, que el volumen del hormigón lanzado en cada descarga sea superior a doscientos litros (200 l), que se elimine todo excesivo rebote del material y que el chorro no se dirija directamente sobre las armaduras.

Al verter el hormigón, se removerá enérgicamente y eficazmente, mediante vibradores, para que las armaduras queden perfectamente envueltas, cuidando especialmente los sitios en que reúnan gran cantidad de acero, y procurando se mantengan los recubrimientos y separaciones de las armaduras. En losas, el extendido del hormigón se ejecutará de modo que el avance se realice con todo su espesor.

No se sumergirán los vibradores a intervalos mayores de 60 cm ni se aceptarán tiempos de vibrados menores a 5 segundos, ni mayores a 15 segundos.

Los áridos añadidos no deberán tener un coeficiente de forma inferior a quince centésimas en el arido grueso. La pérdida de peso no será superior al 18% al ser sometido a ciclos de tratamiento con soluciones de sulfato sódico o sulfato magnésico, respectivamente, de acuerdo con el método de ensayo UNE-7.136. En el caso de áridos gruesos de la misma procedencia, se comprobará sistemáticamente la granulometría cada 50 m³.

En el caso del arido fino, la pérdida de peso no será superior al 10- 15% al ser sometido al mismo ensayo, según UNE-7.136. En el caso de áridos finos de la misma procedencia, se realizará el estudio granulométrico cada 25m². Además se realizará un ensayo de determinación de materia orgánica (método de ensayo UNE-7.082) y un ensayo de determinación de finos (método de ensayo UNE- 7.135).

4.1.2 - ACEROS

4.1.2.1 - SUMINISTRO

Los aceros se deben transportar protegidos adecuadamente contra la lluvia y la agresividad de la atmósfera ambiental.

4.1.2.2 - RECEPCIÓN

Se entregara al Constructor por parte del suministrador cualquier documento de identificación del producto exigido por la reglamentación.

Los documentos de cumplimiento y certificados de ensayo que garanticen las características mecánicas mínimas, ausencia de grietas tras el ensayo de doblado-desdoblado, ensayos de fatiga y deformación y composición química.

La clase técnica se especificará mediante un código de identificación del tipo de acero mediante engrosamientos u omisiones de corrugas o grafilas. Además, las barras corrugadas deberán llevar grabadas las marcas de identificación que incluyen información sobre el país de origen y el fabricante.

En el caso de barras corrugadas en las que, dadas las características del acero, se precise de procedimientos especiales para el proceso de soldadura, el fabricante deberá indicarlos.

4.1.2.3 - CONSERVACIÓN

Durante el almacenamiento las armaduras se protegerán adecuadamente contra la lluvia y de la agresividad de la atmósfera ambiental. Se conservarán cuidadosamente clasificadas según sus tipos, calidades, diámetros y procedencias, para garantizar la necesaria trazabilidad.

Antes de su utilización y especialmente después de un largo periodo de almacenamiento en obra, se examinará el estado de su superficie, con el fin de asegurarse de que no presenta alteraciones perjudiciales. Una ligera capa de óxido en la superficie de las barras no se considera perjudicial para su utilización. Sin embargo, no se admitirán pérdidas de peso por oxidación superficial, comprobadas después de una limpieza con cepillo de alambres hasta quitar el óxido adherido, que sean superiores al 1% respecto al peso inicial de la muestra.

En el momento de su utilización, las armaduras pasivas deben estar exentas de sustancias extrañas en su superficie tales como grasa, aceite, pintura, polvo, tierra o cualquier otro material perjudicial para su buena conservación o su adherencia.

4.1.2.4 - EMPLEO

Para prevenir la corrosión, se deberá tener en cuenta todas las consideraciones relativas a los espesores de recubrimiento.

Con respecto a los materiales empleados, se prohíbe poner en contacto las armaduras con otros metales de muy diferente potencial galvánico.

Se prohíbe emplear materiales componentes (agua, áridos, aditivos y/o adiciones) que contengan iones despasivantes, como cloruros, sulfuros y sulfatos, en proporciones superiores a las establecidas.

Salvo indicación en contra, la separación entre armaduras principales paralelas será igual o superior al diámetro de la mayor. El recubrimiento y separación mínimos antedichos, no rebasarán los cinco octavos (5/8) del máximo del árido empleado en el hormigón.

Las barras deberán distribuirse de manera que el número de empalmes sea mínimo y estén alejadas de las zonas en que la armadura trabaje, a su máxima.

La longitud de solape será la necesaria para impedir todo deslizamiento relativo entre una y otra. La determinación de dicha longitud se regirá por lo estipulado en el Art. 66.6.2 de la EHE.

4.1.3 - BLOQUES PREFABRICADOS PARA ENCOFRADO

4.1.3.1 - SUMINISTRO

Los bloques se deben suministrar empaquetados y sobre palets, de modo que se garantice su inmovilidad tanto longitudinal como transversal, procurando evitar daños a los mismos.

Los paquetes no deben ser totalmente herméticos, para permitir la transpiración de las piezas en contacto con la humedad ambiente.

4.1.3.2 - RECEPCIÓN

Este material debe estar provisto del marcado CE, que es una indicación de que cumple los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de la conformidad.

4.1.3.3 - CONSERVACIÓN

Se deben apilar sobre superficies limpias, planas, horizontales y donde no se produzcan aportes de agua, ni se recepcionen otros materiales o se realicen otros trabajos de la obra que los puedan manchar o deteriorar.

Los bloques no deben estar en contacto con el terreno, ya que pueden absorber humedad, sales solubles, etc., provocando en la posterior puesta en obra la aparición de manchas y eflorescencias.

El traslado se debe realizar, siempre que se pueda, con medios mecánicos y su manipulación debe ser cuidadosa, evitando roces entre las piezas.

4.1.3.4 - EMPLEO

Se aconseja que en el momento de la puesta en obra hayan transcurrido al menos 28 días desde la fecha de fabricación.

Se debe evitar el uso de bloques secos, que hayan permanecido largo tiempo al sol y se encuentren deshidratados, ya que se provocaría la deshidratación por absorción del mortero de juntas.

Tanto las uniones como las piezas que constituyan los encofrados, deberán poseer la resistencia y rigidez necesarias, para que con la marcha de hormigón prevista y especialmente bajo los efectos dinámicos producidos por el vibrado, no se originen en el hormigón, durante su periodo de endurecimiento, esfuerzos anormales ni movimientos perjudiciales.

No serán admisibles los bombeados y desviaciones de los parámetros. La máxima flecha e irregularidad que puedan presentar los parámetros, medida sobre una regla de 2 m de longitud en cualquier dirección, será el siguiente:

- Superficies vistas: 5 mm
- Superficies ocultas: 15 mm

Las superficies interiores de los encofrados, deberán ser lo suficientemente uniformes y lisas para lograr que los parámetros presenten, en cada caso, el aspecto requerido. Tanto las superficies interiores de los encofrados, como los productos que a ellas se pueden aplicar, no contendrán sustancias agresivas a la masa de hormigón.

Se dispondrá de la cantidad necesaria de encofrados para asegurar el ritmo de hormigonado preciso, sin tener que desencofrar prematuramente.

4.2 - FORMA DE MEDICIÓN Y ABONO EN LAS OBRAS

4.2.1 - CIMENTACIONES

Superficie teórica ejecutada. Será la superficie que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que la superficie ocupada por el hormigón hubiera quedado con mayores dimensiones.

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones de hormigón hubieran quedado con mayores dimensiones.

4.2.2 - ESTRUCTURAS

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones de los elementos estructurales hubieran quedado con mayores dimensiones.

4.2.3 - ESTRUCTURAS METÁLICAS

Peso nominal medido. Serán los kg que resulten de aplicar a los elementos estructurales metálicos los pesos nominales que, según dimensiones y tipo de acero, figuren en tablas.

4.2.4 - FORJADOS

Deduciendo los huecos de superficie mayor. Se medirá la superficie de los forjados de cara exterior a cara exterior de los zunchos que delimitan el perímetro de su superficie, descontando únicamente los huecos o pasos que tengan una superficie mayor.

En los casos de dos paños formados por forjados diferentes, objeto de precios unitarios distintos, que apoyen o empotren en una jácena o muro de carga común a ambos paños, cada una de las unidades de obra de forjado se medirá desde fuera a cara exterior de los elementos delimitadores al eje de la jácena o muro de carga común.

En los casos de forjados inclinados se tomará en verdadera magnitud la superficie de la cara inferior del forjado, con el mismo criterio anteriormente señalado para la deducción de huecos.

4.2.5 - MUROS

Deduciendo los huecos de superficie mayor. Se aplicará el mismo criterio que para fachadas y particiones.

4.2.6 - FACHADAS

Deduciendo los huecos de superficie mayor. Se medirán los paramentos verticales de fachadas y particiones descontando únicamente aquellos huecos de mayor superficie, lo que significa que:

- Cuando los huecos sean menores se medirán a cinta corrida como si no hubiera huecos. Al no deducir ningún hueco, en compensación de medir hueco por macizo, no se medirán los trabajos de formación de mochetas en jambas y dinteles.
- Cuando los huecos sean mayores, se deducirá la superficie de estos huecos, pero se sumará a la medición la superficie de la parte interior del hueco, correspondiente al desarrollo de las mochetas.

Deduciendo todos los huecos. Se medirán los paramentos verticales de fachadas y particiones descontando la superficie de todos los huecos, pero se incluye la ejecución de todos los trabajos precisos para la resolución del hueco, así como los materiales que forman dinteles, jambas y vierteaguas.

A los efectos anteriores, se entenderá como hueco, cualquier abertura que tenga mochetas y dintel para puerta o ventana. En caso de tratarse de un vacío en la fábrica sin dintel, antepecho ni carpintería, se deducirá siempre el mismo al medir la fábrica, sea cual fuere su superficie.

En el supuesto de cerramientos de fachada donde las hojas, en lugar de apoyar directamente en el forjado, apoyen en una o dos hiladas de regularización que abarquen todo el espesor del cerramiento, al efectuar la medición de las unidades de obra se medirá su altura desde el forjado y, en compensación, no se medirán las hiladas de regularización.

4.2.7 - INSTALACIONES

Longitud realmente ejecutada. Medición según desarrollo longitudinal resultante, considerando, en su caso, los tramos ocupados por piezas especiales.

4.3 - INSTALACIONES EN BAJA TENSIÓN

Este pliego de condiciones es genérico para las instalaciones en baja tensión de manera que los sistemas de instalación interiores de los generadores o de comunicación directa con éstos directamente quedarán condicionados al pliego específico del fabricante del generador teniendo éste último supremacía sobre este pliego general.

Quedan determinadas las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de obras y montaje de instalaciones en baja tensión.

4.3.1 - CONDUCTORES

Los conductores eléctricos serán unipolares de cobre o aluminio con aislamiento en EPR de capacidad mínima 1 kV. Los métodos de instalación serán según ITC-BT-19 considerando que las instalaciones bajo tubo se realizarán según UNE-HD 60364.

Las intensidades admisibles serán en función del sistema de instalación, conductor, etc. según UNE-HD 60364-5-52:2014

Los conductores serán no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, con características contempladas en la norma UNE- 21123-4:2017.

La sección de los cables será uniforme en todo su recorrido y sin empalmes. La sección mínima será de 1,5 mm² para instalaciones de alumbrado y 2,5 mm² para las instalaciones de fuerza y siempre considerando la carga máxima a que se verá sometida cada una de las líneas, aumentando ésta en un 25% tanto en instalaciones trifásicas como monofásicas.

Los conductores de protección serán de cobre o aluminio y presentarán el mismo aislamiento que los conductores activos. Se instalarán por la misma canalización que éstos.

La sección mínima de estos conductores será igual a la fijada por la tabla I en función de la sección de los conductores de fase de la instalación.

Necesariamente los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento, a saber:

- Fase: MARRON ó NEGRO ó GRIS
- Neutro: AZUL
- Tierra: AMARILLO – VERDE

4.3.2 - TUBOS

Los tubos serán según UNE 61386-24:2011 en función de cada una de las particularidades de la instalación. Los diámetros serán en función de las características de la instalación. El trazado de las canalizaciones bajo tubo protector se hará siguiendo líneas verticales y horizontales paralelas a aristas de paredes que limiten el local donde se efectúe la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN 61386-22:2005 / A11:2011

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren conveniente, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 m. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3.

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de llama. Las dimensiones de éstas serán las que permitan alojar los conductores holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50% del mismo con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interno mínimo será de 60 mm. Cuando sea necesario hacerla estancas deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

En los tubos metálicos sin aislamiento interior se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de la instalación previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos.

Los tubos metálicos accesibles se pondrán a tierra y no se utilizarán nunca como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta además las siguientes consideraciones: Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo de 0.5m.

Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan curvándose o usando los accesorios necesarios.

En alineaciones rectas, las desviaciones del eje entre extremos no será superior al 2% y siempre que sea posible, los tubos irán a una altura sobre el nivel del suelo de 2.5m.

4.3.3 - CAJAS DE EMPALME

Serán aislantes de PVC, con tapas ajustables mediante tornillos, en instalación vista y de presión en instalación empotrada. Sus dimensiones serán tales que permitan holgadamente todos los conductores que deben contener. Su profundidad equivaldrá cuando menos al diámetro del tubo mayor más un 50% del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior. En locales húmedos y mojados, el grado de protección exigido será iP-54 ó IP-55.

4.3.4 - APARATOS DE MANDO Y MANIOBRA

El conjunto de aparatos de maniobra y mando interiores al generador serán según pliego de fabricante para las tensiones de trabajo especiales de 400 V e intensidades máximas nominales de 418 A con las intensidades de cortocircuito asociadas, etc.

Son los interruptores y contactores, que cerrarán la corriente máxima del circuito en que están colocados, sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo y cerrando los circuitos, sin posibilidad de tomar una posición intermedia, serán del tipo cerrado y material aislante.

Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura en ningún caso pueda exceder de 65 °C en ninguna de sus piezas.

Su construcción, será tal que permita realizar un número de maniobras de apertura y cierre, del orden de 10.000 con su carga nominal a la tensión de trabajo. Junto a cada uno de los interruptores de cuadro se colocará la indicación especificando la zona o servicio que protege.

4.3.5 - APARATOS DE PROTECCIÓN

Son los disyuntores eléctricos, fusibles e interruptores diferenciales, habiendo sido en su mayor parte descritos en el apartado anterior, por ser a la vez que aparatos de protección, aparatos de gobierno y maniobra.

Los disyuntores serán de tipo magnetotérmico de accionamiento manual y podrán cortar a la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes abriendo y cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia.

Su capacidad de corte, para la protección del cortocircuito estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en un punto de la instalación y para la protección contra el calentamiento de las líneas se regulará para una temperatura inferior a los 60°C. En ningún caso será inferior a 6 kA en generales.

Todo el sistema de protección y corte instalado llevará marcada la intensidad y tensión nominales de funcionamiento así como el signo indicador de su desconexión.

Tanto los disyuntores como los interruptores diferenciales cuando no puedan soportar las corrientes de corto circuito irán acopiados con fusibles calibrados. La intensidad nominal irá en función de la demanda de potencia en el circuito protegido y su sensibilidad será de 30 y 300 mA.

Los fusibles empleados para proteger los circuitos secundarios ó receptores serán calibrados a la intensidad del circuito que protegen. Se dispondrán sobre material aislante e incombustible y estarán contruidos de forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Se podrán recambiar bajo tensión sin peligro alguno y llevarán marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo.

PRESUPUESTOS

ÍNDICE PRESUPUESTO

1 - Cuadro de precios por unidad de obra	197
2 - Mediciones y presupuesto parcial	202
2.1 - Solera.....	202
2.2 - Contenedor	202
2.3 - Nave de almacenaje	202
2.4 - Instalación protección contra incendios	203
2.5 – Instalación eléctrica.....	204
2.6 – Gasificación y generación eléctrica	204
3 - Resumen presupuesto.....	205

1 - CUADRO DE PRECIOS POR UNIDAD DE OBRA

A continuación aparecen desglosados los precios de los equipos a instalar así como las infraestructuras necesarias. Aquellos equipos o infraestructuras, donde los materiales o la mano de obra necesaria requieran mucho espacio para su descripción pormenorizada, contendrán un apartado denominado "Materiales" o "Mano de obra", según corresponda, donde se englobaran todos los conceptos a los que se hace referencia.

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (€)	Total (€)
1	Solera		
1.1	<p>m² Losa de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-30/B/20/IIa+H fabricado en central con aditivo hidrófugo, vertido con bomba, con acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 125 kg/m². Acabado superficial liso mediante regla vibrante. No incluye encofrado.</p> <p><i>Mano de obra</i> <i>Maquinaria</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3% Costes indirectos</i></p>	<p>25,93 8,70 151,84 3,73 5,71</p>	195,91
1.2	<p>m² Formación de encofrado perdido de fábrica de bloque de hormigón de 20cm de espesor para losa de cimentación.</p> <p><i>Mano de obra</i> <i>Maquinaria</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3% Costes indirectos</i></p>	<p>12,73 0,01 10,14 0,46 0,70</p>	24,24

2	Muros circundantes (contenedor)		
2.1	<p>m² Muro de hormigón armado 2C, de hasta 3m de altura, espesor 30 cm, superficie plana, realizado con hormigón HA-30/B/20/IIa+H fabricado en central con aditivo hidrófugo, vertido con bomba, con acero UNE-EN 10080 B 500 S, 50kg/m², montaje y desmontaje de sistema de encofrado con acabado tipo industrial, realizado con paneles metálicos modulares.</p> <p><i>Mano de obra</i> 83,22 <i>Maquinaria</i> 22,27 <i>Materiales</i> 153,50 <i>Medios auxiliares</i> 5,18 <i>3% Costes indirectos</i> 7,93</p>		272,10
3	Nave de almacenaje		
3.1	<p>m² Nave de almacenamiento de 6m de altura, 15m de ancho y 20m de largo, con paredes de hormigón armado HA-30/B/20/IIa+H fabricado en central con aditivo hidrófugo, vertido por bomba, con acero UNE-EN 10080 B 500 S, 125kg/m². Encofrado incluido. Dos huecos habilitados para el paso de maquinaria y personas, ventilación natural en cubierta. Cubierta a dos aguas.</p> <p><i>Sin descomposición</i> 342,63</p>		342,63
4	Instalación contra incendios		
4.1	<p>Ud. Sistema de detección y alarma, convencional, formado por central de detección automática de incendios de 2 zonas de detección, detector termovelocimétrico, 4 detectores ópticos de humos, 2 pulsadores de alarma, piloto de señalización remota, sirena interior, 2 exteriores y canalización de protección fija en superficie con tubo de PVC rígido, blindado, roscable, de color negro, con IP 547.</p> <p><i>Mano de obra</i> 1.018,42 <i>Materiales</i> 872,78 <i>Medios auxiliares</i> 37,82 <i>3% Costes indirectos</i> 57,87</p>		1.986,89

4.2	<p>Ud. Señalización de equipos contra incendios, mediante placa de aluminio foto luminiscente, de 210x210 mm.</p> <p><i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3% Costes indirectos</i></p>	<p>3,15 8,60 0,24 0,36</p>	<p>12,03</p>
4.3	<p>Ud. Señalización de medios de evacuación, mediante placa de aluminio foto luminiscente, de 210x210 mm.</p> <p><i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3% Costes indirectos</i></p>	<p>3,15 8,60 0,24 0,36</p>	<p>12,35</p>
4.4	<p>Ud. Boca de incendio equipada (BIE) de 45 mm (1 1/2") de superficie, compuesta de: armario de acero inoxidable, y puerta semiciega de acero inoxidable; devanadera metálica giratoria abatible; manguera plana de 20 m de longitud; lanza de tres efectos y válvula de cierre, colocada en paramento.</p> <p><i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3% Costes indirectos</i></p>	<p>40,20 393,62 8,68 13,28</p>	<p>455,78</p>
4.5	<p>Ud. Hidrante de columna seca de 4" DN 100 mm, con toma recta, carrete de 300 mm, racores y tapones antirrobo de hierro.</p> <p><i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3% Costes indirectos</i></p>	<p>25,10 1.091,25 22,33 34,16</p>	<p>1.172,84</p>
4.6	<p>Ud. Rociador automático montante para nivel intermedio, respuesta normal con ampolla fusible, rotura a 68°C, de 1/2" DN 15 mm de diámetro de rosca, coeficiente de descarga K de 80 (métrico).</p> <p><i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3% Costes indirectos</i></p>	<p>8,41 15,02 0,47 0,72</p>	<p>24,62</p>

<p>4.7</p>	<p>Ud. Puesto de control de rociadores, de 3" DN 80 mm de diámetro, unión ranura y ranura, para colocar en posición vertical, con alarma hidráulica, para sistema de tubería mojada.</p> <p><i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3% Costes indirectos</i></p>	<p>504,22 2.147,05 53,03 81,13</p>	<p>2.785,43</p>
<p>4.8</p>	<p>Ud. Extintor portátil espuma, de eficacia 27A-233B-75F, con 6 kilogramos de agente extintor, alojado en armario con puerta para acristalar.</p> <p><i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3% Costes indirectos</i></p>	<p>4,73 155,52 3,21 4,90</p>	<p>168,36</p>
<p>5</p>	<p>Instalación eléctrica</p>		
<p>5.1</p>	<p>Ud. Interruptor automatico Legrand DMX³-H1250, 4P, con poder de corte 65kA e Intensidad nominal 1250A</p> <p><i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>3% Costes indirectos</i></p>	<p>27,25 14.353,69 14,03</p>	<p>14.394,97</p>
<p>5.2</p>	<p>Ud. Centralización de contadores bidireccionales en cuarto de contadores formada por: módulo de interruptor general de maniobra; 2 módulo de embarrado general; 2 módulo de fusibles de seguridad; 2 módulo de contadores monofásicos bidireccionales; 2 módulo de contadores trifásicos; módulo de servicios generales con seccionamiento; módulo de reloj conmutador para cambio de tarifa y 2 módulo de embarrado de protección, bornes de salida y conexión a tierra.</p> <p><i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>3% Costes indirectos</i></p>	<p>184,60 1.146,21 30,61</p>	<p>1.361,42</p>

5.3	<p>m. Cable flexible RC4Z1-K (AS) de 0,6/1 kV y de alta seguridad (AS) con aislamiento de XLPE, de sección 4x300 mm² pantalla con trenza de hilo de cobre y cubierta de poliolefinas. Libre de halógenos, no propagador de la llama, ni del incendio, con baja emisión de gases tóxicos y nula emisión de gases corrosivos. Diseñado según UNE 21123-4. Tipo Afumex 1000 V O Flex, colocado en tubo.</p> <p>Oficial 1ª electricista Ayudante electricista Cable con instalación 3% Costes indirectos</p>	<p>1,24 1,11 0,60 0,09</p>	<p>3,04</p>
6	Sistema de gasificación y generación		
6.1	<p>Ud. De gasificación, que incluye reactor, sistema de alimentación, enfriador, sistemas de limpieza de syngas, torre de refrigeración y antorcha, junto con la totalidad del sistema de canalización y soplantes. Incluye instalación, conexión eléctrica necesaria, comprobaciones pertinentes y puesta en marcha.</p> <p>Suministrador: TecnoHolding.SA</p> <p><i>Sin descomposición</i></p>	<p>860.000,00</p>	<p>860.000,00</p>
6.2	<p>Ud. Equipo de cogeneración a base de syngas.</p> <p>Suministrador: GE-Jenbacher. Modelo: JMS 320 S-C47</p> <p><i>Sin descomposición</i></p>	<p>640.000,00</p>	<p>640.000,00</p>
6.3	<p>Ud. Pelletizadora ROSAL. Sistema de pelletización del CDR, con una capacidad de 2,5 toneladas/hora. Incluye montaje y puesta en marcha.</p> <p>Siministrador: ROSAL</p> <p><i>Sin descomposición</i></p>	<p>250.000,00</p>	<p>250.000,00</p>

2 - MEDICIONES Y PRESUPUESTO PARCIAL

Se presentan las mediciones realizadas para el cálculo del precio de cada unidad de obra.

2.1 - SOLERA

Nº	Descripción	Uds.	Largo	Alto	Ancho	Cant.	Precio (€)	Importe (€)
1.1	Losa de cimentación de hormigón armado.							
		m	65,00	0,40	24,00	624,00	195,91	122.247,84
1.2	Formación de encofrado perdido.							
		m	65,00	0,40	0,20	5,2	14,24	101,39
		m	24,00	0,40	0,20	1,92		

Total solera: 122.349,23 €

2.2 - CONTENEDOR

Nº	Descripción	Uds.	Largo	Alto	Ancho	Cant.	Precio (€)	Importe (€)
2.1	Muro de hormigón armado.							
		m	47,00	3,00	0,30	42,30	272,10	17.387,19
		m	24,00	3,00	0,30	21,60		

Total contenedor: 17.387,19 €

2.3 - NAVE DE ALMACENAJE

Nº	Descripción	Uds.	Largo	Alto	Ancho	Cant.	Precio (€)	Importe (€)
3.1	Nave de almacenamiento.							
		m	20,00	6,00	15,00	300,00	342,63	102.789,00

Total nave de almacenaje: 102.789,00 €

2.4 - INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Nº	Descripción	Uds.	Cant.	Precio (€)	Importe (€)
4.1	Sistema de detección y alarma.				
		Ud.	1,00	1.986,89	1.986,89
4.2	Señalización de equipos contra incendios.				
		Ud.	5,00	12,03	60,15
4.3	Señalización de medios de evacuación.				
		Ud.	2,00	12,35	24,70
4.4	Boca de incendio equipada (BIE).				
		Ud.	2,00	455,78	911,56
4.5	Hidrante de columna seca.				
		Ud.	2,00	1.172,84	2.345,68
4.6	Rociador automático montante.				
		Ud.	9,00	24,62	221,58
4.7	Puesto de control de rociadores.				
		Ud.	1,00	2.785,43	2.785,43
4.8	Extintor portátil espuma.				
		Ud.	8,00	168,36	1.346,88

Total instalación protección contra incendios: 9.682,87€

2.5 – INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Nº	Descripción	Uds.	Cant.	Precio (€)	Importe (€)
5.1	Interruptor automático Lerand DMX ³ -H1250				
		Ud.	1,00	14.394,97	14.394,97
5.2	Centralización de contadores en cuarto.				
		Ud.	1,00	1.361,42	1.361,42
5.3	Cable baja tensión (BT).				
		m	90,00	3,04	273,60

Total instalación eléctrica: 16.029,99 €

2.6 – GASIFICACIÓN Y GENERACIÓN ELÉCTRICA

Nº	Descripción	Uds.	Cant.	Precio (€)	Importe (€)
7.1	Unidad de gasificación.				
		Ud.	1,00	860.000,00	860.000,00
7.2	Equipo de cogeneración.				
		Ud.	2,00	640.000,00	1.280.000,00
7.3	Sistema de pelletización				
		Ud.	1,00	250.000,00	250.000,00

Total gasificación y generación eléctrica: 2.390.000,00€

3 - RESUMEN PRESUPUESTO

Se presenta en la siguiente tabla el coste resumido de cada unidad anteriormente desglosada, y la suma de todas ellas.

Posteriormente, se procede al cálculo del coste total teniendo en cuenta los impuestos pertinentes, los márgenes de beneficio industrial y las subvenciones aplicables por parte de la administración.

Los productos comprados directamente al proveedor ya incluyen los márgenes de beneficio industrial, por lo que quedan exentos de tales en los siguientes cálculos, pero no de la aplicación de impuestos.

Nº	Concepto	Importe (€)
1	Solera	122.349,23
2	Contenedor	17.387,19
3	Nave almacenaje	102.789,00
4	Sistema protección contra incendios	9.682,87
5	Instalación eléctrica	16.029,99
6	Gasificación y generación eléctrica	2.390.000,00
	Total	2.658.238,28

Concepto	Importe (€)
Presupuesto de ejecución de material	268.238,28
Gastos generales (13%)	34.870,98
Beneficio industrial (6%)	16.094,30
Presupuesto ejecución contrata	319.203,55
Compra directa a proveedores	2.390.000,00
Subtotal	2.709.203,55
IVA (21%)	568.932,75
Presupuesto final	3.278.136,30