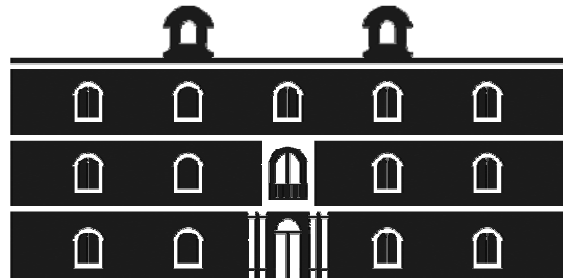




Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

PROYECTO DE ADECUACIÓN AMBIENTAL DE UNA ZONA DEGRADADA MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA EDARs Y LA REVEGETACIÓN DE RIBERA

Titulación: Máster de Ingeniería
Ambiental y de Procesos
Químicos y Biotecnológicos
Intensificación: Especialidad profesional en
Ingeniería Ambiental
Alumno/a: Emma Ferreres Hummer
Director/a/s: José Manuel Moreno
Angosto

Cartagena, 30 de Septiembre de 2011

ÍNDICE.

ÍNDICE.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. OBJETO DEL PRESENTE TRABAJO FIN DE MÁSTER.....	8
3. DESCRIPCIÓN AMBIENTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	9
3.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	9
3.2. CLIMATOLOGÍA.....	11
3.3. GEOLOGÍA, LITOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y EDAFOLOGÍA.....	12
3.3.1. Geología y litología.....	12
3.3.2. Geomorfología.....	13
3.3.3. Edafología.....	13
3.4. HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA.....	14
3.4.1. Hidrología superficial.....	14
3.4.2. Hidrología subterránea.....	15
3.5. VEGETACIÓN.....	16
3.5.1. Vegetación potencial.....	16
3.5.2. Vegetación actual.....	18
3.6. FAUNA ASOCIADA AL ECOSISTEMA FLUVIAL.....	25
3.6.1. Anfibios y reptiles.....	25
3.6.2. Mamíferos.....	25
3.6.3. Aves.....	26
3.7. HÁBITATS.....	26
3.8. MEDIO SOCIOECONÓMICO. Usos del suelo y ocupación laboral.....	29
3.8.1. Usos del suelo.....	29
3.8.2. Ocupación laboral.....	31
4. METODOLOGÍA.....	32
5. ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y RESTAURACIÓN DE LA ZONA PERIMETRAL AL CAUCE DEL RÍO MULA “PARAJE DE LOS QUIÑONES”.....	36
5.1. ANÁLISIS DE DECISIÓN MULTICRITERIO.....	36
5.2. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	37
5.2.1. Método de ponderación lineal (scoring) para la depuración.....	43
5.3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE REVEGETACIÓN.....	46
5.3.1. Método de ponderación lineal (scoring) para la revegetación.....	48
6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	51

6.1.	ESTADO PREOPERACIONAL	51
7.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE LA E.D.A.R.....	53
7.1.	DEPURACIÓN SIMBIÓTICA.....	53
7.1.1.	Ventajas de la tecnología.....	54
7.1.2.	Método de depuración.....	55
7.1.3.	Condiciones de Funcionamiento.....	59
7.1.4.	Parámetros de diseño.....	60
7.1.5.	Tipos de Depuración Simbiótica.....	62
7.2.	CÁLCULO DE LA DEPURADORA.....	63
7.2.1.	Caudales de diseño.....	63
7.2.2.	Diseño de la depuradora.....	65
7.2.3.	Diseño de los pretratamientos.....	66
7.2.4.	Diseño desbaste de finos.....	68
7.2.5.	Tanque de homogeneización.....	70
7.2.6.	Diseño de las fases de depuración.....	72
7.2.7.	Diseño de las tuberías de la depuradora.....	73
7.2.8.	Diseño de las bombas.....	74
8.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE REVEGETACIÓN.....	76
8.1.	PLANTACIÓN DE ESPECIES AUTÓCTONAS RIBEREÑAS POTENCIALES EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	76
8.2.	IDONIEDAD DE LAS ESPECIES A PLANTAR.....	81
8.3.	CONDICIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS ESPECIES.....	82
8.4.	DISEÑO DE MÓDULOS DE PLANTACIÓN.....	85
8.5.	ACTUACIONES.....	86
8.5.1.	Actuación restaurativa 1.....	87
8.5.2.	Actuación restaurativa 2.....	88
8.5.3.	Actuación restaurativa 3.....	89
8.6.	ESTADO POSTOPERACIONAL.....	90
9.	MANTENIMIENTO, SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA AMBIENTAL.....	92
10.	PRESUPUESTO.....	95
10.1.	PRESUPUESTO PARCIAL Y MEDICIONES DE LA E.D.A.R.....	95
10.2.	PRESUPUESTO PARCIAL Y MEDICIONES DE LA REVEGETACIÓN.....	99
10.3.	PRESUPUESTO TOTAL.....	102
11.	PLIEGO DE CONDICIONES.....	103
11.1.	ASPECTOS GENERALES.....	103

11.2.	DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO.....	105
11.3.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA.	108
11.4.	CONDICIONES QUE HAN DE CUMPLIR LOS MATERIALES.....	109
11.5.	EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	114
11.6.	MEDICIÓN Y ABONO.....	137
11.7.	DISPOSICIONES GENERALES.....	142
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	147
12.1.	Páginas web.....	147

1. INTRODUCCIÓN.

La depuración de todas las aguas residuales urbanas e industriales, así como la restauración de ríos y riberas fluviales constituyen, en la actualidad, uno de los principales objetivos de la gestión de ríos en países desarrollados. Esto es debido a la preocupación creciente por la avanzada y extendida degradación de los ríos y riberas, así como por el conocimiento de los bienes y servicios que pueden ofrecer (mejora de la calidad y cantidad de agua, protección más adecuada frente a las avenidas y la erosión, conservación de la biodiversidad, espacios naturales de expansión y recreo, etc.).

La Directiva Marco Agua 2000/60/CE) cuyo objetivo es conseguir el buen estado ecológico de los ríos europeos en 2015, y la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos del Ministerio de Medio Ambiente, está impulsando distintas iniciativas cuyo objetivo es lograr que los ríos y arroyos recuperen su “buen estado ecológico”, y hacer compatibles todos los usos y actuaciones administrativas con la conservación de sus valores naturales mediante debate, consenso y la participación. Algunas de las iniciativas llevadas a cabo en este sentido son la creación de una guía metodológica de proyectos de restauración, manuales para la restauración de riberas en las 8 Cuencas Hidrográficas existentes en nuestro país y elaboración de una guía sobre aspectos jurídicos de la restauración de ríos.

Las riberas ejercen un papel clave en el ecosistema ya que son zonas de transición entre ecosistemas terrestres y acuáticos constituyendo junto con el cauce del río, el corredor ripario, por donde el agua, materiales, energía y organismos se mueven e interactúan (Forman & Gordon, 1986). La conexión funcional de las riberas con su cauce en las tres dimensiones (longitudinal, lateral y verticalmente), determina el funcionamiento del río como ecosistema y la estructura de la vegetación de ribera.

En la práctica, tanto la depuración de la totalidad de los vertidos, como la restauración fluvial suele estar limitada por una serie de factores económicos, sociales y científico- técnicos (Comín, 2002) y en la mayoría de los casos se trata únicamente de restituir los procesos naturales en la medida en que sean compatibles con los usos actuales de la llanura de inundación, recuperando parte de su funcionamiento ecológico, es decir, restauraciones muy limitadas por lo que no deben ser clasificadas como tal, sino más bien como **rehabilitaciones** (mejora parcial) o **remediaciones** (medida estética).

En el presente trabajo, se pretende dar solución a los problemas de vertidos generados en una zona próxima al Lugar de Importancia Comunitaria (L.I.C.) “Río Mula-Pliego”, mediante alguna tecnología de bajo coste, así como proceder a la restauración de la zona degradada, entre otras cosas por el vertido de aguas residuales sin depurar correctamente. Con todo ello, se pretende poner de manifiesto, tal y como se recoge en la legislación vigente en materia de depuración de agua residuales, la necesidad de depurar todos los vertidos generados, con objeto de cumplir con los límites de vertido establecidos, así como la conveniencia de adoptar

ciertas medidas para proceder a la restauración de zonas degradadas, para mejorar en definitiva, la conectividad vertical, lateral y longitudinal de lo que es la zona de ribera, y paliar los daños ocasionados en el ecosistema como consecuencia de la acción antrópica durante varios años.

2. OBJETO DEL PRESENTE TRABAJO FIN DE MÁSTER.

En el caso concreto de la actuación proyectada, la zona objeto de restauración se localiza en suelo agrícola donde presenta un mal estado de conservación ambiental, por lo que este estudio se redacta con la finalidad de mejorar el estado ecológico del Lugar de Importancia Comunitaria “Río Mula-Pliego”, y mitigar los impactos causados por la emisión de vertidos incontrolados en el municipio de Alguazas, siendo el objetivo de carácter general la “Depuración y tratamiento de agua mediante un método de bajo coste, así como la rehabilitación y protección de zonas de ribera con el fin de repoblar el río de especies autóctonas de ribera”.

El presente proyecto, se ha establecido a su vez una serie de objetivos específicos, que han sido los siguientes:

- Depurar todos los vertidos generados para cumplir los límites de vertido que recoge la legislación vigente.
- Estudiar las diferentes alternativas de depuración de bajo coste, para seleccionar la más conveniente.
- Calcular y diseñar la depuradora elegida.
- Mejorar la conectividad longitudinal del sistema.
- Mejorar la conectividad lateral del sistema.
- Mejora de la cubierta vegetal según la potencial.
- Incrementar indirectamente la fauna asociada al sistema fluvial.
- Proponer medidas para mejora de las actuaciones de restauración de riberas.

Figura 1. Estado actual desde el norte del emplazamiento de la actuación.



3. DESCRIPCIÓN AMBIENTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.

3.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

La instalación de la E.D.A.R. se va a llevar a cabo en el Paraje “Los Quiñones” muy cerca de la cuenca del Río Mula situada dentro del Lugar de Importancia Comunitaria (L.I.C.) **Río Mula-Pliego** (ES6200045), cuya superficie es de 455,70 ha. Se trata de dos afluentes del Río Segura (Figura 2) por su margen derecha, si bien el río Pliego vierte sus aguas primero al propio río Mula. Ambos están embalsados en su tramo medio. El río Pliego nace en la parte noroeste de Sierra Espuña y el río Mula nace entre las Sierras de Burete y Lavia. El río Mula nace a una altura de 1000 metros presentando un relieve más plano en sus tramos medio y bajo (por debajo de los 600 metros) y confluyendo con el río Segura en el municipio de Las Torres de Cotillas (Figura 3).

Figura 2. Cuenca Hidrográfica del Segura y sus principales afluentes con indicador en rojo de la localización del sector estudiado.



Fuente: Confederación Hidrográfica del Segura (www.chsegura.es).

La división tradicional de esta cuenca en la Región de Murcia, ha sido durante siglos la correspondiente a las Vegas Alta, Media y Baja del Segura.

- **Vega Alta:** Comprendería desde la entrada del río en nuestra región hasta el azud de Ojós siendo sus principales municipios: Abarán, Archena y Cieza.
- **Vega Media del Segura:** comprendida entre el Valle de Ricote y Murcia contiene diversos municipios entre los que destaca Molina de Segura. Sufre un importante estado de alteración debido a las numerosas presiones que soporta.
- **Vega Baja del Segura:** región que se inicia justo después de Murcia en el límite territorial con la provincia de Alicante hasta la desembocadura, presentando un estado ecológico pésimo.

El proyecto de restauración evaluado en este trabajo se sitúa en la Vega Media del Segura, concretamente en el L.I.C. Río Mula-Pliego (ES6200045), en el término municipal de Alguazas.

Figura 3. Modelo digital de elevaciones de la cuenca del Río Mula

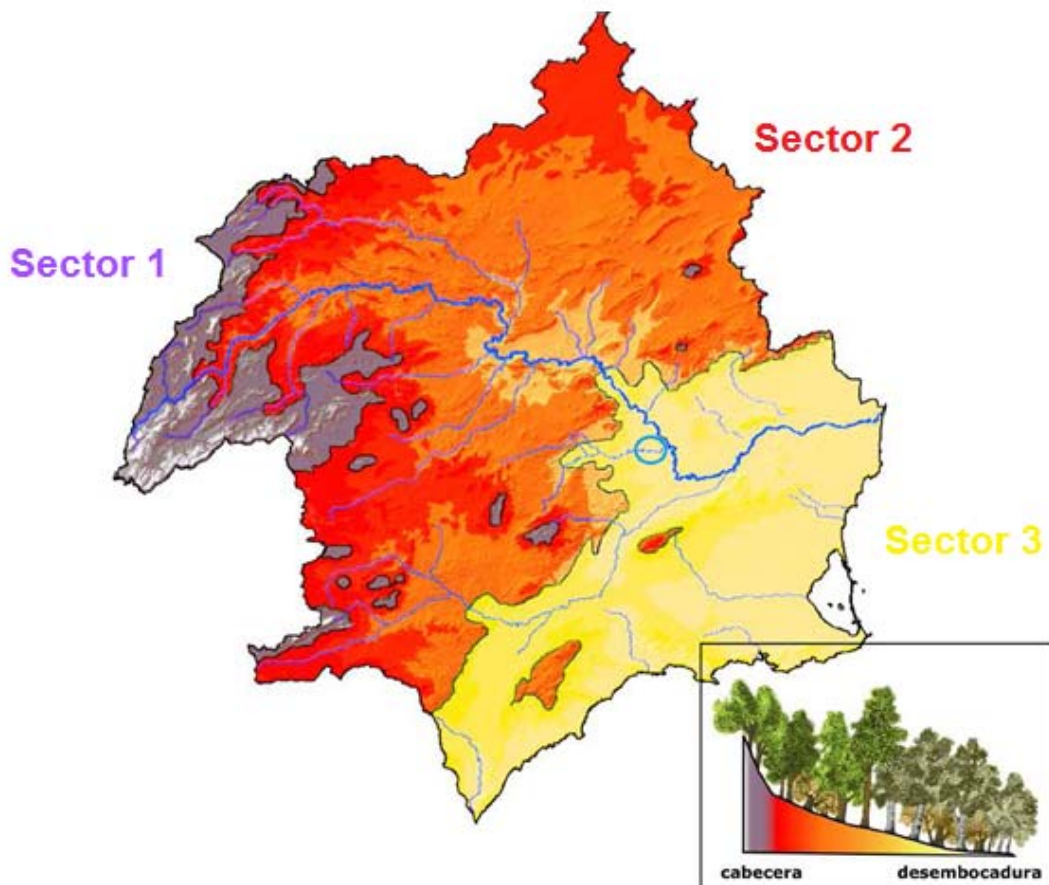


Fuente: Confederación Hidrográfica del Segura (www.chsegura.es).

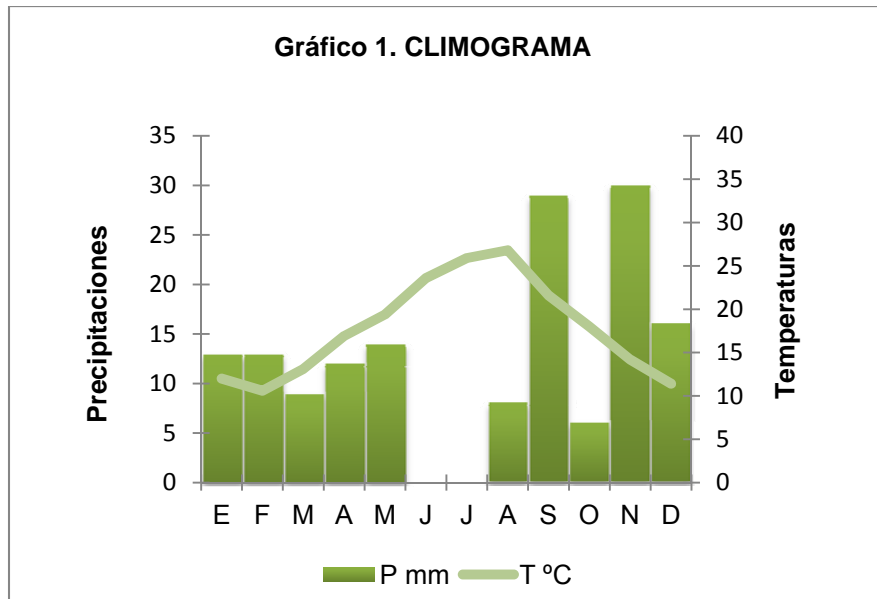
3.2. CLIMATOLOGÍA.

El ámbito territorial del LIC ES6200045 Río Mula-Pliego se enmarca dentro del clima mediterráneo, caracterizado por la variabilidad y estacionalidad de las precipitaciones. Los ríos presentes en la cuenca del Segura presentan una gran variación de caudal anual e interanual, produciéndose de forma frecuente sequías y riadas. En la cuenca del Segura existen tres tramos diferentes en función de sus características climáticas (Figura 4) que influirán en el tipo de vegetación riparia que nos vamos a encontrar. La zona a restaurar se localiza en el principio del **sector 3**, es decir el más cálido que se corresponde con el área de menor altitud, mayor aridez y termicidad. En esta zona la temporada de heladas posibles o seguras discurre entre diciembre y febrero. En cuanto a la precipitación, es muy escasa, siendo su ombrotipo de carácter semiárido, lo que se traduce en una pluviosidad anual comprendida entre 200 y 350 mm, con un máximo primaveral y otro otoñal. La temperatura media anual es de 17-19°C siendo de tipo Termomediterráneo, con temperaturas cercanas a los 30°C en el periodo estival (Gráfico 1).

Figura 4. Sectores climáticos en la cuenca del Segura.



Fuente: Velasco *et al.*, en prensa.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Estación meteorológica de "Torres de Cotillas".

3.3. GEOLOGÍA, LITOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y EDAFOLOGÍA.

3.3.1. Geología y litología.

La zona de actuación se encuentra en el ámbito externo de las cordilleras béticas. Esta situada sobre una cuenca neógeno cuaternaria caracterizada por presentar materiales sedimentarios de tipo margoso y arcilloso poco resistentes a la erosión. Los cauces y ramblas que presentan este tipo de materiales suelen ser anchos y poco profundos. También se presentan aunque en menor medida margas diatomíticas, carbonatos y niveles silicificados pertenecientes al Plioceno. Destacar la presencia de depósitos aluviales pertenecientes al Holoceno.

Figura 5. Litología del LIC Río Mula-Pliego.



Margas y arcillas con alternancias de arenas y conglomerados o calizas y yesos

Calizas margocalizas con intercalaciones detríticas (páramos)

Fuente: Velasco *et al.*, en prensa.

3.3.2. Geomorfología.

Pese a la usual alteración de la morfología del cauce por encauzamientos que presenta el río Segura en las vegas media y baja, la zona de estudio no presenta una alteración evidente del trazado natural del cauce, aunque si existe una ocupación de la zona riparia por usos agrícolas.

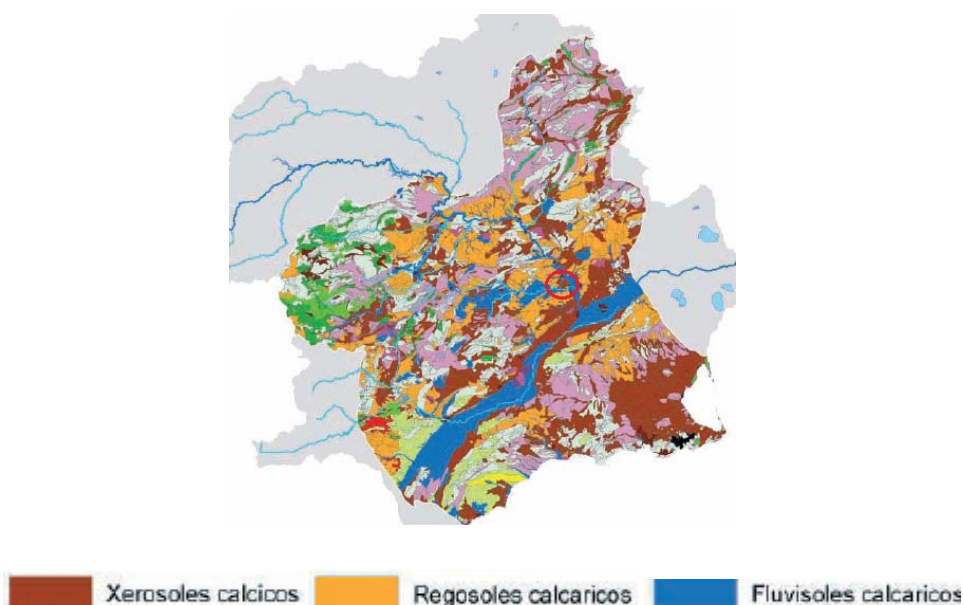
La zona de estudio se caracteriza claramente por dos zonas geomorfológicas bien diferenciadas. Por un lado, se encuentra la zona donde se ubicará la E.D.A.R., la cual presenta laderas suaves y pendientes bajas, y por otro, hay un fondo de valle que se corresponde con el cauce del río Mula.

3.3.3. Edafología.

Los distintos tipos de suelos que se presentan en la zona a restaurar son resultado de la combinación de factores climáticos, litológicos, bióticos y antrópicos. Para el estudio de los distintos tipos de suelo que aparecen en la zona de actuación, se ha recurrido al Mapa Digital de Suelos de la Región de Murcia. (Figura 6).

En las ramblas, los suelos que aparecen mayoritariamente son Litosuelos. Se trata de suelos con un escasísimo desarrollo, a menudo reducido a las fracturas y pequeñas depresiones existentes sobre la roca madre (sustrato mayoritario en casi todo el trazado de la rambla) de tipo carbonatado. Son típicos de zonas de solana con pendientes y erosión de tipo hídrico. Aparecen también Regosoles y Xerosoles (suelos pardo-calizos superficiales) en los barrancos de las márgenes de la rambla.

Figura 6. Algunos tipos de suelos presentes en la cuenca del Segura.



Fuente: Mapa digital de suelos de la Región de Murcia.

A continuación, se realiza una breve descripción sobre los suelos presentes en la zona a revegetar:

Fluvisoles calcáricos: Aparecen ocupando el lecho del cauce y de las ramblas. Se trata de suelos profundos pobres en materia orgánica y nitrógeno presentando contenidos medios en fósforo y potasio. En ellos se pueden encontrar depósitos aluviales, se encuentran cerca de los ríos. Por último, señalar que poseen una gran aptitud para ser cultivados por lo que suelen presentar cultivos de cítricos o herbáceos de regadío.

Regosoles calcáricos: Se trata de suelos muy comunes en las cuencas neógenas. En esta cuenca aparecen sobre litologías margosas y arcillosas. Son suelos que muestran poca pedregosidad presentando una textura que oscila de franco arenosa a franco arenosa-gruesa, con un contenido en arcilla que varía del 3% al 11%. Debido a la presencia de una textura gruesa, su capacidad de retención de agua útil es escasa. Su estructura es poco desarrollada, son pobres en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio.

Xerosoles cálcicos: Se trata de suelos con un régimen de humedad arídico y un horizonte A ócrico débil. Este tipo de suelo se caracteriza por poseer un horizonte de acumulación de carbonato cálcico. Por último decir, que los Xerosoles suelen ser abundantes en climas áridos, que es el que encontramos en la zona de actuación.

3.4. HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA.

3.4.1. Hidrología superficial.

El río Mula es uno de los principales afluentes del margen derecho del río Segura junto con los ríos Benamor, Quipar y Argos.

El río Mula nace de la confluencia de varias ramblas y arroyos que bajan de la sierra de Ceperos, Plaza de los Pastores y El Charco. Recorre los términos municipales de Bullas, Mula, Albudeite y Campos del Río y sirve de divisoria a los municipios de Las Torres de Cotillas y Alguazas. Desagua en el río Segura tras un recorrido de 64 Km. La superficie de la cuenca es de 327,7 Km². El régimen del río es torrencial, acentuando este carácter la falta de vegetación y la naturaleza margosa de su cuenca. Dada la fuerte pendiente del cauce, sus avenidas son verdaderas avalanchas de agua y arrastres sólidos.

El afluente más importante de este cauce es el río Pliego que confluye con el río Mula cerca de la Puebla de Mula, en el tramo medio del río. Entre las ramblas y barrancos que aparecen en esta cuenca cabe destacar los siguientes:

En la cabecera: Las ramblas de Aceniche, Ceacejo y Ucenda.

En el tramo medio y bajo: El Barranco del Morro, del Carrizal y las ramblas de Cuajada, Cocida y Cañada Honda.

Hacer hincapié en el cauce del río Segura situado a 2 Km de la zona de actuación, el cual presenta un caudal permanente a lo largo de todo el año.

3.4.2. Hidrología subterránea.

Las distintas unidades hidrogeológicas que aparecen en el río Mula son las siguientes:

Unidad Hidrogeológica de Sierra Espuña: El sistema acuífero está formado por calizas y dolomías del Jurásico, con espesores de 400 m, calizas del Eoceno y Mioceno con potencias de 250 m, y calizas margosas, conglomerados, margas y areniscas de 300 m de espesor medio.

Unidad Hidrogeológica de Bullas: Constituida por un acuífero principal y varios acuíferos de menor tamaño, formados principalmente por calizas y dolomías del Jurásico de 200 a 300 m de espesor, y calizas y margo-calizas del Eoceno-Oligoceno, con espesores de 100 m. Se encuentran formando pequeños pliegues y cabalgamientos situados sobre materiales arcillosos y margosos del Keuper y Cretácico superior-Eoceno, que constituyen su base impermeable.

Unidad Hidrogeológica del Bajo Quipar: Unidad formada por varios acuíferos constituidos principalmente por calizas del Muschelkalk, con espesores entre 130 y 200 m. Aparecen también otros materiales carbonatados triásicos y detríticos cuaternarios, con espesores en conjunto entre 150 y 200 m, y arcillas del Mioceno medio-superior. El impermeable de base está formado por arcillas, yesos y areniscas del Buntsandstein fundamentalmente. Sin embargo, en la zona NO el impermeable está formado por margas del Cretácico inferior y al NE por margocalizas del Cretácico superior. Calizas del Muschelkalk, materiales carbonatados triásicos, arcillas del Mioceno medio-superior y detríticos cuaternarios.

Unidad Hidrogeológica del Oro-Ricote: Tectónicamente se sitúa sobre materiales triásicos arcillosos y sobre las margas del Cretácico superior, que forman su base impermeable. Está formada por dos acuíferos desconectados entre sí. Los materiales permeables están constituidos por dolomías y calizas del Lías inferior, con una potencia entre 125 y 250 m.

Unidad Hidrogeológica de la Vega Alta del Segura: Acuífero cuaternario formado por gravas y gravillas con pasadas arcillosas de distribución horizontal y vertical muy irregular, depositadas sobre los materiales detríticos y carbonatados del Mioceno superior-Plioceno. Potencia media variable entre 70 y 200 m.

El ámbito de estudio se encuentra dentro de la unidad hidrogeológica de Sierra Espuña. Concretamente en el acuífero denominado **Espuña-Mula**.

3.5. VEGETACIÓN.

3.5.1. Vegetación potencial.

La elección de las especies a utilizar en la revegetación se basa en el conocimiento de la distribución de las especies en la cuenca del Segura (Ríos, 1994; Ríos y Alcaraz, 1996; Ríos et al. 2003), por lo que a continuación se establecerá la vegetación potencial de la zona de estudio que será la referencia a seguir para las actividades de revegetación.

En la cuenca del Segura, la vegetación de ribera se estructura espacialmente en dos bandas paralelas al cauce (Ríos, 1996):

- **Primera banda de vegetación riparia:** de porte arbustivo, con gran capacidad regenerativa ya que las especies están directamente en contacto con el agua y tienen adaptaciones estructurales que les permiten soportar avenidas con un periodo de retorno pequeño y un alto nivel freático. Suelen ser especies comunes en nuestra cuenca muy resistentes a pesar de las fuertes perturbaciones a las que se ve sometida.
- **Segunda banda de vegetación riparia:** de porte arbóreo, configura el bosque ripario que solo entra en contacto con el agua en avenidas con periodos de retorno mayores por lo que produce mayor biomasa, al no verse afectada tan directamente por estas perturbaciones tan comunes en la cuenca del río Segura.

Como se ha mencionado en el apartado 3.2., en la cuenca del Segura existen tres Sectores diferentes atendiendo a las características climáticas. Estas características, influirán en el tipo de vegetación riparia que vamos a encontrar en la zona (Tabla 1).

La vegetación de ribera potencial correspondiente al piso bioclimático termomediterráneo semiárido (Sector 3), donde se incluye el área de estudio, es **Tarayal termófilo** (*Agrostio stoloniferae-Tamaricetum canariensis subass. suadetosum verae*). La geoserie correspondiente es la riparia termomediterránea semiárida murciano-almeriense y mulullense (*Geosinlonicero biflorae-Populeto albae*), siendo las bandas de vegetación las siguientes:

- **Primera banda de vegetación:** SERIE RIPARIA DE LA ANEA (HELÓFITOS)

Sintypho-Schoenoplecteto.

- **Segunda banda de vegetación:** SERIE RIPARIA DE LA ALAMEDA-TARAYAL

Sinlonicero-Populeto albae.

Tabla 1. Vegetación potencial de ribera según parámetros climáticos.

	TERMOTIPO	OMBROTIPO	ESTACIÓN MÁS LLUVIOSA	BOSQUE POTENCIAL
SECTOR 1	Oromediterráneo Supramediterráneo	húmedo, subhúmedo	invierno	Sauceda-Fresneda (<i>Salicetum purpureo-albae</i>)
SECTOR 2A	Mesomediterráneo frío	seco superior	invierno y otoño	Chopera (<i>Rubio-Populetum populetosum</i>)
SECTOR 2B	Mesomediterráneo cálido	seco inferior	otoño y primavera	Alameda (<i>Rubio-Populetum nerietosum</i>)
SECTOR 3	Termomediterráneo	semiárido	otoño y primavera	Alameda-Tarayal (<i>Lonicero-Populetum</i>)

Fuente: (Ríos, 1994)

De esta manera, la vegetación riparia en la zona de estudio estaría caracterizada por Bosque dominado casi exclusivamente por *Tamarix canariensis*, máximo en el sureste peninsular donde la presencia de otras especies del género se ve limitada por la aridez climática. Junto a la única especie arbórea aparecen otros arbustos como *Nerium oleander* y algunas lianas como *Lonicera biflora* y *Rubia peregrina* subsp. *longifolia*. También aparecen bajo el tarayal especies que denotan el carácter mesohalófilo de la asociación, como *Atriplex halimus* y *Suaeda vera*. (Tabla 2).

Tabla 2. Principales especies vegetales presentes en Tarayal termófilo.

	Principales especies	Dominante	Abundante	Acompañantes
	<i>Tamarix canariensis</i>	X	°	°
<i>Imperata cylindrica</i>	°	X	°	
<i>Nerium oleander</i>	°	X	°	
<i>Atriplex halimus</i>	°	X	°	
<i>Suaeda vera</i>	°	X	°	
<i>Piptatherum miliaceum</i>	°	X	°	
<i>Lonicera biflora</i>	°	°		X
<i>Rubia peregrina longifolia</i>	°	°		X
<i>Arundo donax</i>	°	°		X

Fuente: (Ríos, 1994)

La vegetación de ribera pasa de estar dominada por especies de óptimo medio europeo en el sector 2, a estarlo en el sector 3 por una flora termófila subdesértica de óptimo norteafricano (*Tamarix*, *Populus alba*, *Phoenix*, *Nerium*), con un gran número de especies exclusivas.

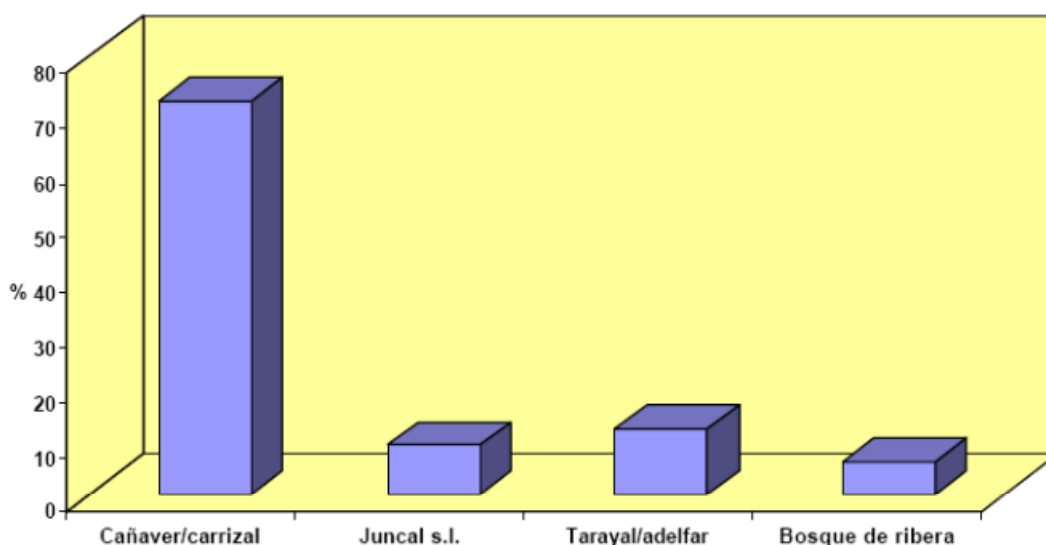
Destacar el grado de rareza de esta comunidad a nivel peninsular, por lo que presenta un valor de conservación muy alto apareciendo en el anexo I de la Directiva Hábitat (Dir92/43/CEE) varios hábitats de interés comunitario relacionados con dicha comunidad:

- 92D0. Galerías y matorrales ribereños termomediterráneos (*Nerio-Tamaricetea* y *Securinegion tinctoriae*).
- 82D011. Alamedas y tarayales termófilos semiáridos iberomagrebíes.

3.5.2. Vegetación actual.

Uno de los elementos del paisaje fluvial que más se ha visto afectado por la presión antrópica ha sido el bosque de ribera. Esta formación vegetal, tiene una extensión muy reducida en la Región de Murcia, tanto por razones climáticas como de alteración humana. Si analizamos el estado de las riberas en la cuenca del Segura, observamos que se ha producido una degradación progresiva y continua pese a que la regeneración natural de estos ecosistemas es rápida. De hecho la extensión de este ecosistema en nuestra región se reduce a un 6% de la longitud de los cauces, presentando tramos en buen estado principalmente en las cabeceras de los ríos y arroyos del noroeste. Un dato significativo es que de los 348,3 kilómetros de río Segura en la Región de Murcia solo 20 Kilómetros presentan bosque caducifolio autóctono, en buen estado de conservación (la Reserva Natural de los Sotos y Bosques de Ribera de Cañaverosa y el Espacio Natural Protegido del Cañón de Almadenes). De esta forma encontramos que la mayoría de la cuenca del Segura se encuentra dominada por el Cañaveral/Carrizal tal y como observamos en la gráfica siguiente (Gráfico 2).

Gráfico 2. Porcentaje actual de hábitats de las riberas del Segura.



Fuente: Daniel B.C (2008).

En concreto, el estado de degradación que presenta el Tarayal termófilo (*Agrostio stoloniferae-Tamaricetum canariensis subass. suadetosum verae*) en el sector 3 de la cuenca es de nivel medio. La ocupación de las riberas por la agricultura es una de la principal causa de degradación de esta formación (Tabla 3), apareciendo en su lugar una formación de cañas (*Arundo donax*) y carrizos (*Phragmites australis*) (Figura 7).

Tabla 3. Principales presiones sobre el Tarayal mediterráneo.

Agricultura	X
Pastoreo	X
Silvicultura	
Actividades extractivas	X
Talas	X
Quema	X
Infraestructuras	
Alteración de caudales	
Uso recreativo	X
Especies exóticas	

Fuente: Velasco *et al.*, en prensa.

Figura 7. Cañaveral y carrizal en las riberas del Río Mula en las proximidades de la actuación.



La zona de ubicación de la E.D.A.R. se encuentra desprovista de vegetación. Decir, que la cuenca del río Mula es una cuenca con escasa vegetación natural, resultado de la fuerte aridez del territorio. El escaso manto de vegetación que aparece es ralo, xerófilo y termófilo y no llega a cubrir toda la superficie, salvo en las zonas de montaña que la delimitan. Destaca la ladera septentrional de Sierra Espuña, recubierta por bosques de pinos carrascos (*Pinus halepensis*) al que acompaña el típico matorral mediterráneo. En cuanto a la vegetación riparia destaca la presencia de Tarayales en algunos tramos en buen estado de conservación.

A continuación, se va a abordar la composición vegetal de la ribera próxima a la actuación, centrándonos en las especies típicamente riparias que aparecen en la zona de actuación para después mencionar las especies climatófilas a revegetar, así como las características más importantes para su gestión:

***Onopordum micropterum* (Cardo borriquero, Cardo).**

Familia: Compuestas.

Descripción: Cardo bianual muy pinchoso de color verde tormentoso con hojas grises y flores púrpuras y rosadas.

Porte: Posee un porte de 5-140 cm, con tallos provistos de alas de hasta 1,5 cm de anchura.

Hojas: Gris tormentosas, las basales en roseta, las caulinares alternas, lanceoladas a oval lanceoladas; las inferiores pinnatipartidas, de 20-40 cm, las superiores más pequeñas.

Flores: En capítulos de 4-7 cm de diámetro, solitarios, con brácteas involucrales espinosas, las externas recurvadas. Flores todas en flósculo, púrpuras a rosadas.

Frutos: Aquenios de 4-5 mm, con vilano de pelos rojizos.

Hábitat: Escombreras, márgenes de caminos y badíos.

Usos: En medicina popular como desinfectante.

Observaciones: No confundir con *Onopordum nervosum* Boiss subsp. *castellanum*. Es más frecuente por encima de los 900 m de altitud.

Figura 8. *Onopordum micropterum*.



Tamarix canariensis. (Taray).

Familia: Tamariáceas.

Descripción: Caducifolio de hojas escamosas (parecidas a la de los cipreses), tronco tortuoso y ramas flexibles. Inflorescencias menores a 5 mm de ancho, dispuestas en ramillas jóvenes. Brácteas florales más largas que el cáliz de la flor próxima con reproducción vegetativa y sexual.

Porte: Arbusto o arbolito muy ramificado, glanduloso papiloso, de 2-10 metros de altura, con ramas largas y delgadas, con hojas y extremos de las ramas jóvenes caducos.

Hojas: Hojas glaucas, caducas, escuamiformes, de unos 2 mm, adpresas y abrazadoras.

Flores: Agrupadas en espigas cilíndricas, con brácteas tan largas como los 5 sépalos; 5 pétalos rosados o blanquecinos, de 1,2 mm-1,5 mm, finalmente denticulados; 5 estambres.

Frutos: Cápsulas piramidales, atenuadas desde la base hasta el ápice.

Hábitat: Suelos salinos húmedos y márgenes de ríos y arroyos con sustrato arcilloso.

Usos: En medicina popular como depurativo.

Observaciones: No confundir con otras especies. *Tamarix boveana* Bunge es especie de zonas salinas, con flores tetrámeas; *Tamarix africana* Poiret es común en ramblas silíceas de la mitad sur provincial.

Género arbustivo catalogado de interés especial en nuestra Región (Anexo I del Catálogo Regional de Flora Silvestre Protegida de la Región de Murcia, Decreto nº 50/2003), típica de suelos áridos, aparece en la cuenca en los tramos mejor conservados.

Figura 9. *Tamarix canariensis*.



Phragmites Australis (Carrizo, cañizo).

Familia: Gramíneas.

Descripción: Helófito autóctono de distribución cosmopolita, de una gran capacidad colonizadora, que aprovecha las alteraciones antrópicas del medio ripario (destrucción completa del ecosistema y eliminación del resto de especies helofíticas), para establecerse masivamente con la consiguiente reducción de la biodiversidad. Porte: Perenne, con rizoma largo y serpenteante, tallos con entrenudos largos (cañas), algo flexibles, de 1-4 m de altura, en general crece en grupos densos, formando carrizales.

Hojas: verde azuladas, largamente acuminadas, de 20-50x1-4 cm, envainando los nudos del tallo, lígula formada por una fila de pelos.

Flores: Poco vistosas, en panículas densas, plumosas, a menudo púrpureas, de 10-50 cm de longitud; espiguillas con pelos sedosos, raquis floral peloso y glumillas muy desiguales entre sí.

Frutos: Secos (cariopsis), que se dispersan por el viento, gracias a los pelos sedosos que presentan.

Hábitat: Borde de zonas con agua dulce o salobre.

Usos: Ocasionalmente utilizada para hacer cercas con los tallos secos.

Observaciones: Destacar que su presencia es natural y en la zona de estudio aparece formando manchas por lo que no supone un riesgo importante de desplazamiento de otras especies, a corto plazo, si los usos del suelo permanecen como en la actualidad.

Figura 10. *Phragmites Australis*



Arundo donax (Caña).

Familia: Gramíneas.

Descripción: Especie alóctona de origen controvertido, probablemente antrópico, de semillas estériles y por lo tanto de reproducción exclusivamente vegetativa; cuya importante utilización humana en el pasado, ha favorecido su extensión masiva en el espacio ripario de toda la cuenca. Además, en situaciones de avenidas es una de las especies que peor protege los cauces y que más problemas produce en los puntos de desagüe por acumulación de materia orgánica, las llamadas baldomeras.

Porte: Perenne, con robustos tallos simples o con ramas laterales cortas, de 1,5-5 cm de altura, con entrenudos huecos (caña). Suelen crecer en grupos densos desde rizomas subterráneos engrosados y nudosos.

Hojas: Alternas, glaucas, de 20-60x 2,8 cm, limbo verde azulado de borde áspero, con lígula membranosa y vainas foliares lisas que cubren los nudos.

Flores: Poco vistosas, en panículas densas, blanquecinas a violáceas, de 30-70 cm de longitud, raquis floral glabro, glumillas subiguales.

Frutos: Ausentes, pues es especie estéril que se reproduce sólo de forma vegetativa.

Hábitat: Márgenes de canales de ríos y canales de riego.

Usos: Los rizomas son medicinales; los tallos, cortados en tiras longitudinales, se han utilizado en cestería.

Observaciones: Tener en cuenta su competencia con otras especies plantadas. Se considera una especie invasora y agresiva de rápido crecimiento junto al carrizo, limitando en gran medida el éxito de las plantaciones.

Figura 11. *Arundo donax*



***Atriplex halimus* (Salao blanco, salao).**

Familia: Quenopodiáceas.

Descripción: Arbusto perenne. Sus preferencias son las altas radiaciones solares y suelos arenosos. Poseen una capacidad de adaptación a climas muy áridos, suelos salinos y marginales. Aguanta la exposición continuada al viento, de hecho es muy frecuente encontrarlas en las costas. Asimismo, es resistente a las heladas de hasta -10°C . Son propias de los pisos bioclimáticos termomediterráneo y mesomediterráneo inferior.

Porte: Arbusto monoico, de 1-3 m, muy ramificado y de color gris plateado.

Hojas: Alternas, persistentes, de 1-4x0,5-3 cm, la mayoría ovado rómbicas, enteras y cuneadas, las superiores lanceoladas.

Flores: Verdosas, unisexuales, en racimos espiciformes foliosos; con 5 piezas poco vistosas (tépalos); las femeninas con dos bracteólas libres en su tercio superior; las masculinas con 5 estambres.

Frutos: Cubiertos por las dos bracteólas fructíferas, que son redondeadas o reniformes, de color gris plateado y coriáceas.

Hábitat: áreas subsalinas costeras e interiores, más o menos alteradas.

Usos: Alimento del ganado, setos.

Observaciones: No confundir con otras variantes como: *Atriplex halimus* var. *denticulata* y *Atriplex halimus* var. *grandifolia*.

Figura 12. *Atriplex halimus*.



3.6. FAUNA ASOCIADA AL ECOSISTEMA FLUVIAL.

En lo referente a la fauna asociada al ecosistema fluvial, se debe diferenciar entre los distintos grupos presentes correspondiente al área de estudio.

3.6.1. Anfibios y reptiles.

Los anfibios existentes en la zona se engloban dentro de la categoría de no amenazados según el atlas de anfibios de la Región de Murcia (Torralba *et al.* 2005), siendo la especie más abundante en la zona la Rana común (*Rana perezi*). Esta especie es bastante común en la Región de Murcia apareciendo en gran parte de los cursos y depósitos de agua, siendo su principal hábitat las balsas de riego. Presenta una gran tolerancia y al contrario que otros anfibios es estrictamente acuática por lo que las pendientes de estas balsas no son impedimento para su supervivencia puesto que no requieren salir de ella.

En cuanto a los reptiles en la zona, señalar la presencia de distintos tipos de culebras: culebra bastarda (*Malpolon monspessulanus*), culebrilla ciega (*Balnus cinereus*) y culebra de escalera (*Elaphe scalaris*). También se pueden encontrar la lagartija ibérica (*Podarcis hispanica*) y la salamaguesa rosada (*Hemidactylus turcius*). Todas estas especies están catalogadas como no amenazadas en la Región de Murcia y exceptuando la culebra bastarda son de “interés especial” según el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (CNEA).

3.6.2. Mamíferos.

En relación a los mamíferos presentes en la cuenca del río Mula, aparece el mustélido *Lutra lutra*, cuya presencia es muy escasa en la Región; la nutria aparece en los tramos mejor conservados de dicha cuenca y es considerada de “interés especial” por el catálogo Nacional de Especies Amenazadas y estrictamente protegida desde 1.973 e incluida en los Anexos II y IV de la Directiva 92/43/CEE. Por otro lado aparecen colonias de murcielago patudo (*Myotis capaccinii*), murcielago ratonero grande (*Myotis myotis*) y murcielago ratonero mediano (*Myotis blythii*), éste último se encuentra en zonas cercanas al término municipal de Bullas. Estas especies quedan incluidas en el Anexo II de la Directiva 92/43/CEE.

Otros mamíferos catalogados con la figura de protección “no amenazada” en la zona a tratar son: el erizo europeo (*Erinaceus europaeus*), la rata común (*Rattus norvegicus*), el ratón doméstico (*Mus musculus*), la musaraña común (*Crocidura russula*) y la musaraña (*Suncus etruscus*).

3.6.3. Aves.

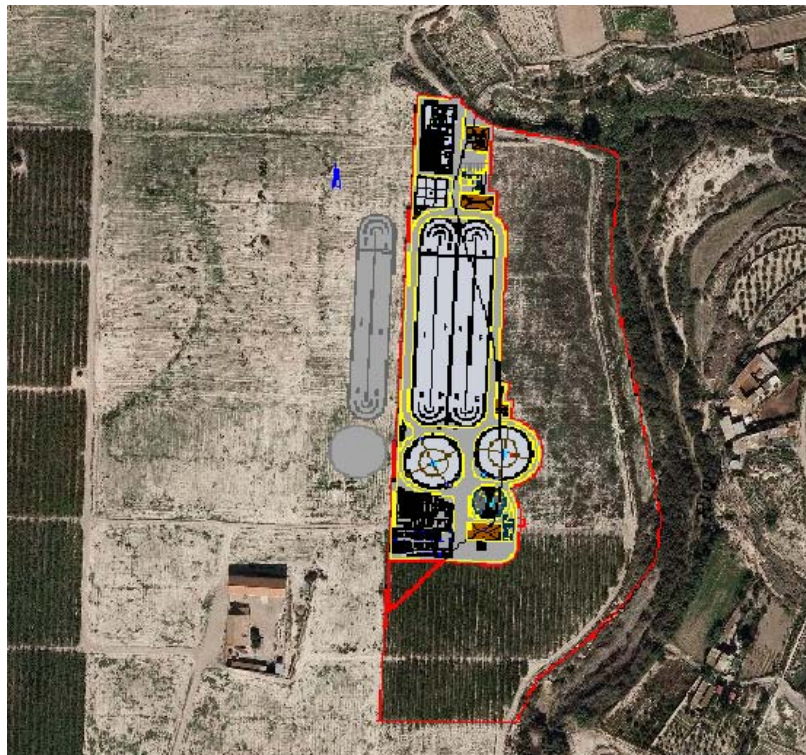
La avifauna ligada al río Mula es una de las más pobres, tan sólo aparecen especies comunes como la Gallineta común (*Gallinula chloropus*) o el Chorlitejo (*Charadrius alexandrinus*) así como anátidas como el Ánade Común (*Anas platyrhynchos*).

Figura 13. *Charadrius alexandrinus*.



3.7. HÁBITATS.

Figura 14. Ubicación de la E.D.A.R. con respecto al L.I.C. "Río Mula –Pliego".



Fuente: Elaboración propia.

Considerando el ámbito de estudio, se recogen en la zona varias superficies de Hábitats de Interés Comunitario recogidos en la Directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo, relativa a la Conservación de los Hábitats Naturales y de la Fauna y Flora Silvestres, exceptuando la asociación *Thypo-Schoenoplectetum glauci*. A continuación se describen dichos hábitats, donde la mayoría de ellos están asociados al L.I.C. "Río Mula-Pliego".

- 1410. Pastizales salinos mediterráneos (*Juncetalia maritimi*).

Comunidades muy variables de la región mediterránea de *Juncetalia maritimi*. Juncales halófitos y praderas húmedas ricas en plantas anuales y fabáceas.

- **14101A: *Juncetum marítimo-sabulati***. Juncales halófilos de zonas con aguas circulantes, tanto en aguas costeras como en ríos salados del interior. Están dominados por *Juncus subulatus*.

- 1420. Matorrales halófilos mediterráneos y termoatlánticos (*Sarcocornetea fruticosi*).

Vegetación vivaz de lodos salinos del litoral, compuesta de matorral bajo, que ofrece una distribución esencialmente mediterráneo-atlántica (comunidades de *Saliconia*, *Limonium vulgare*, *Suaeda* y *Atriplex*) que pertenece a la clase de *Sarcocornetea fruticosi*.

- **142062: *Cistancho luteae-Suaedetum verae***. Matorrales crasifolios dominados por *Suaeda vera subsp. vera*, que pueden presentar una cobertura alta del suelo. En su óptimo las especies acompañantes son escasas, correspondiendo en su mayoría a especies halófilas crasicuales, especialmente *Arthrocnemum macrostachyum*, y especies del género *Limonium*, sobre todo *Limonium cossoniamun*. Con la llegada del otoño es patente el enrojecimiento generalizado de la especie directriz, así como la pérdida parcial de sus hojas carnosas, llegando a quedar ramas de segundo y tercer orden desprovistas de las mismas.

- 3150. Lagos eutróficos naturales con vegetación *Magnopotamion* o *Hydrocharition*.

Aguas eutróficas, habitualmente de coloración gris oscuro a azul verdoso, más o menos turbias, particularmente ricas en bases disueltas (pH>7), en combinación con:

-Comunidades flotantes de aguas más o menos ricas en nutrientes del *Lemnion minoris* (*Hydrocharition*); o

-Grandes agregados del *Magnopotamion* (*Potamogeton lucens*, *Potamogeton praelongus*, *Potamogeton zizii*, *Potamogeton perfoliatus*) características de aguas libres y profundas.

- **215052: *Potametum denso-nodosi***. Vegetación acuática enraizada en el fondo de lechos de arroyos y ríos de aguas dulces, caracterizada por *Potamogeton nodosum*.

- **21505C: Comunidad de *Potamogeton pectinatus*.** Propia de aguas muy eutrofizadas, está dominada por *Potamogeton pectinatus*.
- 3280. Ríos mediterráneos de caudal permanente del Paspalo-Agrostidion con cortinas vegetales ribereñas de *Salix* y *Populus alba*.

Formaciones nitrófilas de gramíneas y hierbas abuales y vivaces de los bancos aluviales de los grandes ríos mediterráneos con *Paspalum paspaloides*, *P. vaginatum*, *Polypogon viridis* (= *Agrostitis semiverticillata*), *Cyperus fuscus*, *Salix* spp., *Populus alba*.

- **228046: *Trifoliogragiteri-Cynodontetum dactyli*.** Prado generalmente denso y más bien ralo, dominado por hemcriptófitos con potentes rizomas que encespedan fuertemente el suelo. La grama (*Cynodom dactylon*) y el trébol fresa (*Trifolium fragiferum*) son las especies directrices de la asociación: Junto a ellas suele aparecer *Lotus corniculatus* subsp. *corniculatus*, *Plantago major* subsp. *major*, *Trifolium repens*, entre otras plantas. En el periodo de máxima actividad (primavera-verano) predomina el color verde azulado (glauco) de la gama o, en la época de floración, el tono rosado o blanco de los diversos tréboles.
- 3290. Ríos mediterráneos de caudal intermitente del Paspalo-Agrostidion.
- **228011: *Cyperetum distachyi*.** Herbazal de *Cyperus distachyos* asentado en márgenes de arroyos y bordes de pocetas, ramblas pedregosas o rocas. Soporta aguas con ligera salinidad.
- 6420. Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del *Molinion-Holoschoenion*.

Praderas húmedas mediterráneas con gramíneas y juncos de gran altura.

- **542015: *Cirsio monspessulani-Holoschoenetum*.** Juncales churreros (*Scirpus holoschoenus*) mesomediterráneos, con *Mentha suaveolens* y *Cirsium monspessulanum*.
- 7210. Turberas calcáreas del *Cladium mariscus* y con especies del Caricion *davallianae*.

Carrizales de *Cladium mariscus* de bordes de lagos, de eriales o del estadio sucesional de las praderas húmedas extensivas en contacto con la vegetación de Caricion *davallianae* u otras especies del Phragmition (*Cladietum marisci*).

- **621123: *Thypo-Schoenoplectetum glauci*.** Carrizales, aneales y juncales dominados por grandes helófitos, con potentes rizomas subacuáticos que les permiten establecerse con mucha rapidez. Pueden estar dominados por diversas especies,

siendo las más comunes la anea (*Thypa domingensis*), el carrizo (*Phragmites australis*) y *Scirpus tabernaemontani*.

- 92DO: Galerías y matorrales ribereños termomediterráneos (*Nerio-Tamaricetea* y *Securinegion tinctoriae*).

Formaciones leñosas de las zonas húmedas del área termomediterránea y del suroeste de la Península Ibérica.

Matorrales y galerías dominadas por *Nerium oleander*, *Vitex agnus-castus* o *Tamarix spp.*, acompañadas de *Dittrichia viscosa*, *Saccharum ravennae*, *Arundo donax*, *Rubus ulmifolius*, típicos de cursos de agua temporales o de zonas con una capa freática próxima a la superficie en el sur y el este de la Península Ibérica.

- **82DO21: *Agrostio stoloniferae-Tamaricetum canariensis*.** Tarayales subhalófitos propios de márgenes del río Segura al sur de Cieza, así como de ramblas limo-arcillosas y depresiones arcillosas. Caracterizados por *Tamarix canariensis* y *Suaeda vera*.

3.8. MEDIO SOCIOECONÓMICO. USOS DEL SUELO Y OCUPACIÓN LABORAL.

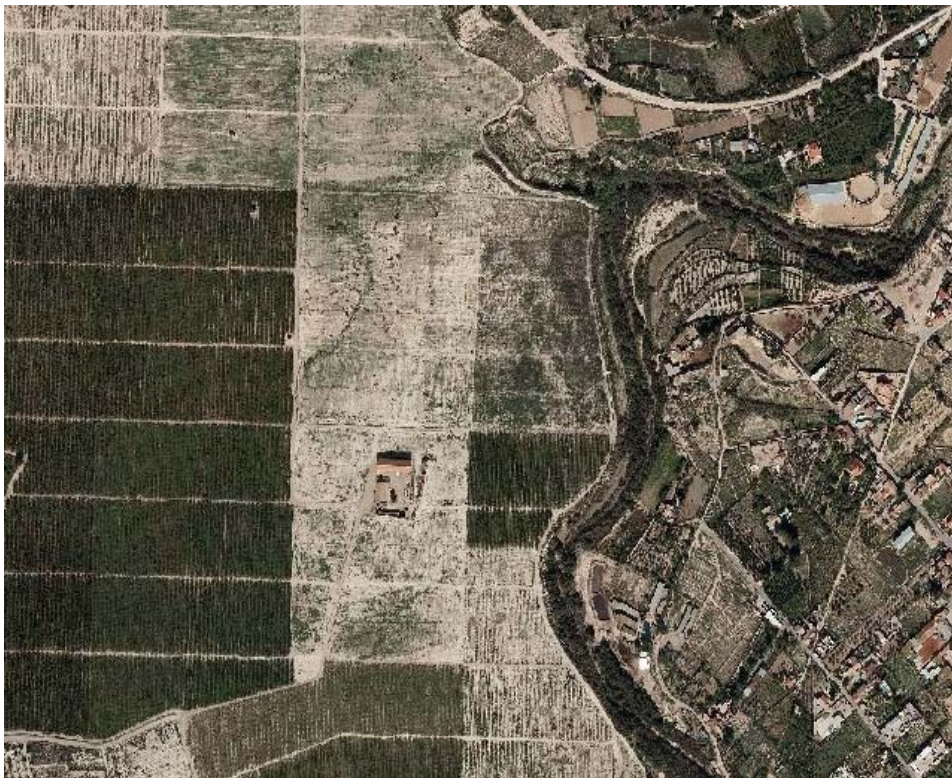
Con el fin de poder valorar más eficazmente el éxito de la restauración se va a describir brevemente el medio socioeconómico donde se realiza para poder entender mejor los posibles problemas o complicaciones que pueden surgir en un proyecto de este tipo. La información socioeconómica ha sido obtenida de Alguazas en Cifras, 2008. CREM.

3.8.1. Usos del suelo.

Un dato relevante es que el 59% de la superficie del municipio de Alguazas es terreno de cultivo siendo más de la mitad de regadío (la mayoría corresponde con árboles frutales cítricos). El área de estudio se sitúa en tierras de cultivo de regadío, que se sitúan muy próximos al río dada la fertilidad de los fluvisoles y la alta humedad proporcionada por la capa freática. El 6,8% es terreno forestal y el restante se dedica a otros usos.

Destaca la prácticamente ausencia de bosque de ribera en la zona. La ocupación del suelo ha ido aumentando progresivamente a la vez que se producía un progresivo estrechamiento del cauce (Figura 15), facilitándose la desaparición de un buen número de riberas.

Figura 15. a) Foto aérea de 1945 y b) Foto aérea de 2009. Río Mula a su paso por Alguazas. Pérdida de riberas.



3.8.2. Ocupación laboral.

Hablando en términos de números de trabajadores aportados, el sector más influyente en la economía del municipio es el comercio relativo a la industria manufacturera con un total de 473 empleados en 55 empresas dedicadas a este sector. El siguiente en importancia es el comercio relativo a vehículos de motor con un total de 447 empleados distribuidos en 168 establecimientos. El último grupo con cierta relevancia corresponde con la construcción que da trabajo a 382 personas en 94 establecimientos.

Un dato sorprendente es que pese a que la mitad del territorio está ocupado por cultivos, solo se contabilizan dos establecimientos dedicados a tal actividad con una ocupación de cuatro personas por lo que se deduce que la inmensa mayoría de cultivos o son improductivos o están dedicados al abastecimiento familiar y no con fines mercantilistas, es decir, se corresponden con huerta tradicional.

4. METODOLOGÍA.

Una vez identificada, localizada y delimitada el área objetivo mediante SIG (Figura 16), se recopiló mediante la Evaluación de Impacto realizada en el ámbito, otros estudios y visita a la zona, la información existente respecto a vegetación, fauna, geomorfología, climatología, hidrología, etc. que junto a las observaciones, permiten la caracterización ecológica de la zona, de cara a poder establecer su estado de referencia, lo cual es básico para un correcto diseño restauracional/conservacional.

Para la evaluación del diseño del proyecto se han tenido en cuenta diversos aspectos, tales como los objetivos, presupuesto, actuaciones previstas, inventariado vegetal, mantenimiento, etc.

En primer lugar, se establecen distintas alternativas de depuración para la creación de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (E.D.A.R.) en la zona de estudio. Igualmente, se realizará un estudio específico teniendo en cuenta distintas opciones de restauración para conseguir el objetivo propuesto.

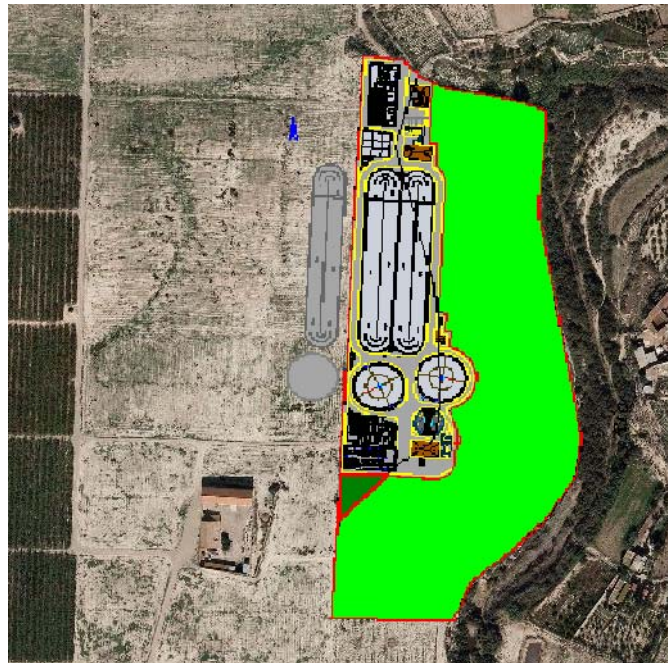
Para ello se realiza un estudio comparativo entre las diferentes soluciones propuestas atendiendo a unos criterios de selección de alternativas establecidos previamente. Estos criterios ayudarán a justificar las soluciones más adecuadas en cada caso concreto de aplicación.

En la valoración final del diseño del proyecto también se tendrá en cuenta el desarrollo de los contenidos y su planificación, así como el cumplimiento de su ejecución mediante la comprobación visual *in situ*, verificando que lo ejecutado se corresponda con lo redactado y si no es así, intentar establecer las causas de estas modificaciones (observaciones sobre el terreno, dificultades técnicas, recortes presupuestarios, etc.).

A la hora de establecer las distintas opciones de depuración en la zona se ha tenido en cuenta las ventajas e inconvenientes de distintos sistemas de depuración. Igualmente, la idoneidad de las especies vegetales propuestas para la revegetación, se ha evaluado en relación a la vegetación potencial de ribera de la zona (Velasco et al. en prensa) y de los lugares de referencia donde la vegetación natural de ribera se encuentra en buen estado de conservación.

La efectividad de las actuaciones de restauración llevadas a cabo se ha abordado desde distintas perspectivas: ecológica, recreativa, paisajística y socio-económica. Para ello se ha obtenido información de diferentes fuentes y métodos.

Figura 16. Zona de actuación.



Con las observaciones *in situ* con las visitas de campo y los Sistemas de Información Geográfica se va a determinar los impactos que producirá la ubicación de la E.D.A.R. en la zona. Resaltar que por las características de la zona en cuestión, cuyos impactos se reducen a la carga contaminante de vertidos incontrolados en el Municipio de Alguazas y la posterior instalación de la E.D.A.R., el principal apartado de la restauración van a ser las actuaciones sobre la cubierta vegetal (Imagen 17), para lo que es necesario la identificación de la vegetación potencial de ribera, lo que determinará las especies elegidas para la revegetación. Además de la composición, también es de vital importancia el grado de cobertura que proporcionan y la estructura, es decir cómo se distribuyen dichas especies.

Una vez se comprueba la necesidad de restauración/conservación se procede a la redacción del proyecto a ejecutar, debiendo haber realizado para su redacción los siguientes apartados:

- Identificación de los objetivos de restauración.
- Identificación de los componentes que necesitan de una restauración física/estructural.
- Identificación de distintas alternativas a implantar atendiendo a unos criterios concretos.
- Identificación de un sistema de depuración adecuado y construcción de la E.D.A.R.
- Identificar los tipos de actuaciones biológicas requeridas para la revegetación:
 - Establecer las especies adecuadas para la revegetación atendiendo a la vegetación potencial que variará según el sector de la cuenca que nos encontremos.
 - Establecer el marco de plantación.

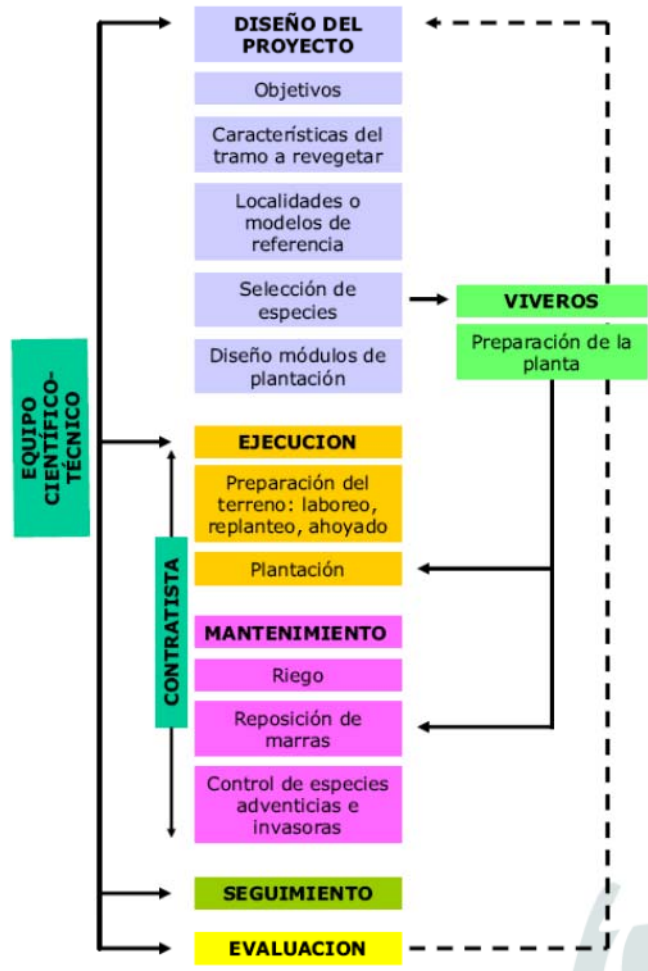
- Planificar la disponibilidad de individuos en los viveros.
- Identificar las restricciones paisajísticas y antrópicas.
- Establecer el mantenimiento necesario para garantizar el éxito de la restauración a largo plazo.
- Diseño de plan de vigilancia y seguimiento.

De esta manera, uno de los primeros pasos que van a direccionar la ejecución del proyecto será la formulación de las alternativas propuestas para la depuración y posterior restauración de la zona, para consecutivamente efectuar las acciones concretas a realizar, según los objetivos propuestos para este proyecto y los componentes que necesitan restauración. Por tanto consideramos prioritario:

- Mantener una distancia de 100 metros de anchura, establecida como banda de amortiguación, medido a partir del L.I.C. "Río Mula-Pliego" localizado en el margen derecho de la actuación. Se podrá ocupar la banda con una superficie máxima equivalente al 30% de la superficie total del proyecto, pero siempre lo más alejado posible de los límites del L.I.C.
- Plantación de árboles en las zonas perimetrales al cauce afectado directamente por la instalación de la E.D.A.R.
- Mejora de la cubierta vegetal según la potencial. Aunque este objetivo va implícito en gran parte de los objetivos debe existir la visión de que una buena política de revegetación conllevará a una mejora tanto de la conectividad longitudinal como la de la conectividad lateral. Esto no quiere decir que sea correcta la plantación de cualquier especie (puesto que todas las especies aumentan dicha conectividad), sino que hay que prestar especial atención al carácter autóctono de la planta y la potencialidad de la misma en el tramo estudiado. Si la elección es acertada, se debería observar una mejora en el ecosistema tanto a nivel vegetal como faunístico.
- Instalación de pantallas visuales naturales y/o artificiales en la zona de estudio con el objetivo de minimizar el impacto en el entorno.
- Tener en cuenta las formaciones vegetales catalogadas como protegidas presentes en el ámbito de actuación durante la realización de las obras.
- No se verterán materiales al río durante la realización de las obras y se deberá establecer las medidas de limpieza consideradas durante la misma.

Estas actuaciones o tareas además de otras, serán analizadas con mayor grado de detalle en la descripción de la restauración.

Figura 17. Actuaciones que implica la revegetación.



Fuente: Velasco et al., 2009.

5. ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y RESTAURACIÓN DE LA ZONA PERIMETRAL AL CAUCE DEL RÍO MULA “PARAJE DE LOS QUIÑONES”.

El área de actuación corresponde al Paraje de “Los Quiñones”. Es un área próxima al término municipal de Alguazas y su acceso se puede llevar a cabo a través de una salida en el Km. 5 de la carretera MU-531, a la salida de Alguazas. Se trata de una zona ribereña hasta ahora muy degradada debido principalmente a terrenos de cultivo.

La emisión de vertidos en la zona y la construcción de la Estación depuradora objeto del presente proyecto en los límites del L.I.C. Río Mula-Pliego puede provocar efectos negativos a los hábitats de interés comunitario identificados sobre el mismo, al mismo tiempo que producirá grandes beneficios para la población local mejorando la calidad de vida del entorno.

De esta forma, teniendo en cuenta estas consideraciones, resaltar que la proposición de restauración en el perímetro de actuación es difícil, por lo que se plantea una rehabilitación de la zona que aun no volviendo al estado primigenio (poco realista ya que los impactos ocasionados por la ocupación del terreno se remontan mucho tiempo atrás) permita una mejora sustancial del estado ecológico del lugar.

5.1. ANÁLISIS DE DECISIÓN MULTICRITERIO.

Un problema en la toma de decisiones puede considerarse como un problema multicriterio si existen al como mínimo dos criterios en conflicto y dos alternativas para la solución. El presente estudio tiene en cuenta cuatro alternativas viables, las cuales se describen a continuación; con la presencia de tres criterios con vitalidad importancia en el estudio. Por tanto, estamos ante un problema de decisión multicriterio y se ha de identificar la mejor alternativa o solución teniendo en cuenta los múltiples criterios en competencia (Hugo Roche et al., 2005).

Los métodos de evaluación y decisión multicriterio sirven para hallar soluciones posibles, pero no necesariamente óptimas. En función de las preferencias del decisor y del objetivo predefinido (usualmente conflictivo), el problema central de un método multicriterio es:

- a) Seleccionar la(s) mejor (es) alternativa (s).
- b) Aceptar alternativas que parecen “buenas” y rechazar aquellas que parecen “malas”.
- c) Generar una “ordenación” (ranking) de las alternativas consideradas (de la “mejor” a la “peor”), para lo cual existen diversos métodos, enfoques y soluciones.

El problema considerado en el presente estudio presenta alternativas de decisión finitas, recibiendo la denominación de “*Problemas de Decisión Multicriterio Discreta*”. Estos métodos se utilizan para realizar una evaluación y decisión respecto de problemas, que por naturaleza o diseño, admiten un número finito de alternativas de solución a través de:

- Un número finito de posibles soluciones factibles que cumplen con los requisitos previsible. Se asume que cada una de ellas es perfectamente identificada aunque no son necesariamente conocidas en forma exacta.
- Una familia de criterios de evaluación que permite evaluar cada una de las alternativas (analizar sus consecuencias) atendiendo a los pesos (ponderaciones) asignados por el agente decisor y que reflejan la importancia (preferencia) relativa de cada criterio.
- Una matriz de decisión o de impactos, la cual resume la evaluación de cada alternativa con respecto a cada criterio; una valoración (precisa o subjetiva) de cada una de las soluciones considerando los criterios. La escala de medida de las evaluaciones puede ser cualitativa o cuantitativa, y las medidas pueden expresarse en escalas cardinal, ordinal, probabilística y nominal.
- Determinación de la solución que globalmente recibe las mejores evaluaciones.
- Toma de decisión mediante consenso.

Los principales métodos de evaluación y decisión multicriterio discreto son: *Ponderación Lineal (scoring)*, *Utilidad multiatributo (MAUT)*, *Relaciones de Superación* y *el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)*.

En el presente trabajo se ha llevado a cabo el Método de Ponderación Lineal (Scoring), ya que es un método fácil, ampliamente utilizado a nivel mundial, que permite abordar situaciones de incertidumbre o con pocos niveles de información. En este método se construye una función de valor para cada una de las alternativas establecidas y supone la transitividad de preferencias o la comparación entre ellas. Es un método completamente compensatorio y que puede resultar dependiente y manipulable en la asignación de pesos a los criterios (ponderación) así como en la escala de las medidas de evaluación.

5.2. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

En el presente apartado se definen las alternativas de depuración a usar y la selección de la más adecuada teniendo en cuenta el principal objetivo del proyecto, el cual es la depuración y tratamiento de agua mediante un tratamiento ecológico para mitigar el impacto ocasionado por los vertidos incontrolados en el municipio de Alguazas.

Las alternativas planteadas son las siguientes:

- *Alternativa 1. Pretratamiento + Biodiscos.*

Esta alternativa cuenta con un pretratamiento y un sistema de Biodiscos. Con un **pretratamiento de las aguas residuales** se pretende separar de dicha agua la mayor cantidad

de materias que por su naturaleza (grasas, aceites, etc.) o por su tamaño (latas, ramas, etc.) crearían problemas (obstrucción de tuberías y bombas, rotura de equipos, etc.) en los tratamientos posteriores.

Las operaciones que se realizan pueden ser tanto físicas como mecánicas y son las siguientes:

- ✓ Separación de grandes sólidos. (Pozo de Gruesos).
- ✓ Desbaste.
- ✓ Tamizado.
- ✓ Desarenado.
- ✓ Desaceitado-desengrasado.
- ✓ Preaireación.

Hacer hincapié en que esta fase está presente en todas las alternativas, por lo que una vez explicada en este apartado no será necesaria su repetición. Además, en una planta depuradora no es necesaria la instalación de todas las operaciones nombradas con anterioridad, aunque en el presente caso, al tratarse de aguas residuales urbanas sería conveniente la presencia de cada una de ellas.

En el Sistema de Biodiscos, el agua pasa horizontalmente a través de un tanque en el que gira un eje con discos de gran tamaño sobre los que crece la biomasa. La materia orgánica es absorbida por la biopelícula que se pone, alternativamente, en contacto con el aire y el agua. Los discos airean la película biológica, el agua del tanque y, por fuerzas tangenciales, desprenden el exceso de biomasa.

Ventajas:

- Consumo poca energía.
- Poco Impacto ambiental.
- Valido para una población entre 5000-10000 hab/equivalentes.
- Estable ante cambios de caudal o carga orgánica.

Inconvenientes:

- Necesidad de unos 6m² de superficie por cada habitante.
- Obra civil compleja.
- Necesidad de personal cualificado (costoso).

- Alternativa 2. Pretratamiento + Filtros Verdes.

Los Filtros verdes se basan en un terreno cubierto de cultivos agrícolas o forestales sobre el que se sitúan periódicamente aguas residuales procedentes de núcleos urbanos, con el fin de conseguir su depuración mediante la acción conjunta de suelo, microorganismos y plantas.

Ventajas:

- Construcción muy simple.
- Escasos costes de ejecución y mantenimiento.
- Buenos rendimientos.
- Población entre 500-2000hab/equivalentes.

Inconvenientes:

- Superficie entre 12-110 m²/hab.
- Impacto ambiental sobre el ruido.
- Difícil integración paisajística.

- Alternativa 3. Pretratamiento + Tanque Imhoff.

Los Tanques Imhoff son dispositivos que permiten un tratamiento primario de las aguas residuales, mediante la eliminación de la materia particulada sedimentable y de los flotantes. La fracción orgánica de los sólidos sedimentados se mineraliza vía anaerobia.

Los Tanques Imhoff constan de un único depósito en el que se separan la zona de sedimentación, que se sitúa en la parte superior, de la de digestión de los sólidos decantados, que se ubica en la zona inferior del depósito. La configuración de la apertura que comunica ambas zonas impide el paso de gases y partículas de fango de la zona de digestión a la de decantación, con lo que se evita que los gases que se generan en la digestión afecten a la sedimentación de los sólidos.

Este sistema se emplea como tratamiento previo a Sistemas de Aplicación al Terreno, y en el caso de pequeñas instalaciones como tratamiento primario, previo a Contactores Biológicos Rotativos o Lechos Bacterianos.

Ventajas:

- Escaso Impacto ambiental.

- Escaso coste construcción.
- Fácil mantenimiento.
- 0,05-1 m² por habitante.

Inconvenientes:

- No es estable ante cambios de caudal o carga contaminante.
- No presentan buenos rendimientos.
- Técnicos cualificados.
- Valido para una población >300habitantes equivalentes.
- Alternativa 4. Pretratamiento + Depuración Simbiótica Horizontal.

En **el procedimiento en horizontal** sigue la misma táctica que la anterior solo que las aguas tratadas en la primera fase se trasladan a nuevas fases de tratamiento, requiriendo nuevas superficies y nuevos bombeos. De esta forma, el tratamiento completo de aguas residuales requiere 3 fases para uso doméstico, 4 fases para uso urbano y de 5 a 7 fases para uso industrial.

Ventajas:

- Funcionamiento continuo 24 horas al día 365 días al año.
- Altísimo rendimiento hidráulico.
- Eficiencia.
- Sencillez Ejecución.
- Necesidad de 0,60 m² por m³.
- Creación paisaje idóneo en superficie.

Inconvenientes:

- Técnica innovadora; escasa experiencia.
- Necesidad de personal cualificado en la construcción.
- Aplicable para poblaciones <2000hab/equivalentes.

Alternativa 5. Pretratamiento + Depuración Simbiótica Vertical.

La depuración simbiótica es una tecnología innovadora, completamente limpia y ecológica, que combina un sistema de depuración natural, subterránea, y por goteo, para cualquier tipo de agua residual orgánica, con la generación de áreas verdes sobre la superficie de la depuradora, desarrollándose ambas en perfecta armonía; creando una simbiosis entre la zona verde superficial y la zona de depuración subsuperficial.

En el procedimiento en vertical, las aguas tratadas en la primera fase pasan libremente a fases inferiores, no precisando de nuevas superficies ni nuevos bombeos.

Ventajas:

- Funcionamiento continuo 24 horas al día 365 días al año.
- Alto rendimiento hidráulico; pero no tanto como en Horizontal.
- Eficiencia.
- Sencillez ejecución.
- Necesidad de 0,60 m² por m³.
- Creación paisaje idóneo en superficie.

Inconvenientes:

- Técnica innovadora; escasa experiencia.
- Necesidad de personal cualificado en la construcción.

Aplicable para poblaciones < 2000 hab/equivalentes.

- Alternativa 6. Pretratamiento + Lagunaje.

Las lagunas de estabilización o lagunaje es un sistema basado en un estanque o grupo de estanques diseñado para llevar a cabo un tratamiento biológico de aguas residuales. Pueden ser aerobias, facultativas o anaerobias. Lo ideal es combinar las tres.

- ✓ Lagunas anaerobias. Su objetivo es retener los sólidos en suspensión que se acumulan como una capa de fangos en el fondo. Deben considerarse como un pretratamiento.
- ✓ Lagunas facultativas. Son las más comunes para el tratamiento de aguas residuales domésticas. El oxígeno lo aportan la fotosíntesis y la re-aireación a través de la superficie. En el fondo las condiciones pasan a ser anaerobias.
- ✓ Lagunas de maduración o lagunas de oxidación. Se trata de grandes lagunas aireadas, con grandes tiempos de retención. Están diseñadas para eliminar patógenos y reducir la DBO₅ a niveles mínimos, ya que el grueso de la materia orgánica ha debido ser

estabilizado previamente en lagunas anaerobias y facultativas (o por reactores convencionales).

Ventajas:

- Rendimientos buenos.
- Construcción simple.
- Escaso mantenimiento.

Inconvenientes:

- Superficie 6,5m² por habitante.
- Perdidas por evaporación.
- Presencia algas.
- Dificil adaptación a cambios climáticos.
- Coste elevado construcción.
- Elevado Impacto ambiental (amplia superficie).
- Aplicable para poblaciones entre 1000-5000 habitantes.

Una vez descritas las alternativas propuestas, se selecciona la más adecuada realizando un estudio comparativo entre las mismas marcando unos criterios de selección. Dichos criterios servirán para justificar la solución o alternativa más adecuada en cada caso concreto de aplicación. En el presente proyecto los condicionantes que se tendrán en cuenta a la hora de seleccionar la mejor alternativa de depuración son los siguientes:

- a) Población equivalente.
- b) Superficie necesaria.
- c) Simplicidad construcción.
- d) Costes construcción.
- e) Explotación y Mantenimiento.
- f) Rendimiento.
- g) Estabilidad frente a cambios caudal o carga contaminante.
- h) Impacto ambiental.

- i) Producción de fangos.

5.2.1. Método de ponderación lineal (scoring) para la depuración.

En este apartado se tratará de elegir la alternativa idónea al objetivo planteado en el presente estudio, de una forma justificada. Para ello se realizará un análisis multicriterio teniendo en cuenta los criterios expuestos y alternativas descritas en el apartado 5.1.1. Dichos criterios se valorarán para cada alternativa expuesta mediante apreciaciones adimensionales traducidas en cifras numéricas entre 1 y 10, contemplando el número 1 la situación más baja o más desfavorable y el número 10 la situación más alta o favorable y encontrándose el número 5 con la expresión de una situación intermedia, para cada uno de los efectos.

Las etapas del método son las siguientes:

- 1) Identificar el objetivo principal del problema: Minimización del impacto producido por la emisión de vertidos en el municipio de Alguazas.
- 2) Identificar las alternativas: Pretratamiento + Sistema de Biodiscos, pretratamiento + filtros verdes, pretratamiento + tanque Imhoff, pretratamiento + depuración simbiótica vertical, pretratamiento + depuración simbiótica horizontal y pretratamiento + lagunaje.
- 3) Criterios a emplear en la toma de decisión: Población equivalente, superficie necesaria, simplicidad en la construcción, costes de construcción, explotación y mantenimiento, rendimiento, estabilidad frente a cambios de caudal o carga de contaminante, impacto ambiental y producción de fangos.
- 4) Asignación de una ponderación para cada uno de los criterios mediante el empleo de una escala de 10 puntos, considerando el 1 muy poco importante, el 10 muy importante y el 5 importancia media:

Tabla 4. Ponderación para cada Criterio.

CRITERIOS	PONDERACIÓN (W _i)
Población equivalente	10
Superficie Necesaria	10
Simplicidad en la construcción	7
Costes construcción	6
Explotación y mantenimiento	7
Rendimiento	7
Estabilidad caudal y carga contaminante	6
Impacto ambiental	9
Producción de fangos	6

Fuente: Elaboración propia.

5) Establecer el ranking de satisfacción para cada alternativa empleando una escala de 10 puntos, como se ha mencionado anteriormente:

- 1. Extra bajo.
- 2. Muy bajo.
- 3. Bajo.
- 4. Poco bajo.
- 5. Medio.
- 6. Poco alto.
- 7. Alto.
- 8. Muy alto.
- 9. Extra alto.
- 10. Excelente.

Tabla 5. Ranking de satisfacción para cada alternativa.

CRITERIOS	Alternativa 1 (r _{i1})	Alternativa 2 (r _{i2})	Alternativa 3 (r _{i3})	Alternativa 4 (r _{i4})	Alternativa 5 (r _{i5})	Alternativa 6 (r _{i6})
Población equivalente	8	8	2	9	9	8
Superficie Necesaria	3	1	10	4	10	5
Simplicidad en la construcción	6	10	7	8	9	7
Costes construcción	5	6	8	5	7	6
Explotación y mantenimiento	4	8	8	9	9	9
Rendimiento	7	8	4	9	9	6
Estabilidad caudal y carga contaminante	7	8	1	9	9	5
Impacto ambiental	8	4	7	9	10	4
Producción de fangos	8	10	9	9	9	9

Fuente: Elaboración propia.

6) Calcular el Score para cada alternativa.

Modelo para calcular el Score:

$$S_j = \sum_i w_i r_{ij}$$

Donde:

- r_{ij} : Ranking de la Alternativa j en función del Criterio i.
- w_i : Ponderación para cada Criterio i.
- S_j : Score para cada Alternativa j.

Tabla 6. Score para cada alternativa.

CRITERIOS	PONDERACIÓN N (W_i)	Alternativ a 1 (r_{i1})	Alternativ a 2 (r_{i2})	Alternativ a 3 (r_{i3})	Alternativ a 4 (r_{i4})	Alternativ a 5 (r_{i5})	Alternativ a 6 (r_{i6})
Población equivalente	10	8	8	2	9	9	8
Superficie Necesaria	10	3	1	10	4	10	5
Simplicidad en la construcción	7	6	10	7	8	9	7
Costes construcción	6	5	6	8	5	7	6
Explotación y mantenimient o	7	4	8	8	9	9	9
Rendimiento	7	7	8	4	9	9	6
Estabilidad caudal y carga contaminante	6	7	8	1	9	9	5
Impacto ambiental	9	8	4	7	9	10	4
Producción de fangos	6	8	10	9	9	9	9
SCORE (S_j)		421	452	424	531	619	440

Fuente: Elaboración propia.

7) Ordenar las alternativas en función del Score. La alternativa con el Score más alto representa la alternativa a recomendar.

La Alternativa 5. Pretratamiento + Depuración Simbiótica Vertical, obtiene la ponderación más alta de $S_j = 619$ puntos y por tanto representa la mejor Alternativa a recomendar.

5.3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE REVEGETACIÓN.

En el proceso de consideración y estudio de alternativas se ha tomado como área de actuación la zona contigua a la ubicación de la E.D.A.R., en “El Paraje de Los Quiñones”. Por tanto, el estudio de alternativas queda supeditado al acondicionamiento de la zona, contemplándolo por todos sus márgenes y estableciendo en todas las alternativas propuestas la misma superficie a restaurar.

Para establecer unos criterios de selección entre las diferentes alternativas posibles, resulta necesaria la implantación de una serie de condicionantes. En el presente estudio, además de considerar otros aspectos sociales, económicos y ambientales; los criterios que se han tenido en cuenta en la hora de la toma de decisiones son:

a) Coste.

Los conceptos de coste a tener en cuenta para el análisis multicriterio son: los costes de materiales (maquinaria, especies vegetales,...), costes de mantenimiento y costes de construcción.

b) Impacto ambiental.

Los aspectos ambientales son fundamentales debido a la idea principal del presente estudio, que lo que quiere es precisamente integrarse en el entorno natural donde se ubicará. El impacto ambiental en este caso será positivo si se tienen en cuenta los siguientes aspectos: Impacto visual en el paisaje, impacto sobre la fauna, impacto sobre la flora e impacto en los márgenes del río e integración con el diseño de la E.D.A.R.

c) Utilidad.

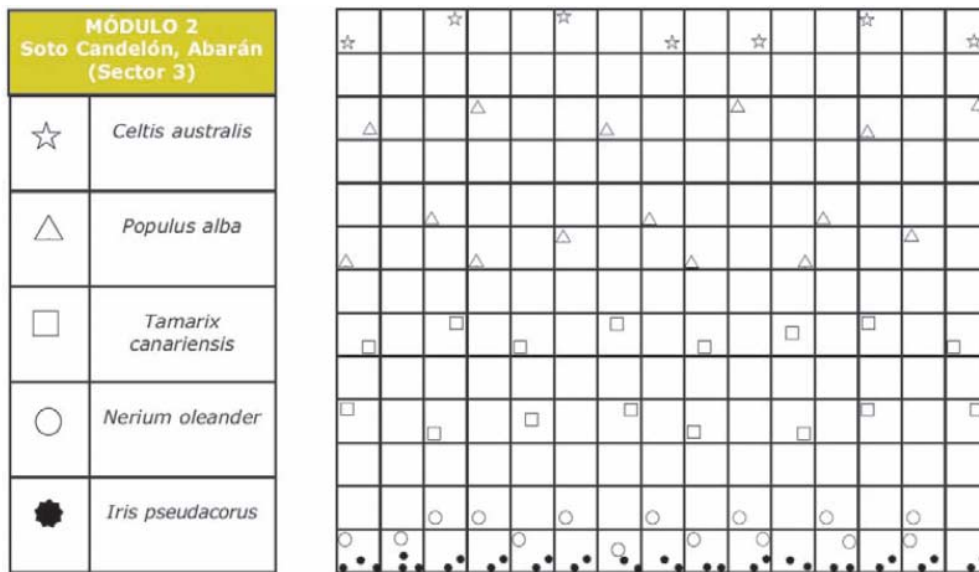
El concepto de utilidad que se ha querido valorar es el de aprovechamiento de la estructura proyectada. Actualmente no existe ningún aprovechamiento de la zona debido a la degradación que presenta y al abandono de la misma. Además, la zona de ubicación de la E.D.A.R. queda a los alrededores del núcleo urbano con difícil acceso a la zona.

Teniendo en cuenta los condicionantes anteriores, se han estudiado cuatro alternativas, las cuales se describen a continuación. Las cuatro alternativas tienen en como característica común la plantación de especies vegetales idóneas en la zona según distintos diseños de módulos de plantación. Éstos módulos son la estructura que muestran las formaciones vegetales riparias (composición, proporción de especies, patrón de distribución espacial). Se debe utilizar como modelo de referencia para diseñar la estructura espacial de las plantaciones. El diseño espacial ha de buscar una diversificación tanto horizontal como vertical de la vegetación, ajustada al mosaico de condiciones ambientales (Castro et al., 2001).

- Alternativa 1. Módulo de Plantación 2. Soto Candelón Abarán.

La solución que plantea la Alternativa 1 es un diseño de módulo de plantación acorde a la imagen 18. Este módulo cuenta con árboles caducifolios característicos de la Vega Media del Segura como el almez (*Celtis Australis*) y el álamo blanco (*Populus alba*), especies como la adelfa (*Nerium oleander*) y el lirio amarillo (*Iris pseudacorus*), ésta última posee muy buena adaptación, ya que suele aparecer en los márgenes de los ríos a una cierta profundidad. Destacar la plantación de *Tamarix canariensis* (Taray), ya que es una especie muy común en la zona de actuación.

Figura 18. Diseño de Módulo de Plantación.



Fuente: Velasco et al., 2009.

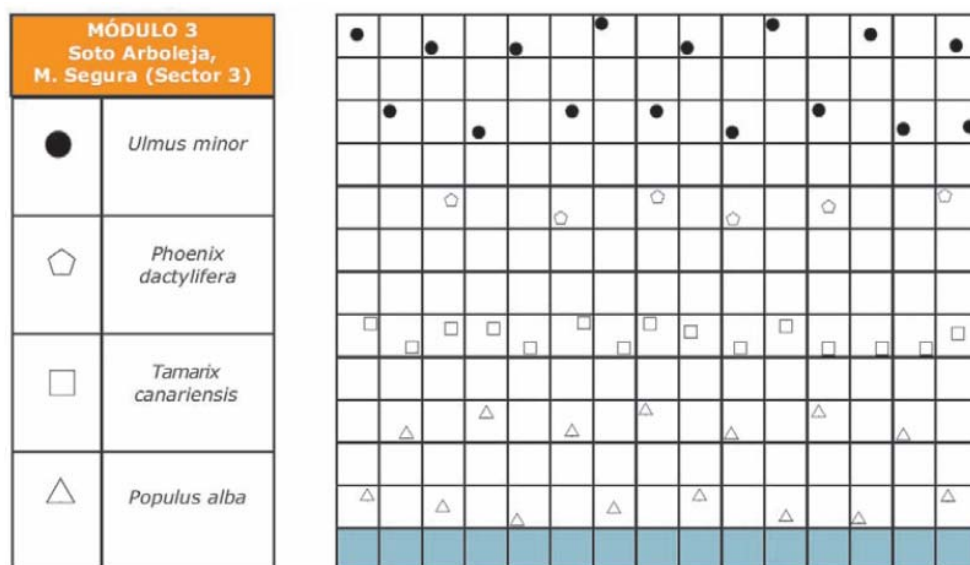
- Alternativa 2. Módulo de Plantación 3. Soto Arboleja, M. Segura.

Esta alternativa plantea, al igual que la anterior, un módulo concreto de plantación con especies que según las condiciones ambientales y climatológicas de la zona son adecuadas para su plantación. (Imagen 19).

Al igual que el módulo anterior, esta alternativa tiene en cuenta la plantación de taray, lo cual es muy propicio ya que, como se ha dicho con anterioridad, en el ámbito de actuación, hay presentes bastantes tarays que se encuentran en buen estado de conservación. Además, en este módulo destacamos especies de porte alto y caducifolias como el Olmo (*Ulmus minor*) y el álamo blanco (*Populus alba*).

Una peculiaridad que incluye esta alternativa es la plantación de la palmera (*Phoenix dactylifera*). Ésta especie, a pesar de no ser una especie autóctona posee muy buena adaptación en el ambiente mediterráneo y en ésta zona se encontraría muy bien conformada en su entorno ya que hay presentes dos especies más de origen antrópico.

Figura 19. Diseño de Módulo de Plantación.



Fuente: Velasco et al., 2009.

- Alternativa 3. Módulo de Plantación 2. Soto Cándelón Abarán y Zona Recreativa.

Esta alternativa presenta el mismo módulo expuesto en la imagen 18 pero con la peculiaridad de la inclusión de una zona recreativa constituida por un pequeño parque con un carril bici que llegue a la zona. Este campo beneficiaría el entretenimiento del pueblo de Alguazas y de los alrededores ya que el pueblo no cuenta con importantes fuentes de entretenimiento. La zona presentaría un pequeño parque natural con bancos y una fuente para disfrutar de la tranquilidad de la zona y de las vistas al río ya que no dispone de una superficie especialmente amplia.

- Alternativa 4- Módulo de Plantación 3. Soto Arboleja, M. Segura y Zona Recreativa .

Por último, la alternativa 4 plantearía un módulo de plantación acorde a la imagen 19 con la zona recreativa explicada en el apartado anterior.

5.3.1. Método de ponderación lineal (scoring) para la revegetación.

En este apartado, al igual que en el apartado establecido para la selección de la mejor alternativa a la depuración, se tratará de elegir la alternativa más adecuada. Para ello se realizará un análisis multicriterio similar al realizado en la depuración, pero esta vez se tendrán en cuenta los condicionantes correspondientes al objetivo de revegetación. De la misma forma, los criterios serán valorados mediante apreciaciones adimensionales presentando los mismos valores que los criterios expuestos para la depuración.

Las etapas del método de ponderación lineal para seleccionar la mejor alternativa de revegetación son las siguientes:

- 1) Identificar el objetivo principal del problema: Minimización del impacto producido por la construcción de una E.D.A.R. en el municipio de Alguazas.
- 2) Identificar las alternativas: Módulo de plantación 1, Módulo de Plantación 2, Módulo de Plantación 1+ Zona recreativa y Módulo de Plantación 2+ Zona recreativa.
- 3) Criterios a emplear en la toma de decisión: Superficie necesaria, simplicidad en la construcción, mantenimiento y vigilancia, impacto ambiental y presupuesto.
- 4) Asignación de una ponderación para cada uno de los criterios mediante el empleo de una escala de 5 puntos:
 - 1. Muy poco importante.
 - 2. Poco importante.
 - 3. Importancia media.
 - 4. Algo importante.
 - 5. Muy importante

Tabla 7. Ponderación para cada Criterio.

CRITERIOS	PONDERACIÓN (W_i)
Costes	4
Impacto Ambiental	4
Utilidad	3

Fuente: Elaboración propia.

- 5) Establecer el ranking de satisfacción para cada alternativa empleando una escala de 10 puntos.
 - 1. Extra bajo.
 - 2. Muy bajo.
 - 3. Bajo.
 - 4. Poco bajo.
 - 5. Medio.
 - 6. Poco alto.
 - 7. Alto.
 - 8. Muy alto.
 - 9. Extra alto.
 - 10. Excelente.

Tabla 8. Ranking de satisfacción para cada alternativa.

CRITERIOS	Alternativa 1 (r_{i1})	Alternativa 2 (r_{i2})	Alternativa 3 (r_{i3})	Alternativa 4 (r_{i4})
Costes	6	7	4	5
Impacto Ambiental	7	9	4	5
Utilidad	1	1	2	2

Fuente: Elaboración propia.

6) Calcular el Score para cada alternativa.

Modelo para calcular el Score:

$$S_j = \sum_i w_i r_{ij}$$

Donde:

- r_{ij} : Ranking de la Alternativa j en función del Criterio i.
- w_i : Ponderación para cada Criterio i.
- S_j : Score para cada Alternativa j.

Tabla 9. Score para cada alternativa.

CRITERIOS	PONDERACIÓN (w_i)	Alternativa 1 (r_{i1})	Alternativa 2 (r_{i2})	Alternativa 3 (r_{i3})	Alternativa 4 (r_{i4})
Coste	4	6	7	4	5
Impacto Ambiental	4	7	9	4	5
Utilidad	3	1	1	2	2
SCORE (S_j)		55	67	38	46

Fuente: Elaboración propia.

7) Ordenar las alternativas en función del Score. La alternativa con el Score más alto representa la alternativa a recomendar.

La Alternativa 2. Módulo de Plantación 3. Soto Arboleja, M. Segura., obtiene la ponderación más alto de $S_j = 67$ puntos y por tanto representa la mejor Alternativa a aplicar.

6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

6.1. ESTADO PREOPERACIONAL.

El estado previo al desarrollo del proyecto se corresponde con un sistema ripario degradado, dominado por cañas y carrizo que impiden el crecimiento de otras especies de ribera y limitan el acceso al cauce. Además del cañaveral, existen zonas donde aparecen tarays de porte significativo en buen estado de conservación (Figura 18). Otras especies comunes en la zona son el cardo y el salao blanco. En cuanto a las especies de porte superior en la zona son escasas, apareciendo alguna palmera de origen antrópico.

Atendiendo a los resultados obtenidos en el análisis multicriterio para la construcción de una planta depuradora y la rehabilitación ambiental en la zona, en los siguientes apartados se va a proceder al desarrollo de ambos proyectos. Por un lado, se desarrollará el diseño para la construcción de una Estación de depuración simbiótica, así como los cálculos correspondientes, y por otro lado, se describirá con detalle la solución adoptada para la revegetación en la zona.

Figura 18. Tarays en la zona de actuación.



Figura 19. Estado preoperacional. Ubicación E.D.A.R.



7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE LA E.D.A.R.

Atendiendo a los resultados obtenidos en el apartado de selección de alternativas, se va a llevar a cabo el proyecto de construcción de una Estación Depuradora de Aguas Residuales, la cual corresponde a un pretratamiento de las aguas y una depuración simbiótica vertical.

Según los criterios establecidos, esta alternativa es la más propicia a llevar a cabo, ya que teniendo en cuenta el número de habitantes equivalentes y la superficie disponible para el desarrollo de la misma, es la mejor opción a seguir, descartando las demás.

Además, la parcela donde se va a construir la estación depuradora no es muy extensa; y no se puede optar por una alternativa de gran impacto ya que tiene bastante próximo un núcleo de población (Alguazas) y a su vez la carga contaminante está en unos rangos de los que se puede tratar por este método.

En primer lugar, se va a desarrollar el procedimiento de depuración simbiótica y una vez conocida la misma se procederá al diseño y cálculo de la depuradora.

7.1. DEPURACIÓN SIMBIÓTICA.

La **DEPURACIÓN SIMBIÓTICA** es una técnica murciana, totalmente ecológica, patentada por Javier Fábregas en el año 1999.

Al ser patentado y desarrollado hace tan poco tiempo hay que decir que no se está ante un producto nuevo, sino completamente innovador, que supone, más que una alternativa, una herramienta económica de gestión ambiental que permite la solución de un gran número de problemas, entre los que cabe destacar el económico y medioambiental que presenta la depuración total de las aguas residuales urbanas, e industriales, y la falta de recursos hídricos y justificación ambiental que padecen sectores tan pujantes como el turismo y la agricultura hidropónica.

Entre las ventajas del sistema de depuración simbiótica figuran una importante reducción de la materia orgánica, la gran calidad del efluente, la desinfección completa, la disminución de fangos, la ausencia de malos olores, los costes de inversión reducidos, los escasos gastos de mantenimiento, el nulo coste ambiental y la creación de zona verde.

La depuración simbiótica es una tecnología innovadora, completamente limpia y ecológica, que combina un sistema de depuración natural, subterránea, y por goteo, para cualquier tipo de agua residual orgánica, con la generación de áreas verdes sobre la superficie de la depuradora, desarrollándose ambas en perfecta armonía; creando una simbiosis entre la zona verde superficial y la zona de depuración subsuperficial.

La presente depuración, se distingue por la existencia de dos zonas bien diferenciadas, La zona de depuración y la zona de cultivo. Un aspecto destacable de este tipo de depuración es que sirve para un rango ancho de habitantes equivalentes ya que la cantidad a tratar depende de la superficie disponible que tengas que disponer cada fase y también para aguas residuales de todo tipo de procedencia:

- Aguas urbanas.
- Aguas industriales.

7.1.1. Ventajas de la tecnología.

A continuación se realiza un pequeño resumen de todas las ventajas de la depuración simbiótica, alguna de las cuales se han mencionado con anterioridad en el apartado de selección de alternativas para el desarrollo de la estación depuradora:

- **Ambientales.**
 - ✓ Ofrece un lecho biológico total y continuamente oxigenado. Presenta un altísimo rendimiento hidráulico (sin pérdidas de agua debido a evaporaciones) y un elevado grado de depuración que termina con la desinfección natural de las aguas (por depredación), sin necesidad de desinfectante alguno.
 - ✓ La aplicación subterránea del agua contribuye también a evitar la emisión de aerosoles y a impedir la generación de malos olores.
 - ✓ Se pueden crear espacios verdes y humedales, además es un excelente recurso hídrico para su reutilización en cualquier cultivo y mediante cualquier técnica de riego.
 - ✓ Consume muy poca energía.
 - ✓ Permite una sencilla gestión de fangos acorde con las exigencias medioambientales de reciclaje y valorización de residuos.
 - ✓ No genera impactos negativos para la actividad humana próxima.
- **Económicas.**
 - ✓ Evita la evaporación del agua aplicada y consigue que el sistema de depuración sea el más eficiente de los conocidos.
 - ✓ Permiten el funcionamiento continuo del proceso, 24 horas al día, 365 días al año, sin paradas ni períodos de encharcamiento, siempre en las mismas circunstancias, aportando la máxima garantía de continuidad y mínima fragilidad del sistema.
 - ✓ Reduce la generación de fangos y evita obstrucciones en el lecho.
 - ✓ El sistema es capaz de tratar, de forma natural, aguas de alta carga orgánica, con una instalación extremadamente simple en su construcción, instalación y mantenimiento, y de bajos costes en todos los conceptos.

- ✓ Se adapta perfectamente a paradas intermitentes y altibajos en la llegada del influente.
 - ✓ La ausencia total de luz en las aguas aplicadas impide la generación de algas y, por tanto, se eliminan todos los problemas de colmatación que estas generan en los filtros percoladores.
 - ✓ No precisa reajustes ni necesita reactivo alguno para su correcto funcionamiento.
 - ✓ Realiza un cometido ambiental, como todas las depuradoras, y pueden generar una actividad económica, rentable sobre su superficie.
- **Sociales.**
 - ✓ Protege a operarios y usuarios del contacto directo con las aguas residuales.
 - ✓ Ausencia de malos olores, debido fundamentalmente al carácter 100% aerobio del tratamiento.

7.1.2. Método de depuración.

En este apartado se desarrolla todo lo relacionado con el paso a paso del agua desde el punto en cabecera una vez que se considera agua residual hasta su posterior reutilización.

Como sabemos lo primero una vez que tenemos el agua en cabeza de tratamiento tenemos que disponerlo de tal manera que realicemos un **pretratamiento físico-químico**. La desbastadora separa los sólidos como papel, compresas y otros residuos que no deberían estar en el alcantarillado.

Figura 20. Desbastadora.



Posteriormente, los tamizadores siguen con el proceso de separar elementos sólidos de menor tamaño.

El agua pasa un filtrado y pasa a través de un bombeo a la red de goteros de la depuradora.

Los goteros son la parte más frágil de la depuración simbiótica, pero también constituyen su instalación principal, que la hace diferente al resto de depuradoras, y sin la que no sería posible la mencionada simbiosis.

Dada su importancia para el sistema, los goteros (Figura 21) se cubren con diversos sistemas de limpieza para evitar un posible fallo en el sistema de mantenimiento, los cuales no afectan en nada al uso y disfrute de la superficie verde superior.

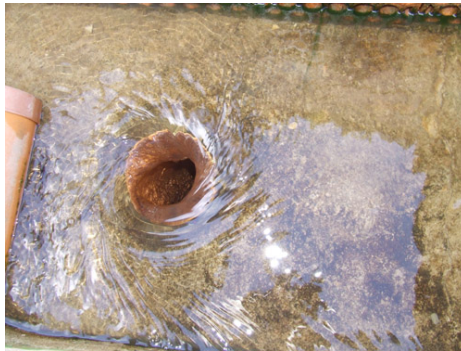
Figura 21. Goteros autocompensante Ram (NETAFIM).



La zona de depuración está constituida por un lecho de gravas, de unos 100 a 150 cm de espesor, que se aísla del terreno mediante la correspondiente base impermeable.

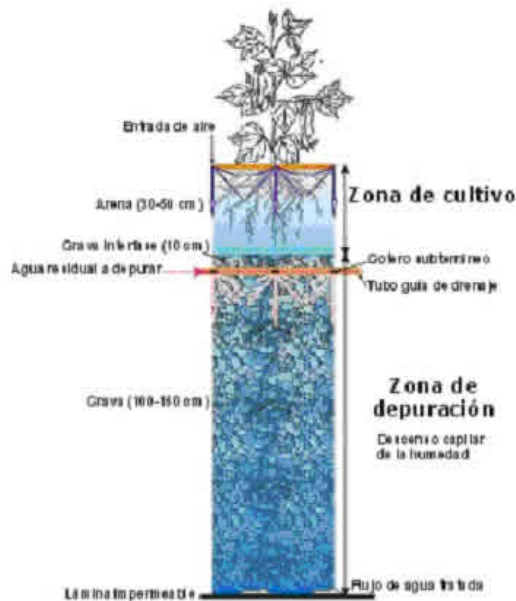
El agua residual se aplica por medio de una red de goteros subterráneos, colocados directamente sobre las gravas, para provocar su percolación a través de las mismas. Debe atravesar los 5 filtros dispuestos para que el agua se considere tratada. Una vez alcanzada la base impermeable, el agua residual, ya depurada, discurre, por gravedad, hacia los puntos de vertido, almacenamiento o bombeo, para su reutilización en otras superficies.

Figura 22. Punto de vertido.



En todo momento, el lecho de gravas permanece no saturado de agua, es decir, en presencia de aire, para que las aguas residuales se depuren en condiciones aerobias. De esta forma, la materia orgánica presente en el agua residual es degradada inicialmente por bacterias aerobias y protozoos a CO_2 y H_2O , iniciándose una cadena trófica con nematodos, insectos, anfibios e incluso aves, que viven en el lecho o junto a las líneas de goteo y reducen la biomasa bacteriana. Por esta razón se minimiza la generación de fangos en esta nueva tecnología.

Figura 23. Método de depuración.



La respiración del lecho, o proceso de renovación del oxígeno del mismo, tiene lugar en dos etapas básicas:

- 1) Consumo del O_2 , por los microorganismos aerobios, por debajo de los goteros.
- 2) Y difusión del O_2 existente por encima de los goteros hacia la zona inferior para equilibrar concentraciones.

Este proceso se ve favorecido por:

- a) El flujo descendente del agua residual a través del lecho y
- b) la alta permeabilidad del substrato superior (arenas), que favorece la entrada de aire y la respiración de las raíces del cultivo simbiótico.
- c) El formato capilar del agua a depurar. En este sistema no hay que oxigenar una masa de agua, sino una fina película que envuelve los granos de grava, lo cual posibilita un fenómeno de transferencia de oxígeno similar al que tiene lugar en la superficie de una laguna.
- d) Las vías adicionales de circulación de aire que forman las raíces de las plantas, nemátodos y artrópodos del suelo.

La zona de cultivo se sitúa sobre la de depuración descrita y está formada por un substrato generalmente arenoso, de unos 30 a 50 cm de espesor, según la capacidad radicular del cultivo que se desee implantar, y de la permeabilidad del propio substrato.

La misión inicial que realiza eficientemente esta zona es la de proporcionar valor económico a los terrenos de la propia depuradora. No obstante, su contribución al rendimiento de la depuración natural del lecho es aún más importante ya que:

- Evita la evaporación del agua aplicada y consigue que el sistema de depuración sea el más eficiente de todos los conocidos.
- Impide la generación de algas, al no permitir el contacto de la luz con el agua sin depurar. Protege a operarios de la depuradora y usuarios de la zona verde del contacto directo con las aguas residuales, garantizando la ausencia total de aerosoles.
- Igualmente, este sustrato es capaz de absorber por capilaridad, una pequeña parte de la humedad generada por la zona inferior, para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos implantados.
- Favorece el reparto homogéneo de las aguas aplicadas, al actuar como dispersante de las gotas, mejorando así la capacidad de depuración del lecho.

El agua depurada recorre un pequeño humedal artificial. Se realiza una fase terciaria ya que las plantas acuáticas siguen el proceso de depuración. Por último y más importante, esta zona de cultivo, colocada sobre la "depuradora subterránea", provoca igualmente que el sistema de depuración sea en todo momento aerobio y, por ello, no presente ninguno de los problemas de fangos o malos olores característicos de la depuración anaerobia.

Esta entrada de oxígeno permite al sistema adaptarse a cualquier tipo de agua residual, ya sea urbana o industrial, cuya carga sea orgánica. Sólo es preciso retirar los sólidos y fangos que decantan en las conducciones de saneamiento, y someter a dichas aguas a un proceso de

filtración de 100 micras (normal para todo tipo de riego por goteo) antes de introducirlo en los goteros del sistema.

En función de la carga de entrada, la depuración simbiótica precisa más o menos fases, de tal forma que cada fase requiere 0,6 m² por cada m³ a depurar:

- Un tratamiento terciario requiere una o dos fases.
- Una depuración de aguas residuales urbanas, incluido el tratamiento terciario requiere 4 fases.
- Una depuración de las aguas de la industria agro-alimentaria puede requerir entre 6 y 9 fases
- Una depuración de purines del porcino, entre 11 y 14 fases.

El dispositivo de la depuración simbiótica permite potenciar el efecto capilar de la humedad existente en la zona de depuración (de goteros hacia abajo), a través del sustrato de cultivo, para llegar a la zona radicular de las plantas. No obstante, en un clima mediterráneo, la humedad capilar del sustrato no debe alcanzar los 25 cm de profundidad para evitar la formación de costras calcáreas, que se producirían por efecto de la humectación y desecación periódicas.

Si las plantas tienen un enraizamiento profundo (árboles, arbustos, ramas) éstas atraviesan la zona de goteros y se sujetan a las gravas del lecho biológico, proporcionándole mayores tasas de oxigenación. Si las plantas presentan un enraizamiento por debajo de 15 cm, sus necesidades hídricas y nutritivas las captarán de la zona de cultivo, por efecto capilar desde la zona de depuración. Es posible que estas plantas precisen un aporte complementario durante la primera fase de enraizamiento, hasta alcanzar la profundidad idónea.

7.1.3. Condiciones de Funcionamiento.

El pretratamiento (antes de filtros) debe conseguir un contenido en sólidos en suspensión, menor de 200 mg/l. Se basará en técnicas ya mencionadas anteriormente como pueden ser un desbaste, un tamizado o un intercambio iónico.

El tiempo de retención del agua está entre 3 y 5 minutos. Ello es debido a la elevada permeabilidad del lecho.

La salinidad no está reñida con la vida y, por ello, la salinidad no afecta al proceso de depuración simbiótica.

En una Depuradora Simbiótica se generan las condiciones ambientales adecuadas para permitir el desarrollo óptimo de los microorganismos asociados al tipo concreto de agua a tratar

La vida útil de la depuradora es indefinida y solamente influenciada por la durabilidad de los elementos electro mecánicos que dispone, cuyo mantenimiento y reposición es fácil y económico.

Aunque cualquier proceso biológico es afectable por la temperatura, el carácter subterráneo de una Depuradora Simbiótica la protege muy bien de las posibles inclemencias y variaciones de temperatura del exterior. Esto supone una notable mejora respecto del resto de sistemas, ya que no presentan unas características idóneas para climas fríos.

Además, cuando se trata de una Depuradora Simbiótica en dispositivo vertical, su estructura interna nos permite calentar el aire interno con muy poca energía, en un proceso muy eficiente de transferencia de calor.

La única diferencia existente en una Depuradora Simbiótica que está parada respecto de otra en funcionamiento es la ausencia de alimento para los microorganismos, lo cual no les produce la muerte, ni un grado de humedad aceptable durante un largo entran en competencia con otros, ya que se mantiene período y el mecanismo de oxigenación del lecho no sufre variación alguna. Además, los microorganismos, y se mantienen encapsulados y listos para el nuevo en ausencia de flujos internos, no pueden migrar arranque.

La forma habitual de funcionamiento de una Depuradora Simbiótica es de funcionamiento continuo (24 horas, 365 días/año), ya que frente a otros tipos de filtros percoladores, ésta no sufre episodios de colmatación superficial que obligan en otros dispositivos diferentes a la depuración simbiótica a paradas intermitentes para escarificar la superficie del lecho.

7.1.4. Parámetros de diseño.

- Los **filtros** más adecuados son de anillas, autolimpiables, con una luz de paso de 120 micras, para evitar la incrustación de los goteros.
- La **tasa de recarga** idónea es de 178 l/m²/hora, con un funcionamiento intermitente o continuo.
- La necesidad de superficie filtrante depende del caudal a tratar y del grado de calidad que se pretenda conseguir:
 - ✓ **Grado de calidad:** Cuanto mayor sea la carga orgánica de las aguas residuales que se pretenda depurar, el lecho bacteriano necesita mayor cantidad de oxígeno para que respire la masa biótica encargada de la depuración. Y dado que la entrada de oxígeno al lecho es natural y limitada, la depuración simbiótica necesita repetir el proceso explicado, en serie, para poder regenerar aguas de muy alta carga.
 - ✓ **Caudal a tratar:** 0,60 m², por cada m³/día que se quiera depurar.

- **Impermeabilización.**

El proceso de impermeabilización es equivalente al empleado para las balsas de riego. Las láminas de PVC, Polietileno y Polipropileno termo-selladas, son las más utilizadas. En función de la rugosidad del terreno preparado en la operación anterior, podría ser necesario la utilización de un geotextil bajo la lámina.

- **Colocación del lecho de infiltración.**

La colocación de las gravas del lecho percolador, sobre la lámina impermeable, es otra sencilla operación que se efectúa avocando directamente los camiones al área de relleno y, posteriormente, redistribuyéndola mediante pala.

- **Instalación de la red de goteros.**

Una vez allanada la superficie del lecho, la colocación de las líneas portagoteros se realiza de forma manual, sin necesidad de maquinaria especial. Para la posible reposición y mantenimiento de las líneas porta-goteros, estas se instalan en el interior de tubos guía de drenaje. La red porta-goteros se recubre con unos 10 cm de espesor, de gravas de pequeño diámetro, para reducir considerablemente la humedad constante del sustrato, siendo necesario el apoyo temporal (unos 6 meses) de esta área de cultivo con aspersores que captan el agua tratada en el propio sistema.

Las aguas completamente oxigenadas que renuevan constantemente el humedal, garantizan la supervivencia y óptimo desarrollo de las especies vegetales y animales acuáticos implantados.

- **Construcción de humedales.**

Según el modelo constructivo de Quart, mediante bolos de piedra de unos 5 a 20 cm, colocados en las áreas topográficas más bajas, se configuran un tipo de humedales completamente integrados en el sistema de tratamiento de las aguas, que contribuyen apreciablemente a la estética del conjunto y a la desnitrificación de las aguas tratadas. La colocación de estos bolos se realiza con la ayuda de medios mecánicos, debiendo ser retocados manualmente para dar a la charca un aspecto natural. Las plantas acuáticas tendrán un gran desarrollo en este ambiente.

Se trata de una instalación, en nada diferente a una típica de riego por goteo, gestionada por el correspondiente programador de riego y limpieza automática de redes y filtros.

- **Instalaciones de impulsión**

La impulsión del influente secundario a la red de goteros comienza por la toma del efluente secundario de la E.D.A.R. El grupo de bombeo se dimensiona en función de la superficie del lecho (caudal de entrada) y de la presión de trabajo de los goteros (de 5 a 40 m.c.a.). El sistema de filtrado automático (100 micras) se alimenta de otro grupo de bombeo de mayor

presión, para realizar exclusivamente las limpiezas del filtro. Esto conlleva un consumo energético muy eficiente del sistema.

- **Instalaciones de entrega**

Para la entrega final de las aguas tratadas se recomienda realizar una obra natural, a base de las propias gravas utilizadas para el lecho y construcción de la charca, que, por gravedad, conduzca a las aguas hacia el punto de vertido, o depósito de almacenamiento para su reutilización.

- **La plantación de las zonas verdes**

Todas las especies vegetales se siembran sobre arena y, por tanto, se trata de labores extremadamente sencillas y económicas. La depuración simbiótica presenta un enorme potencial de reproducción y transferibilidad, a nivel internacional, con grandes posibilidades para generar nuevas actividades económicas y ambientalmente rentables.

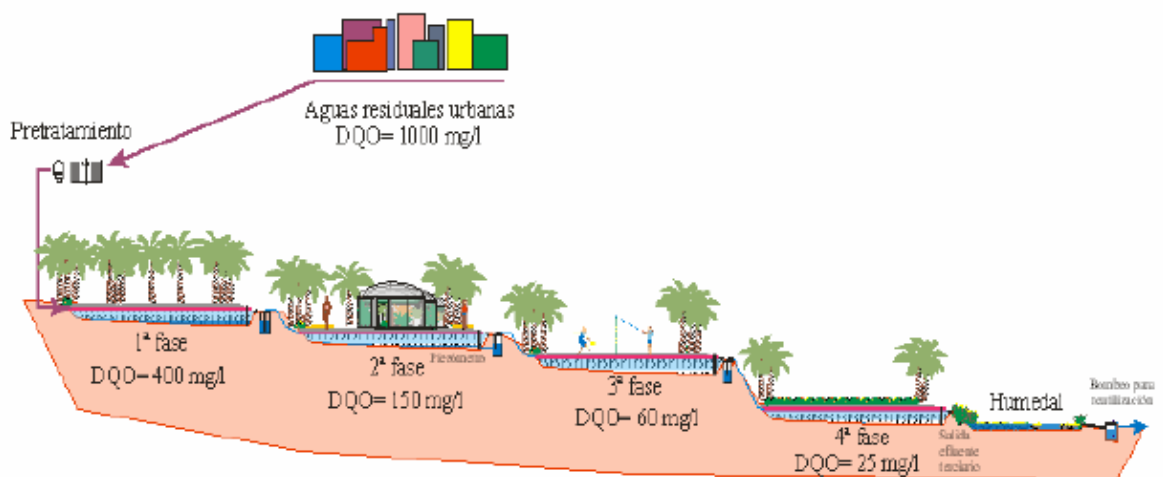
7.1.5. Tipos de Depuración Simbiótica.

Para la repetición en serie, se han ideado dos procedimientos, en serie horizontal, y en serie vertical:

En el procedimiento en horizontal (Figura 24), las aguas tratadas en la primera fase se trasladan a nuevas fases de tratamiento, requiriendo nuevas superficies y nuevos bombeos.

De esta forma, el tratamiento completo de aguas residuales requiere 3 fases para uso doméstico, 4 fases para uso urbano y de 5 a 7 fases para uso industrial.

Figura 24. Tratamiento Horizontal.

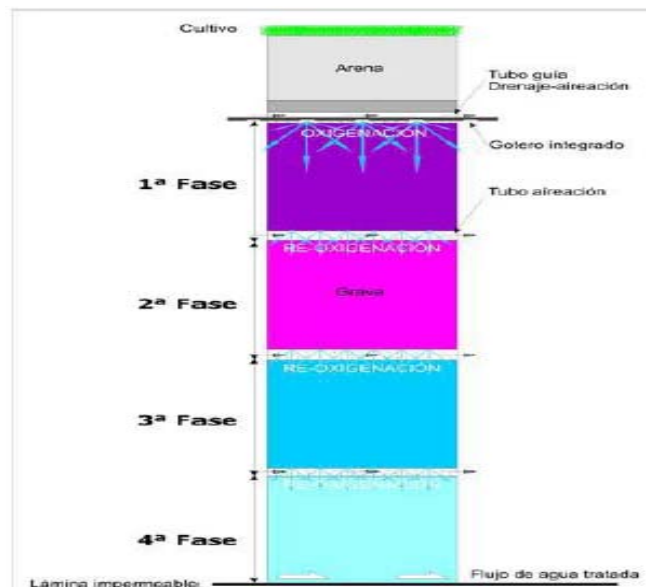


En el procedimiento en vertical (Figura 25), las aguas tratadas en la primera fase pasan libremente a fases inferiores, no precisando de nuevas superficies ni nuevos bombeos.

Desde un punto de vista comparativo:

- El grado de depuración conseguido en el procedimiento horizontal es ligeramente superior.
- El coste constructivo de ambos procedimientos es aproximadamente el mismo. Aunque quizás ligeramente superior el horizontal.
- La superficie de infiltración necesaria en el procedimiento vertical es de $0,60 \text{ m}^2$ por cada $\text{m}^3/\text{día}$ de agua residual a depurar, mientras que en el procedimiento horizontal este valor hay que multiplicarlo por el nº de fases necesarias. Por lo tanto, para aguas residuales urbanas, la superficie de tratamiento en el procedimiento horizontal es cuatro veces superior a la del procedimiento vertical.
- Para aguas urbanas, el coste energético en el procedimiento horizontal es de $0,6 \text{ Kwh. /m}^3$ de agua tratada, mientras que el procedimiento vertical es de $0,3 \text{ Kwh. /m}^3$.

Figura 25. Tratamiento Vertical.



El tratamiento de depuración simbiótica vertical que es el que nosotros vamos a aplicar para resolver nuestro proyecto se basa en una serie de fases colocadas de forma vertical pudiendo así reducir las superficie respecto al tratamiento horizontal que tiene tantas fases como grado de calidad presenta el agua a tratar.

7.2. CÁLCULO DE LA DEPURADORA.

7.2.1. Caudales de diseño.

La población del núcleo sobre el que se va a realizar el sistema de depuración simbiótica es de aproximadamente de 2000 habitantes (población equivalente), es decir, una cuarta parte de la población de Alguazas aproximadamente, ya que en el presente proyecto se va a considerar un porcentaje de la depuración de aguas residuales industriales de dicho municipio.

Se tendrá en cuenta que el consumo de agua por habitante es de 159 litros al día (Figura 26). Hacer hincapié, en que esta cifra varía a lo largo del tiempo debido a varias razones justificadas, como la concienciación ambiental en la sociedad del mal uso del agua, entre otras.

Figura 26. Consumo de Agua por CCAA.

Unidad: litros / habitante /día	
	2008
Andalucía	157
Aragón	150
Asturias (Principado de)	177
Balears (Illes)	139
Canarias	157
Cantabria	188
Castilla y León	153
Castilla-La Mancha	155
Cataluña	139
Comunitat Valenciana	189
Extremadura	158
Galicia	146
Madrid (Comunidad de)	144
Murcia (Región de)	159
Navarra (Comunidad Foral de)	131
País Vasco	139
Rioja (La)	151
Ceuta y Melilla	133
España	154

Fuente: INE.

En primer lugar se calculará el caudal total de agua a tratar:

- **Q entrante (l/día)** = Población (nº habitantes)* Dotación media (l*hab*día).
- **Q entrante (l/día)** = 2000 hab* 159 l*hab*día = **318.000 litros/día.**
- **Q entrante (m³/día)**= 500000 l/día /1000 = **318 m³/día.**

En la determinación de la población de diseño se utiliza el concepto de habitante equivalente, que es una forma de expresar la concentración de materia orgánica en las aguas residuales.

En casos de vertidos industriales, debe comprender una cifra que represente el poder contaminante de las industrias. Se entiende por habitante equivalente una carga contaminante de 60 g de DBO /día. Además del caudal de entrada de agua a tratar, en el diseño de una depuradora se tienen en cuenta otros caudales de diseño:

- El **caudal medio (Qm)** es el caudal diario total calculado como resultado de aplicar a la población de diseño la dotación prevista repartido uniformemente en las 24 horas del día.

- El **caudal punta (Qp)** representa el incremento de caudal sobre el caudal medio, que se recibe de manera puntual en la planta a determinadas horas del día.
- El **caudal máximo (Qmax)** que puede llegar a planta.
- El **caudal mínimo (Qmin)**, es un dato importante para el funcionamiento de las estaciones de bombeo. Dado que, sobre todo al principio, se suele trabajar con caudales inferiores a los proyectados y se pueden producir retenciones. Si no se disponen de datos suficientes de caudales se pueden emplear los siguientes criterios:
 - ✓ Para comunidades pequeñas: 30% del caudal medio diario.
 - ✓ Para comunidades grandes: 50% del caudal medio diario.

Una vez definidos los caudales de diseño a tener en cuenta, se procede a su cálculo:

- **Qmed (m³/s)**= 318 m³/día x 1día/86400 segundos = **0,00368 m³/s**

Para la determinación del caudal punta, se considera la normativa para la redacción de proyectos, MOPU'86, donde se indica el coeficiente de punta a considerar en función de la población considerada:

Coeficiente o factor punta considerado = 2,4 (Según Normas (MOPU'86) para la redacción de proyectos, estimando una población mayor de 1000 habitantes y menor de 6000).

- **Qpunta (m³/s)**= Qmed*2,4= 0,00368*2,4=**0,00832 m³/s.**

Para calcular los caudales máximo y mínimo se va a tener en cuenta un margen entre 1,5 y 2,5 del caudal medio y en este caso se va a utilizar el valor de 2,5 para el Qmáx y el valor de 0,3 para el Qmín del Qmed.

- **Qmax(m³/s)**= Qmed*2,5= 0,00368*2,5= **0,0092 m³/s.**
- **Qmin(m³/s)**=Qmed*0,3=0,00368*0,3=**0,0011 m³/s**

7.2.2. Diseño de la depuradora.

El diseño de la depuradora consta de las siguientes partes:

1º Parte **AGUA RESIDUAL**. Pretratamiento del agua residual. En esta parte se realiza una eliminación con un pozo de gruesos, rejillas, y posteriormente 2 rototamices en serie de 0,5 y 0, 20 milímetros con el fin de eliminar materia sólida.

2º Parte **AGUA PRETRATADA**. El agua llega al tanque de homogeneización; desde allí esta será bombeada hacia la zona donde se disponen las fases de tratamiento.

3º Parte el **AGUA TRATADA**. El agua percola por las distintas fases y acaba llegando finalmente a un depósito o balsa de almacenamiento y también al humedal.

4º Parte el **AGUA DEPURADA** de la balsa o depósito se destina a riego y la del humedal ayuda a crear el ecosistema integrado que pretendemos al usar esta tecnología.

A continuación, se observa el progreso que sufre la DQO desde el agua bruta hasta el agua depurada:

Tabla 10. Progreso DQO.

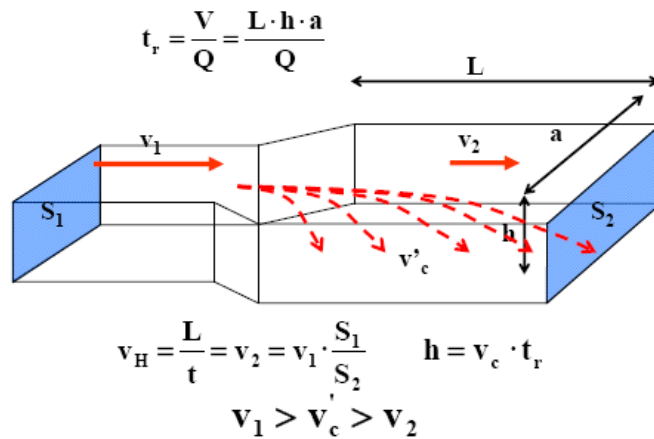
Procedimiento	Valor medio DQO a la entrada	Valor medio DQO a la salida	Porcentaje reducción DQO
Pretratamiento	1400	1012	27%
Fase 1	1012	400	60,4%
Fase 2	400	150	62,5
Fase 3	150	70	53%
Fase 4	70	31	55%

7.2.3. Diseño de los pretratamientos.

Los pretratamientos son un conjunto de operaciones de tipo físico cuyo objetivo es eliminar aquellos componentes del agua residual que pueden dar problemas en las etapas posteriores mejorando su rendimiento y evitando su deterioro (atascos en bombas y conducciones, abrasión de equipos,...). Elimina sólidos de gran tamaño, arenas y gravas y grasas y aceites; produciendo Residuos Sólidos Urbanos, lodos contaminados y un efluente parcialmente descontaminado.

El **pozo de gruesos** es una zona del canal de llegada donde al ensancharse su sección se aumenta el tiempo de retención hidráulico (menor velocidad de desplazamiento del agua) hasta valores suficientemente bajos para que se depositen en su fondo los sólidos de gran tamaño y mayor densidad que el agua.

Figura 27. Velocidad de desplazamiento del agua.



A continuación se muestran los parámetros que se han de conocer para realizar los cálculos correspondientes al diseño:

- **T residencia** es el tiempo que en promedio permanece el agua en el pozo de gruesos cuando el caudal es el de diseño.

$$\mathbf{T \text{ residencia} = 1 - 4 \text{ min.}}$$

- **V ascensional** es la velocidad media a la que asciende un elemento de volumen cuando el caudal es el de diseño.

$$\mathbf{V \text{ ascensional} = 0,5 - 3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ min} = 0,0083 - 0,05 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ seg.}}$$

- El **tiempo de retención hidráulico** se calcula como el cociente entre el volumen del canal partido y el caudal. Al ensanchar el canal se consigue que la sección sea mayor con lo que la velocidad de desplazamiento del fluido se hace menor, en proporción directa al cociente de las secciones.

$$\mathbf{L/a = 1 - 3.}$$

- **Volumen útil** = $Q_{\text{diseño}}(\text{m}^3/\text{s})/T_{\text{residencia}} = 0,00368 \text{ m}^3/\text{s} / 120 \text{ s} = \mathbf{3,06 \times 10^{-5} \text{ m}^3}$.
- **Sup (m2)** = $Q_{\text{diseño}} (\text{m}^3/\text{s})/V_{\text{ascensional}} (\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{seg.}) = 0,00368/0,029 = \mathbf{0,126 \text{ m}^2}$.
- **H util(m)** = $V_{\text{util}}/\text{Sup} = 3,06 \times 10^{-5}/0,126 = \mathbf{2,42 \times 10^{-4} \text{ m}}$.
- **Longitud** = $((L/a) \cdot S)^{1/2} = ((2) \cdot 0,126)^{1/2} = \mathbf{0,50 \text{ m}}$.
- **a(ancho)** = $L/a = 2$; $a = 0,50/2 = \mathbf{0,25 \text{ m}}$.
- **Tretencion (Tr)** = $V/Q = L \cdot h \cdot a/Q = 0,50 \cdot 2,42 \times 10^{-4} \cdot 0,25/0,00368 = \mathbf{0,00822 \text{ s}}$.

Del fondo del pozo de gruesos se extraen los sólidos depositados de manera manual, o más comúnmente mediante una cuchara bivalva.

En la Figura 27 puede verse la cuchara bivalva accionada mediante un polipasto eléctrico para extracción de residuos sólidos de gran tamaño.

Figura 27. Cuchara bivalva.



Para facilitar los cálculos se tomarán las siguientes medidas:

- Longitud= 55 cm.
- Ancho= 30 cm.
- Altura laminar de agua= 1 cm.

7.2.4. Diseño desbaste de finos.

El enrejillado será de perfiles de acero laminado tipo S275, con pletinas de 15 ×5 mm. Llevará una protección mediante galvanizado en caliente. La separación entre pletinas será de 60 mm.

Los objetivos en este paso son:

- 1) Proteger a la E.D.A.R. de la posible llegada intempestiva de grandes objetos capaces de provocar obstrucciones en las distintas unidades de la instalación.
- 2) Separar y evacuar fácilmente las materias voluminosas arrastradas por el agua, que podrían disminuir la eficacia de los tratamientos posteriores. Esta operación consiste en hacer pasar el agua residual a través de una reja.

De esta forma, el desbaste se clasifica según la separación entre los barrotes de la reja en:

- ✓ Desbaste fino: con separación libre entre barrotes de 10-25 mm.
- ✓ Desbaste grueso: con separación libre entre barrotes de 50-100 mm.

En cuantía los barrotes, estos han de tener unos espesores mínimos según sea:

- ✓ Reja de gruesos: entre 12-25 mm.
- ✓ Reja de finos: entre 6-12 mm.

También hay que distinguir entre los tipos de limpieza de rejas igual para finos que para gruesos:

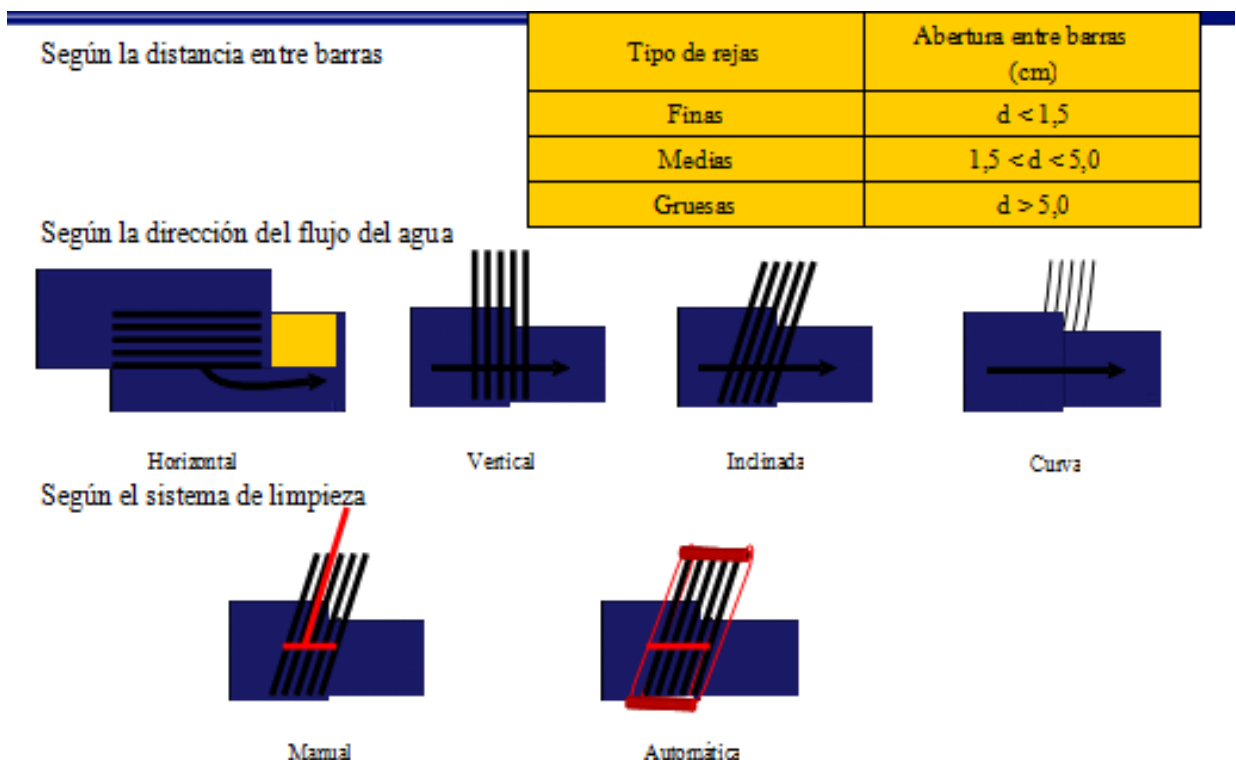
- ✓ Rejas de limpieza manual
- ✓ Rejas de limpieza automática

La operación de desbaste puede ser más o menos eficaz, según la separación entre los barrotes de la reja:

- ✓ Desbaste fino, con una separación de los barrotes de 3 a 10 mm;
- ✓ desbaste medio, con una separación de 10 a 25 mm entre los barrotes; y,
- ✓ predesbaste, con una separación de 50 a 100 mm.

En la siguiente Figura se ve más claramente los tipos de rejas según el criterio de selección:

Figura 28. Tipos de rejas.

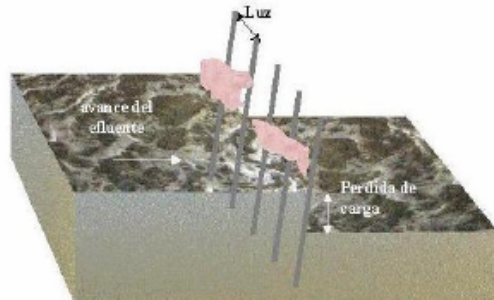


La velocidad de paso del agua residual a través de la reja debe ser la suficiente para fijar los sólidos contra las barras, sin que se produzca una pérdida de carga demasiado grande o atascamiento. Se suelen adoptar velocidades de paso en la sección libre de la rejilla entre 0,6 y

1 m/s a caudal máximo (siempre valores mayores que 0,4 m/s para evitar que se depositen arenas). La velocidad de aproximación del agua a las rejillas $\geq 0,6$ m/s.

La **pérdida de carga** que se produce en las rejillas de desbaste puede calcularse con la siguiente expresión (Figura 29):

Figura 29. Pérdida de carga.



$$h_t = \frac{1}{0,7} \left(\frac{V^2 - v^2}{2 \cdot g} \right)$$

h_t = pérdida de carga (m) ($< 0,15$ m)

V = velocidad entre rejillas (m/s) (1,0 - 0,6 m/s)

v = velocidad antes de rejillas (m/s) ($> 0,4$ m/s)

g = gravedad (m/s²)

0,7 = coeficiente empírico

Uno de los parámetros importantes para el diseño de los sistemas de desbaste mediante rejillas es la **perdida de carga (h_t)** o diferencia de nivel antes y después de las rejillas; la cual es proporcional a la diferencia del cuadrado de las velocidades del agua entre rejillas y antes de las mismas. La velocidad antes de rejillas debe ser superior a 0,4 m/s para evitar la deposición de materia en el fondo del canal, mientras que la velocidad entre rejillas se recomienda superior a 0,6 m/s a caudal máximo, e inferior a 1 m/s para evitar el arrastre de los materiales retenidos en la reja. Cuanto menor sea la diferencia de velocidades, tanto menor será la pérdida de carga.

- **Pérdida de carga (h_t)** = $1/0,7(1^2 - 0,56^2/2 \cdot 9,81) = 0,04$ m.

7.2.5. Tanque de homogeneización.

Una vez que el agua residual pasa por el pozo de gruesos y por las rejillas de desbaste, el agua pretratada se vierte en un tanque de homogeneización.

La homogeneización es un sistema en línea que permite amortiguar considerablemente las cargas que llegan a la planta. Además, este tanque es útil tanto para homogeneizar la carga como para regular el caudal. Al tratarse de homogeneización en línea se va a regular tanto el caudal como las cargas contaminantes.

Tabla 11. Caudales.

Hora del día	Entrada(m ³ /h)	Salida(m ³ /h)	Acumulado(m ³ /h)
00:00	10	6	4
01:00	7	6	5
02:00	7	6	6
03:00	8	6	8
04:00	5	6	7
05:00	5	6	6
06:00	9	6	9
07:00	10	6	13
08:00	15	6	22
09:00	13	6	29
10:00	10	6	33
11:00	19	6	46
12:00	18	6	58
13:00	16	6	68
14:00	13	6	75
15:00	5	6	74
16:00	5	6	73
17:00	5	6	72
18:00	4	6	70
19:00	8	6	72
20:00	16	6	82
21:00	10	6	86
22:00	6	6	86
23:00	5	6	85

A las 21:00 se obtiene la máxima capacidad del tanque: $86 \text{ m}^3 + 20\%$ de seguridad da un valor de $103,2 \text{ m}^3$, así que se ubicará un tanque de homogenización con una capacidad de 110 m^3

7.2.6. Diseño de las fases de depuración.

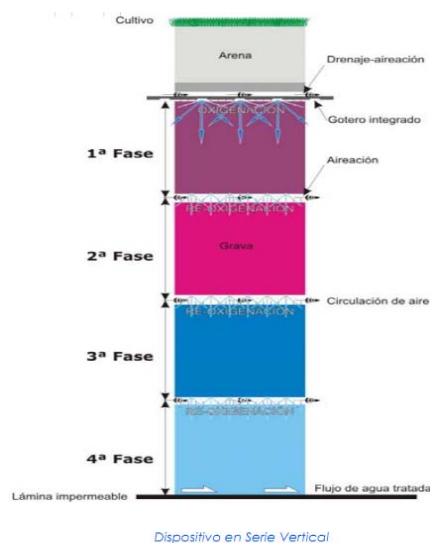
Teniendo el agua ya en el depósito o tanque de homogenización, el agua libre de sólidos de gran tamaño en suspensión se bombea hacia la primera fase que consiste en un paralelepípedo con una superficie en planta igual a $0,2 \text{ m}^2$ por cada habitante y con una profundidad de unos 50 cm de arena seguidos de 10 cm de grava de interfase 120 cm de grava y una superficie impermeable al final de las 4 fases verticales para que el agua tratada no escape como pueden ser 20 cm de arcillas. Es importante destacar que al tratarse de un tratamiento de forma vertical las fases están superpuestas y en planta la superficie necesaria para la realización de la fase bastará con:

- **Superficie necesaria fase**= $0,2\text{m}^2 * 2000 \text{ habitantes}=400 \text{ m}^2$.

Dicha agua se deja percolar sobre la grava mediante diversas líneas portagoteros con varios goteros cada una. Esta especie de lluvia suave conforma entre la grava un ecosistema que, en ambiente aerobio, reduce la carga orgánica y microbiológica de manera extraordinaria.

Se instalarán 4 fases (Figura 30) sobre una planta de 400 m^2 . En la parte superficial se desarrollará una zona verde y entre fases y fase existirá una oxigenación mediante aireación para que esa agua se re-oxigene. Una vez llegue el agua percolada al final de la ultima o cuarta fase, el efluente final, completamente depurado, se dirige a la balsa de acumulación y, en menor medida, al humedal contiguo para la creación de un pequeño ecosistema y para el tratamiento terciario del agua.

Figura 30. Fases de depuración.



- Tipos de materiales a usar:

- ✓ ARENA.
- ✓ GRAVA DE INTERFASE.
- ✓ GRAVA.
- ✓ ARCILLA.

Teniendo una planta de 400 m² y sabiendo las profundidades se puede calcular el volumen de material necesario para diseñar las 4 fases para la depuración:

- Arena

$$\text{Vol. Arenas} = 400 \text{ m}^2 * 0,5 \text{ m} * 4 (\text{n}^\circ \text{ fases}) = 800 \text{ m}^3 \text{ de Arena.}$$

- Grava de interfase

$$\text{Vol. Gravas interfase} = 400 \text{ m}^2 * 0,1 \text{ m} * 4 (\text{n}^\circ \text{ fases}) = 160 \text{ m}^3 \text{ de Grava.}$$

- Gravas

$$\text{Vol. Gravas necesaria} = 400 \text{ m}^2 * 1,2 \text{ m} * 4 (\text{n}^\circ \text{ fases}) = 1920 \text{ m}^3 \text{ de Grava.}$$

- Arcillas (para la capa impermeable solo en la última fase).

$$\text{Vol. Arcilla necesaria} = 400 \text{ m}^2 * 0,20 \text{ m} = 80 \text{ m}^3 \text{ de Arcilla.}$$

7.2.7. Diseño de las tuberías de la depuradora.

A la hora de pre-diseñar las tuberías se tendrá en cuenta los diámetros que existen en el mercado como son 25,40,80,100,125,150,175,200 mm y se dimensionarán las tuberías tanto para caudales medio y para caudales máximos, siendo $Q_{med} = 0,00368 \text{ m}^3/\text{s}$ y $Q_{max} = 0,0092 \text{ m}^3/\text{s}$.

Se aceptarán velocidades comprendidas entre 0,5 y 1,5 m/s según bibliografía consultada.

- Para diámetro de la tubería, D = 200 mm

$$\text{Sección tubería} = \pi * \text{Radio}^2 = 3,1416 * 0,1^2 = 0,0314 \text{ m}^2.$$

- ✓ $\text{Vel} Q_{max} = Q/A = 0,0092/0,0314 = 0,29 \text{ m/s.}$
- ✓ $\text{Vel} Q_{med} = Q/A = 0,00368/0,0314 = 0,11 \text{ m/s.}$

- Para diámetro de la tubería, D = 150 mm

$$\text{Sección tubería} = \pi * \text{Radio}^2 = 3,1416 * 0,075^2 = 0,0176 \text{ m}^2.$$

- ✓ $VelQ_{max} = Q/A = 0,0092/0,0176 = 0,52 \text{ m/s.}$
- ✓ $VelQ_{med} = Q/A = 0,00368/0,0176 = 0,21 \text{ m/s.}$

- **Para diámetro de la tubería, D = 125 mm**

Seccion tuberia = $\pi * Radio^2 = 3,1416 * 0,0625^2 = 0,0122 \text{ m}^2.$

- ✓ $VelQ_{max} = Q/A = 0,0092/0,0122 = 0,75 \text{ m/s.}$
- ✓ $VelQ_{med} = Q/A = 0,00368/0,0122 = 0,30 \text{ m/s.}$

- **Para diámetro de la tubería, D = 100 mm**

Seccion tuberia = $\pi * Radio^2 = 3,1416 * 0,05^2 = 0,0078 \text{ m}^2$

- ✓ $VelQ_{max} = Q/A = 0,0092/0,0078 = 1,17 \text{ m/s.}$
- ✓ $VelQ_{med} = Q/A = 0,00368/0,0078 = 0,47 \text{ m/s.}$

Tras estudiar los posibles dimensionamientos mas óptimos, se ha pensado en utilizar para la tubería de bombeo un diámetro de D=125mm ya que es la que resulta más optima.

7.2.8. Diseño de las bombas.

En nuestra planta depuradora solo dispondremos de una bomba, la cual será utilizada para bombear agua del depósito de homogenización hacia la 1º fase de tratamiento vertical.

Para evitar la sobrecarga térmica de los motores no se deben arrancar a menudo dentro de un intervalo de tiempo.

Los valores aproximados para el número máximo de arranques por hora "Z", son función de la potencia del motor y se muestran a continuación:

- ✓ 0 -11 kW. Z = 20.
- ✓ 11 - 160 kW. Z = 15.
- ✓ > 160 kW Z < 10

La bomba que irá desde el tanque de homogeneización hasta las fases de tratamiento tendrá mucha potencia ya que es primordial para la limpieza de los goteros.

El transporte ser realizará por bombeo sumergido, la bomba estará sumergida en el tanque de homogeneización, y sus características serán las siguientes:

- Empleando la siguiente expresión:

$$N = Q \times Hm / 75 \times nm \times nb$$

Donde:

Q = Caudal máximo 0,0092 m³/seg = 9,2 l/s.

Hm = 10 m.c.a.

nb = rendimiento de la bomba; 90 %

nm = rendimiento del motor 67 %

$$N = 9,2 \times 10 / (75 \times 0,67 \times 0,9) = 2,03 \text{ CV}$$

Se considera un porcentaje del 35 % más para tener un margen por posibles sobrecargas, se tendrá:

✓ $2,03 \times 1,35 = 2,75 \text{ CV.}$

✓ $4,25 \text{ CV} \times 0,736 = 2,01 \text{ KW.}$

Se colocará 1 bomba de 2 kW

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA BOMBA A INSTALAR

Nº de bombas: 1

Tipo: sumergible para agua residual

Caudal a impulsar 13,7l/s

Altura de elevación 10 m.c.a.

Diámetro de aspiración 125 mm

Diámetro de descarga 125 mm

Potencia nominal del motor 2 kW

Velocidad de giro del motor 1.450 rpm (1.500 rpm)

8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE REVEGETACIÓN.

8.1. PLANTACIÓN DE ESPECIES AUTÓCTONAS RIBEREÑAS POTENCIALES EN LA ZONA DE ESTUDIO.

Dadas las características que presenta la zona de estudio, se aboga por una revegetación de especies de carácter ripario, manteniendo siempre las especies actuales e intentando llevar a cabo una ampliación de especies en la zona y permitir la existencia de riberas con mayor entidad o presencia, no perdiendo de vista la limitación que supone el grado de degradación del tramo objeto de estudio. Por lo tanto debemos aunar el carácter ripario y forestal de la zona tal como muestran las formaciones potenciales de taray termófilo características de esta zona y que son un claro ejemplo de la mezcla de especies climatófilas y ribereñas que se da en este tipo de zonas. Todas las revegetaciones o plantaciones previstas se harán tomando como referencia la vegetación potencial descrita en el Capítulo 2, buscando siempre que las especies sean representativas de la vegetación óptima de la zona según el estado de referencia y que se correspondan con variedades autóctonas (certificación de vivero).

Las actuaciones que engloban las actividades de revegetación serán descritas a continuación, de forma independiente a las actuaciones destinadas a la construcción de la zona recreativa ya que las características de la zona difieren según la intensidad del impacto antrópico, puesto que es distinta la revegetación en el lugar a la construcción de un espacio de recreo en el entorno natural, lo que va a diferenciar las acciones a llevar a cabo. Además, el diseño espacial ha de buscar una diversificación tanto horizontal como vertical de la vegetación, ajustada al mosaico de condiciones ambientales (Castro *et al.*, 2001). Las actuaciones previstas cuentan con las siguientes especies:

- **ÁRBOLES.**

***Phoenix dactylifera.* (Palmera datilera).**

Familia: Palmas.

Descripción: Palmera de gran porte cuyos frutos los dátiles son grandes y comestibles. Se han cultivado ampliamente durante siglos en el tramo inferior de la cuenca. Su reproducción es vegetativa y sexual.

Porte: Árbol dioico, con tronco de hasta 30 metros, generalmente solitario, alargado y grácil.

Hojas: En penacho terminal situado en el ápice del tronco, glaucas de hasta 2 m de longitud, arqueadas, pinnatisectas, con numerosos folíolos rígidos.

Flores: En espádice, con racimos de flores envueltos al principio en una gran vaina o espata. Pequeñas, numerosas, unisexuales, con perianto hexámero; 6 estambres.

Frutos: De 2,5-7,5 cm, carnosos (dátiles), ovalados, amarillo anaranjado.

Hábitat: Originalmente cultivada. En la actualidad se halla comúnmente naturalizada en alamedas, tarayales y baladrales.

Usos: Dátiles y cogollos comestibles; hojas para fabricar escobas.

Observaciones: No confundir con *P. canariensis* de pies menos estilizado, y *P. reclinata*, *P. sylvestris*, *P. rupicola*, etc. Que también presentan dátiles, aunque son más pequeños y no comestibles.

Figura 31. *Phoenix dactylifera*.



***Ulmus minor*. (Olmo, olma).**

Familia: Ulmáceas.

Descripción: Caducifolio robusto y longevo de hojas simples, dentadas y ovales y de corteza rugosa. Su fruto es seco, alado y más alargado que los de otros *Ulmus*. Sus hojas no son simétricas.

Porte: Árbol caducifolio de hasta 20 metros de altura, con copa densa y corteza rugosa.

Hojas: Alternas, enteras, obovadas y oblanceoladas, cortamente acuminadas, desiguales en la base: de 3-10 x 1,5-5 cm, con peciolo de 5-10 mm.

Flores: En grupos sobre las ramitas del año anterior, con 4-8 segmentos poco vistosos (sépalos) algo soldados en su parte inferior y 4-8 estambres antisépalos de anteras rojizas.

Frutos: En sámara de 2-3 cm, obovada, escotada, con semilla en posición aproximadamente apical.

Hábitat: Cultivado en cercanías de viviendas y cultivos de regadío.

Usos: La madera en carpintería.

Observaciones: No confundir con: *U. glabra*, de fruto más redondeado con semilla situada en el centro; ni con *U. pumila*, especie ornamental de hoja más pequeña, alargada y simétrica y fruto más redondo y plano.

Figura 32. *Ulmus minor*.



***Populus alba var. alba.* (Álamo, chopo blanco).**

Familia: Salicáceas.

Descripción: Caducifolio de hoja ancha de borde lobulado, haz verde y envés blanco y peloso y de troco blanco grisáceo. Su aspecto general es garbado con reproducción vegetativa y sexual.

Porte: árbol dioico, caducifolio, de hasta 30 metros, con copa abierta y desparramada; las ramas jóvenes están cubiertas de una corteza blanca y lisa.

Hojas: Alternas, largamente pecioladas, ovadas a suborbiculares, sinuado lobadas, de 4-9 cm, verde intenso en el haz y blanco tomentosas en el envés.

Flores: En amentos péndulos, con brácteas floríferas más o menos divididas. Las flores masculinas presentan 8-10 estambres; las femeninas tienen dos estigmas verde amarillentos.

Frutos: Con numerosas semillas diminutas, con pelos blancos sedosos que le ayudan a la dispersión por el viento.

Hábitat: Márgenes de ríos, arroyos y canales de riego.

Usos: En medicina y jardinería.

Observaciones: No confundir con variedades de jardinería como *P. albavar*, *pyramidalis Bunge*, muy ramificada desde la base y de gran belleza ornamental, pero mal adaptada a las

condiciones reinantes en la mitad sur de la provincia, *pyramidata* (*P. bolleana*), de porte muy regular (y no desgarrado como el silvestre), muy extendida y que debe evitarse a toda costa, no con *P. canescens*, especie híbrida de *P. alba* y *P. tremula*, que aparece en algunos parajes históricos de la Cuenca.

Figura 33. *Populus alba*.



- **ARBUSTOS.**

***Tamarix canariensis*. (Taray, taraje).**

Familia: Tamariáceas.

Descripción: Caducifolio de hojas escamosas (parecidas a la de los cipreses), tronco tortuoso y ramas flexibles. Inflorescencias menores a 5 mm de ancho, dispuestas en ramillas jóvenes. Brácteas florales más largas que el cáliz de la flor próxima con reproducción vegetativa y sexual.

Porte: Arbusto o arbolito muy ramificado, glanduloso papiloso, de 2-10 metros de altura, con ramas largas y delgadas, con hojas y extremos de las ramas jóvenes caducos.

Hojas: Hojas glaucas, caducas, escuamiformes, de unos 2 mm, adpresas y abrazadoras.

Flores: Agrupadas en espigas cilíndricas, con brácteas tan largas como los 5 sépalos; 5 pétalos rosados o blanquecinos, de 1,2 mm-1,5 mm, finalmente denticulados; 5 estambres.

Frutos: Cápsulas piramidales, atenuadas desde la base hasta el ápice.

Hábitat: Suelos salinos húmedos y márgenes de ríos y arroyos con sustrato arcilloso.

Usos: En medicina popular como depurativo.

Observaciones: No confundir con otras especies. *Tamarix boveana* Bunge es especie de zonas salinas, con flores tetrámeas; *Tamarix africana* Poiret es común en ramblas silíceas de la mitad sur provincial.

Figura 34. *Tamarix canariensis*.



***Atriplex halimus* (Salao blanco, salao).**

Familia: Quenopodiáceas.

Descripción: Arbusto perenne. Sus preferencias son las altas radiaciones solares y suelos arenosos. Poseen una capacidad de adaptación a climas muy áridos, suelos salinos y marginales. Aguanta la exposición continuada al viento, de hecho es muy frecuente encontrarlas en las costas. Asimismo, es resistente a las heladas de hasta -10°C . Son propios de los pisos bioclimáticos termomediterráneo y mesomediterráneo inferior.

Porte: Arbusto monoico, de 1-3 m, muy ramificado y de color gris plateado.

Hojas: Alternas, persistentes, de 1-4x0,5-3 cm, la mayoría ovado rómbicas, enteras y cuneadas, las superiores lanceoladas.

Flores: Verdosas, unisexuales, en racimos espiciformes foliosos; con 5 piezas poco vistosas (tépalos); las femeninas con dos bracteólas libres en su tercio superior; las masculinas con 5 estambres.

Frutos: Cubiertos por las dos bracteólas fructíferas, que son redondeadas o reniformes, de color gris plateado y coriáceas.

Hábitat: áreas subsalinas costeras e interiores, más o menos alteradas.

Usos: Alimento del ganado, setos.

Observaciones: No confundir con otras variantes como: *Atriplex halimus* var. *denticulata* y *Atriplex halimus* var. *grandifolia*.

Figura 35. *Atriplex halimus*.



8.2. IDONIEDAD DE LAS ESPECIES A PLANTAR.

Phoenix dactylifera (Palmera datilera). Árbol de porte superior adecuado tanto para el ámbito situado a las afueras de la E.D.A.R., tanto para en el interior de la misma. Es un árbol muy común en toda la región, sobre todo en el sector más árido (sector 3) que es en el que nos encontramos, dando una integridad paisajística a la zona.

Ulmus minor (Olmo, olma): La plantación de esta especie es muy interesante, ya que, además de estar catalogada de interés especial en la Región de Murcia, es parte de la vegetación potencial de la Alameda-Tarayal termófila del sector 3 de la cuenca en calidad de especie acompañante. La plantación de esta especie dará lugar a una pequeña olmeda y a una estabilización de esta especie.

Populus alba (álamo blanco): Es un árbol adecuado para esta zona puesto que es muy común en el sector más árido de la cuenca, siendo un componente natural de la vegetación riparia. Si a esto le unimos que está catalogada como de interés especial en la Región de Murcia (Ley 7/95 por la que se establece Catálogo de Especies Amenazadas de Fauna Silvestre de la Región de Murcia. Anexo I), resulta una especie idónea para la restauración de estas zonas. Aparece una variedad de *Populus alba* en esta restauración:

Populus alba alba: variedad autóctona que se encuentra de manera silvestre. Especie muy recomendada para esta restauración ya que es el elemento principal de la alameda-tarayal termófila, comunidad potencial de esta zona.

Tamarix canariensis (taray): especie arbustiva catalogada de interés especial en nuestra región. Su óptimo ecológico se encuentra en suelos como éste (resiste bien la salinidad), creando manchas de esta especie a lo largo del tramo derecho superior de la actuación. Es especialmente adecuada ya que es una especie clave de la Alameda-Tarayal termófila.

La disposición de los tarais estará situada principalmente conformando la primera línea de vegetación junto al cauce en forma de manchas intercaladas con otras especies de esta primera banda (*Atriplex halimus*), lo que sin duda hace que presente un alto grado de naturalidad.

Atriplex halimus (Salao blanco, salao). Especie abundante en la zona de actuación, la cual es muy resistente a suelos salinos y se desarrolla rápidamente en lugares secos. Al incluirlo a la hora de restaurar la zona se aumenta la naturalidad de la misma.

8.3. CONDICIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS ESPECIES.

En las actuaciones de revegetación de ribera hay varios aspectos a tener en cuenta, los cuales tienen una importancia elevada a la hora de establecer los distintos criterios a seguir a la hora de realizar la actuación a llevar a cabo.

La **procedencia del material vegetal** es uno de ellos. Se deben utilizar sólo especies autóctonas, preferentemente de la misma cuenca hidrográfica, en este caso la Cuenca del Río Segura.

Este aspecto, en ocasiones, es difícil de llevar a cabo, pero se debe establecer en la medida de lo posible para evitar, entre otros aspectos, la contaminación genética por la hibridación de las especies persistentes con especies alóctonas. Este aspecto es muy común en riberas que presentan un grado de alteración medio - alto, como es el caso de la Cuenca del Río Segura en sus sectores 2 y 3 (Imagen 3). En consecuencia, no se deberá aceptar variedades forestales u ornamentales de procedencia diferente a la Cuenca del Segura, procurando además obtener la certificación de vivero.

Además, es conveniente determinar bien los sistemas de plantación y buscar la máxima profesionalidad en este tipo de actuación, así como realizar un seguimiento-mantenimiento en los primeros años para corregir errores y mejorar rendimientos (Sorolla & Herrera, 2007).

Otro aspecto ha tener en cuenta será la **elección del formato y presentación de la planta**. Este aspecto es considerado uno de los más importantes. El formato de la planta engloba la talla¹ y el calibre² del plantón, y la presentación, que se refiere al envase de cultivo o ausencia de éste.

Existen distintas presentaciones comerciales de planta, siendo las más frecuentes: A raíz desnuda, cepellón, alveolo forestal, contenedor y maceta.

¹ Se refiere a la altura medida desde el cuello de la planta hasta su extremo superior y se expresa en centímetros.

² Se obtiene midiendo el perímetro del tronco a un metro de altura desde el suelo y se aplica sólo a árboles o arbustos a partir de 4 cm de calibre. Para plantones de calibres pequeños (<4cm), éste parámetro no se usa, empleándose la talla y la capacidad del recipiente de cultivo como indicadores de su tamaño.

La Dirección Facultativa decidirá el tipo de formato y presentación dependiendo de las características de la especie elegida para la revegetación.

Por último, se ha de tener en cuenta la condición de **las restricciones a los viveros, tamaño, calibre y calidad del material vegetal**. Los viveristas proveedores del material vegetal a usar para la restauración de la zona deben estar especializados en producción de planta autóctona y agrícola tradicional, existiendo oferta suficiente en el sureste español para garantizar dicho objetivo.

Tabla 12. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS ESPECIES.

Género	Especie	Tipo	Floración	Reproducción en vivero	Disponibilidad en vivero	Marco plantación	Tamaño recomendado	Formato recomendado
Phoenix	dactylifera	árbol	de marzo a mayo	semilla	alta	5x5	1 m / 2 m	maceta / cepellón
Populus	alba	árbol	de mayo a septiembre	semilla y estaquilla	media	4x4	2-2,5m / 2-2,5 m	maceta / raíz desnuda
Ulmus	minor	árbol	de febrero a mayo	semilla	baja	5x5	1-2m / 1-2m	maceta / raíz desnuda
Tamarix	canariensis	arbusto	de febrero a septiembre	semilla y estaquilla	alta	4x4	0,50-1m / 0,50-0,30m / 0,50-1m	maceta / alveolo / raíz desnuda
Tamarix	boveana	arbusto	De febrero a marzo	estaquilla semilla	baja	4x4	0,50-1m / 0,50-0,30m / 0,50-1m	maceta / alveolo / raíz desnuda
Atriplex	halimus	arbusto	De junio a octubre	estaquilla semilla	media	4x2	0,50-1m/0,50-0,30m	maceta/alveolo

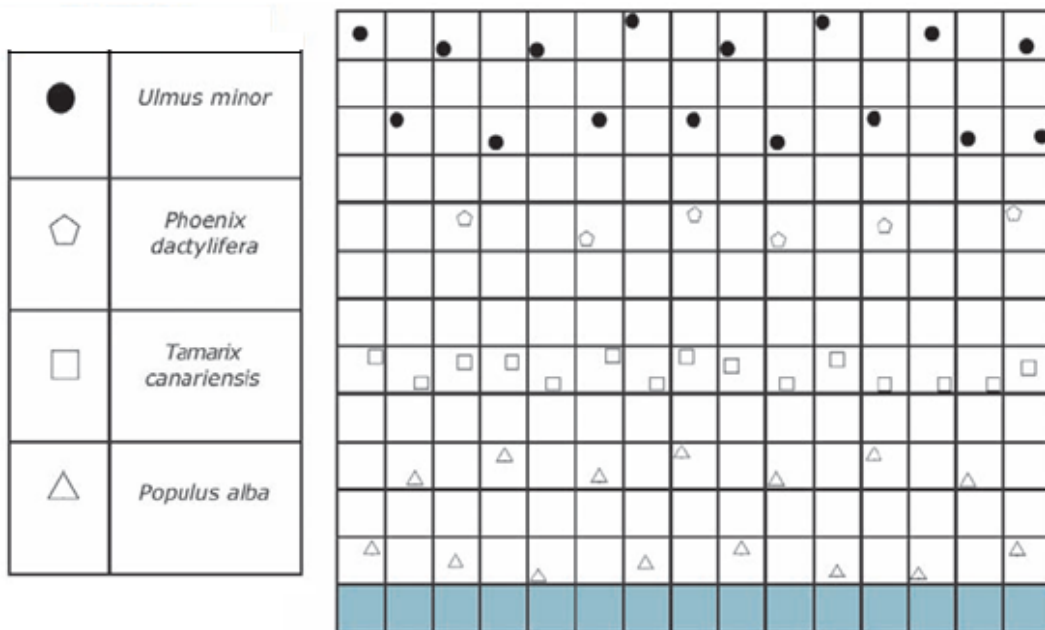
Fuente: Elaboración propia a partir de Velasco *et al.*, 2009.

8.4. DISEÑO DE MÓDULOS DE PLANTACIÓN.

El diseño espacial a la hora de establecer la estructura de las plantaciones, ha de buscar una diversificación tanto horizontal como vertical de la vegetación, ajustada al mosaico de condiciones ambientales (Castro *et al*, 2001).

El diseño de la distribución espacial de los módulos de plantación en la parcela a restaurar tiene que adaptarse al microrelieve, textura del suelo, grado de compactación, conexión con el nivel freático, etc. así, como a la vegetación existente y al uso presente y futuro de la zona. Además, se deberá evitar la linealidad y buscar la mezcla entre las distintas especies elegidas, de manera que el módulo de plantación permita el desarrollo y crecimiento de las distintas especies. Puesto que con una distribución adecuada se minimiza el efecto sombra que ejercen unas especies respecto a las otras al mismo tiempo que se evita la plantación lineal, lo que reportará mayor naturalidad a la zona (Imagen 24).

Figura 36. Ejemplo de módulo de plantación.



Fuente: Velasco *et al.*, 2009.

La plantación de los ejemplares mencionados en el apartado 4.1., se hará con salao blanco en la zona más cercana, a continuación tarays y, por último en la zona más cercana a la E.D.A.R., álamos, olmos y palmeras, evitando la linealidad y buscando la mezcla entre las distintas especies.

Además la época recomendada de plantación de las especies elegidas es septiembre y ha de tenerse en cuenta a la hora de realizar la misma.

8.5. ACTUACIONES.

A) Preparación del terreno.

- Laboreo y ahoyado.

La preparación del terreno antes de efectuar la revegetación está condicionada por varios factores: el estado de conservación del lugar, el perfil topográfico o naturalizado, la accesibilidad a la zona, etc.

El laboreo y ahoyado puede ser de distintos tipos en función de los medios empleados: Manual, Mecánico o Mixto.

Como norma general, las labores previas, la plantación y el mantenimiento se realizan por métodos manuales. En caso de que el estado de conservación de partida es malo, la pendiente de la mota es menor del 10% y no hay vegetación ni especies de fauna de interés, la zona tiene fácil acceso es recomendable un laboreo de tipo mecánico.

En este caso el laboreo y ahoyado a establecer será de tipo **mecánico**. Este tipo de ahoyado y plantación consiste en un laboreo generalizado del terreno que “esponje” por lo menos el primer metro superficial del sustrato y/o un ahoyado puntual con retroexcavadora.

B) Planificación e instalación de riego.

El proyecto contempla la instalación de una red de **riego por goteo** dentro de la zona de ubicación de la E.D.A.R.

El riego por goteo, también llamado localizado, requiere ciertas infraestructuras, como tuberías y cabezal de riego. Es recomendable enterrar las tuberías o mangueras de manera superficial. En algunos casos se puede plantear la retirada manual de las mangueras transcurrido el periodo de enraizamiento de los ejemplares plantados, aunque no se suele hacer debido al elevado coste que supone.

En cuanto a la zona a revegetar en los alrededores de la E.D.A.R, habrá una Entidad responsable durante un periodo de 6 meses del mantenimiento de las especies mediante **riego con cuba**, el cual consiste en un riego manual con una manguera conectada a un depósito sobre un vehículo. Este sistema es, respecto al riego por goteo, más caro debido a la mayor demanda de mano de obra, menos eficiente en términos del consumo de agua, requiriendo más tiempo y estando condicionado por la accesibilidad y pendiente de la zona. Al emplear este sistema de riego, se utilizará agua de riego no potable.

No obstante, se propone un riego por goteo para las especies de porte superior localizadas en la parte más próxima a la depuradora.

C) Plantación.

En cuanto al tamaño y distribución de los hoyos, la recepción y almacenamiento de la planta, así como la época de plantación, será la Dirección Facultativa la responsable de su elección, siendo ésta la más adecuada para las condiciones establecidas.

8.5.1. Actuación restaurativa 1.

Plantación de unas 28 palmeras datileras (*Phoenix dactylifera*) en lugares próximos a la ubicación de la E.D.A.R. antes ocupados por cultivos y ahora desprovistos de vegetación natural, suponiendo esta actuación una pantalla visual natural mimetizando el entorno con la construcción de dicha depuradora. El formato a utilizar será el de cepellón y plantación en hoyo de 1,2x1, 2x1m. Junto a éstas se plantarán olmos, álamos y tarays, de cara a reforzar el paisaje natural, prácticamente inexistente anteriormente. La especie de *Phoenix dactylifera* queda incluida en el Anexo II del R.D. 50/2003 de la Región de Murcia.

Figura 37. Plantación *Phoenix dactylifera*.



Área plantación *Phoenix dactylifera*.

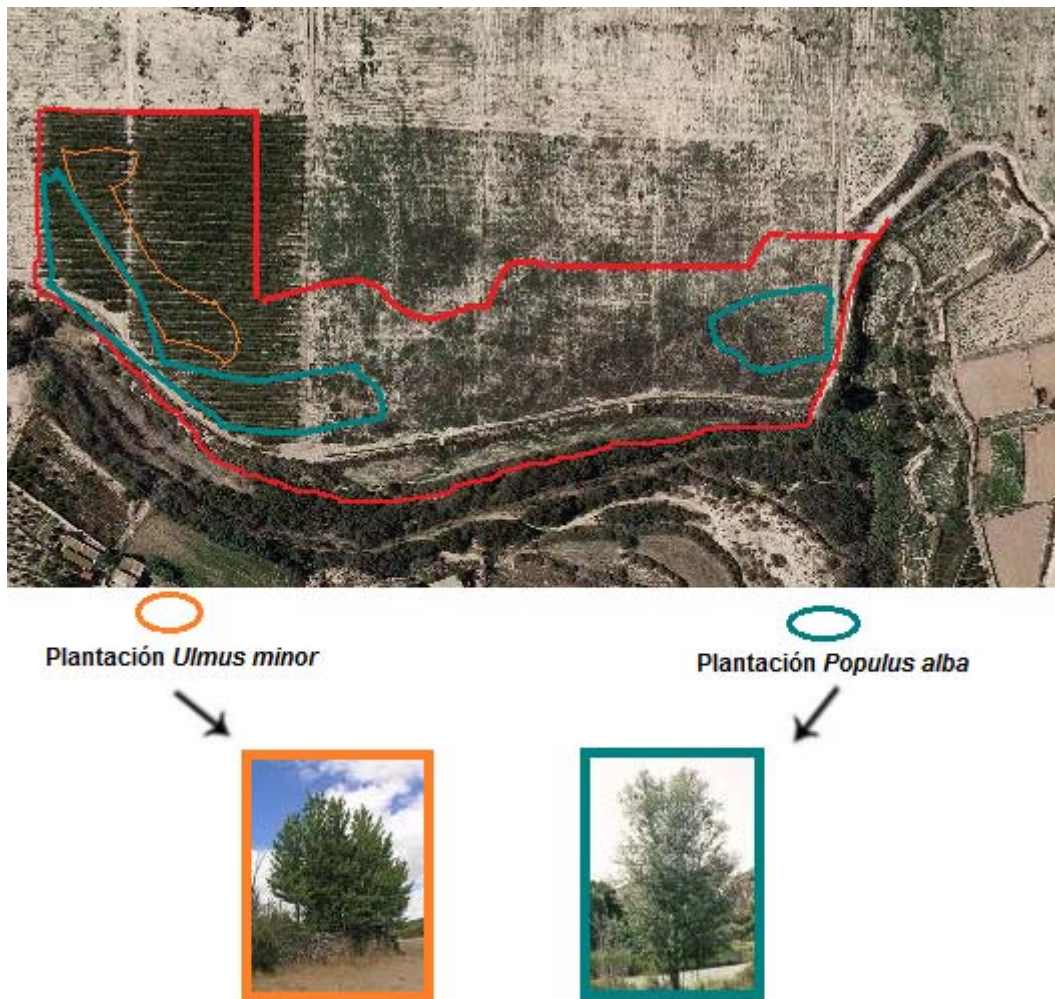


Fuente: Elaboración propia.

8.5.2. Actuación restaurativa 2.

Plantación de 340 álamos (*Populus alba*) formando dos alamedas a los dos márgenes del ámbito de restauración (Figura 38). La alameda que se formará en el margen izquierdo estará rodeada por 80 olmos (*Ulmus minor*) formando una olmeda de altura superior a 4 metros que minimizará por ese margen el impacto visual que ocasiona la construcción de la depuradora.

Figura 38. Actuación restaurativa 2.

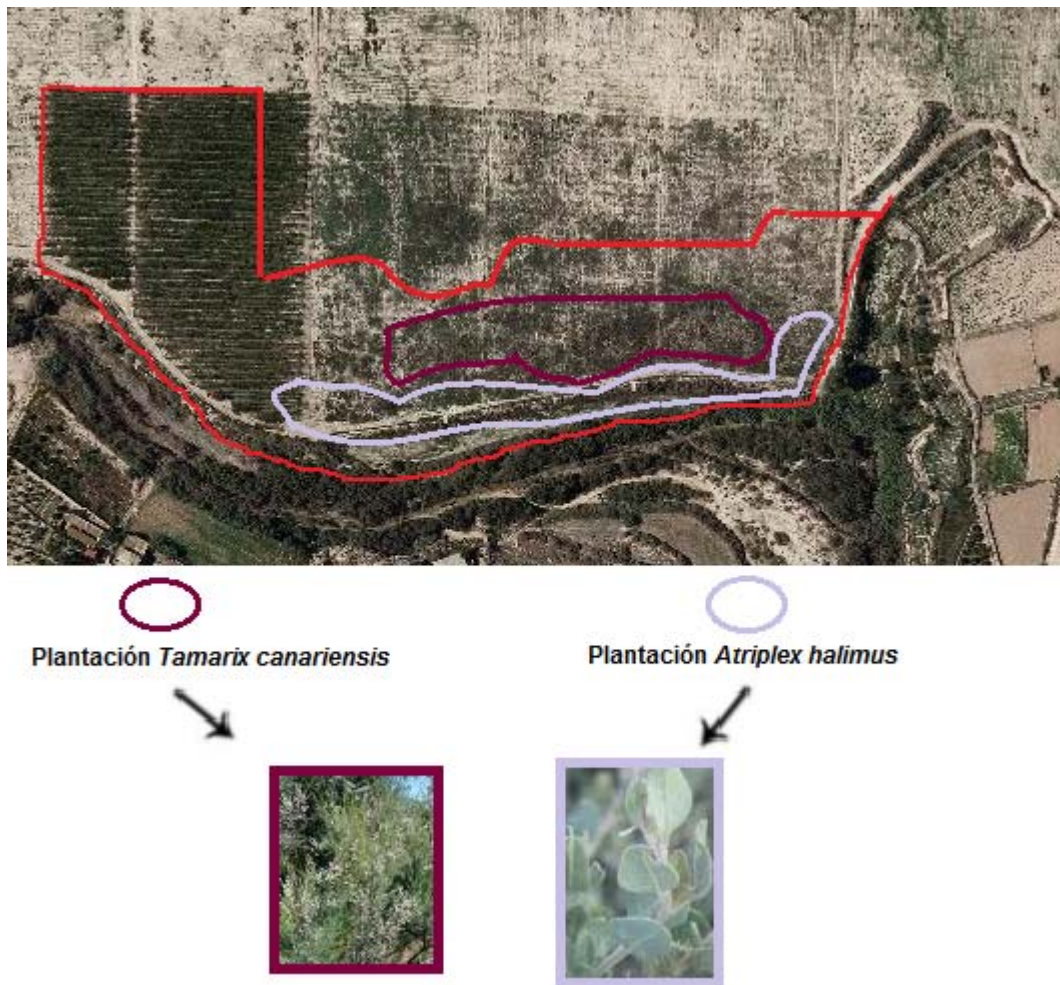


Fuente: Elaboración propia.

8.5.3. Actuación restaurativa 3.

Por último, para mejorar la vegetación de ribera de la zona, se creará una primera banda de vegetación arbórea formada por tarais y salaos blancos. Éste último se situará en el margen del cauce acompañando a las especies presentes. Se plantarán un total de 4200 tarais (*Tamarix canariensis*) y 6300 Salaos blancos (*Atriplex halimus*). Los tarais presentan una altura de 0,25-0,30 m y son suministrados en bandeja, mientras que los salaos tienen una altura de 0,15-0,25 m de altura y son suministrados en contenedor.

Figura 39. Actuación restaurativa 3.

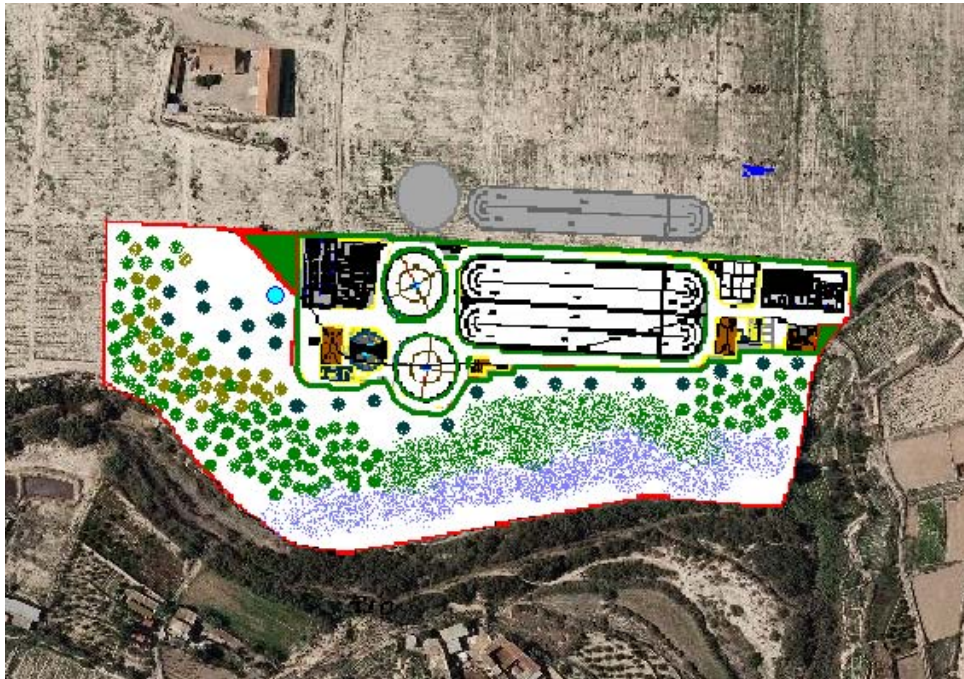


Fuente: Elaboración propia.

8.6. ESTADO POSTOPERACIONAL.

La primera impresión que ofrece este lugar (Figura 40), es la de una zona naturalizada y agradable visualmente si tenemos en cuenta el estado de abandono en el que se encontraba. Además de una mejora visualmente, ha habido una mejora en la conectividad longitudinal, lateral y vertical de la vegetación de ribera, lo cual incrementará la fauna y la vegetación en la zona.

Figura 40. Estado postoperacional.



- *Phoenix dactylifera*
- *Populus alba*
- *Ulmus minor*
- *Tamarix canariensis*
- *Atriplex halimus*

Fuente: Elaboración propia.

Figura 41. Estado postoperacional.



9. MANTENIMIENTO, SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA AMBIENTAL.

El mantenimiento necesario para esta zona de carácter ripario es mínimo puesto que la cercanía al cauce y, por tanto, al nivel freático, hace innecesario el riego de plantación en la mayoría de los casos. Además debido al carácter del sustrato que domina la zona, el nivel freático se sitúa prácticamente en superficie, lo que conlleva que sólo se tenga que realizar riegos de mantenimiento de los taludes, que pueden ser realizados a cuba.

Otra actuación a realizar para facilitar la implantación de los pies plantados es la inserción de protectores alrededor de los pies situados en las zonas más transitadas (cerca de la depuradora). Éstos deberán ser retirados al cabo de los primeros años, cuando la vegetación haya alcanzado un porte de entidad.

Además deben realizarse limpiezas periódicas realizadas a pie con una frecuencia semestral o anual ya sean brigadas municipales, grupos de voluntariado o retenes contratados para mantener la zona.

Respecto al seguimiento y vigilancia ambiental de la restauración se establecen visitas periódicas mensuales durante el primer trimestre, trimestrales durante el primer año y semestrales a partir de esta fecha, prestando especial atención a las posibles marras y al correcto desarrollo de la estructura vegetal y limpieza de la zona.

Se llevará a cabo en un primer momento una caracterización del medio ripario a los 3 o 4 meses de plantación para establecer un mantenimiento preventivo de las especies plantadas, principalmente para tener en cuenta algunos problemas que pueden aparecer, como algún tipo de enfermedad por contaminación genética, necesidad de fumigación en la zona, entre otras.

Posteriormente se realizará una segunda caracterización a los 3, a los 5 y a los 10 años de cara a comprobar si se ha producido una mejora ecológica en la zona, para en caso contrario replantearse la realización de nuevas actuaciones al finalizar dicho periodo. Asimismo son adecuados la realización de censos de aves, diferenciando entre las distintas tipologías de éstas (Robledano et al., 2007) acuáticas, palustres, ribereñas, agrícolas, forestales y urbanas) (Imagen 33) con el fin de tener un conocimiento más profundo de las repercusiones biológicas que tienen las actuaciones realizadas.

Figura 42. Tipología de aves objeto de estudio.

Tipo	Descripción	Ejemplos
Acuáticas (AA)	Especies típicas de las aguas libres o del cauce fluvial (anátidas, fochas, ardeidas, cormoranes, somormujos...)	Anade Real, Garza Real, Garceta Común, Focha Común, Cormorán Grande, Zampullín Chico...
Palustres (AP)	Especies ligadas a la vegetación emergente (carrizales y cañaverales)	Carricero Común, Ruiseñor Bastardo, Polla de Agua, Calamón...
Ribereñas (AR)	Especies ligadas al cauce fluvial, no dependientes de la vegetación emergente	Andarrios Chico, Chorlitejo Chico, Martín Pescador, Lavandera Cascadeña...
Agrícolas (TA)	Especies terrestres propias de cultivos, principalmente de vega (herbáceos y arbóreos)	Bisbita Común, Garcilla Bueyera, fringílicos, Abubilla, Cernícalo, Grajilla, Golondrina Común...
Forestales (TF)	Especies que utilizan preferentemente hábitats de bosque o matorral	Mito, Petirrojo, Cuco, Carbonero Común, Mosquitero Común, Pito Real, currucas, Zorzal Común...
Urbanas (TU)	Especies que utilizan preferentemente hábitats humanizados	Estornino Negro, Avión Común, Colirrojo Tizón

Fuente: Robledano *et al.*, 2007.

Se hará un seguimiento específico a las especies plantadas catalogadas de interés especial en la zona (*Populus alba*, *Tamarix canariensis* y *Ulmus minor*), según lo establecido en el R.D. 50/2003 de 30 de mayo por el que se crea el Catálogo Regional de Flora Silvestre Protegida de la Región de Murcia y se dictan normas para el aprovechamiento de diversas especies forestales.

D) Reposiciones de marras

Un apartado especial del mantenimiento y seguimiento lo constituyen las reposiciones de marras, grandes olvidadas de los proyectos de restauración, pese a que la muerte de ejemplares es normal en los primeros momentos.

Respecto nuestra zona de estudio, se realizará un Plan de mantenimiento correctivo. Aunque no se espera alta mortalidad dada la adecuación de las especies seleccionadas a las características del terreno, además de no ser plantas de altos requerimientos ambientales. A continuación se establecen una serie de especies candidatas para los posibles huecos (Tabla 13).

Tabla 13. Especies de reposición.

Especie	Presentación	Marco de plantación
<i>Tamarix boveana</i>	Alveolo/maceta/raíz desnuda	4x4
<i>Nerium oleander</i>	Alveolo/maceta	1x1

Fuente: Elaboración propia a partir de Velasco *et al.*, 2009.

Tamarix boveana: Especie arbustiva seleccionada para una posible reposición de marras de los *Tamarix canariensis* en caso de encontrarse mortalidad de individuos. Su carácter poco exigente (especialmente en relación al suelo) y la resistencia a gran variedad de climas la hace

una buena candidata para las reposiciones de marras. Presenta una disponibilidad media en vivero y su marco de plantación es de 4x4 con un tamaño de alveolo 0,3-0,5 m.

Está catalogada como vulnerable en la Comunidad Autónoma de Murcia y es utilizada frecuentemente en la restauración de riberas de la Vega Media del Segura, aunque de forma natural se encuentra únicamente en ramblas con elevado contenido de sales.

Nerium oleander: Especie arbustiva muy extendida en nuestra región apareciendo en todos los cauces, permanentes y temporales pero sobre todo en los sectores inferiores de la cuenca, pero que actualmente sufre la contaminación genética de la variedad de jardinería que posee flores dobles.

10. PRESUPUESTO.

10.1. PRESUPUESTO PARCIAL Y MEDICIONES DE LA E.D.A.R.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01. MOVIMIENTO DE TIERRAS Y TERRENO				
DEP0011	m EXCAVACIÓN DE ZANJAS/POZOS CUALQUIER TIPO.			
	Excavación en zanja, pozos o cimientos en todo tipo de terreno, transporte a vertedero autorizado. De material sobrante, refino y compactación del fondo de la excavación, según criterio de la Dirección Facultativa.			
		UDS LONGITUD ANCHURA ALTURA	PARCIALES	
Construcción del muro en el Perímetro de la parcela	220 m	220m		
		220 m	0,5€/m³	110€
Entubación aguas residuales hasta planta pretratamiento	200m	200m		
		200 m	0,5€/m³	100€
Entubación aguas residuales Desde pret. a la 1ª Fase	75,4m	75,4m		
		75,4 m	0,5€/m³	37,7€
Entubación desde la 1ª Fase a la 2ª	0,7m	0,7m		
		0,7m	0,5€/m³	0,35€
Entubación desde la 2ª Fase a la 3ª	0,7m	0,7m		
		0,7m	0,5€/m³	0,35€
Entubación desde la 3ª Fase a la 4ª	0,7m	0,7m		
		0,7m	0,5€/m³	0,35€
Entubación desde la 4ª Fase al Humedal	72,5m	72,5m		
		72,5m	0,5€/m³	36,25€
				IMPORTE 285€
DEP0012	m³ ZAHORRA ARTIFICIAL EN RELLENO DE ZANJAS.			
	Zahorra artificial, husos ZA(40)/ZA(25) en relleno de zanjas, con 75 % de caras de fractura, puesta en obra, extendida y compactada al 98% del P.M.en capas inferiores o intermedias y 100% en capas superiores, incluso preparación de la superficie de asiento, en capas de 20/30 cm. de espesor, medido sobre perfil. Desgaste de los ángulos de los áridos < 30.			
		UDS LONGITUD ANCHURA ALTURA	PARCIALES	
	317m ³	317m ³		
			317m³	12,584€/m³339,89€
				IMPORTE 3989€

DEP0013 m³ RELLENO EN EL HUMEDAL.

Según el modelo constructivo de Quart, mediante bolos de piedra de unos 5 a 20 cm, colocados en las áreas topográficas más bajas, se configuran un tipo de humedales completamente integrados en el sistema de tratamiento de las aguas.

	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES
Humedal	400m ³	400m ³			
					400m³ 5,987€/m³ 2.395 €
					IMPORTE 2.395€

DEP0014 m³ RELLENO DE MATERIAL FILTRANTE EN LAS FASES.

Relleno localizado en las fases, las fases llevarán 4 capas, arena, grava interfase, grava y arcilla.

La arcilla sera compactada con un rodillo vibrante. Entre la arcilla y la grava gruesa irá el recubrimiento geotextil.

	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES
Fases 4	2781m ³	2781m ³			
					2781m³ 24,346€/m³ 67706,22€
					IMPORTE 67706,22€

TOTAL CAPITULO 01 MOVIMIENTOS DE TIERRAS Y RELLENOS78.069,22€

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02. EQUIPO DE INSTALACIÓN DE DEPURACIÓN				

DEP0021 m COLOCACIÓN DE LAS TUBERÍAS.

Colocación de todas las conducciones de diametro = 125 mm.Desde la entrada a la planta de pretratamiento.

	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES
Colocación de las tuberías en la planta					
De pretatamiento.	70m	70m			
					70m 27,88€/m 1951,6€
	130m	130m			
					130m 27,88€/m 3624,4€
Desde el tanque de regulación a la Fase	4m	4m			
					4m 27,88€/m 111,52€
Desde la 1ª Fase a la 2ª	1m	1m			
					1m 27,88€/m 27,88€
Desde la 2ª Fase a la 3ª	1m	1m			
					1m 27,88€/m 27,88€
Desde la 3ª Fase a la 4ª	1m	1m			
					1m 27,88€/m 27,88€
Desde la 4ª Fase al Humedal	90m	90m			
					90m 27,88€/m 2509,2€

Resto de la planta depuradora	12m	12m			
			12m	27,88€/m	334,56€

IMPORTE 9758€

DEP0022 m INSTALACIÓN DE LA RED PARA LOS GOTEOS.

Colocación de la red de conducciones de Polietileno de diametro 2 mm. en las fases de depuración.

	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES
Total de goteros en las 4 fases	900m		900m		
					900m 1,466€/gotero 1319,4€

IMPORTE 1319,4€

DEP0023 ud TANQUE DE HOMOGENEIZACIÓN.

El depósito para el tanque será de acero inoxidable y galvanizado, con suelo de hormigón. Las dimensiones elegidas para el depósito son: 14m de largo, 9m de ancho y 4,5 m. de altura. Será capaz de almacenar 110m³.

	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES
En la planta de tratamiento	1		1		
					1 28398€ 28398€

IMPORTE 28398€

DEP0024 ud COLOCACIÓN BOMBAS EN TANQUE DEHOMOGENEIZACIÓN Y FASES.

Colocación de las bombas del Tanque de Homogeneización Colocación de las bombas necesarias de la instalación 3 bombas ,la primera para llevar el agua desde el tanque hacia las fases, la 2º para llevar el agua de las fases a la laguna de almacenamiento y la 3º para los regadíos desde la laguna

	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES
Tanque de homogeneización	1		1		
					1 990€ 990€
Fases	1		1		
					1 1500€ 1500€
Riego	1		1		
					1 1010€ 1010€

IMPORTE 3500€

TOTAL CAPITULO 02 EQUIPO DE INSTALACIÓN DE DEPURACIÓN..... 42975€

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE				
CAPÍTULO 03. OBRAS CIVILES.								
DEP0031	m³ BASES DE HORMIGÓN.							
	Bases de hormigón armado HA-25 N/mm ² ., Tmáx.20 mm., consistencia plástica, elaborado en central, i/p.p. de armadura (100 kg/m ³) y encofrado de madera, vertido con pluma-grúa, vibrado y colocado. Según normas NTE-EME, EHL y EHE.							
		UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES		
Base del tanque de homogeneización		168m ³		168m ³				
						168m³	11,55€/m³	1040,4€
								IMPORTE 1040,4€
DEP0032	m² SENDERO.							
	Creación del sendero que recorrerá toda la planta de depuración.							
		UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES		
Sendero		303m ²		303m ²				
						303m²	73€/m²	21826€
								IMPORTE 21816€
DEP0033	u IMBORNAL DE PLUVIALES.							
	Imbornal de pluviales de fundición tipo BRIO norinco o similar de 570x300 mm., completo: con rejilla metálica UNE EN 124 D 400 y formación de agujeros para conexiones de tubos D= 200 mm. Colocado sobre solera de hormigón en masa HM-20/P/40/I de 10 cm. de espesor y p.p. de medios auxiliares, incluso la excavación y el relleno perimetral posterior.							
		UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES		
Todo el recinto		12		12				
						12	127€	1524€
								IMPORTE 1524€
DEP0034	u CANALETA DE PLUVIALES CON REJILLA.							
	Canaleta para recogida de aguas pluviales prefabricada de hormigón de medidas interiores 0,35 x 0,49 metros y rejilla de fundición dútil de 985x495 mm., modelo GLS RCA 50 o similar, con marco y rejilla de fundición, según norma UNE EN 124 tipo D-400, colocada sobre solera de hormigón en masa HM-20/P/40/I de 10 cm de espesor y p.p.de medios auxiliares, completamente terminada y probada.							
		UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES		
En todo el recinto		120		120				
						120	115,27€	13832,3€
								IMPORTE 13832,3€
TOTAL CAPITULO 03 OBRAS CIVILES.....								39112,7€

10.2. PRESUPUESTO PARCIAL Y MEDICIONES DE LA REVEGETACIÓN.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE				
CAPÍTULO 01. REGENERACIÓN Y RESTAURACIÓN AMBIENTAL DEL LIC								
RES001	u ATRIPLEX HALIMUX 0,15-0,25 CONT.							
	Atriplex Halimux de 0,15 a 0,25 m. de altura, suministrado en contenedor y plantación en hoyo de 0,2x0,2x0,2 m., incluso apertura del mismo a mano, abonado, formación de alcorque y primer rie- go. con una densidad de 1 Ud/m²							
		UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES		
Atriplex		1	6.300,00		6.300,00			
						6.300,00	1,51€9.513,00€	
IMPORTE 9513,00€								
RES002	u TAMARIX CANARIENSIS 0,25-0,5 CONT							
	Tamarix Canariensis de 0,25 a 0,50 m. de altura, suministrado en bandeja y plantación en hoyo de 0,3x0,3x0,3 m., incluso apertura del mismo con los medios indicados, abonado, formación de al- corque y primer riego, densidad 1 ud/m²							
		UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES		
Tamarix		1	4.200,00		4.200,00			
						4.200,00	2,42€10.164,0€	
IMPORTE 10.164,0€								
RES003	u ULMUS PUMILA PENDULA 14-16 R.D.							
	Ulmus pumila pendula de 14 a 16 cm. de perímetro de tronco y altura superior a 4 metros. Suminis- trado a raíz desnuda y plantación en hoyo de 1x1x1 m., incluso apertura del mismo con los me- dios indicados, abonado, f ormación de alcorque y primer riego, con una marco de plantación de4x4 m.							
		UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES		
Olmos 1		40			40			
Olmos 2		40	40		40			
						80,00	46,34€ 3.707,20€	
IMPORTE 3.707,20€								
RES004	u POPULUS ALBA 14-16 cm. R.D.							
	Populus alba (Álamo blanco) de 14 a 16 cm. de perímetro de tronco y altura superior a 4 metros, suministrado a raíz desnuda y plantación en hoyo de 1x1x1 m., incluso apertura del mismo con los medios indicados, abonado, formación de alcorque y primer riego.Con una marco de planta- ción de 4x4 m.							
		UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES		
Alameda 1		120			120			
Alameda 2		120			120			
						340,00	31,16€ 10.594,40€	
IMPORTE 10.594,40€								

RES005 u PHOENIX DACTYLIFERA 4-5 m. TR.CE

Phoenix dactylifera (Palmera datilera) de 4 a 5 m. de altura de tronco, suministrado en cepellón y plantación en hoyo de 1,2x1,2x1 m., incluso apertura del mismo con los medios indicados, abonado, adición de arena gruesa en el fondo del hoyo, formación de alcorque y primer riego.

	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES
Agrupación	10			10	
Frontal	18			18	
					28,00 1.136,32 €31.816,96€

IMPORTE 31.816,96€**RES006 m² MECÁN.DEL TERRENO 20 cm**

Labrado mecánico de terreno de consistencia media, comprendiendo dos pases en el sentido de las curvas de nivel de subsolador a 20 cm. de profundidad y dos pases, también en el sentido de las curvas de nivel, de arado de discos o cultivador de muelles de 20 cm de profundidad, i/ remate manual de bordes y zonas especiales

	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES
Laboreo mecánico	1,	19000		190000	
					20.900,00 0,22€ 4.598,00€

IMPORTE 4.598,00€**RES007 u PROG.PILAS.INTEMPERIE 6 ESTACIONES**

Ud. Programador electrónico de intemperie, de 6 estaciones con memoria incorporada, tiempo de riego por estación de 1 a 59 minutos, programa de seguridad de 10 minutos por estación, memoria inmortal, 3 programas de riego y 3 inicios de riego por programa e incremento de riego por porcentaje, a batería de 9 V., toma para puesta en marcha de equipo de bombeo o válvula maestra, armario y protección antidescarga, incluso fijación, instalado

	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES
Red riego	2	2		2	
					2,0076,33€ 152,66€

IMPORTE 152,66€**RES008 m TUB.PEBD ENTERRADO PE32 PN4 D=32 m m**

Tubería de polietileno baja densidad PE32, para instalación enterrada de red de riego, para una presión de 4 kg./cm², de 32 mm. de diámetro exterior, colocada en zanja, en el interior de zonas verdes, i/p.p. de elementos de unión, sin incluir la apertura ni el tapado de la zanja, instalada.

	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES
Red riego palmera	1	400		400	
					400,00 1,02€ 408,00€

IMPORTE 408,00€**RES009 u GOTERO PINCHAR AUTOCOMPENSANTE 2l/h**

Gotero de pinchar autocompensante de 2 litros/hora, colocado sobre tubería, i/perforación manual de la línea para su instalación.

	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES
Gotero	0,5	2200		2200	
					1.100,00 0,34 € 374,00€

IMPORTE 374,00€

RES010 u ARQUETA PREFABRICADA DE POLIPROPILENO

Arqueta prefabricada de polipropileno con fondo, dimensiones 55x55 cm,i/ marco y tapa, colocada.

	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES
Aqueta	2		2		
					2,00 194,68€ 389,36€

IMPORTE 389,36€

RES011 m TUB.PEBD SFCIAL PE32 PN4 D=16 m m

Riego superficial para macizos, realizado con tubería de polietileno de baja densidad de 16 mm. de diámetro, así como conexión a la tubería general de alimentación del sector de riego, sin incluir tubería general de alimentación, piezas pequeñas de unión ni los automatismos y controles.

	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES
Conexiones	1	2200000		2200000	
					2.200,00 0,50€1.100,00€

IMPORTE 1.100,00€

RES012 u HORNACINA UBICACIÓN DISPOSITIVOS DE RIEGO

Hornacina para ubicación de dispositivos de riego fabricada en ladrillo caravista enlucido, base de HM-20/20/P/I, tejadillo de teja de color rojo, de dimensiones 1,50x0,80x040 m, acabada

	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES
Hornacina ubicación riego	1		1		
					1,00 296,92€ 296,92€

IMPORTE 296,92€

TOTAL CAPITULO 01 REGENERACIÓN Y RESTAURACIÓN AMBIENTAL DEL LIC.73.114,50€

10.3. PRESUPUESTO TOTAL.

TOTAL CAPITULO 01 MOVIMIENTOS DE TIERRAS Y RELLENOS.....	78.069,22€
TOTAL CAPITULO 02 EQUIPO DE INSTALACIÓN DE DEPURACIÓN.....	42975€
TOTAL CAPITULO 03 OBRAS CIVILES.....	39112,7€
TOTAL CAPITULO 01 REGENERACIÓN Y RESTAURACIÓN AMBIENTAL DEL LIC.....	73.114,50€
TOTAL.....	233271,42€

11. PLIEGO DE CONDICIONES.

11.1. ASPECTOS GENERALES.

- **Campo de aplicación.**

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas tiene por objeto definir las obras, fijar las condiciones técnicas y económicas de los materiales y su ejecución, así como las condiciones generales que han de regir en la ejecución de las obras de la instalación de una depuradora de aguas residuales.

Asimismo, determina las normas generales y particulares de dicha ejecución, además de los criterios de medición y abono de las unidades del Proyecto.

- **Pliegos que regirán en la obra.**

La ejecución de las obras se regirá por el Pliego de Prescripciones Técnicas que se adjunta.

- **Definiciones.**

Para facilitar la comprensión del presente Pliego se acompañan definiciones auxiliares de algunos términos utilizados en el mismo. No se definen, en general, los términos que se utilizan exclusivamente en el sentido que les da la Ley de Contratos del Estado o su Reglamento y demás legislación complementaria.

- "Pliego de Bases Técnicas Generales" o **PBTG**: conjunto de Normas Técnicas y de funcionamiento que se aplican subsidiariamente al Pliego de Cláusulas Administrativas Generales y al Pliego de Bases Técnicas Particulares o al Proyecto de una obra determinada.

- "Pliego de Bases Técnicas Particulares" o **PBTP**: conjunto de normas aplicables a la ejecución de una obra concreta en el caso de que la licitación se realice por el sistema de concurso de Proyecto y construcción.

- "Proyecto": documento que la Administración presenta como base de una licitación por el sistema de Concurso de Proyecto y Ejecución. Se reservará el término de "Proyecto de Construcción" al que en los concursos de proyecto y construcción se redacta tras la adjudicación provisional para servir de base a las obras.

- "Obras" o "Trabajos": son los necesarios para la construcción definida en el proyecto o PBTP, incluyendo las instalaciones anejas a que haga referencia la licitación y todos los suministros, servicios y obras in situ que se requieren para tal fin.

- "Oferta" o "Propuesta": conjunto de documentos que el Concursante presenta a la licitación, en tiempo y forma y de acuerdo con lo establecido en el anuncio de la misma.

- "Solución Básica": es la que obligatoriamente contenida en la oferta cumple todas las prescripciones de la licitación.
- "Condiciones complementarias": son las que se acuerden entre un concursante y la Empresa Adjudicataria, como complemento de su oferta a fin de aclarar, puntualizar o definir determinados aspectos de la misma.
- "Proyecto de Construcción": define las obras y trabajos a realizar de acuerdo con la oferta y con las condiciones complementarias que se hayan establecido.
- "Contratista" o "Adjudicatario definitivo": persona o personas, naturales o jurídicas, con quien se formalice el contrato para la ejecución de las obras como base al proyecto de construcción aprobado.
- "Director de obra": facultativo nombrado como responsable de la comprobación y vigilancia de la correcta realización de las obras o trabajos contratados.
- "Dirección de obra": órgano colegiado formado por el Director de obra y sus colaboradores, en el que estos últimos desarrollan su labor en función de las atribuciones delegadas por el Director de obra.
- "Documentos de detalle", son el conjunto de:
 - "Planos de detalle": definen en toda su extensión las características físicas y geométricas de cada uno de los elementos y sistemas contenidos en el proyecto de construcción.
- "Copias de pedidos": las correspondientes a los pedidos oficiales del contratista a sus suministradores en los cuales deben figurar todas las condiciones técnicas de suministro.
- "Informes de progreso": reflejan el avance de las fabricaciones y montajes que se realizan en taller y en obra.
- "Certificados de pruebas": documentos que recogen los resultados de las pruebas efectuadas en taller o en obra como antecedente para las recepciones provisional y definitiva.
- "Hojas de envío de materiales y elementos": emitidas por un suministrador como anuncio de la salida de tales materiales o elementos desde el lugar de donde procede el suministro en dirección al lugar de las obras. Aclaran, completan y definen totalmente el proyecto de construcción durante el periodo de ejecución de las obras y trabajos.
- "Período de construcción": comienza con la comprobación del replanteo y termina cuando todos los elementos que forman parte de las obras han sido instalados y están en condiciones de iniciar su funcionamiento.

- "Período de puesta a punto": abarca desde la terminación del período de construcción hasta que las instalaciones están en condiciones de realizar la prueba general de funcionamiento con resultado satisfactorio.
- "Período de prueba general de funcionamiento": exigido por el PBTP como tiempo mínimo de funcionamiento ininterrumpido y satisfactorio de todos los sistemas instalados antes de que proceda la recepción provisional de las obras.
- "Pruebas de reconocimiento": se realizan en taller o en obra sobre elementos o sistemas parciales antes de la prueba general de funcionamiento.
- "Pruebas de rendimiento": se realizan durante el período de garantía para comprobar que las prestaciones de la planta cumplen lo exigido por la licitación y lo ofertado por el contratista.
- "Proyecto final": conjunto de descripciones, planos y condiciones que definen en detalle todas las características de las obras al término de su construcción.

11.2. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO.

- **Documentos que definen las obras.**

El Pliego de Prescripciones Técnicas establece la definición de las obras en cuanto a su naturaleza y características físicas.

Los planos constituyen los documentos gráficos que definen las obras geoméricamente. Proyecto Depuradora Simbiótica Término Municipal de Alguazas.

- **Compatibilidad y relación entre dichos documentos.**

En caso de contradicciones e incompatibilidades entre los Documentos del presente Proyecto, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Planos, tiene prelación sobre los demás documentos del Proyecto en lo que a dimensionado se refiere en caso de incompatibilidad entre los mismos.
- Pliego de Prescripciones Técnicas, tiene prelación sobre los demás en los que se refiere a los materiales a emplear, ejecución, medición y valoración de las obras.
- El Cuadro de Precios Individuales tiene prelación sobre cualquier otro documento en lo que se refiere a precios de la unidad de obra.

Lo mencionado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y omitido en los Planos y viceversa, habrá de ser considerado como si estuviese expuesto en ambos documentos, siempre que la unidad de obra esté perfectamente definida en uno u otro documento y tenga precio en el Presupuesto.

Las omisiones en Planos y Pliego de Prescripciones, o las descripciones erróneas en los detalles de la obra que sean manifiestamente indispensables para llevar a cabo el espíritu o intención expuestos en los Planos y Pliego de Condiciones, o que, por uso y costumbre deban ser realizados, no sólo no eximen al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos, sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si hubieran sido completa y correctamente especificados en los Planos y Pliego de Prescripciones.

- **Representantes de la empresa adjudicataria y el contratista.**

- Ingeniero Director de las obras: será responsable de la inspección y vigilancia de la ejecución del contrato, y asumirá la representación de la Empresa Adjudicataria frente al Contratista.

- Inspección de obras: el Contratista proporcionará al Ingeniero, o a sus subalternos o delegados, toda clase de facilidades para los replanteos,

reconocimientos, mediciones y pruebas de materiales de todos los trabajos, con objeto de comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas en este Pliego de Prescripciones Técnicas permitiendo y facilitando el acceso a todas las partes de las obras.

- Representantes del Contratista: el Contratista designará una persona que asuma la dirección de los trabajos que se ejecuten y que actúe como representante suyo ante la Administración a todos los efectos que se requieran, durante la ejecución de las obras. Dicho representante deberá residir en un punto próximo a los trabajos y no podrá ausentarse sin ponerlo en conocimiento del Ingeniero Director de las obras.

- **Alteración y/o limitación del programa de trabajos.**

Cuando del Programa de Trabajos, se deduzca la necesidad de modificar cualquier condición contractual, dicho programa deberá ser redactado contradictoriamente por el Contratista y el Ingeniero Director de las obras, acompañándose la correspondiente propuesta de modificación para su tramitación reglamentaria.

- **Disposiciones de carácter general y particular.**

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas regirá en unión con las disposiciones, normas y reglamentos que se señalan a continuación, en lo que resulte aplicable:

- Pliego de Bases Técnicas Particulares (PBTP) de la obra.

- Ley 198/1963, de 28 de diciembre, de contratos del Estado y su Reglamento (Decreto 923/1965, de 8 de abril). Ley 5/1973, de 17 de marzo, sobre modificación parcial de la Ley de Contratos del Estado y su Reglamento (Decreto 3.410/1975, de 25 de noviembre), su modificación por Real Decreto Legislativo 931/1986 de 2 de mayo y su modificación por Ley 13/1995 de 18 de mayo. Por último su modificación por el Real Decreto Legislativo 2/2000 del 16 de Junio.

- Reglamento General de Contratación del Estado (Decreto 3.410/1975, de 25 de noviembre), y su modificación por R. D. 2.528/1986 de 28 de noviembre.
- Instrucción para la recepción del cemento RC-97 aprobada por R. D. 823/1997 de 28 de mayo, con su corrección de errores (B.O.E. de 2 de agosto de 1997).
- Instrucción del Hormigón Estructural EHE (R. D. 2.661/1998 de 11 de diciembre), publicado en el B.O.E. con fecha 13 de enero de 1999.
- Pliego General de Condiciones para la recepción de los conglomerados hidráulicos (PCCH-64). Orden Ministerial de 9 de abril de 1964.
- Instrucción para la fabricación y suministro de hormigón preparado (EHPRE-72).
- Pliego General de Condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción.
- Instrucción para el proyecto y ejecución de obra de hormigón pretensado (EP-80).
- Pliego General de condiciones facultativas para tuberías de abastecimiento de aguas. Orden Ministerial de 28 de julio de 1994.
- Pliego General de Condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado por Decreto 842/2002 de 2 de agosto (BOE n ° 224 de 18 de septiembre del 2003).
- Código Técnico de la Edificación aprobado en el R. D. 314/2006, de 17 de marzo. Para la aplicación y cumplimiento de estas normas, así como para la interpretación de errores u omisiones contenidos en las mismas, se seguirá tanto por parte de la Contrata adjudicataria, como por la de la Dirección de las obras, el orden de mayor a menor rango legal de las disposiciones que hayan servido para su aplicación.

Serán de aplicación las siguientes Normas y Prescripciones Técnicas de carácter general, en tanto no sean modificadas por las condiciones particulares del presente

Pliego:

- Ley de Ordenación y Defensa a la Industria Nacional.
- Normas UNE, DIN, ASME, ASTM, ANSI y CEI a distintos tipos de materiales. -

Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos. (En lo sucesivo "RC-88"). Pretensado. (En lo sucesivo "EP-80").

- Instrucción para la Fabricación y Suministro de Hormigón Preparado. (En lo sucesivo "EHPRE-72").
- Normas para Bombeo del Hidraulic Institute (H.I.S.)
- Métodos normalizados para el examen de aguas residuales, publicados por el American Water Works Association y Water Pollution Control Federation.
- Real Decreto Legislativo 1302/1986 de 28 de junio sobre Impacto ambiental.

En el caso de que se presenten discrepancias entre algunas condiciones impuestas en las Normas señaladas, salvo manifestación expresa en contrario por parte del proyectista, se sobrentenderá que es válida la más restrictiva.

Las condiciones exigidas en el presente Pliego, deben entenderse como condiciones mínimas.

- **Confrontación de planos y medidas.**

El Contratista deberá confrontar, inmediatamente después de recibidos, todos los planos que le hayan sido facilitados, deberá informar prontamente, al Ingeniero Director sobre cualquier contradicción.

Las cotas de los planos tendrán en general, preferencia, a las medidas a escala.

Los planos a mayor escala deberán, en general, ser preferidos a los de menor escala. El contratista deberá confrontar los Planos y comprobar las cotas antes de aparejar la obra y será responsable de cualquier error que hubiera podido evitar de haber hecho la confrontación

11.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA.

- **Introducción.**

El Objeto de este Proyecto es la realización de un sistema de depuración para eliminar la carga contaminante que posee el agua de la pedanía de Zeneta, hasta unos límites de vertido concretos.

- **Datos de partida y resultados a obtener.**

Caudales y población equivalente

Los datos a los que hacen referencia (caudales y niveles de contaminación) son los datos de partida que están reflejados en el Capítulo 6 "Diseño de la planta depuradora" y son los siguientes:

- Caudales
- Caudal medio de las aguas residuales = 0,00368 m³/s.
- Caudal máximo de las aguas residuales = 0,0092 m³/s.

Resultados previstos

Línea de agua

DBO5 < 25 mg/L En nuestro caso en las fases alcanzaríamos el 95%.

SS < 120 mg/L En nuestro caso en las fases también eliminamos la mayoría de sólidos en suspensión.

11.4. CONDICIONES QUE HAN DE CUMPLIR LOS MATERIALES.

- **Procedencia de los materiales.**

Todos los materiales que hayan de ser utilizados en la obra serán suministrados por el Contratista salvo los que se hagan constar directamente en los Planos o en este Pliego de Condiciones.

El Contratista tiene libertad para obtener los materiales de los puntos que juzgue conveniente, siempre que reúnan las condiciones exigidas en el Pliego de Prescripciones de la obra.

Los materiales que se empleen en la obra habrán de reunir las condiciones mínimas establecidas en el presente Pliego. El Contratista tiene libertad para ofrecer los materiales que las obras precisen del origen que estime conveniente, siempre que ese origen haya quedado definido y aprobado en el Proyecto de Construcción. En caso contrario, la procedencia de los materiales requerirá la aprobación del Director de las Obras y su criterio será siempre decisivo en la forma estipulada en el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales ó Particulares.

Los procedimientos que han servido de base para el cálculo de los precios de las unidades de obra, no tienen más valor a los efectos de este Pliego que la necesidad de formular el presupuesto, no pudiendo aducirse por la Contrata adjudicataria que el menor precio de un material componente justifique una inferioridad de éste.

- **Movimiento de tierras. Firmes. Urbanización.**

Materiales para rellenos.

Los materiales para relleno de zanjas cumplirán las condiciones que establece el PG-3 en su artículo 330.3 para "suelos adecuados" o "suelos seleccionados". Los materiales para pedraplenes cumplirán las condiciones que para "rocas adecuadas" establece el PG-3 en su artículo 331.4.

Los materiales para rellenos localizados cumplirán las condiciones que para "suelos adecuados" establece el PG-3.

- Zahorra natural.

Los materiales de las sub-bases granulares deberán cumplir las condiciones establecidas en el PG-3 en su artículo 500.2 para condiciones de tráfico pesado y medio.

- Zahorra artificial.

Los materiales de la zahorra artificial cumplirán las condiciones establecidas en el artículo 501.2 del PG-3 y su curva granulométrica estará comprendida en los husos reseñados como Z2 ó Z3 de dicho artículo.

- Escollera.

La escollera de protección del emisario se ejecutará con materiales procedentes de voladuras en las zonas de desmonte o cantera, y cumplirá las condiciones siguientes:

- Desgaste del material al ensayo de Los Angeles, no debe ser superior al cincuenta por ciento (50%)

- No debe presentar elementos solubles en proporción superior al uno por ciento (1%) materia orgánica, en cantidad apreciable y terrones de arcilla en cantidad superior al dos por ciento (2%).

El peso y las dimensiones de la escollera cumplirán las condiciones especificadas en el artículo 652.2.2 del PG-3.

- Riegos de imprimación.

Los materiales cumplirán las condiciones que establece el PG-3 en su artículo 530.2.

- Cemento, morteros y hormigones.
- Agua.

El agua que se utilizará en la fabricación de morteros y hormigones, así como en lavados de arena, piedras y fábrica, deberá cumplir las condiciones impuestas por el artículo 27 de la EHE.

- Áridos.

Los áridos para morteros y hormigones deberán cumplir las condiciones especificadas en el artículo 28 de la EHE.

Han de ser suficientemente consistentes, capaces de resistir los agentes atmosféricos sin quebrantarse o descomponerse. Por tanto no deben emplearse áridos tales como los procedentes de rocas blandas, friables, porosas, etc., ni los que contengan nódulos de pirita, de yeso, compuestos ferrosos, etc.

Se entiende por arena o árido fino, el árido o fracción del mismo que pasa por un tamiz de 5 mm de luz de malla (tamiz 5 UNE 7050); por grava o árido grueso el que resulta retenido por dicho tamiz; y por árido total, aquél que, de por sí o por mezcla, posee las proporciones de arena y grava adecuadas para fabricar el hormigón necesario en el caso particular que se considere.

La humedad superficial de la arena deberá permanecer constante, por lo menos en cada jornada de trabajo, debiendo tomar el Contratista las disposiciones necesarias para conseguirlo, así como los medios para poder determinar en obra su valor, de un modo rápido y eficiente.

- Cementos.

El cemento será Portland artificial y cumplirá las prescripciones especificadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de cemento. Así mismo, cumplirá las prescripciones del artículo 26 de la EHE.

Se usarán cementos de los tipos I/35 ó II-Z/35, siempre que no hay peligro de ataque por aguas que contengan sulfato cálcico, o magnésico, u otros elementos agresivos para los mismos.

- Hormigones.

Los materiales para hormigones en masa o armados cumplirán las normas contenidas en el artículo 30 de la EHE.

Los sistemas de pretensado cumplirán las normas contenidas en el artículo 33 de la EHE.

- Aditivos para el hormigón.

Cualquier aditivo que se emplee deberá ser previamente aprobado por el Ingeniero Encargado de las Obras, además de cumplir lo especificado al artículo 29 de la EHE.

- Morteros.

Se utilizarán los materiales adecuados a los diferentes usos teniendo en cuenta la compatibilidad de los aglomerantes de acuerdo con la norma UNE 41.123.

- Materiales metálicos.
- Aceros para armaduras de hormigón armado.

Los aceros para armaduras de hormigón armado cumplirán las exigencias contenidas en los artículos 31 y 32 de la EHE. Las barras lisas se regirán por la norma UNE 36,097, las barras corrugadas se regirán por la norma UNE 36,088 y las mallas electrosoldadas se regirán por la norma UNE 36,092. Los productos denominados alambres corrugados se asimilan a las barras corrugadas cuando cumplen las condiciones de éstas, y se regirán por la norma UNE 36,099.

- Aceros inoxidables.

Los aceros inoxidables se regirán por las normas UNE 35.016 y 36.257.

- **Tuberías**

- Tubos en general.

Los tubos de cualquier clase o tipo serán perfectamente lisos, de sección angular o no, espesores uniformes con generatrices rectas o con la curvatura que le corresponda en los codos o piezas especiales. No se admitirán los que presenten ondulaciones o desigualdades mayores de cinco milímetros, ni rugosidades de más de dos milímetros.

En general se admitirán tolerancias en el diámetro interior del uno y medio por ciento en menos y del diez por ciento en el espesor de las paredes cumplirán lo indicado en el apartado 4 de este Pliego.

- Piezas especiales para tuberías.

Las piezas especiales tales como, tes, codos, manguitos, etc., cumplirán las condiciones exigidas a los tubos de su clase más la inherente a la forma especial de las piezas.

- **Otros materiales**

- Materiales metálicos en instalaciones y equipos.

Los materiales metálicos tendrán las limitaciones de calidad impuestas.

- Pinturas de protección de superficies metálicas.

Los tipos, calidades y espesores de las capas de pintura a aplicar a las superficies metálicas según su atmósfera de exposición, serán las definidas en el apartado correspondiente.

- Limpieza de superficies metálicas.

Las superficies de acero, antes de pintar, se prepararán mediante limpieza por chorreado abrasivo. Se regirán por la norma INTA 160705 y se conseguirá un chorreado abrasivo "a metal casi blanco" correspondiendo a un grado S a 2 1/2 de la norma SVENS STANDARD SIS 055900.

- Soldaduras.

Las soldaduras en obra se realizarán por arco. El Proyecto de Construcción definirá el tipo de electrodo a utilizar según norma UNE 14001.

- Madera.

La madera para entibaciones, apeos, cimbras, andamios y encofrados deberá cumplir las condiciones exigidas en el PG-3 en su artículo 286.1.

- Cimbras, encofrados y moldes.

Las cimbras, encofrados y moldes deberán cumplir las exigencias contenidas en el artículo 65 de la EHE.

- Instalaciones eléctricas.

Las instalaciones eléctricas en edificios, se regirán por las instrucciones MBI BT 017M 018, 019, 020, 021, 022, 023 y 024 del Reglamento Electrotécnico de baja tensión.

Los conductores tendrán una tensión de aislamiento de 0,6/1 kV, instalados bajo tubos protectores. La caída de tensión será, como máximo, del 1,5%

Serán de cobre homogéneo y de primera calidad. El cobre tendrá una dureza mínima del 99,75%. Su resistencia a tracción será:

Cobre cocido _ 20 kg/mm².

Cobre semiduro _ 30 kg/mm².

Cobre duro _ 37 kg/mm².

Tendrá una conductibilidad mínima del noventa y ocho por ciento, referida al patrón internacional. Su carga de rotura no será inferior a veinticuatro kilogramos por milímetro cuadrado, y el alargamiento permanente en el momento de producirse la rotura no será inferior al veinte por ciento.

Las tolerancias admitidas en la sección real serán del tres por ciento en más y uno y medio por ciento en menos, entendiéndose por sección la media de la medida de varios puntos de un rollo.

Si en un sólo punto la sección es del tres (3) por ciento menor que la normal, el conductor no será admitido.

Las secciones mínimas serán de 2,5 milímetros cuadrados.

- **Materiales que no satisfagan las condiciones del pliego**

Cuando los materiales no satisfagan a los que para cada caso particular se determine en los artículos anteriores, el Contratista se atenderá a lo que sobre este punto ordene por escrito el Ingeniero Encargado para el cumplimiento de lo preceptuado en los respectivos apartados del presente Pliego.

- **Materiales no especificados en este pliego**

Serán de aplicación las especificaciones expresadas para ellos en los Pliegos de Prescripciones Técnicas Generales, o en su defecto lo que ordene el Director de la Obra, el cual podrá rechazarlos si a su juicio no cumplen las cualidades requeridas para su finalidad.

11.5. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

Prescripciones generales para la ejecución de las obras.

Las obras se ejecutarán siempre atendiendo a las reglas de la buena construcción y con sujeción a las normas del presente Pliego. El Contratista deberá atenerse en todo caso a las instrucciones dadas por escrito por el Ingeniero Director de las Obras.

Movimiento de tierras, drenajes y firmes.

- Desbroce y limpieza del terreno

Antes de comenzar los trabajos se procederá, en las zonas designadas por el Ingeniero Director, a la extracción y retirada de todos los árboles, tocones, plantas, madera, broza, maderas caídas, vallas, estructuras, escombros, basura o cualquier otro material indeseable. Su ejecución consistirá en las dos operaciones siguientes:

- Excavación de los materiales indeseables.
- Retirada de los mismos.

Los materiales serán retirados por el Contratista en la forma y a los lugares que señale el Ingeniero Encargado de las obras.

- **Excavaciones en zanjas para tuberías.**

Las zanjas tendrán el ancho en la base, profundidad y taludes que figuren en el proyecto o señale la Dirección de Obra. El fondo de la zanja se nivelará cuidadosamente para que el tubo apoye en toda su longitud, completándose el rasanteo mediante una capa de arena de al menos diez centímetros de espesor. La dirección de Obra indicará en cada caso, a la vista de la calidad de terreno, la profundidad hasta la cual hay que excavar.

Los alojamientos para los enchufes o uniones de los tubos se excavarán después de que el fondo de la zanja haya sido nivelado, estas excavaciones posteriores tendrán estrictamente la longitud, profundidad y anchura necesarias para la realización adecuada del tipo particular de junta de que se trate.

Deberán entibarse aquellas excavaciones en zanja en las que por naturaleza del terreno y dimensiones de la excavación sean de temer desprendimientos, advirtiendo a la Dirección de Obra al practicar las excavaciones, en todos los casos en que puedan ser convenientes aquellas entibaciones y ateniéndose a las instrucciones que dicte al respecto. Asimismo, cuando sea necesario efectuar agotamientos en las excavaciones, estas serán a cargo del Contratista.

En todo lo demás regirá lo prescrito en los artículos 320, 321, 322 del PG3.

- **Destino de los productos procedentes de excavación.**

El Contratista propondrá a la Dirección de Obra la ubicación de los vertederos para depositar los productos procedentes de dragado, excavaciones y desmontes que no sean de empleo dentro de la misma.

- **Relleno y apisonado de zanjas para tuberías.**

No serán rellenadas las zanjas hasta que se hayan realizado todas las pruebas necesarias y lo autorice la Dirección de Obra. El relleno se ejecutará con material granular de cantera. Estos materiales se depositarán en capas de veinte centímetros de espesor, sensiblemente horizontales, las cuales se apisonarán cuidadosamente, pero con energía mediante pisonos manuales o mecánicos hasta que la tubería esté cubierta por un espesor de sesenta centímetros para las tuberías de fibrocemento. En esta primera fase del relleno, el apisonado se hará empezando por los lados de los tubos y continuando luego por encima de éstos.

El resto de material de relleno será depositado y apisonado después, en la misma forma, salvo cuando el espacio lo permita.

Los materiales de cada tongada serán de características homogéneas y si no lo fueran se conseguirá esta uniformidad mezclándolas convenientemente.

- **Sub-base granular de zahorra natural.**

La ejecución deberá cumplir las condiciones impuestas en el PG-3 en su artículo 500.3. Las tolerancias de la superficie acabada serán las contenidas en el artículo 500.4 del PG-3, siendo las limitaciones de la ejecución las citadas en ese artículo.

- **Afirmado de calles y camino de acceso.**

El firme de las calles estará constituido por las capas de base granular de zahorra artificial, tipo Z-1, de 20 cm de espesor. Una vez extendidas, se pasará un cilindro compactador cuantas veces sea necesario, rectificando la forma de la superficie si fuera preciso.

La base granular se compactará al 100% del Ensayo Proctor Modificado, rigiendo en todo caso lo previsto en el artículo 501 del PG-3.

A continuación se dispondrá la capa superficial (de 5 cm de aglomerado que figura en los planos) con el esmero indispensable para su perfecto acabado y para que quede bien unida la superficie exterior, alternando con riego y pases de cilindro hasta completar la consolidación. El peso del cilindro a utilizar deberá ser aprobado por la Dirección de Obra.

Se atenderá a lo indicado en los artículos 542.5, 542.7 y 542.8 del PG-3 en cuanto a tolerancias y limitaciones de ejecución.

El riego de imprimación se ejecutará con emulsión asfáltica tipo EC1 con una dosificación de 1,5 kg/m².

El aglomerado asfáltico será del tipo G-20 para la capa de rodadura.

En todo caso rige lo previsto en el artículo 542 del PG-3.

Hormigones y estructuras

- **Encofrado y desencofrado.**

El Contratista deberá presentar al Director de Obra los planos de los encofrados a utilizar y los cálculos de tensiones y deformaciones de los mismos, así como el programa de encofrado.

En los cálculos, materiales y ejecución deberán seguirse las normas contenidas en este Pliego y los correspondientes artículos del PG-3 e instrucciones EHE y EP-93.

Se autorizará el empleo de tipos y técnicas especiales de encofrado cuyo comportamiento y resultados estén sancionados por la práctica, debiendo justificarse la eficacia de aquellos otros que se propongan y por su novedad carezcan de garantías.

El replanteo de los encofrados será realizado por el personal técnico del Contratista, con error menor de treinta milímetros en planta y de un cinco por mil en la inclinación del paramento.

No se desencofrará ningún elemento de la obra antes que el hormigón haya adquirido una resistencia tres veces superior a los esfuerzos a que ha de quedar sometido después de desencofrado.

No se admitirán irregularidades en las superficies encofradas superiores a:

- 5 mm para superficies vistas.
- 20 mm para superficies ocultas.

En ambos casos medidas respecto de una regla o escantillón de dos metros de longitud, situada en una dirección cualquiera.

- **Hormigones.**

Se considerará los siguientes tipos de hormigones:

- Hormigón en masa de 125 kg/cm² de resistencia característica para fondos de cimentación y rellenos.
- Hormigón en masa de 200 kg/cm² de resistencia característica para cimientos y alzados.
- Hormigón para armar de 250 kg/cm² de resistencia característica.

La resistencia característica deberá ser la mínima obtenida en el ensayo de rotura a compresión en probeta cilíndrica a los veintiocho días.

- Características de los hormigones.

La mínima densidad que se admitirá para los hormigones será de dos con cuatro (2,4), determinándose con probetas de hormigón que se emplee en las distintas partes de la obra. Para los hormigones sumergidos se empleará una dosificación mínima de 400 kg/m³ de cemento con una relación A/C < 0,5 siendo responsabilidad del contratista el estudio de la dosificación y tipo de cemento a emplear que se someterá a la aprobación de la Dirección de la obra.

En los hormigones que por su lugar de empleo, hayan de ser impermeables se tendrá especial cuidado en conseguir una perfecta impermeabilidad que deberá cumplirse sin desatender la condición de resistencia, especialmente en cuanto a las juntas de hormigonado. Se pondrá especial cuidado en mantener el recubrimiento de armaduras.

Con carácter general la Dirección de obra dictará en cada caso las normas a seguir para que se consigan la resistencia e impermeabilidad necesarias y ejecutará para ello los ensayos que estime convenientes, debiendo el Contratista facilitar los medios necesarios para los mismos.

- Control de los hormigones Ensayos previos.

Los ensayos previos se realizarán en laboratorios para establecer la dosificación del hormigón siempre que éste se fabrique en obra. Solo cuando el constructor pueda justificar, por experiencias anteriores, que con los materiales, dosificación y proceso de ejecución previstos es posible conseguir un hormigón que posea las condiciones exigidas en particular la resistencia característica, se podrá prescindir de los citados ensayos previos.

Los ensayos previos se realizarán de acuerdo con lo indicado en el artículo 67 de la EH-91 y de los resultados se proporcionarán copias al Director de la Obra.

- Ensayos característicos.

Los ensayos característicos serán preceptivos salvo en el caso de emplear hormigón preparado o de que se posea experiencia previa suficiente con los mismos materiales y medios de ejecución. Estos ensayos tienen por objeto comprobar, antes del consumo del hormigonado, que la resistencia, característica real del hormigón que se va a colocar en obra no es inferior a la de proyecto.

Los ensayos característicos se realizarán de acuerdo con lo indicado en la EHE sobre probetas procedentes de seis masas diferentes de hormigón cada tipo que haya de emplearse enmoldando tres probetas por masa, las cuales se ejecutarán conservarán y romperán según los métodos de la norma UNE 833301/84, UNE 83303/84 y UNE 83304/84.

Con los resultados de la rotura se calculará el valor medio correspondiente a cada amasada, observándose la serie de seis resultados medios:

$$X1 < X2 < X3 < X4 < X5 < X6$$

El ensayo característico se considera favorable si se verifica:

$$X1 + X2 - X3 > f_{ck}$$

En cuyo caso se aceptará la dosificación y el proceso de ejecución correspondientes.

En caso contrario no se aceptará la dosificación, introduciéndose las oportunas correcciones y retrasándose el comienzo del hormigonado hasta que, como consecuencia de nuevos ensayos característicos, se llegue a dosificaciones procesos aceptables.

- Ensayos de control.

Los ensayos de control son preceptivos en todos los casos y tienen por objeto comprobar, a lo largo de la ejecución, que la resistencia característica del hormigón de la obra es igual o superior a la de proyecto.

Se prevé el siguiente control estadístico de hormigón:

- Control de nivel normal.

En ambos casos los ensayos se realizarán sobre probetas ejecutadas en obra, conservadas, refrentadas y rotas según UNE 83301/84, UNE 83303/84 y UNE 83304/84. Los ensayos de control del hormigón, serán realizados por laboratorios que cumplan lo establecido en el Real Decreto 1 230/1.989 de 13 de octubre de 1.989 y disposiciones que lo desarrollan.

Los ensayos de control se realizarán de acuerdo con lo indicado en el artículo 81 de la EHE.

- Puesta en obra de los hormigones.

La puesta en obra del hormigón se efectuará de manera que no se disgregue, utilizando para ello los medios y procedimientos que sean mas apropiados, evitándose en lo posible el movimiento lateral del hormigón durante las operaciones de manejo y colocación y limitándose la altura de caída cuando pueda producirse una apreciable segregación.

En el caso del hormigón sumergido para protección del emisario, el contratista propondrá a la Dirección de la obra el sistema de colocación.

- Paramentos de hormigón.

Los paramentos deben quedar lisos, con formas perfectas y buen estado sin defectos o rugosidades.

En los paramentos que en el Proyecto se califiquen de "hormigón visto" no podrá aplicarse enlucido en ningún caso sin previa autorización escrita de la Dirección de Obra. La máxima irregularidad que deben presentar los paramentos planos, medida respecto a una regla de dos metros de longitud, aplicada en cualquier dirección, será de 6mm en superficies vistas y 25 mm en superficies ocultas.

Todas las aristas que a juicio de la Dirección de Obra, que sea necesario efectuar, para limpiar o enlucir las superficies, por acusarse en ellas las irregularidades de los encofrados o presentar aspectos defectuosos, lo serán por cuenta del Contratista.

- Piezas prefabricadas.

Los materiales que componen la unidad de obra deberán cumplir las condiciones exigidas para aceros y hormigones del presente pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

Las piezas prefabricadas se ajustarán a las formas y dimensionamientos especificados en los planos. El hormigón a emplear será como mínimo de resistencia característica 250 kg/cm².

Para el montaje de las piezas se procederá, de acuerdo con lo que indica en el del PG-3. En cualquier caso, el Contratista propondrá al Ingeniero Director para su aprobación, si procede, la maquinaria a emplear en el montaje de las piezas.

Al menos en una pieza de cada tipo se realizará, con cargo al Contratista, un ensayo a rotura de la pieza.

- **Arquetas.**

Las arquetas serán de hormigón o fábrica de ladrillo con la forma y dimensiones señaladas en los planos.

En la unidad de obra quedan incluidos:

- La excavación necesaria para el emplazamiento de la obra y el posterior relleno.
- Los materiales y operaciones necesarias para la realización de las arquetas y el recibido de sus correspondientes tapas de fundición.
- La puesta en obra y los materiales y operaciones necesarias para su unión con el resto de la obra, así como el mortero de asiento.
- La limpieza y mantenimiento de las arquetas hasta el fin de la obra.
- Cualquier trabajo, maquinaria, material o elemento auxiliar necesario para la correcta y rápida ejecución de esta unidad de obra.

Los materiales de que están formados cumplirán lo que, sobre los mismos, se indique en el en el presente Pliego, o en su defecto en el PG-3.

La preparación del lugar de ubicación de las arquetas y su colocación o construcción se realizará de acuerdo con las condiciones señaladas en los planos y siguiendo las instrucciones que al respecto fije el Ingeniero Director.

La ejecución del relleno se realizará una vez que las uniones de los tubos y su apoyo estén en condiciones de aguantar el peso de las tierras y otras cargas que puedan actuar.

El relleno y la compactación se realizarán por tongadas de diez centímetros, ejecutadas con sumo cuidado, empleando en ello apisonadoras planas a mano o bien, compactadores ligeros.

- **Aceros estructurales.**

- **Acero en armaduras.**

Los aceros a emplear serán barras corrugadas de acero AEH-500N de límite elástico $f_{yk} = 5.100 \text{ kg/cm}^2$, cumplirán las especificaciones exigidas en la instrucción EHE y las recogidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales PG-3.

- **Tuberías**

Tanto en lo que respecta a las cualidades que deben reunir los materiales, como los propios tubos, uniones, juntas, llaves, piezas especiales, y a los ensayos correspondientes, deberán tenerse en cuenta las especificaciones del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Saneamiento de Poblaciones (PPTGTSP), aprobado por Orden Ministerial de Septiembre de 1.986, y el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de abastecimiento de agua, aprobado por O.M. de julio de 1974, en lo que se refiere a tuberías de presión de fibrocemento.

Cumplirán todas las especificaciones recogidas en el capítulo 7 del citado Pliego para Saneamiento y las del capítulo 6 para Abastecimiento. Serán obligatorias las pruebas en fábrica especificadas en ellos, que sean de aplicación a las tuberías de fibrocemento (UNE 88.211).

Las tensiones unitarias de rotura comprobadas de acuerdo con dichos ensayos serán superiores a los valores fijados en los Pliegos.

Los tipos de junta a utilizar para las conducciones en presión serán los manguitos de fibrocemento (RK) de acuerdo con la norma DIN 19.800, con gomas de estanqueidad y tacos separadores de goma dura.

Los codos, térs, pozos y demás piezas especiales necesarias serán de fibrocemento, salvo para aquellos casos particulares, según lo indicado en los documentos del Proyecto, en los cuales se requiera resistir los esfuerzos específicos derivados de sus especiales características hidráulicas, que serán del material especificado en el Proyecto de tal forma que se obtengan unos coeficientes de seguridad no inferiores a los exigidos para la clase de tubo en que deban ser montados.

La Dirección de Obra podrá autorizar el empleo de piezas especiales conformadas a partir de otros materiales, siempre que se justifique el cumplimiento de lo previsto en el párrafo anterior y lo especificado en los respectivos Pliegos de los correspondientes materiales.

La utilización de materiales distintos de los señalados y de uso no frecuente en conducciones de saneamiento, se regirá por lo previsto en el PPTGTSP y en el PPTGTAA.

Los tubos se construirán con cemento, fibras naturales o sintéticas y agua, por arrollamiento sucesivo de finas capas de mezcla sobre mandril de acero de superficie pulimentada, hasta conseguir el espesor necesario para que los tubos cumplan las exigencias del proyecto en cuanto a resistencia mecánica por cargas externas de aplastamiento.

Estarán esencialmente constituidos por cemento reforzado con fibras de amianto crisotilo, con o sin adición de otras fibras, o con otras fibras sin componente de crisotilo.

Se podrán añadir cargas o pigmentos que no perjudiquen su calidad. Se admitirán tubos tratados en autoclave, en los cuales el cemento es parcialmente sustituido por sílice en polvo, para obtener una reacción silico-calcárea.

Los tubos deben presentar una superficie interior regular lisa, permitiéndose pequeñas irregularidades que no mermen la calidad intrínseca ni funcional de los tubos. La superficie exterior del tubo en la zona donde vaya a estar situado el anillo elastómero de estanqueidad de la junta deberá estar libre de cualquier irregularidad que pueda afectar a dicha estanqueidad.

La forma de los extremos del tubo deberá ser definida por el fabricante en función del tipo de junta a utilizar.

En determinadas condiciones de agresividad de los terrenos o aguas a transportar por las tuberías, y bajo pedido, los tubos podrán estar revestidos interior y/o exteriormente con una protección adecuada. La naturaleza del revestimiento a utilizar deberá ser definida por el fabricante y aprobada por el Ingeniero Director de la Obra.

Los tubos de saneamiento se clasificarán en función de su carga de rotura al aplastamiento.

Los tubos de presión se clasifican según su presión de trabajo.

Las cargas mínimas de rotura para las cuatro series señaladas en la tabla 14. están basadas en una carga por unidad de superficie. En la tabla 1 se recoge la clasificación para tuberías de presión.

Tabla 14.

Serie Carga por unidad de superficie

S1 40 kN/m²

S2 60 kN/m²

S3 90 kN/m²

S4 120 kN/m²

- **Clasificación tuberías de Saneamiento.**
- **Diámetros nominales y espesores.**

Tolerancias dimensionales

a) Sobre el diámetro exterior en la parte interesada por el anillo elastómero de estanqueidad:

El diámetro exterior se medirá con un calibre o pié de rey con una precisión de una décima (0,1) de milímetro.

La tolerancia de este diámetro será fijada por el fabricante en función del tipo de junta utilizado y teniendo en cuenta las tolerancias que puede admitir dicha junta.

b) Sobre la regularidad del diámetro interior: La regularidad del diámetro interior de los tubos de diámetro nominal inferior a 500 mm debe verificarse por medio de una esfera o de un disco, de materia indeformable por la acción del agua y que debe pasar libremente por el interior del tubo.

El disco debe mantenerse perpendicular al eje del tubo. El diámetro de la esfera o del disco será igual a $0,99 d - 2,5$ mm siendo "d" el diámetro nominal, expresado en milímetros.

La regularidad del diámetro interior de los tubos iguales o mayores a 500 mm se comprobará midiendo en cada extremo tres diámetros desplazados un ángulo de aproximadamente 60° con una precisión de más menos un milímetro (+1 mm).

Ninguno de los diámetros medios debe ser inferior al valor obtenido aplicando la fórmula anterior.

c) Sobre el espesor nominal de las paredes. El espesor de pared se medirá utilizando un micrómetro de puntas semiesféricas con una precisión de una décima (0,1) de milímetro.

Las tolerancias negativas admisibles serán las siguientes:

En los extremos mecanizados:

- para espesor nominal hasta 10 mm -1,5mm

- superior a 10 mm hasta 20 mm -2,0mm
- superior a 20 mm hasta 30 mm -2,5mm
- superior a 30 mm hasta 60 mm -3,0mm
- superior a 60 mm hasta 90 mm -3,5mm
- superior a 90 mm -4,0mm
- **En el cuerpo del tubo.**

En ningún punto el espesor será inferior al obtenido aplicando al espesornominal, las tolerancias fijadas en el párrafo anterior.

Nota: La tolerancia positiva será libre.

- **Características mecánicas.**

- **Flexión**

La resistencia específica de rotura a flexión longitudinal (prueba facultativa, exigible solamente para tubos de diámetros nominal menor o igual a 150 mm) deberá resistir una carga absoluta mínima de rotura a flexión longitudinal de 6 kN.

- **Presión interior**

La red general de saneamiento en gravedad está proyectada de manera que no tenga que soportar presión interior. Sin embargo, como medida de seguridad ante posibles obstrucciones de alguna tubería, deberá resistir una presión interior de 1 kp/cm². La presión nominal de las tuberías de presión de fibrocemento será de 20 atm, por lo que la presión de trabajo será como mínimo 10 atm (Clase D).

- **Junta**

La junta Rk, o similar, será el elemento de unión en completa estanqueidad de la tubería y reúne tubos terminados lisos desde 200 hasta 1.200 mm de diámetro. Se compone de un manguito de fibrocemento al cual se le han practicado unas acanaladuras, dos anillos de goma de estanqueidad multilabiadas, consiguiéndose la estanqueidad por la compresión de los dos anillos de goma multilabiado sobre el torneado de ambos tubos, y, si existe presión interior del agua, ésta favorecerá dicha compresión.

El perfil interior de las gomas tendrá múltiples dientes, repitiéndose la estanqueidad en cada diente y, resolviendo, por tanto, la interposición de sólidos en las superficies de contacto.

- **Colocación de tuberías. Pruebas**

La manipulación de los tubos en fábrica y transporte a obra deberá hacerse sin que sufran golpes o rozaduras. Se depositarán sin brusquedades en el suelo, no dejándolos caer; se evitará rodarlos sobre piedras y, en general, se tomarán las precauciones necesarias para su manejo, de tal manera que no sufran golpes de importancia.

Para el transporte, los tubos se colocarán en el vehículo en posición horizontal y paralelamente a la dirección del medio de transporte. Cuando se trate de tubos de cierta fragilidad o en transportes largos, sus cabezas deberán protegerse adecuadamente. La recepción de las tuberías en la obra debe hacerse con detenimiento. Cualquier anomalía que pudiera detectarse, será motivo de consideración a quien proceda, tomándose las precauciones necesarias para apartar el material que ofrezca dudas sobre su utilización.

El Contratista deberá someter a la aprobación del Director de Obra el procedimiento de descarga en obra y manipulación de los tubos.

Se ha de considerar también que dentro de la tubería de pequeño diámetro, pueden llegar a obras partidas paletizadas, para facilitar su descarga con equipo mecánico. No se admitirán para su manipulación dispositivos formados por cables desnudos ni por cadenas que estén en contacto con el tubo. El uso de cables requerirá un revestimiento protector que garantice que la superficie del tubo no quede dañada.

Si la descarga se hiciera con equipo mecánico, lo que es aconsejable por la mayor seguridad tanto para el personal como para la tubería, deberá disponerse de eslingas o crucetas metálicas que faciliten el enganche y suspensión de los tubos. Entre los aparejos es preferible el de tipo vertical.

Al proceder a la descarga conviene hacerlo de tal manera que los tubos no se golpeen entre sí o contra el suelo. Los tubos se descargarán, a ser posible, cerca del lugar donde deben ser colocados en la zanja y de forma que puedan trasladarse con facilidad al lugar de empleo.

Se evitará que el tubo quede apoyado sobre puntos aislados.

Tanto en el transporte como en el apilado se tendrá presente el número de capas de tubos que puedan apilarse de forma que las cargas de aplastamiento no superen el cincuenta por ciento de las de prueba de la tubería. El apiñamiento será en forma de pirámide truncada, con una altura máxima de tres metros cuando se utilicen procedimientos mecánicos en la descarga o una altura máxima que no exceda el alcance y seguridad del personal cuando se utilicen procedimientos manuales de descarga.

Se recomienda, siempre que sea posible, descargar los tubos al borde de zanja, para evitar sucesivas manipulaciones. En el caso de que la zanja no estuviera abierta todavía se colocarán los tubos, siempre que sea posible, en el lado opuesto a aquel en que se piensen depositar los productos de la excavación y de tal forma que queden protegidos del tránsito, de los explosivos, etc.

Se recomienda que no transcurran más de ocho días entre la excavación de la zanja y la colocación de la tubería.

El acopio de juntas, piezas y sus equipos de gomas y lubricante deben responder a un planteamiento adecuado a sus características. Como recomendación general es conveniente el almacenamiento a cubierto. Esta recomendación es especialmente importante para las gomas, que deberán conservarse al abrigo de la luz, y a temperaturas entre 5° y 35°.

En el caso de terrenos arcillosos o margosos de fácil meteorización, si fuese absolutamente imprescindible efectuar con más plazo la apertura de las zanjas, se deberá dejar sin excavar unos veinte centímetros sobre la rasante de la solera para realizar su acabado en plazo inferior al citado.

Las conducciones de saneamiento se situarán en plano inferior a las de abastecimiento, con distancias vertical y horizontal entre una y otra no menor de un metro, medido entre planos tangentes, horizontales y verticales a cada tubería más próxima entre sí. Si estas condiciones no pudieran mantenerse justificadamente o fueran precisos cruces con otras canalizaciones, deberán adaptarse precauciones especiales.

El fondo de las zanjas se rellenará con un material granular cuyo tamaño máximo de los granos no exceda de cinco milímetros en su máxima dimensión.

El fondo de la zanja deberá ser de pendiente uniforme, evitando todo tramo horizontal, nivelando una por una la longitud de cada tubo.

En la manipulación de los tubos para el montaje de tubería se tendrá en cuenta lo prescrito en el PPTGTSP y en el PPTGTAA.

Antes de bajar los tubos a la zanja se examinarán éstos y se apartarán los que presenten deterioros.

Una vez los tubos en el fondo de la zanja, se examinarán nuevamente para cerciorarse de que su interior está libre de tierra, piedras, útiles de trabajo, etc., y se realizará su centrado y perfecta alineación, conseguido lo cual se procederá a calzarlos y acodarlos con un poco de material de relleno para impedir su movimiento.

Cada tubo deberá centrarse perfectamente en el adyacente. Si se precisase reajustar algún tubo, deberá levantarse el relleno y prepararlo como para su primera colocación. Las tuberías y zanjas se mantendrán libres de agua. Para ello es buena práctica montar los tubos en sentido ascendente asegurando el desagüe en los puntos bajos. Al interrumpirse la colocación de la tubería se evitará su obstrucción y se asegurará su desagüe, procediendo no obstante esta precaución, a examinar con todo cuidado el interior de la tubería al reanudar el trabajo, por si pudiera haberse introducido algún cuerpo extraño en la misma.

Se deberá probar, al menos, el diez por ciento de la longitud de la red. El Director de Obra determinará los tramos que deberán probarse.

Una vez colocada la tubería de cada tramo, construidos los pozos y antes del relleno de la zanja, el Contratista comunicará al Director de Obra que dicho tramo está en condiciones de ser probado. El Director de Obra, en el caso de que decida probar ese tramo, fijará la fecha. En caso contrario, autorizará el relleno de la zanja.

La prueba se realizará obturando la entrada de la tubería en el pozo de aguas abajo y cualquier otro punto por el que pudiera salirse el agua; se llenará completamente de agua la tubería y el pozo de aguas arriba del tramo a probar.

Transcurridos treinta minutos del llenado se inspeccionarán los tubos, las juntas y los pozos, comprobándose que no ha habido pérdida de agua.

Todo el personal, elementos y materiales necesarios para la realización de las pruebas serán de cuenta del Contratista.

Excepcionalmente, el Director de Obra podrá sustituir este sistema de prueba por otro suficientemente constatado que permita la detección de fugas.

Si se aprecian fugas durante la prueba, el Contratista las corregirá, procediéndose a continuación a una nueva prueba. En este caso, el tramo en cuestión no se tendrá en cuenta para el cómputo de la longitud total a ensayar.

Para proceder al relleno de las zanjas se precisará autorización expresa del

Director de Obra. Generalmente no se colocarán más de cien metros de tubería sin proceder al relleno, al menos parcial, para protegerlos en lo posible de los golpes.

Cuando por circunstancias excepcionales en el montaje de la tubería tengan que colocarse apoyos aislados, deberá justificarse y comprobarse el comportamiento mecánico, habida cuenta la presencia de tensiones de tracción. Por otra parte, la forma de enlace entre tubería y apoyo se ejecutará de manera que se garantice el cumplimiento de las hipótesis del proyecto.

Finalmente, y una vez conseguidas las densidades requeridas al relleno de las zanjas, se repondrá la capa superior de tierra vegetal con un espesor mínimo de quince centímetros o el paquete de afirmado, cuidando especialmente las juntas y el enrase con el resto del pavimento.

Una vez finalizada la obra y antes de la recepción, se comprobará el buen funcionamiento de la red vertiendo agua en los pozos de registro de cabecera, verificando el paso correcto de agua en los pozos de registro aguas abajo.

El Contratista suministrará el personal y los materiales necesarios.

- **Instalaciones y equipos.**
- **Generalidades.**

Siempre que sea posible se instalarán equipos análogos cuyos componentes unitarios sean intercambiables a fin de reducir el número de repuestos.

Los equipos mecánicos deberán ser fácilmente revisables y accesibles, por lo cual se deberá prever espacio suficiente para su reparación o sustitución.

Cuando el peso unitario de algún elemento lo requiera, se preverán sistemas para su izado y manejo. La naturaleza de estos elementos auxiliares será proporcionada a su función y a la frecuencia de la misma.

La instalación de los equipos se hará en forma que se eviten vibraciones, trepidaciones o ruidos. El nivel de ruidos en la sala de máquinas y en el conjunto de la instalación no llegará a convertir la zona en un área molesta, por lo que, cuando sea necesario, se deberá prever un aislamiento acústico para la absorción de aquéllos.

- **Órganos de cierre y regulación.**

La disposición de los órganos de cierre y regulación de caudal deberá ser tal que el personal de mantenimiento pueda acceder fácilmente y con seguridad al mecanismo de accionamiento de aquéllos.

Las válvulas y compuertas accionadas por servomotores eléctricos o neumáticos llevarán un equipo de accionamiento manual para apertura y cierre de las mismas.

Estarán dotadas de dispositivos limitadores y de seguridad. Si alguna válvula o compuerta gobernada automáticamente no llevara equipo de accionamiento manual por causa justificada y aprobada por el Director de las Obras, el Contratista suministrará y montará dos unidades de aislamiento y una derivación dotada de una tercera para la totalidad del caudal. Todos los órganos de cierre y regulación llevarán señalización externa de su posición.

Toda superficie metálica en contacto permanente con el agua será de acero galvanizado ó inoxidable.

- **Rejilla de separación de sólidos.**

El enrejillado será de perfiles de acero laminado tipo S275, con pletinas de 45 ×5 mm. Llevará una protección mediante galvanizado en caliente. La separación entre pletinas será de 60 mm.

- **Bombas.**

El Contratista someterá a la aprobación del Director de Obra las especificaciones técnicas de cada bomba incluyendo, como mínimo, las siguientes:

- Marca

- Capacidad

- Altura Total (TDH)
- Potencia requerida por la bomba
- Rendimiento
- Curva caudal-altura y punto de trabajo
- NPSH requerido en el punto de trabajo.

Las tuberías de descarga llevarán incorporadas una conexión con tapón roscado para la medida de presión.

En las bombas horizontales también lo llevarán las tuberías de aspiración.

Cuando las bombas sean superiores a 10 CV, se incluirán manómetros en dichas conexiones.

Se dispondrán válvulas en la descarga de cada bomba para su aislamiento, en caso de que quede fuera de servicio.

Se indicará el tipo de cojinetes adaptados y el sistema de lubricación previsto, así como la máxima temperatura y el tipo de protección y alarma previstos para cada cojinete.

Los cojinetes se dimensionarán para permitir una duración de 100.000 horas en bombas de utilización continua y 50.000 horas en bombas de utilización intermitente.

Los alojamientos de los cojinetes serán estancos a la humedad y a las materias extrañas. Las bombas se diseñarán de forma que los cojinetes sean de fácil acceso para su mantenimiento y sustitución.

Se indicarán, en su caso, el caudal y calidad del agua de sellado y refrigeración de los prensaestopas.

Las purgas de las bombas serán conducidas al sistema de drenaje.

El Contratista especificará el tipo y la calidad de los materiales empleados en la fabricación de las bombas, (especialmente los relativos a su carcasa, rodete, eje y anillos de estanqueidad), teniendo en cuenta el servicio específico de cada una y poniendo una especial atención a la compatibilidad química y galvánica y a la prevención de erosiones y corrosiones.

Los ejes estarán cuidadosamente mecanizados en toda su longitud, poniendo especial cuidado en el acabado de las zonas de apoyo. Además, estarán provistos de camisas en las zonas de desgaste.

Cada conjunto de bomba y motor irá provisto de orejetas o cáncamos de elevación fijos, para facilitar su instalación y funcionamiento.

Los materiales de los distintos elementos cumplirán las condiciones siguientes:

- Carcasa: Fundición nodular u otro material que proponga el licitador, justificándolo debidamente y que sea aceptado por el Director de las Obras.
- Eje: Acero inoxidable.
- Rodetes: Bronce o acero inoxidable.
- Cierre: Mecánico, salvo en aquellos que trasieguen arenas o líquidos cargados con partículas abrasivas.

Las bombas serán montadas de tal forma que sus acoplamientos de entrada y salida del líquido impulsado no soporte tensiones producidas por las tuberías acopladas.

Si una bomba requiere, como parte de su mantenimiento preventivo, la limpieza e inspección periódica del interior de la carcasa, ésta deberá poder hacerse sin recurrir al desmontaje del motor de accionamiento ni de la propia carcasa.

Cualquier bomba instalada en la planta dispondrá de las válvulas de aislamiento correspondientes además de las antirretorno que precise.

Se asegurará, mediante los soportes adecuados y los elementos elásticos correspondientes, que las máquinas no soporten tensiones ni transmitan vibraciones a las tuberías.

Se dispondrá para cada máquina la oportuna conexión para termómetro y manómetro, así como manómetro fijo bien visible desde el exterior, indicador de la presión de la red principal.

Las máquinas rotativas mayores de 25 CV no deberán sobrepasar las 2.000 r.p.m. debiendo justificarse en caso contrario la inexistencia de las mismas en el mercado.

El Contratista expondrá cuidadosamente las características detalladas de los equipos, edificios y tuberías e instalaciones, que han sido objeto de los párrafos anteriores.

La Dirección de Obra podrá exigir en cualquier caso la instalación de los elementos accesorios que aseguren el cumplimiento de las normas antes señaladas dentro del precio del conjunto de la instalación ofertada.

- **Tuberías de acero.**

El tendido de las tuberías se hará dotándolas del número necesario de soportes, anclajes, juntas de dilatación, etc., que asegure un funcionamiento sin vibraciones.

La flecha máxima admisible en el centro de vanos entre apoyos será 1/1000 de la longitud entre soportes, medida con la tubería en funcionamiento.

No se colocarán en ningún caso tuberías al nivel del suelo ni a menos de 1,90 m del piso en los sitios de paso, salvo en galerías donde, debidamente señalizadas se admitirá el cruce de tuberías cuya generatriz inferior distará del suelo una distancia mínima de 1,70 m.

La distancia mínima de cualquier generatriz a la base o paramentos no bajará de los 15 cm.

Solo se admitirán tuberías enterradas en casos especiales, con aprobación previa por parte del Director de las Obras.

La disposición general de las tuberías debe permitir una operación y mantenimiento cómodos de cada máquina en particular y la instalación en general.

Las velocidades en las tuberías de agua no deberán pasar de 1 m/s por cada 25 mm de diámetro con un máximo de 2,4 m/s.

El material de las tuberías de acero será del tipo A 410 según Norma UNE 36.080. Los accesorios, como bridas, codos, reducciones, etc., serán construidos de acuerdo con la norma DIN, siendo las bridas planas.

La relación de diámetro de tubería a espesor de la chapa será superior a doscientos (200) y el espesor será siempre igual o mayor a cinco (5 mm) en tuberías de diámetro igual o menor de trescientos (300 mm) y de seis (6 mm) para tuberías de diámetro superior a trescientos (300 mm).

El radio mínimo de los codos será vez y media del radio interior de la tubería. La longitud de los conos será como mínimo, siete (7) veces la diferencia de los diámetros máximo y mínimo de los conos.

Los entronques de tuberías de diámetro superior a trescientos (300 mm) se rigidizarán con esfuerzos a base de baberos. Como mínimo, el espesor de babero será cuatro (4) veces el de la tubería de mayor espesor.

Los entronques de tuberías de diámetros inferiores a trescientos (300 mm), o si una de las tuberías es de diámetro inferior a trescientos (300 mm), se rigidizará con refuerzos planos cuyo espesor no será inferior al de la chapa de la tubería de mayor diámetro.

No se permitirá soldadura directa de codos, conos, reducciones, etc., a bridas.

La unión se hará mediante un carrete cilíndrico, cuya longitud no será inferior a cien (100 mm).

Los codos serán estirados, sin soldadura, hasta un diámetro de 250 mm, a partir del cual podrán ser codos sectores.

La preparación de chapas y su soldadura para la formación de virolas será ejecutada en taller, por procedimientos automáticos o semi-automáticos.

- **Protección de tuberías.**

Para la protección anticorrosiva de las tuberías se tendrán en cuenta los factores y recomendaciones indicadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales del M.O.P.U. para tuberías de abastecimiento de agua, aprobado el 28 de julio de 1.974.

- **Tornillería.**

Todos los tornillos que se utilicen en la instalación serán de acero inoxidable.

Las dimensiones y roscas estarán de acuerdo con las normas DIN.

- **Protección anticorrosiva.**

Como norma general se realizará un decapado en caliente seguido de un galvanizado; todos los elementos normalizados (motores, soportes, cojinetes, etc.) deberán pintarse según normas del fabricante.

Las partes mecanizadas deberán estar protegidas con barniz especial antioxidante. Todas las superficies que deban ir pintadas se prepararán adecuadamente antes de la aplicación de cualquier material. Se tendrá especial cuidado en eliminar la herrumbre, polvo, escorias de soldadura y todos aquellos contaminantes que puedan dañar la pintura.

Antes de realizar la limpieza mecánica, se eliminarán de todas las superficies el aceite, grasa y marcas de tiza. También se quitarán todas las rebabas y salpicaduras debidas a la soldadura.

Particularmente, se tomarán precauciones para prevenir la contaminación de las superficies limpias con sales, ácidos, bases u otras sustancias químicas corrosivas antes de aplicar la primera capa de pintura y entre la aplicación de las sucesivas capas.

El grado de preparación exigido a todas las superficies metálicas será el correspondiente al chorreado de arena según el grado SA 2 1/2 de la SVENSK STANDARD SIS 055900, procediéndose posteriormente a la limpieza de las superficies mediante aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o cepillo limpio.

La protección a aplicar a las diferentes superficies metálicas será la siguiente:

- Partes sumergidas.

3 capas de pintura negra epoxi bituminosa. Espesor total 300 micras.

- Partes en contacto intermitente con agua.

1 capa de imprimación cinc epoxi de 40 micras.

1 capa de pintura negra epoxi bituminosa de 100 micras.

- Partes sin contacto con el agua.

2 capas de imprimación minio plomo al clorocaucho de 80 micras de espesor total.

1 capa de esmalte al clorocaucho de 70 micras.

Nunca se aplicará la pintura cuando las condiciones climáticas sean adversas: lluvia, alta humedad, rayos solares directamente, etc., y, en particular, si se dan los casos siguientes:

-Temperatura ambiente por debajo de los 5° C.

-Si se prevé que la temperatura pueda bajar a 0° C antes de que la pintura haya secado. Cuando la temperatura del metal sea 5° C por debajo del punto de rocío del aire.

-Temperatura ambiente por encima de los 50° C.

-Humedad relativa superior al 85%.

Como norma general, las pinturas de imprimación deberán aplicarse solo con brocha o con pistola sin aire.

Cada capa deberá dejarse secar durante el tiempo que se indique en la hoja de características del producto, antes de aplicar la capa siguiente.

Cualquier capa de pintura que haya estado expuesta a condiciones adversas antes de su secado, deberá ser eliminada mediante chorreado y se procederá a la aplicación de una nueva capa.

El intervalo entre la aplicación de dos capas sucesivas, no deberá exceder del indicado en la hoja de características del producto. Cuando por cualquier causa, el intervalo de repintado haya sido sobrepasado, y se observe un grado excesivo de polimerización en la capa aplicada, deberá efectuarse un chorreado ligero sobre la misma, antes de proceder a la aplicación de la capa siguiente.

El espesor de la película para cada capa de pintura deberá ser especificado por el Contratista en el Proyecto de Construcción, debiendo ser estrictamente observado durante la ejecución. Siempre que no se indique lo contrario, se tratarán de espesores de película seca.

Los colores de los distintos elementos de la instalación serán definidos por el Contratista, previa aprobación de la Dirección de la Obra, de acuerdo con las normas UNE. Durante la aplicación de las pinturas, se observarán las medidas de seguridad adecuadas. La zona estará suficientemente ventilada y en ella figurarán rótulos de "NO FUMAR". Los aparatos utilizados no desprenderán chispas. Los operarios deberán vestir guantes, gafas o caretas, si fuera necesario, para evitar el contacto con la piel de productos tóxicos, así como su inhalación.

Todas las superficies que vayan a ser pintadas serán inspeccionadas antes y después de realizar el trabajo por un técnico facultativo designado por el Director de las Obras.

El Contratista presentará a la Dirección de la obra un plan de las distintas etapas de la preparación de superficies y aplicación de las pinturas, así como las pruebas e inspecciones que se vayan a realizar, que serán como mínimo las siguientes:

Medios utilizados para el almacenamiento, preparado de superficies, mezcla, aplicación y curado de las pinturas.

- Recepción de los materiales.
- Inspección de las superficies antes de su preparación.
- Inspección de las superficies después de su preparación.
- Preparación y mezcla de las pinturas.
- Aplicación de las capas.
- Características de las pinturas, después de seca (picaduras, ampollas, uniformidad del color, espesor, etc.).

Los aparatos necesarios para la inspección y pruebas de pintura correrán a cargo del contratista.

Todas las superficies metálicas deberán ser protegidas contra la corrosión, con arreglo a las anteriores especificaciones, excepto las siguientes:

- Aceros inoxidables.
- Latón, bronce, cobre y metales cromados.
- Mecanismos de interruptores.
- Placas de características.
- Aislamientos.
- Interiores de equipos en los que no se especifique explícitamente.
- Tuberías con aislamiento.

- **Instalaciones eléctricas.**

Cuadros de baja tensión

El cuadro B. T. llevará las barras principales correspondientes a las tres fases y la correspondiente al neutro. Todas las barras irán cubiertas con cinta de PVC.

Será accesible tanto por delante como por detrás, dejando los espacios libres suficientes para sacar cualquier elemento de su interior. Será estanco a posibles entradas de agua, debiéndose acondicionar las salidas de cables con este fin.

Dispondrá de resistencias calefactoras reguladas mediante termostatos.

Dispondrá de las aberturas necesarias para mantener una ventilación natural suficiente.

Todos los transformadores de intensidad llevarán arrollamientos con aislamiento clase B.

Todos los instrumentos de medida serán de tipo robusto, preferentemente con bisel cuadrado.

Estará formado por el embarrado de 380 V, y las entradas y salidas del mismo, y será de chapa de acero, recubierto en su interior por una pintura anticorrosiva y en su exterior por tres capas de pintura del color que apruebe la Dirección de Obra.

La barra del neutro tendrá la misma sección de las fases, y cada circuito una conexión atornillada independiente al neutro principal.

Las salidas para motores constarán de seccionador, contactor, relés de protección y fusibles.

Cada salida irá colocada en un armario independiente de puerta con bisagra o en un cajón de extracción horizontal, en ambos casos accesibles desde el frente del cuadro.

Los motores con potencia igual o superior a 18 kW irán equipados con desconectores (en carga) fusibles tripolares, accionables desde el exterior del cuadro.

En el frente de cada armario o cajón se dispondrá de señalización de las posiciones "abierto" o "cerrado"

Las salidas de alimentación y cuadros auxiliares (tales como polipasto y alumbrado, y de los circuitos de mando y control de los otros cuadros, el panel de Control del proceso y cualquier otra distinta de las anteriores que pueda existir, estarán formadas por interruptores, fusibles y señalización de "en servicio" y no será necesaria su colocación en armarios o cajones independientes.

Se dispondrá de voltímetro en barras.

La alimentación al Cuadro se hará mediante interruptor con mando manual, con señalización de las posiciones "abierto" o "cerrado" en el frente.

El Cuadro dispondrá de espacio suficiente para armarios o cajones de potencia inferior a 1,8 kW y para salidas de alimentación de reserva en número equivalente al 25% del total.

- **Cables de potencia y control y bandejas de cables.**

No se emplearán cables de aislamiento de papel impregnado, ni cables sin vaina protectora en conducciones subterráneas de tierra. Las mínimas serán:

- Cables de potencia: 2,5 mm²
- Cables de señalización y control: 1.5 mm²
- La tensión de aislamiento será: 0,6/1 kV

Se dispondrán conducciones separadas para las distintas tensiones y para los cables de control.

Las bandejas serán resistentes a los agentes ambientales e irán provistas de tapa del mismo material en los caminos exteriores. Los cables de alta tensión (si los hay) irán firmemente sujetos a las mismas.

Las salidas de cables del edificio se harán en galería, bajo tubo, o de cualquier otra forma que pueda garantizar una ordenación y separación adecuada de los cables y la imposibilidad de entrada de agua o tierra en el edificio.

En ningún caso se permitirán tres capas de cables en conducciones de tierra, ni dos en bandejas. Tampoco podrán situarse dos conducciones de tierra en vertical. Si no hay razones técnicas de disposición o espacio que lo impidan, pueden estudiarse soluciones de embarrado

- **Instalaciones y colocación de los tubos.**

La instalación y puesta en obra de los tubos de protección deberá cumplir lo indicado a continuación y en su defecto lo prescrito en la norma UNE 20460-5-523 en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa 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.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.

- 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 50086-2-2.

- 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 convenientes, 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. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.

- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar 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 interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

- En ningún caso, se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. El retorcimiento o arrollamiento de conductores no se refiere a aquellos casos en los que se utilice cualquier dispositivo conector que asegure una correcta unión entre los conductores aunque se produzca un retorcimiento parcial de los mismos y con la posibilidad de que puedan desmontarse fácilmente. Los bornes de conexión para uso doméstico o análogo serán conformes a lo establecido en la correspondiente parte de la norma UNE-EN 60998.

- Durante la instalación de los conductores para que su aislamiento no pueda ser dañado por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien los bordes estarán convenientemente redondeados.

- 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 su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 m.

- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

- Para la colocación de los conductores se seguirá lo señalado en la ITC-BT-20.14. A fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes externas (distribuciones de agua caliente, aparatos y luminarias, procesos de fabricación, absorción del calor del medio circundante, etc.) las canalizaciones se protegerán utilizando los siguientes métodos eficaces:

- Pantallas de protección calorífuga.
 - Alejamiento suficiente de las fuentes de calor.
 - Elección de la canalización adecuada que soporte los efectos nocivos que se puedan producir.
 - Modificación del material aislante a emplear.
-
- **Obras detalladas en este pliego**

En la ejecución de las obras, fábricas y construcciones para las cuales no existen prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego, el Contratista se atenderá a lo que resulte de los planos, cuadros de precios y presupuestos; a las reglas que dicte la Dirección de Obra y siempre atendiendo a las reglas de la buena construcción y que la práctica ha sancionado como tales.

11.6. MEDICIÓN Y ABONO.

- **Excavaciones.**

Las prescripciones del presente apartado afectan a toda clase de obras de excavación ya sean ejecutadas a mano o a máquina y tanto para vaciado, explanaciones, emplazamientos, zanjas o pozos. Afectará asimismo a las obras de demolición de fábricas existentes.

Las obras de excavación se medirán por los metros cúbicos realmente extraídos por diferencia entre los perfiles tomados antes de iniciar los trabajos y los perfiles finales con la salvedad expresada en el párrafo siguiente.

Si por conveniencia de la contrata adjudicataria y aún con la conformidad de la Dirección de las Obras se realizara mayor excavación que la prevista en los perfiles del proyecto, el exceso de excavación así como el ulterior relleno de dicha demasía, no será objeto de medición al contratista a menos que tales aumentos sean obligados por causa de fuerza mayor

y expresamente ordenados, reconocidos y aceptados por la Dirección de las Obras con la debida anticipación.

La unidad comprende la limpieza y desbroce de toda clase de vegetación, el empleo de herramientas y maquinarias y mano de obra necesarias, la carga sobre vehículo y transporte a vertedero o depósito hasta el límite de distancia de tres kilómetros (3 km.) a contar desde el límite exterior del terreno expropiado para ubicación de las obras, la construcción de obras de desagüe, la eliminación de las aguas en caso necesario, bien por el natural cauce de desagüe de las mismas o mediante medios no mecánicos de extracción, arreglo de áreas afectadas y dispositivos de seguridad para vehículos, viandantes y construcciones existentes.

El empleo de maquinaria zanjadora con la autorización del Director de las Obras y cuyo mecanismo activo dé lugar a una anchura de zanja superior a la proyectada, si bien no dará lugar a sanción por exceso de excavación, tampoco supondrá incremento de medición a favor del contratista por el mayor volumen excavado ni por el subsiguiente relleno.

Los excesos no justificados de anchura de la excavación en los que están incluidos los desprendimientos que pudieran producirse y su relleno, sobre las medidas fijadas por el Director de las obras, no supondrá en ningún caso un incremento de medición a favor de la contrata sin perjuicio de la sanción en que ésta pueda haber incurrido por desobediencia a las órdenes superiores.

- **Terraplenes, pedraplenes y rellenos.**

Se medirán por los metros cúbicos empleados y compactados, por diferencia entre los perfiles tomados antes de su ejecución y los perfiles finales.

Se considera incluido en esta unidad el refino de explanada y taludes y capa de coronación de pedraplenes ejecutados en la forma que se especifica en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-4/88) en su artículo 340 y 341.

- **Transporte a vertedero o depósito.**

El transporte de tierras o materiales procedentes de excavaciones a depósitos o vertederos, a mayor distancia que la considerada en el precio de las excavaciones o demoliciones se medirá por los metros cúbicos medidos en perfil, que sea objeto de transporte, sin tener en cuenta el esponjamiento, cualquiera que sea su grado.

La unidad comprende el empleo de útiles o vehículos de transporte, la carga y descarga en el lugar del depósito o vertedero, así como el arreglo posterior del vertedero con arreglo a las disposiciones medioambientales.

- **Cunetas**

Se medirán por metros lineales realmente ejecutados, medidos en el terreno.

Arquetas y pozos de registro

Se medirán por unidades realmente ejecutadas en obra.

Imbornales y sumideros

Se medirán por unidades realmente ejecutadas en obra.

Sub-bases granulares

Se medirán por metros cúbicos realmente ejecutados y terminados medidos en las secciones tipo señaladas en los planos.

Zahorra artificial

Se medirán por metros cúbicos realmente ejecutados y terminados medidos en las secciones tipo señaladas en los planos.

Suelos estabilizados con cemento

La ejecución de suelos estabilizados con cemento se medirá por metros cúbicos de material realmente estabilizado, los cuales se obtendrán en el caso de mezcla "in situ" como producto de la superficie realmente estabilizada, medida sobre el terreno, por el espesor medio estabilizado deducido de los ensayos de control de espesor, y en el caso de mezcla en central, se obtendrán directamente de la cubicación de las secciones tipo señaladas en los planos.

Esta unidad incluirá la preparación de la superficie existente y el curado mediante ligante bituminoso.

Grava cemento

La medición se realizará por metros cúbicos realmente fabricados y puestos en obra, medidos en las secciones tipos señaladas en los planos.

Esta unidad incluye preparación de la superficie existente y curado mediante aplicación de ligante bituminoso.

Riego de imprimación y adherencia

La medición se realizará por metros cuadrados de superficie realmente ejecutada. La preparación de la superficie existente si no está incluida en la unidad de la capa subyacente, se considerará incluida en esta unidad.

Mezclas bituminosas en caliente

La medición se realizará por metros cuadrados de superficie realmente ejecutada. La preparación de la superficie existente, si no está incluida en la unidad de capa subyacente, se considerará incluida dentro de esta unidad.

Pavimentos de hormigón

La medición se realizará según se indica en los apartados de hormigón, armaduras y juntas.

Hormigones

Los hormigones se medirán por metros cúbicos realmente ejecutados, medidos con arreglo a lo señalado en los planos del proyecto.

Piezas prefabricadas

Se medirá por unidades del tipo correspondiente realmente colocadas. esta unidad incluye encofrados, armaduras y cualquier elemento o material auxiliar necesario para su completa ejecución.

Encofrados

Se medirá por metros cuadrados de superficie de hormigón realmente ejecutado, medidos sobre planos. A tal efecto, los forjados se considerarán encofrados por la cara inferior y bordes laterales y las vigas por sus laterales y fondos. La unidad incluye el desencofrado.

Armaduras de hormigón armado

Se medirán por su peso en kilogramos, aplicando para cada tipo de acero los pesos unitarios correspondientes a las longitudes deducidas de los planos. Cuando el peso se deduce a partir de las secciones transversales, el peso unitario será de 7.850 kg/m³. En esta unidad se incluye recortes, solapes y separadores que se produzcan en el armado.

Instalaciones

Las instalaciones de gas, interiores de agua, de saneamiento interior, eléctricas, etc., se medirán con arreglo al criterio que establece el apartado "De las instalaciones y equipos" de este Pliego.

Instalaciones y equipos

Los equipos industriales, las máquinas o elementos, las instalaciones que constituyendo una unidad en sí formen parte de la instalación general, se medirán por unidades según figure en el cuadro de precios, que se refiere siempre a unidad colocada, probada y en perfectas condiciones de funcionamiento.

La medición de la obra ejecutada en esta clase de unidades de obra en un momento dado, será la suma de las partidas siguientes:

El 65% del total de la unidad cuya fabricación se hace en talleres, cuando hayan sido recibidas por la Dirección de Obras los certificados de materiales y pruebas correspondientes a los casos establecidos y se haya recibido la unidad de que se trate en los almacenes de obra.

El 10% del total de la unidad una vez instalada en obra.

El 15% del total de la unidad cuando haya sido probada en obra.

El 10% restante cuando se realice la recepción provisional de la obra.

Las unidades cuya fabricación o construcción se realiza en obra, los sumandos serán los siguientes:

El 75% del total de la unidad cuando esté totalmente instalada.

El 15% del total de la unidad cuando haya sido probada.

El 10% restante cuando se realice la recepción provisional de la obra.

Tuberías

Las tuberías se medirán por metros realmente colocadas y totalmente instaladas en obra. La unidad incluye todos los accesorios como bridas, reducciones, codos, etc. Y todos los elementos necesarios para el montaje con arreglo a las prescripciones de este Pliego. La unidad no incluye las válvulas que se medirán por unidades del tipo correspondiente.

Protecciones de superficies metálicas

Las pinturas para protección de superficies metálicas, galvanizadas, etc., no serán objeto de medición y deberán incluirse en las unidades que comprenden los equipos y elementos de base.

Igualmente la limpieza de superficies metálicas prescritas en este Pliego, y las pinturas de acabado no serán objeto de medición e irán incluidas en las unidades que comprenden los equipos y elementos de base.

Otras unidades

Las unidades que puedan surgir y cuya medición no esté especificada en este Pliego, deberán estar perfectamente detalladas en el proyecto de construcción con arreglo a las disposiciones técnicas incluidas en este Pliego.

11.7. DISPOSICIONES GENERALES.

Personal de obra

Por parte del Contratista existirá en obra un responsable de la misma que no podrá ausentarse sin conocimiento y permiso previo del Ingeniero Director. Su nombramiento será sometido a la aprobación del mismo.

Programa de trabajos e instalaciones auxiliares

El Contratista presentará, asimismo, una relación completa de los servicios y maquinaria que se compromete a utilizar en cada una de las etapas del plan. Los medios propuestos quedarán adscritos a la obra sin que, en ningún caso, el Contratista pueda retirarlos sin la autorización del Ingeniero Director. Asimismo, el Contratista deberá aumentar los medios auxiliares y personal técnico, siempre que el Ingeniero Director de las Obras compruebe que ello es preciso para el desarrollo de las obras en los plazos previstos.

La aceptación del plan y de la relación de medios auxiliares propuestos no implicará exención alguna de responsabilidad para el Contratista, en caso de incumplimiento de los plazos parciales o totales convenidos.

Plazo para comenzar las obras

La ejecución de las obras deberá iniciarse al día siguiente de la fecha del Acta de Comprobación del replanteo.

Medidas de seguridad

El Contratista deberá atenerse a las disposiciones vigentes sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Como elemento primordial de seguridad se establecerá toda la señalización necesaria tanto durante el desarrollo de las obras como durante su explotación, haciendo referencia bien a peligros existentes o a las limitaciones de las estructuras.

Para ello se utilizarán, cuando existan las correspondientes señales vigentes establecidas por el Ministerio de Obras Públicas y, en su defecto, por otros

Departamentos nacionales u Organismos Internacionales.

Subcontratista o destajista

El Contratista podrá dar a destajo o en subcontrata cualquier parte de la obra, pero con la previa autorización del Ingeniero Director de las Obras.

La obra que el Contratista puede dar a destajo no podrá exceder de veinticinco por ciento (25%) del valor total de cada contrato, salvo autorización expresa del Ingeniero Director de las Obras.

El Ingeniero Director de las Obras está facultado para decidir la exclusión de un destajista por ser el mismo incompetente o no reunir las necesarias condiciones.

Comunicada esta decisión al Contratista, éste deberá tomar las medidas precisas e inmediatas para la rescisión de este trabajo.

El Contratista será siempre responsable ante el Ingeniero Director de las Obras de todas las actividades del destajista y de las obligaciones derivadas del cumplimiento de las condiciones expresadas en este Pliego.

Modificación en el proyecto

El Ingeniero Director de las Obras podrá introducir en el Proyecto, antes de empezar las obras o durante la ejecución, las modificaciones que sean precisas para la normal construcción de las mismas, aunque no se hayan previsto en el Proyecto y siempre que lo sean sin separarse de su espíritu y recta interpretación.

También podrá introducir aquellas modificaciones que produzcan aumento o disminución y aún supresión de las cantidades de obra, marcadas en el Presupuesto, o sustitución de una clase de fábrica por otra, siempre que ésta sea de las comprendidas en el contrato.

Todas las modificaciones serán obligatorias para el Contratista siempre que, los precios del Contrato no alteren el presupuesto de adjudicación en más de un veinte por ciento (20%).

En este caso, el contratista no tendrá derecho a ninguna variación en los precios, ni a indemnización de ningún género por supuestos perjuicios que le puedan ocasionar las modificaciones en el número de unidades de obra o en el plazo de ejecución.

Certificación y abono de las obras

Las obras serán medidas, mensualmente, sobre las partes ejecutadas con arreglo al Proyecto, modificaciones posteriores y órdenes del Ingeniero Director.

Las valoraciones efectuadas servirán de base para la redacción de certificados mensuales.

Todos los abonos que se efectúen son a buena cuenta, y las certificaciones no suponen aprobación, ni aceptación de las obras que comprenden.

Mensualmente se llevará a cabo una liquidación en la cuál se abonarán las certificaciones, descontando el importe de los cargos que el Ingeniero Director de las obras tenga contra el Contratista.

Conservación durante la ejecución

El Contratista queda comprometido a conservar por su cuenta hasta que sean recibidas provisionalmente, todas las obras que integran el Proyecto.

Asimismo, queda obligado a la conservación de las obras durante el plazo de garantía de un (1) año, a partir de la fecha de la recepción única. Durante este plazo deberá realizar cuantos trabajos sean precisos para mantener las obras ejecutadas en perfecto estado.

Relaciones valoradas

En los primeros días de cada mes el Ingeniero Director formulará, por triplicado, una relación valorada de obra ejecutada en el mes anterior.

Esta relación valorada se hará al origen, incluyendo en ella las unidades de obra terminadas con arreglo al Proyecto, según cubicaciones obtenidas de la obra ejecutada, multiplicadas por los precios del Cuadro de Precios, o los nuevos aprobados.

En ningún caso se incluirán unidades incompletas ni precios nuevos no aprobados por el Ingeniero Director.

Facilidades para la inspección

El Contratista proporcionará al Ingeniero Director de las Obras o a sus subalternos o delegados, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de materiales, así como la inspección de la mano de obra en todos los trabajos, con objeto de comprobar el acceso a todas las partes de la obra incluso a los talleres y fábricas donde se produzcan los materiales o se realicen los trabajos para las obras.

Plazo de ejecución

El plazo de ejecución de la obras será de DIECISIETE (17) SEMANAS DE CONSTRUCCIÓN.

Recepción única y definitiva

Terminado el plazo de ejecución se procederá al reconocimiento de las obras, y si procede, a su recepción, de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento General de Contratación vigente.

Plazo de garantía

El plazo de garantía de las obras será de UN (1) AÑO. Durante el plazo de garantía la conservación de las obras será de cuenta del Contratista debiendo entenderse que los gastos que origine están incluidos en los precios de las distintas unidades de obra.

Relaciones legales y responsabilidad con el público

El Contratista deberá obtener todos los permisos o licencias necesarias para la ejecución de las obras, con excepción de los correspondientes a la expropiación de las zonas de ubicación de las obras.

Será responsable el Contratista hasta la recepción definitiva de los daños y perjuicios ocasionados a terceros como consecuencia de los actos, omisiones o negligencias del personal a su cargo o de una deficiente organización de las obras.

El Contratista será responsable de todos los objetos que se encuentren o descubran durante la ejecución de las obras y deberá dar cuenta inmediata de los hallazgos al Ingeniero Director de las Obras y colocarlos bajo su custodia. El Contratista está obligado a solicitar de los Organismos y Empresas existentes en la ciudad, la información referente a las instalaciones subterráneas que pudieran ser dañadas por las obras.

También estará obligado al cumplimiento de lo establecido en la Ley de Contrato de Trabajo, en las Reglamentaciones de trabajo y Disposiciones reguladoras de los Seguros Sociales y Accidentes.

Gastos de carácter general a cargo del contratista

Serán de cuenta del Contratista los gastos que origine el replanteo general de las obras o su comprobación y los parciales de las mismas, los de construcciones auxiliares, los del alquiler o adquisición de terrenos para depósitos de maquinaria y materiales; los de protección de materiales y de la propia obra contra todo deterioro, daño o incendio cumpliendo los requisitos vigentes para el almacenamiento de explosivos y carburantes; los de limpieza y evacuación de desperdicios y basuras; los de construcción y conservación de caminos provisionales para desvío del tráfico y demás recursos necesarios para proporcionar seguridad dentro de las obras; los de retirada, al fin de las obras, de las instalaciones para el suministro de agua y energía eléctrica necesarias para las obras así como la adquisición de dichas aguas y energía, los de retirada de los materiales rechazados y corrección de las deficiencias observadas y puestas de manifiesto por los correspondientes ensayos y pruebas y los de apertura o habilitación de los caminos precisos para el acceso y transporte de materiales al lugar de las obras.

Será como se ha dicho, de cuenta del Contratista, el abono de los gastos de replanteo, cuyo importe no excederá del uno y medio por ciento (1,5%) del presupuesto de las obras.

Igualmente serán cuenta del Contratista los gastos originados por los ensayos de materiales y de control de ejecución de las obras que dispongan el Ingeniero Director de las Obras en tanto que el importe de dichos ensayos no sobrepasen el uno por ciento (1%) del presupuesto de ejecución material de las obras.

En los casos de resolución de contrato, sea por finalizar o por cualquier otra cosa que lo motive, serán cuenta del Contratista los gastos originados por la liquidación, así como los de la retirada de los medios auxiliares empleados o no en la ejecución de las obras.

Obligaciones del contratista en los casos no expresados

Es obligación del Contratista, ejecutar cuanto sea necesario por la buena ejecución de las obras, aún cuando no se halle expresamente estipulado en estas Prescripciones, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga por escrito el Ingeniero Director de las Obras, con derecho del término de diez (10) días siguientes al que hayan recogido las órdenes.

Advertencia sobre la correspondencia

El Contratista tendrá derecho a que se le acuse recibo, si lo pide, de las comunicaciones o reclamaciones que dirija al Ingeniero Director de las Obras y a su vez está obligado a devolver al mismo, ya originales, ya copias, de todas las órdenes que de él reciba, poniendo al pie el enterado.

Rescisión del contrato

Si por incumplimiento de los plazos o por cualquier causa imputable al Contratista, se rescindiese el Contrato, se hará con iguales requisitos que los ya indicados, el reconocimiento, medición y valoración general de las obras, no teniendo en este caso más derecho que el que se le incluyan en la valoración las unidades de las obras totalmente terminadas con arreglo al Proyecto, a los precios del mismo o al de los contradictorios aprobados.

El Ingeniero Director de las Obras podrá optar por que se incluyan también los materiales copiados que le resulten convenientes.

Si el saldo de la liquidación efectuada resultase así negativo, responderá en primer término, la fianza y después la maquinaria y medios auxiliares propiedad del Contratista, quien en todo caso se compromete a saldar la diferencia, si existiese. En general se seguirán las disposiciones del vigente Reglamento General de Contratación.

Murcia Septiembre de 2011.

12. BIBLIOGRAFÍA.

Alguazas en Cifras 2008. Anuario estadístico de la Región de Murcia. CREM (Centro Regional de Estadística de Murcia).

Castro, P.; Guerrero, J. & Muñoz, M.A. 2001. *Plan de restauración del bosque de ribera en la reserva natural de los Galachos (Zaragoza)*. Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón.

Comín, F. A. 2002. Restauración ecológica: teoría versus práctica. *Ecosistemas*, Año XI, Nº 1, 1-5.

Forman, R.T.T. y Gordon, M. 1996. *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons.

Francisco Alcaraz Ariza *et al.*, 1998. Flora Básica de la Región de Murcia.

Hugo Roche & Constantino Vejo. 2005. Análisis Multicriterio en la toma de decisiones. Métodos Cuantitativos Aplicados a la Administración.

Ríos, S. 1994. *El paisaje vegetal de las riberas del Río Segura (S.E. de España)*. Tesis doctoral, Universidad de Murcia.

Ríos, S. 1996. *El paisaje vegetal de las riberas del Río Segura (S.E. de España)*.

Microforma. 12 pp + 2 microfichas, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia, Universidad de Murcia.

Robledano, F.; Guardiola, A.; y Llorente, N.; 2007. Programa de seguimiento voluntario de áreas objeto de restauración en el Río Segura, (Murcia, SE España). Planteamiento y resultados preliminares. II Congreso sobre Restauración de Riberas y Humedales. Agencia Catalana del Agua (ACA) y Fundación Nueva Cultura del Agua (FNCA).

Tarragona.

Torralba, M.; Oliva, F. J.; Egea, A.; Miñano Alemán, P. A.; Verdiell, D.; De Maya, J.A. y Andreu, A.; 2005 Guía interactiva de reptiles y anfibios de la Región de Murcia.

Velasco, J.; Ríos, S.; Vives, R.; Llorente, N.; Sánchez, D.; Abellán, P.; Martínez, V.; en prensa. *Manual para la Restauración de riberas en la cuenca del Río Segura*.

Confederación Hidrográfica del Segura. Ministerio de Medio Ambiente.

12.1. PÁGINAS WEB.

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano_hg/cap2.pdf

<http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf>

<http://www.tratamientosdelaguaydepuracion.es/pretratamientos-aguas-residuales.html>

<http://www.aquagestma.com/pdf/presentacion.pdf>