

RESUMEN

El objetivo de este estudio es el análisis de la influencia que la vegetación tiene en el diseño de las Obras Públicas.

Durante muchos años, la integración paisajística y la estética han sido los únicos usos de las plantaciones. Sin embargo, en la actualidad con el aumento de la conciencia ambiental ciudadana se hace necesario incorporar las plantaciones en todo proyecto.

En este trabajo se propone una metodología rápida, fácil y objetiva que permita equiparar las plantaciones al resto de unidades de obra e incrementar así su uso. El objetivo es la definición de unas fórmulas de implantación cuya aplicación agilice el proceso de elección de especies.

Este procedimiento se basa en la aplicación de dos tipos de criterios, criterios climáticos y criterios de desarrollo, y de unas fórmulas obtenidas a partir de ellos.

En primer lugar deben determinarse las funciones a realizar por las plantaciones y las características que deben reunir para desarrollarlas correctamente.

Fijadas estas propiedades, se aplicarán los Criterios Climáticos. Estos criterios determinarán si una especie puede o no sobrevivir en la zona a plantar. Miden la adaptación al clima de las diferentes especies, efectuando una primera selección. Aquellas especies que no toleren el clima de la zona, serán descartadas.

Se han definido, a continuación, unos Criterios de Desarrollo. Estos criterios, que son puntuables, están basados en características objetivas de las especies. Engloban diferentes propiedades, desde la resistencia a diversos agentes externos como plagas o contaminación hasta el mantenimiento requerido. Son parámetros objetivos, que constan en la ficha de cualquier especie y, por tanto, de fácil obtención.

A partir de estos criterios de desarrollo se han establecido las Fórmulas de Implantación. Estas fórmulas se han especificado para los ámbitos viario y marítimo, ámbitos objeto de estudio de este trabajo. De la aplicación de estas fórmulas a cada especie se obtendrá la Puntuación Final de cada una de ellas, puntuación utilizada para realizar la elección definitiva. La especie vegetal que obtenga una mayor Puntuación Final será la especie más adecuada para efectuar aquella plantación.

De esta manera, se propone un manual para ingenieros que ayude en la elección de las especies a plantar, facilitándola y eliminando la componente subjetiva del proceso.

Asimismo, se ha hecho un estudio y análisis de las principales funciones que las plantaciones realizan en las Obras Públicas, constatando que éstas pueden cumplir correctamente múltiples funciones, además de una básica que es la funcionalidad visual.

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyse the influence that vegetation has got in the Public Works design.

For a long time, landscape integration and aesthetics have been the only uses of plants. However, nowadays, the increase of social ambient conscience makes plants necessary to be add in each project.

In this work, we propose a fast, easy and objective method that allow to equal plants to the rest of work units and increase their use. Our objective is to establish formulas whose implementation limber up the plant election process.

This proceeding is based on the application of two criterions, Climatic Criterion and Development Criterion, and on formulas obtained from them.

At first, plants functions have to be settled, as well as their characteristics for a correct development.

Fixing these properties, Climatic Criterions will be applied. These criterions will determinate if a plant can survive in the zone to be plant. They measure the climatic adaptation of different plants, obtaining a first selection. The plants that don't tolerate the climate, will be rejected.

Secondly, we have defined Development Criterions. These counting criterions are based on objective characteristics of plants. They include different properties, from resistance to extern agents, like plagues or contamination, to maintenance required. They are objective parameters, that any plant file contains, and, for that reason, easy to obtain.

From these development criterions, Implantation Formulas have been established. These formulas have been specified for road and maritime boundaries, boundaries that are the meaning of this project. From the application of these formulas to each plant, we will obtain each Final Punctuation. With this punctuation we make the definitive selection. The plant that obtains the highest Final Punctuation will be the most appropriated plant for this plantation.

In conclusion, we propose a manual for engineers that will be helpful in order to choose the plants. This manual will be an easy guide that erases the subjective component of the process.

Likewise, our study also analyses the main functions that plants develop in Public Works, verifying that plants can execute right multiple functions, in addition to the main basis that is visual functionality.

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
2	ANTECEDENTES DE LAS PLANTACIONES EN LAS OBRAS PÚBLICAS	7
3	OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	12
4	FUNCIONALIDAD VISUAL	16
5	CRITERIOS DE ELECCIÓN	25
5.1	Criterios Climáticos	27
5.1.1	Descripción de los criterios	28
5.1.1.1	Temperatura	28
5.1.1.2	Régimen pluviométrico	29
5.1.1.3	Altitud	30
5.1.1.4	Viento	31
5.1.1.5	Insolación.....	32
5.2	Criterios de Desarrollo	33
5.2.1	Especies Autóctonas	34
5.2.2	Velocidad de Crecimiento	35
5.2.3	Tiempo de Vida.....	38
5.2.4	Necesidad de Suelos Específicos	39
5.2.5	Resistencia a Plagas	40
5.2.6	Resistencia a la Sequía.....	42
5.2.7	Resistencia a las Heladas	43
5.2.8	Resistencia a la Proximidad del Mar	44
5.2.9	Resistencia a la Contaminación	46
5.2.10	Mantenimiento	49
5.3	Criterios según los ámbitos	51
5.3.1	Ámbito Viario.....	54
5.3.1.1	Autopistas y autovías.....	54
5.3.1.2	Carreteras secundarias.....	55
5.3.1.3	Carreteras de alta montaña	56
5.3.2	Ámbito Marítimo	56
5.3.3	Valor de Referencia.	57
5.3.4	Ejemplos.....	59

5.3.4.1	Ámbito Viario.....	59
5.3.4.2	Ámbito Marítimo	60
6	ÁMBITOS	63
6.1	Ámbito Viario.....	66
6.1.1	Características del ámbito	67
6.1.2	Funciones de las plantaciones.....	69
6.1.3	Características de las plantaciones	72
6.1.3.1	Integración paisajística.....	72
6.1.3.2	Estabilización de taludes	74
6.1.3.3	Protección del suelo.....	76
6.1.3.4	Repoblación de zonas modificadas por las obras	77
6.1.3.5	Urbanización de áreas de servicio.....	79
6.1.3.6	Señalización de carreteras, intersecciones y glorietas	81
6.1.3.7	Barreras visuales	83
6.1.3.8	Barreras acústicas.....	88
6.1.3.9	Barreras contra el viento	90
6.2	Ámbito Marítimo.....	95
6.2.1	Características del ámbito	96
6.2.2	Funciones y Características de las plantaciones.....	100
6.2.2.1	Ordenación de las áreas.....	100
6.2.2.2	Creación de zonas sombrías.....	105
6.2.2.3	Fijación de dunas	107
6.2.2.4	Integración en el medio	110
6.2.3	Los Paseos Marítimos Catalanes	111
6.2.3.1	Costa Brava Alta	112
6.2.3.2	Costa Brava Baja	113
6.2.3.3	Zona Centro.....	117
6.2.3.4	Zona Sur	124
7	CASOS CONCRETOS.....	133
8	CONCLUSIONES.....	141
9	BIBLIOGRAFIA.....	152
	ANEXO I.....	154
	ANEXO II:.....	181

LA VEGETACIÓN EN EL DISEÑO DE LAS OBRAS PÚBLICAS

1 INTRODUCCIÓN

2 ANTECEDENTES DE LAS PLANTACIONES EN LAS OBRAS PÚBLICAS

3 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

4 FUNCIONALIDAD VISUAL

5 CRITERIOS DE ELECCIÓN

6 ÁMBITOS

7 CASOS CONCRETOS

8 CONCLUSIONES

9 BIBLIOGRAFÍA

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente el tema ambiental es tratado posteriormente como una consecuencia derivada que cabe evitar o corregir. Aunque esto ha supuesto un gran avance en los últimos años, el tema medioambiental sigue estando supeditado a criterios económicos de los que siempre se parte como base.

La valoración del tema medioambiental va a tener siempre un grado de subjetividad. Dependerá del grado de sensibilización de los encargados del proyecto. Es el punto a cambiar. Se debe concienciar a la población, y sobretodo a los profesionales encargados de las Obras Públicas, que las plantaciones pueden realizar muchas y muy diversas funciones, además de la puramente estética. Asimismo, sería conveniente y necesario consultar y tener en cuenta todo tipo de profesionales y usuarios en el momento de concebir el proyecto. Desde biólogos, geólogos o ingenieros a asociaciones de vecinos o pescadores.

Sin embargo, la incorporación de la vegetación en las Obras Públicas no debe hacerse de manera incondicional ya que ésta también puede tener efectos negativos. La plantación indiscriminada de vegetación puede producir el efecto contrario al buscado, con por ejemplo, disminuir la visibilidad u ocultar señales de tráfico.

La ordenación del territorio y las plantaciones deben realizarse siempre teniendo en cuenta unos criterios estéticos y funcionales. Por un lado, la infraestructura a construir debe cumplir la función para la que ha sido diseñada. Su construcción supone una gran incursión en el territorio, alterando y modificando sus condiciones iniciales. Asimismo, no se puede olvidar a los usuarios visuales, además de los funcionales, que tienen la infraestructura y, por tanto, el diseño debe estar pensado también para ellos.

Las plantaciones realizadas ayudan, por un lado, a la integración de dicha Obra en su entorno, minimizando el impacto ambiental y, por otro, la adecuarán para los segundos usuarios de toda Obra, los visuales.

La creciente sensibilización de la población por la defensa del medio ambiente está modificando los criterios aplicados en tiempos pasados. En toda construcción se debe llegar a un punto equilibrio entre lo natural y lo artificial, es decir, construir sin degradar irreversiblemente lo natural. Un buen y extendido uso de las plantaciones es fundamental para conseguirlo.

LA VEGETACIÓN EN EL DISEÑO DE LAS OBRAS PÚBLICAS

1 INTRODUCCIÓN

2 ANTECEDENTES DE LAS PLANTACIONES EN LAS OBRAS PÚBLICAS

3 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

4 FUNCIONALIDAD VISUAL

5 CRITERIOS DE ELECCIÓN

6 ÁMBITOS

7 CASOS CONCRETOS

8 CONCLUSIONES

9 BIBLIOGRAFÍA

2 ANTECEDENTES DE LAS PLANTACIONES EN LAS OBRAS PÚBLICAS

A lo largo de la Historia se han realizado grandes obras que han ayudado a mejorar la calidad de vida de las personas y que ha modificado en mayor o menor medida el aspecto del Medio Natural.

Se han construido carreteras y ferrocarriles para comunicar diferentes ciudades, puertos para recibir y distribuir el tráfico marítimo entre países separados por el mar, presas para regular el abastecimiento de agua de ciudades y pueblos, canales para transportar dicha agua, etc.

Los aspectos principales que han influido en el diseño de todas estas obras, además del estético, han sido el económico y el funcional.

En función de la importancia de cada uno de estos aspectos en relación a los otros, se pueden distinguir tres fases en la evolución y orientación de las plantaciones en las Obras Públicas.

Una primera fase de creación de las infraestructuras básicas. Esta fase tuvo lugar en épocas en las cuales se dotó al país de una red de infraestructuras mínima dado que no existía ninguna.

Los condicionantes principales en el momento de decidir este tipo de proyectos eran los técnicos y los sociales. Si un túnel no se podía hacer en un emplazamiento determinado por no tener los medios técnicos necesarios se buscaba otro lugar que lo permitiera y las principales ciudades se debían unir con carreteras aunque los costes fueran elevadísimos.

A pesar de que los presupuestos de estas infraestructuras eran normalmente muy elevados, los costes de la obra una vez acabada eran superiores. Sin embargo, dada su condición de Proyectos de Interés Social eran financiados básicamente por los Gobiernos y el problema económico pasaba a un segundo plano.

En esta primera fase, la limitación no era económica sino técnica. Los conocimientos técnicos y la maquinaria disponible limitaban el tipo de obra a hacer y el lugar donde hacerla. En estos proyectos las plantaciones no eran importantes dado que la finalidad buscada no era la estética sino la funcional y la social. Las infraestructuras tenían ante todo la misión de dar un servicio a la sociedad mejorando su calidad de vida.

En segundo lugar se puede distinguir una fase de crisis económica. Contrariamente a la fase anterior, se está en un momento económico muy desfavorable y el principal condicionante en la realización de un proyecto es su coste. Son muchas las Obras Públicas que se han retrasado debido a su alto presupuesto.

Se busca ante todo la optimización de las técnicas. Se consideran parámetros fácilmente cuantificables como el rendimiento de la mano de obra, el coste de los materiales, etc.

Por contra, el rendimiento de las plantaciones no es inmediato y no se mide en dinero, además de requerir atenciones especiales. El efecto estético y visual que generan es muy difícil de valorar y subjetivo. La impresión e impacto que producen es diferente en cada usuario, por lo que en esta fase las plantaciones tampoco son importantes.

Por último, se tiene una fase de respeto al Medio Ambiente, en la que nos encontramos actualmente. La conciencia ambiental de los ciudadanos ha crecido notablemente. En todo momento se tiene presente que los recursos naturales son limitados y aunque el dinero sigue siendo el motor del mundo, la Ciencia y la Tecnología están volcadas en la búsqueda de nuevos y mejores mecanismos y procesos que concilien el progreso necesario en toda sociedad con el respeto y la preservación al medio natural.

Es la época de la Ingeniería Verde y de la Ecología. El mundo de la ingeniería está haciendo un esfuerzo por cambiar para que esta componente ecologista y respetuosa con el medio ambiente esté presente en todo tipo de obra.

Se promueven las energías renovables, como la eólica o la solar, fuentes inagotables de recursos y cuyos impactos son mínimos. Por otro lado, se estudian de manera minuciosa los vertidos a ríos y al mar de residuos industriales y nucleares, se realiza un control de los vertederos ilegales y se promueve el reciclaje, tanto durante el proceso industrial como al final del proceso de consumo.

La sociedad está cambiando y los resultados empiezan a ser visibles. Un sin fin de actividades dañinas para el medio ambiente están siendo controladas y

eliminadas, como la emisión de gases a la atmósfera, y estos cambios se reflejan en todo tipo de actuaciones.

En las Obras Públicas, esta concienciación ecológica se traduce en un aumento del interés por el uso de los elementos naturales. El desarrollo que ha sufrido la utilización de las plantaciones en el caso concreto de las infraestructuras viarias es muy notable.

Desde la Antigüedad se ha buscado la asociación de las plantaciones con las vías de comunicación. Su finalidad era múltiple y compleja, buscándose sombra y abrigo así como también crear un efecto estético. Los romanos en la época del Imperio ya utilizaban las plantaciones como elementos de guía y de decoración de sus caminos. La especie utilizada para esta doble intención era el olmo común. De su uso quedan los testimonios de las viejas cepas de esta especie aún vivas que se han encontrado en las ruinas de diferentes ciudades.

Sin embargo, en la Edad Media se descuida mucho la red viaria en Occidente mientras que en los imperios de Asia Central se miman de manera extraordinaria las infraestructuras viarias utilizando las plantaciones para crear un efecto visual que impactara e impresionara a los usuarios.

El siglo XVIII es el siglo de la Ilustración. Se recupera el sentido estético y las plantaciones lineales anexas a las carreteras vuelven a imponerse, agregándoles nuevas finalidades. Además de suavizar el paisaje, con las plantaciones se busca la ruptura de la monotonía y la matización, potenciando a su vez la diversidad existente.

Las especies arbóreas más utilizadas fueron los plátanos americanos y levantinos. También se emplean en este siglo especies frondosas de hoja horizontal como arces, tilos o castaños de Indias, sobretodo en aquellas zonas donde el verano es húmedo y muy caluroso, buscándose sombra y descanso.

Durante el siglo XIX y la primera mitad del siglo XX se busca la mayor diversidad posible de los elementos. El número de especies se incrementa y se introducen árboles australes como el eucalipto o especies exóticas. Hasta este momento, las plantaciones anexas a las infraestructuras viarias se restringían a las especies arbóreas.

Sin embargo, en el siglo XX, con el aumento de la velocidad de los vehículos y la densificación del tráfico, se produce un incremento del número de accidentes mortales por choque contra los árboles. Por otro lado, la necesidad de ampliar la calzada requiere la eliminación de los árboles contiguos a ésta. Es entonces cuando nace una campaña contra el arbolado marginal, desapareciendo casi en su totalidad.

La desaparición de estos árboles contiguos dio paso a otro tipo de plantaciones: los arbustos. Se trata de especies fáciles de recepar y con abundancia de rebrote. De esta manera, se obtiene a corto plazo matas de tallos delgados y baja altura que realizan en caso de choque un efecto colchón, efecto contrario al producido por los árboles, amortiguando la detención y evitando el choque.

En la actualidad, la conciencia ambiental ciudadana ha aumentado de manera notable y el concepto de tratamiento vegetal y estético de la carretera se está desarrollando con fuerza.

Se realizan estudios exhaustivos para encontrar las especies que tengan una mejor adaptación a la zona del proyecto. Además las plantaciones son incluidas desde el principio del proyecto y de esta manera, las consideraciones especiales que requieren como seres vivos que son pueden ser atendidas a lo largo de toda la duración de la obra. Asimismo, se empiezan a emplear para realizar diversas funciones además de la estética.

El equilibrio entre las Obras Públicas y el medio ambiente es posible. Se pueden realizar grandes infraestructuras respetando el medio natural e intentando producir el mínimo impacto. Este punto de equilibrio es posible, entre otras cosas, gracias a la utilización de las plantaciones.

LA VEGETACIÓN EN EL DISEÑO DE LAS OBRAS PÚBLICAS

1 INTRODUCCIÓN

2 ANTECEDENTES DE LAS PLANTACIONES EN LAS OBRAS PÚBLICAS

3 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

4 FUNCIONALIDAD VISUAL

5 CRITERIOS DE ELECCIÓN

6 ÁMBITOS

7 CASOS CONCRETOS

8 CONCLUSIONES

9 BIBLIOGRAFÍA

3 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo del presente estudio es el análisis de la influencia que la vegetación tiene en el diseño de las Obras Públicas.

Después de consultar varios Proyectos en el CDECMA, Centre de Documentació en Enginyeria Civil i Medi Ambient, de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, se constató que la utilización de plantaciones es mínima. En general, se realizan las plantaciones necesarias y suficientes para cumplir con las Normas de Estudios de Impacto Ambiental.

Asimismo, tras la lectura de una tesina realizada sobre esta misma problemática, cuyo título es "Les plantacions en les Obres Públiques. Criteris d'elecció d'espècies" se creyó necesario profundizar más en ella y realizar un estudio que analizara la influencia de las plantaciones en el diseño de las Obras Públicas y cuyo objetivo sería el facilitar la elección de las especies a plantar y el análisis de las diferentes funciones a realizar por las plantaciones.

Igualmente, la idea de realizar esta tesina surge de la petición explícita que se realiza en el libro "Diseño y Funcionalidad de las Obras Públicas" del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Colección Ciencias y Humanidades cuyo autor es Modest Batlle Girona, doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Esta poca utilización de las plantaciones en las Obras Públicas se deriva de los cuidados especiales que requieren dado que son seres vivos, como por ejemplo un estudio exhaustivo de las características de la zona para escoger aquellas especies que se adapten mejor. En caso de realizar la elección errónea, las plantaciones morirán. Como consecuencia de estos requerimientos especiales, que otras unidades de obra no necesitan, son consideradas unidades de obra de segunda categoría.

En primer lugar se enumerarán unos criterios climáticos, criterios a cumplir por todas las especies con las cuales se quiera realizar las plantaciones. Gracias a estos criterios se efectuará una primera selección de las especies.

En segundo lugar, se determinarán unos criterios de desarrollo los cuales harán referencia a los diversos aspectos que fijan y determinan la vida y desarrollo así como la aclimatación de una plantación.

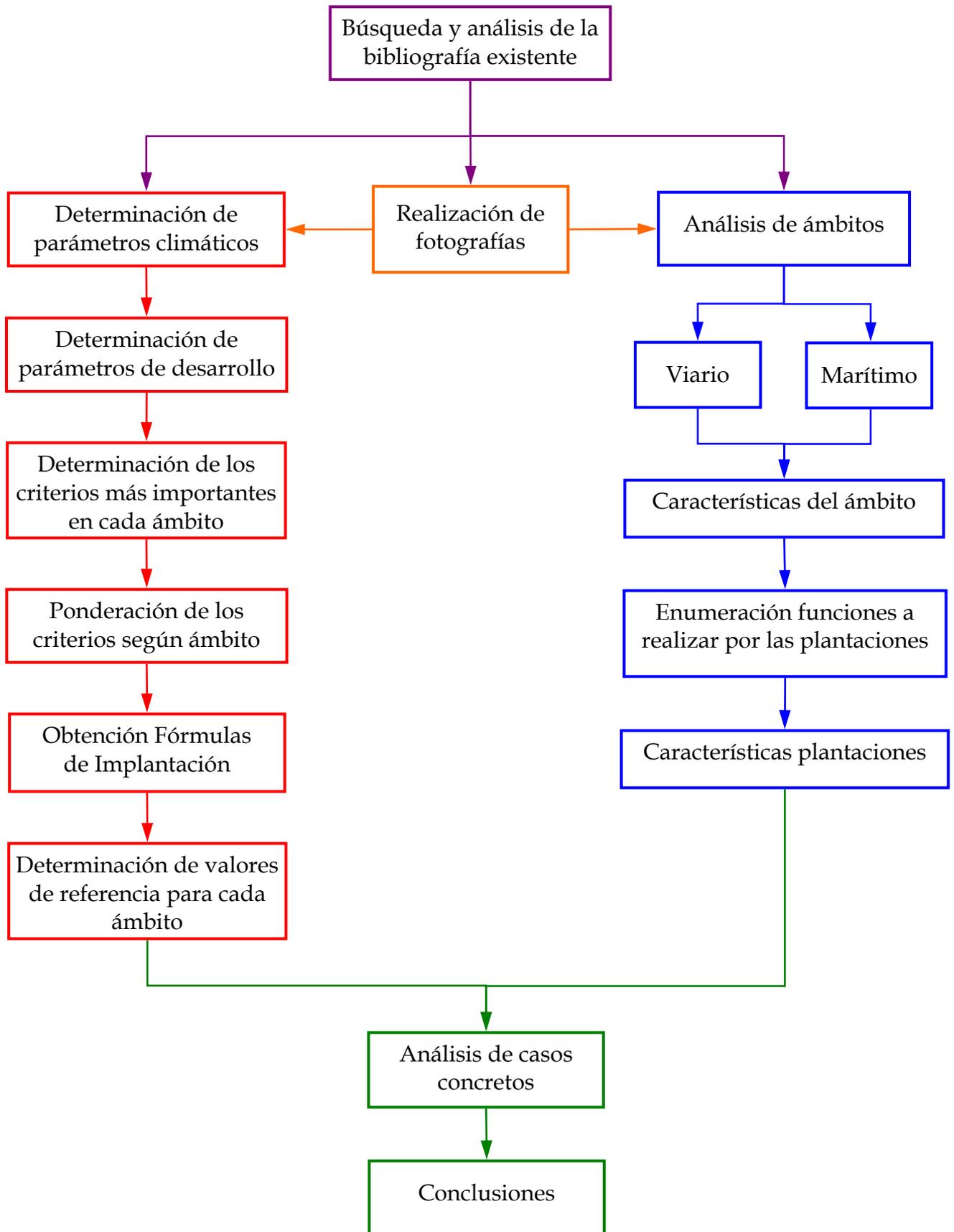
A partir de estos criterios se definirán unas fórmulas. De su aplicación, se obtendrá una puntuación para cada una de las especies que ayudará a escoger la especie idónea para realizar las plantaciones.

Los criterios de desarrollo serán puntuables dependiendo del lugar donde realizar la plantación, dando a cada uno de los criterios un peso. De esta manera se determinará una fórmula para cada uno de los ámbitos estudiados: ámbito viario y ámbito marítimo.

Paralelamente, se hará un estudio de los ámbitos viario y marítimo, enumerando sus características y las funciones a desarrollar por las plantaciones.

Se adjuntarán también fotografías que ilustrarán el estudio. Todas las fotografías han sido realizadas por el autor.

El siguiente esquema representa la metodología seguida:



Esquema 1. Metodología seguida

LA VEGETACIÓN EN EL DISEÑO DE LAS OBRAS PÚBLICAS

1 INTRODUCCIÓN

2 ANTECEDENTES DE LAS PLANTACIONES EN LAS OBRAS PÚBLICAS

3 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

4 FUNCIONALIDAD VISUAL

5 CRITERIOS DE ELECCIÓN

6 ÁMBITOS

7 CASOS CONCRETOS

8 CONCLUSIONES

9 BIBLIOGRAFÍA

4 FUNCIONALIDAD VISUAL

La idea de incorporar un capítulo dedicado al análisis de la funcionalidad visual de las Obras Públicas surge tras la lectura del libro “Diseño y Funcionalidad de las Obras Públicas” del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Colección Ciencias y Humanidades.

En el seno de este libro se realiza la petición explícita de continuar con el estudio emprendido, profundizando y analizando más detenidamente todos aquellos aspectos relacionados con las Obras Públicas y su funcionalidad visual. Dado que el presente trabajo estudia la influencia de la vegetación en las Obras Públicas, se hace necesario añadir un capítulo consagrado a la función más básica que tiene toda obras, es decir, la funcionalidad visual.

La construcción de cualquier tipo de infraestructura produce, en mayor o menor medida, un impacto en el territorio. En la actualidad, la progresiva sensibilización de la sociedad y las administraciones hacia el medio ambiente, ha hecho que todo proyecto de obra pública contenga un estudio de impacto ambiental cuyo objetivo es cuidar y defender el medio natural y reducir el impacto producido.

Sin embargo, no se puede olvidar que las Obras Públicas también tienen un impacto sobre el hombre y que éste se produce a través de la vista. No obstante, la percepción visual que el hombre tiene de la infraestructura es un aspecto no considerado en el proyecto.

Toda Obra Pública tiene dos usuarios. Un usuario físico o funcional que la utiliza y un usuario visual que la observa y disfruta de ella desde el exterior.

La estética de la infraestructura es muy importante puesto que, por ejemplo, hay tramos de autopista que son observados por más de 80.000 personas al día. Además, se deben considerar los habitantes de la zona, para los cuales la carretera es un espectáculo constante. El paisaje acaba siendo un decorado indisoluble de la ruta para cualquiera que sea el observador, estático o dinámico.

De entre todas las definiciones de estética, utilizaremos la que concreta estética como la apariencia agradable a la vista. Es la definición más usada en las obras públicas. Una infraestructura es estéticamente correcta cuando es agradable a la vista y su apariencia es buena. Su forma, colores y acabados mantienen una relación “correcta” con el entorno.

Sin embargo, la estética es un criterio o parámetro muy subjetivo. Las cualidades visuales de una obra es una apreciación subjetiva del espectador y, como tal, es imposible poderlo cuantificar o catalogar.

Pongamos como ejemplo los puentes. Son una de las obras públicas en la cual la estética es un parámetro fundamental. No obstante, un puente puede ser considerado una obra de arte para un observador, perfecto en sus dimensiones, correcto en el color y en su integración en el paisaje, mientras que para otro puede ser “feo” y una incursión insalvable en el entorno.

En los planeamientos se debe tener en cuenta las relaciones existentes entre la carretera y la naturaleza puesto que se influyen mutuamente así como también los dos usuarios existentes. Se debe proyectar y diseñar tanto para el usuario funcional como para el usuario visual puesto que este es más numeroso que el primero.

La carretera, así como cualquier obra pública, pueden ser también una fuente de creatividad artística. Un trayecto puede traducirse en un paseo entre obras de arte. Se tiene la animación cromática de itinerarios, esculturas monumentales de desmontes rocosos, etc., lo cual producirá un mayor interés por transitar por la zona.

Las infraestructuras son un elemento más en el paisaje y existen dos maneras de entenderlas. Pueden ser un elemento distintivo del paisaje, destacado en él, que invite a su observación y sorpresa. Pero también puede ser un elemento integrado pasando desapercibido en cuyo caso la vegetación tendrá un papel fundamental.

Diseñar y proyectar obras e infraestructuras agradables a la vista ha sido desde siempre una tarea encomendada a los arquitectos. A los ingenieros de caminos, canales y puertos se les exige obras de calidad, con un bajo coste y realizadas en poco tiempo.

Mientras que a los arquitectos se les da carta blanca sobre el diseño, los costes y la imaginación, a los ingenieros se les pide que ganen siete donde los demás ganan cinco. Las exigencias están siempre centradas en los costes y el beneficio.

Nunca se ha tenido tiempo para pensar en el usuario o en diseñar obras pensando en la funcionalidad visual de éstas. Esta tarea correspondía a los arquitectos. Y por esta razón son los recordados por los usuarios, aquellos que han hecho un diseño espectacular que merece ser admirado y observado y no el ingeniero que ha calculado la estructura.

Tomemos el ejemplo archiconocido del Viaducto de Millau. Todo el mundo sabe que ha sido diseñado por Norman Foster pero ¿Quién ha calculado los pilares del viaducto más alto del mundo? Aunque Norman Foster también es ingeniero, no será recordado como tal sino como uno de los grandes arquitectos de puentes.

Las autopistas y carreteras de entrada a las grandes ciudades, usadas a diario por millones de personas, también han sido calculadas y diseñadas por ingenieros pero son consideradas obras de segunda, fundamentales para el progreso pero que no merecen atención alguna.

Sin embargo, esta percepción debe cambiarse y los primeros en hacerlo deben ser los mismos ingenieros, empezando a pensar como hacer que una obra sea deslumbrante y no tanto en que sea práctica y funcional.

La empresa no es fácil puesto que desde la misma universidad a los ingenieros se les enseña a calcular, a ser prácticos y a reducir costes y poco paisajismo, integración en el paisaje, estética o belleza de las obras.

Pese a ello, y por suerte, cada vez son más los ingenieros que añaden un valor estético a la reducción de costes y a la funcionalidad física de las obras.

El problema es que la estética o la funcionalidad visual de las obras son parámetros que no se pueden cuantificar, son subjetivos y no se obtiene ningún beneficio de ellos.

Pero se debe tener en cuenta que las obras públicas colaboran en la imagen de una zona. En el caso de las carreteras, unen las principales ciudades del territorio y son los elementos observados en primer lugar por los visitantes.

Por tanto, la estética y la ingeniería deben ir unidas consiguiendo de esta manera la mejor solución tanto desde el punto de vista práctico como visual. La vegetación, el color y todos los elementos que componen las infraestructuras colaboran a hacerla más atractiva y cautivadora a la vista de los múltiples usuarios que tiene.

En la Fotografía 1 se observa la entrada a un túnel. La incorporación de unos arcos en ella, de color rojo, hace de una simple entrada a un pequeño túnel una obra única y singular.



Fotografía 1. Arcos decorativos. Ronda de circunvalación de Girona

Las rotondas están situadas habitualmente en las entradas y salidas de pueblos y ciudades. Como tal, son uno de los primeros elementos observados de la ciudad y repercuten en su imagen. Deben contener elementos decorativos, agradables a la vista y que hagan de la rotonda un elemento excepcional. Hay diversas maneras de conseguirlo. Una de las más utilizadas es la plantación de diferentes especies, especies ornamentales, como se puede observar en la Fotografía 2.



Fotografía 2. Rotonda decorada con vegetación. Calella

También es habitual la colocación de esculturas u otros elementos artificiales.



Fotografía 3. Rotonda con escultura decorativa. Francia

Las medianas y bordes de carreteras son también lugares indicados donde hacer visible la preocupación por la estética. En la Fotografía 4 se puede observar como mediante la plantación de diversas especies en las medianas y en los laterales de la carretera que una Palafrugell con Calella se consigue una carretera muy agradable a la vista y amena tanto para el conductor como para los acompañantes.



Fotografía 4. Funcionalidad visual. Carretera Palafrugell-Calella

Los paseos marítimos son un claro ejemplo de infraestructura en la cual la opinión del usuario visual es prioritaria. Son construcciones para ser

observadas y, por tanto, el cuidado dado a los elementos que lo componen es primordial.

El paseo debe invitar a pasear y relajarse. Para ello, se utilizan especies ornamentales, elementos decorativos singulares o diferentes tipos de pavimentos con el único objetivo de gustar y agradar al usuario, principalmente visual, del paseo.

Son muchos los elementos compositivos del paseo que pueden colaborar en hacer más cautivador el paseo. Destacaremos dos. En primer lugar las farolas. Realizando un diseño un poco innovador se consigue impactar al usuario y hacer más bonito el paseo. Las siguientes fotografías muestran este hecho.

En la Fotografía 5 se puede observar la farola del paseo marítimo de S'Agaró, mientras que en la Fotografía 6 se observa la farola del paseo de Blanes.



Fotografía 5. Farola. Paseo marítimo de S'Agaró



Fotografía 6. Farola. Paseo marítimo de Blanes

El pavimento utilizado también es una manera fácil y barata de dar singularidad a un paseo marítimo. Cambiando el color de las baldosas o realizando con ellas un pequeño tapiz se consigue que sea un elemento a admirar y contemplar. Las fotografías 7 y 8 muestran diferentes maneras de adornar el “suelo”.



Fotografía 7. Decorado del pavimento. Paseo marítimo de Blanes



Fotografía 8. Decorado del pavimento. Paseo marítimo de Tossa de Mar

En estas fotos se pueden observar algunos ejemplos en los cuales se ha tenido en cuenta al usuario visual. Se vieron las obras como obras de arte y se pusieron elementos que la hicieran destacar y la convirtieran en una obra única y exclusiva.

Todo elemento compositivo colabora en la creación de un lugar e infraestructura sorprendente y singular. Progresivamente, la gente se está concienciando que no es necesario sacrificar los beneficios en favor de la funcionalidad visual, sino que es posible congeniar ambos conceptos obteniendo de esta manera, una obra bonita teniendo mínimos costes y un gran beneficio. Solo de esta manera, ambos usuarios de las obras públicas serán satisfechos.

LA VEGETACIÓN EN EL DISEÑO DE LAS OBRAS PÚBLICAS

1 INTRODUCCIÓN

2 ANTECEDENTES DE LAS PLANTACIONES EN LAS OBRAS PÚBLICAS

3 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

4 FUNCIONALIDAD VISUAL

5 CRITERIOS DE ELECCIÓN

6 ÁMBITOS

7 CASOS CONCRETOS

8 CONCLUSIONES

9 BIBLIOGRAFÍA

5 CRITERIOS DE ELECCIÓN

La gran diferencia de las plantaciones con otras unidades de obra es que son seres vivos cuya adaptación al medio condicionará su correcto funcionamiento. Por lo tanto, para realizar un proyecto en el que las plantaciones utilizadas sean las adecuadas y cumplan correctamente su función es necesario establecer unos criterios de elección.

Estos criterios deberán ser de fácil utilización por no especialistas, basados en los aspectos más generales relativos a las especies, de rápido y sencillo reconocimiento, y que permitan la selección de las especies idóneas para cada zona del Proyecto.

Los criterios que se propondrán en este estudio se pueden agrupar en dos grandes grupos: los criterios climáticos y los criterios de desarrollo o adaptación.

Los primeros controlarán si una especie puede o no sobrevivir en la zona mientras que los segundos concretarán la especie, de entre las preseleccionadas por los criterios climáticos, que se adapta mejor y tiene más posibilidades de un buen desarrollo en la zona a plantar.

La aplicación sucesiva de estos criterios permitirá realizar una preselección de las especies mediante los criterios climáticos y una elección definitiva a través de los criterios de desarrollo.

Cuanto más parámetros se tengan en cuenta, el estudio realizado será mejor y más preciso, garantizando el éxito de la plantación.

El objetivo es constituir unos criterios de fácil aplicación que permitan la elección de la especie más adecuada y conseguir, de esta manera, un buen diseño de las plantaciones en las Obras Públicas.

El siguiente cuadro resume los criterios considerados.

CRITERIOS CLIMÁTICOS	CRITERIOS DE DESARROLLO
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura ▪ Régimen Pluviométrico ▪ Altitud ▪ Viento ▪ Insolación 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Autóctonos ▪ Velocidad de crecimiento ▪ Tiempo de vida ▪ Necesidad de suelos específicos ▪ Resistencia a las plagas ▪ Resistencia a la sequía ▪ Resistencia heladas ▪ Resistencia a la proximidad del mar ▪ Resistencia a la contaminación ▪ Mantenimiento

Tabla 1. Criterios de Elección

5.1 CRITERIOS CLIMÁTICOS

Los primeros criterios que se deben establecer son los que llamaremos criterios climáticos que permitirán realizar una primera selección de las especies a utilizar. Estos criterios consideran y agrupan los factores principales que ayudan a delimitar y escoger las especies más adecuadas en cada caso, efectuando una primera tría.

La principal función de los criterios climáticos es fijar la supervivencia o no de una especie en la zona a plantar. Por tanto, los valores de estos criterios en la zona de estudio deben ser compatibles con los que resultan más apropiados para la especie que se quiera plantar.

Las plantaciones son seres vivos y, por consiguiente, existen diversos factores que las afectan directamente y que no lo hacen a otros elementos constitutivos de la obra. Su desconocimiento puede conllevar, por tanto, la muerte de las plantaciones incluso antes de la inauguración de la Obra.

El clima es, sin lugar a duda, el factor más importante a tener en cuenta. Controla, entre otros aspectos, el tipo de planta que constituye el hábitat de una zona. Las características ambientales de un lugar determinado dibujan una matriz de elementos ecológicos únicamente compatibles con los requisitos de un cierto número de especies y, de entre éstas, solo una parte resultarán óptimamente adecuadas. Estos criterios permitirán estudiar la compatibilidad entre las especies y la zona de estudio, obteniendo las especies idóneas para ser plantadas.

Es indispensable conocer todos los requisitos de las especies antes de realizar una elección dado que, de la misma manera que hay plantas que viven a pleno sol, hay otras que no lo resisten y se deben plantar en una zona de sombra.

Para acertar en la elección de una determinada especie vegetal en un proyecto de Obra Pública se deben establecer y respetar unos criterios. Únicamente cumpliendo estas exigencias, el éxito de la plantación será posible. El estudio exhaustivo de los factores que inciden directamente en el desarrollo inicial de las especies vegetales es la mejor garantía de que éstas sobrevivirán a la fase inicial y que la plantación será un éxito.

Es necesario tener en cuenta todos los detalles que tengan alguna relación con la vida de las plantas, especialmente en el periodo de crecimiento inicial, dado que es la época más crítica en la vida de una planta. Superada esta fase inicial, el arraigo de la plantación está garantizado.

Para que una especie sobreviva en un lugar determinado debe atender a una serie de parámetros, principalmente climáticos. Los criterios climáticos se enumeran a continuación y consideran una serie de aspectos que ayudan a delimitar las especies más indicadas:

- Temperatura
- Régimen pluviométrico
- Altitud
- Viento
- Insolación

Cabe mencionar que estos criterios climáticos requieren unas series históricas completas para poder caracterizar el clima de la zona correctamente.

Por otro lado, destacar que no existe término medio en las plantaciones: viven o mueren, debido a su condición de seres vivos. Por tanto, es fundamental realizar una buena preselección de las especies a partir de estos criterios climáticos y, de esta manera, evitar situaciones absurdas, como por ejemplo, que un árbol de ribera sea plantado en una zona desértica donde morirá inevitablemente por falta de agua.

Se debe tener el total convencimiento que las especies propuestas para las plantaciones se adapten fácilmente al clima de la zona donde deberán vivir. Solo así el diseño de la plantación será un éxito.

5.1.1 Descripción de los criterios

5.1.1.1 Temperatura

La temperatura es, junto la pluviosidad, uno de los factores que más intervienen en la definición del clima de una zona. Las temperaturas y las estaciones influyen sobre las especies a plantar y en el momento en el cual hacerlo.

Se pueden establecer tres clases de climas según la temperatura: climas fríos, templados o cálidos. Esta clasificación de los climas térmicos es la dada por Debrach. Debido a su orografía, en Cataluña se tienen representados los tres climas térmicos.

Para identificar estos climas se hace referencia a una temperatura media obtenida como la semisuma de la media de máximas del mes más cálido y la media de las mínimas del mes más frío.

Los climas fríos se dan para valores de la temperatura media inferiores a 15° mientras que las localidades con valores de la semisuma comprendida entre 15° y 20° se consideran de clima templado. Finalmente, para valores superiores a 20° se tiene un clima cálido.

En el proceso de desarrollo de un árbol se tiene una temperatura óptima en la cual el árbol vive y se desarrolla correctamente. Por otro lado, existen también unas temperaturas cardinales que fijan el rango de temperaturas para la supervivencia y buen desarrollo del árbol. Para temperaturas inferiores o superiores a éstas, el árbol no será capaz de sobrevivir y morirá, tanto por congelación como por exceso de calor.

Los valores de estas temperaturas son característicos de cada especie y son el primer criterio a tener en cuenta en la elección de las especies a plantar.

Este es el principal inconveniente de las plantaciones. Debe existir una completa adaptación al entorno, al lugar donde se va a realizar la plantación, dado que son seres vivos y el hábitat les afecta de manera muy importante.

Pero la temperatura no solo influye en el tipo de planta sino también, como se ha mencionado anteriormente, en el periodo en el cual realizar la plantación. Mientras que el otoño es el periodo adecuado para realizar plantaciones en las zonas del litoral y prelitoral, donde el clima no es muy riguroso, en alta montaña es preferible la primavera cuando las heladas y la nieve ya no están presentes.

Como consecuencia, existen problemas para hacer coincidir la planificación de la obra con la época idónea para realizar la plantación y compaginarla con el resto de trabajos ingenieriles. Sin embargo, todos estos problemas se podrían evitar teniendo en cuenta las plantaciones desde el inicio del proyecto, como un elemento más de la obra, atendiendo desde el principio sus necesidades y no tratándolas como simples elementos decorativos.

5.1.1.2 Régimen pluviométrico

La lluvia y la humedad existente son otro condicionante de la vegetación de una zona y, como consecuencia, serán un criterio climático muy importante.

Este criterio nos servirá para distinguir y clasificar entre los árboles que resistan la sequía de aquellos que requieran un terreno más húmedo.

Sabiendo el régimen pluviométrico del lugar se puede tener una idea aproximada de la cantidad de agua de la zona y, por tanto, de la vegetación que compone el hábitat.

Es necesaria una reserva de agua suficiente para garantizar el buen desarrollo de las plantaciones. Esta reserva de agua dependerá, por un lado, de las precipitaciones y, por otro lado, de la capacidad de almacenamiento del suelo. El tipo de suelo que se tenga es otro criterio muy importante a la hora de decidir las plantaciones a realizar y, como tal, se tratará dentro del punto criterios de desarrollo.

En las precipitaciones es importante tanto su distribución, que puede ser mensual o estacional definiéndonos las estaciones húmedas y secas, como su frecuencia. El agua utilizada es aquella que se infiltra en el suelo. Por tanto, es importante conocer el tipo de lluvia que se tiene, uniforme y homogénea o, por el contrario, lluvias torrenciales. Este último tipo de lluvia realiza aportaciones mínimas a las reservas de agua dado que el agua cae con demasiada rapidez y el terreno no puede absorberla, y como consecuencia, se producen grandes pérdidas por escorrentía.

5.1.1.3 Altitud

La altitud también es un parámetro fundamental ya que cada especie vegetal tiene una altitud idónea en la cual su desarrollo será correcto. Por otro lado, la altitud es un criterio climático íntimamente relacionado con la temperatura. Más altitud conllevará temperaturas más bajas y una mayor humedad.

Las condiciones climáticas que tiene que soportar una plantación son diferentes dependiendo de la altitud en la que se encuentre. Un árbol de alta montaña deberá resistir heladas y bajas temperaturas en invierno que plantaciones en la línea de mar no deberán soportar.

En Cataluña, dada su orografía, se puede encontrar casi al completo la distribución de la vegetación según la altitud, es decir, están representados casi todos los pisos de vegetación. Se tienen montañas altas, medianas o bajas, llanuras litorales (con influencia marina), prelitorales o continentales, así como también todo tipo de valles, pirenaicos o de ribera siguiendo los cursos fluviales.

La esquematización de altitudes sobre el nivel del mar es la siguiente:

- Ambientes marinos: 0 - 50 m
- Llanuras litorales: 0 - 200 m
- Montañas bajas: 200 - 600 m
- Llanuras continentales o mesetas: 200 - 800 m
- Montaña mediana: 500 - 1200 m
- Montaña alta: 1200 - 2200 m

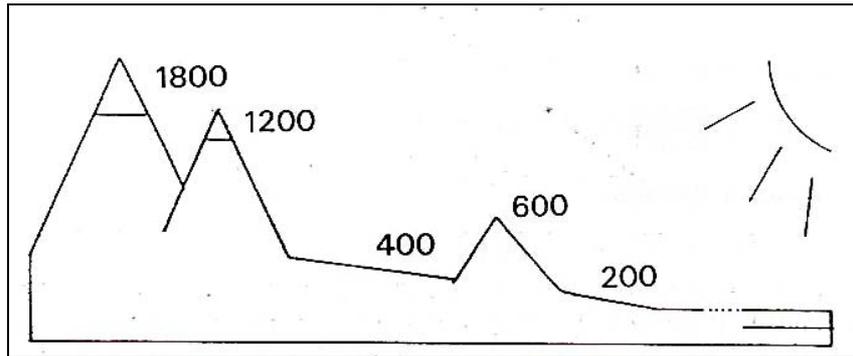


Figura 1. Esquematización de altitudes sobre el mar

5.1.1.4 Viento

Otro criterio a tener en cuenta es el viento, cuya intervención en el clima de una zona es notable.

La existencia o no de viento en el lugar a plantar será un factor determinante en la elección de especies debido a que la presencia de viento puede producir, entre otros, problemas de sequía o de resistencia.

El viento aumenta el proceso de transpiración del árbol, provocando problemas de desecación por pérdida de agua en las hojas. Por otro lado, si el árbol es de raíces superficiales, poco ancladas en el terreno, puede ser arrancado por ráfagas fuertes de viento.

Asimismo, la exposición prolongada a un fuerte viento puede modificar la forma y estructura de los árboles.

Por tanto, el viento tiene una gran influencia en la realización del perfil de las especies a plantar en una zona.

5.1.1.5 Insolación

La insolación es un criterio indiscutiblemente relacionado con la temperatura. Además, la cantidad de luz solar que recibe un árbol es función de la latitud y de la altitud de la zona así como también de la época del año en la que nos encontremos. Un mayor número de horas de sol conllevará una temperatura media anual más elevada. Asimismo, a una mayor altitud le corresponderán un menor número de horas de sol, y por tanto, una menor insolación.

La luz solar interviene en la fotosíntesis y es el factor que dirige la floración y la caída de las hojas. Al realizar plantaciones es muy importante saber si éstas se encuentran en sombra, semisombra o a pleno sol dado que repercutirá, entre otros aspectos, en la floración y la variación cromática de la foliación, punto especialmente importante cuando se quiere, a través de las plantaciones, crear un paisaje más cercano y bonito para el usuario, teniendo el color un papel determinante.

Estos criterios, al contrario de los criterios de desarrollo, no se valorarán. Son, como ya se ha dicho anteriormente, criterios previos, es decir, criterios que se deben cumplir ante todo. Si una especie no cumple estos prerequisites no se considerará realizar una plantación con ella, debiendo escoger otra especie. La importancia de todos ellos es la misma, ya que están relacionados entre sí y son de obligado cumplimiento.

5.2 CRITERIOS DE DESARROLLO

Una vez establecidos y aplicados los criterios climáticos comentados se tendrá una lista con las especies cuya adaptación a la zona a plantar está garantizada. Se ha realizado una primera selección de las especies.

Para realizar la elección definitiva de las especies es necesario establecer unos criterios que ayuden a distinguir unas especies de otras. Son los criterios de desarrollo. Estos criterios estarán basados en características objetivas de las especies., características que constarán en la ficha de cualquier especie.

Estos criterios nos ayudarán a distinguir y seleccionar la especie más adecuada para realizar la plantación. La especie seleccionada deberá cumplir los criterios climáticos, aplicados previamente. Es decir, se realizará una primera selección de especies con los criterios climáticos y la elección definitiva con los criterios de desarrollo. Por ejemplo, si se tienen dos especies autóctonas, se puede comparar objetivamente su velocidad de crecimiento o su resistencia a las plagas o a la contaminación.

Las características que se han tenido en cuenta son:

- Autóctonas
- Velocidad de crecimiento
- Tiempo de vida
- Necesidad de suelos específicos
- Resistencia a plagas
- Resistencia a sequía
- Resistencia heladas
- Resistencia a la proximidad del mar
- Resistencia a la contaminación
- Mantenimiento

Cada uno de estos criterios será puntuable. El valor máximo de todas las escalas será 5. Cada especie obtendrá una puntuación dependiendo de su respuesta a ellos y la suma de todas las puntuaciones nos dará la Puntuación Final de esa especie. Esta puntuación nos servirá para seleccionar definitivamente las plantaciones a realizar.

Asimismo, cabe mencionar que estos valores serán ponderados dependiendo del ámbito en el que se encuentre la plantación y del tipo de función requerida. Los pesos asignarán la importancia correspondiente a cada uno de los criterios, obteniendo así una fórmula específica para cada una de las situaciones.

El objetivo es establecer unos criterios basados en características fáciles de conocer y de aplicación sencilla, que faciliten y agilicen la selección de las especies. La necesidad de un suelo específico o el tiempo de vida son datos compositivos de cualquier ficha de una especie y, por tanto, son datos objetivos cuya aplicación puede efectuarla cualquier persona.

Se detallan a continuación las características de cada criterio y sus puntuaciones.

5.2.1 Especies Autóctonas

En la selección de especies a plantar es importante valorar y tener en cuenta las enormes posibilidades que ofrece la vegetación autóctona de la zona. Las ventajas son notables. La probabilidad de adaptación al medio aumenta dado que se trata de especies que viven en la zona. Asimismo, la componente estética tiene mucha importancia. Las nuevas plantaciones corresponden a las existentes en el entorno. De esta manera, se consigue una mejor integración en el paisaje, ya que se utilizan las mismas especies del lugar, no provocando ningún cambio brusco en éste y sin introducir especies invasoras. Realizando las plantaciones con especies autóctonas se consigue que el impacto provocado por la nueva infraestructura sea mínimo.

Por otro lado, es conveniente que las especies escogidas para realizar las plantaciones tengan un índice de mortalidad bajo. Las plantaciones deben realizarse en unas épocas concretas del año, pudiendo situarse en pleno proceso constructivo. Por tanto, deben ser lo suficientemente fuertes para resistir la construcción de la obra y sobrevivir hasta el día de su recepción final definitiva.

Escogiendo especies autóctonas se disminuye la tasa de mortalidad y se asegura una vida más o menos longeva para las plantaciones realizadas, dado que al encontrarse en su hábitat natural las probabilidades de éxito son mayores. Asimismo, se deben escoger de entre las especies autóctonas del lugar aquellas que sean más resistentes dado que el grado de resistencia es diferente para cada una de ellas.

Es evidente que los otros criterios que se estudiarán a continuación están incluidos en éste pero éste criterio es además la imagen de la cultura, la historia y el territorio.

Sin embargo, antes de realizar ninguna plantación con especies que sean o no autóctonas se debe conocer perfectamente el elemento vegetal. Es necesario conocer las especies y su comportamiento en su hábitat. Solo de esta manera se podrán aprovechar al máximo las características y ventajas que nos presentan las especies autóctonas.

No obstante no siempre las especies autóctonas constituyen la mejor opción. En ocasiones, dependiendo del objetivo de la plantación será preferible efectuarla con especies no autóctonas. Por ejemplo, la palmera no es una especie autóctona de Cataluña. Si embargo, puede sobrevivir en una maceta, por lo que es una especie idónea para realizar plantaciones en lugares donde el terreno sea pobre o no se pueda realizar una sobrecarga importante.

Destacar que los costes de traslado serán mínimos, al tratarse de la vegetación del lugar y el éxito de este traslado está garantizado, al ser de corta duración, no siendo necesario un periodo de aclimatación de las plantas.

La puntuación efectuada para este criterio es la siguiente:

Especies	Puntuación
Autóctonas	5
No Autóctonas	0

Tabla 2. Puntuación según las Especies Autóctonas

Cabe mencionar también que se podrían introducir especies de otros países en los cuales exista la misma zona bioclimática. En nuestro caso, existen 5 zonas mediterráneas en el mundo pero dada la poca información existente de las necesidades y características de las plantaciones la mejor opción es la elección de especies de la zona.

5.2.2 Velocidad de Crecimiento

El crecimiento de un árbol depende, además de sus características genéticas, de las condiciones en que vive. De entre todos los parámetros influyentes en su desarrollo se puede destacar la temperatura, la humedad, las características del suelo o la disponibilidad de agua.

Los árboles se desarrollan de una manera más rápida durante los primeros años de vida, hasta llegar a un punto de madurez en el cual el crecimiento se ralentiza a medida que pasan los años. De forma genérica se pueden definir los siguientes parámetros en relación al crecimiento:

- Punto óptimo
- Umbral de exigencia
- Umbral de resistencia

El punto óptimo depende de cada especie y de la época del año en que se esté. Es el valor de un parámetro para el cual el crecimiento es máximo. Por otro lado, los umbrales de exigencia y resistencia son, respectivamente, los valores mínimo y máximo por debajo o encima de los cuales el crecimiento es negativo.

Se tiene también unos valores extremos a partir de los cuales se llega de manera irreversible a la muerte del árbol.

Estos valores se encuentran representados en la gráfica siguiente:

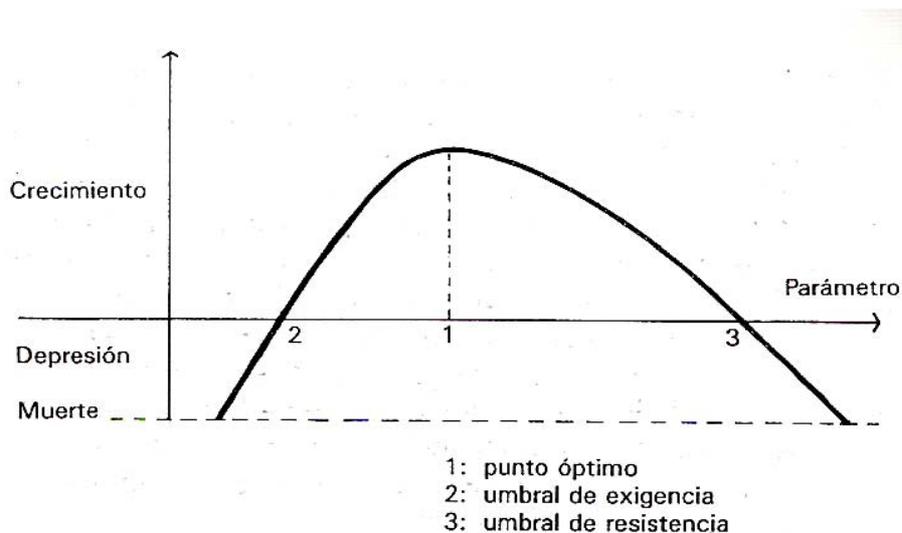


Figura 2. Curva Genérica de Crecimiento

La velocidad de crecimiento es característica de cada especie y está íntimamente relacionada con la altura del árbol y con la longevidad del mismo. Generalizando, se podría decir que aquellos árboles de crecimiento rápido tienen una vida más corta que aquellos cuyo crecimiento es más lento. Árboles con una velocidad de crecimiento rápida alcanzan su máximo desarrollo a los 15 años mientras que si la velocidad es lenta lo alcanzan a los 30 o más años.

El periodo de crecimiento también depende del tipo de árbol o especie. Por un lado, se tiene especies cuyo crecimiento anual se produce en 4 o 5 semanas, coincidiendo con la primavera. En este caso, la tasa de crecimiento varía en

función de las reservas acumuladas durante el año anterior dado que en este periodo las hojas empiezan a brotar y todavía no se acumulan sustancias. Por otro lado, existen árboles cuya etapa de crecimiento coincide con los 3 o 4 meses del periodo vegetativo, cuanto están totalmente desprovistos de hojas.

No obstante, no se puede olvidar que el buen desarrollo de un árbol depende del medio en el que se plante. El medio actúa sobre el individuo, haciendo que éste se adapte a él. Cuanto más adecuado sea el medio, se tendrá un individuo más sano y equilibrado. Asimismo, se puede esperar que árboles plantados en medios inadecuados tengan un desarrollo menor al que tendrían si se encontraran en su hábitat natural.

Sin embargo, con este criterio se quiere distinguir las especies según su velocidad de crecimiento por lo que su adaptación al medio queda relegada a un segundo plano.

De la aplicación de los criterios climáticos anteriormente expuestos se tendría una lista de las especies cuyo buen desarrollo estaría garantizado en la zona. Por tanto, con este criterio no se pretende incidir en la adaptación de las diferentes especies al medio sino clasificar las especies cuya adaptación y buen desarrollo estén garantizados según su velocidad de crecimiento, es decir, según su rapidez en desarrollarse.

Dependiendo del tipo de Obra que se tenga y de las funciones a realizar por las plantaciones se buscarán especies con diferente velocidad de desarrollo.

Si se quiere a través de las plantaciones crear espacios sombríos y de descanso en un paseo marítimo interesarán especies con una velocidad de crecimiento rápido. En el caso de la revegetación de una zona también interesará que el crecimiento sea rápido para que las plantaciones cumplan con su función lo antes posible. Además se deberá realizar esta regeneración con especies autóctonas para que la restauración sea correcta.

Se establecen tres tipos de velocidad de crecimiento: rápido, medio y lento y se determinará la velocidad de crecimiento de un árbol relacionando la altura a los 20 años con la altura máxima final.

La velocidad de crecimiento de una especie afecta especialmente a la altura final y a la profundidad y estructura de las raíces. Asimismo, también condiciona las atenciones y cuidados necesarios. El periodo de crecimiento es la época en la cual una especie requiere un mayor cuidado. Esta época será mayor en árboles de crecimiento lento con una duración de 6 a 8 años mientras que para especies de crecimiento rápido se reduce a la mitad, siendo de 3 a 4 años.

La valoración que se realizará es la siguiente:

Velocidad de crecimiento	H : Altura a los 20 años	Puntuación
Rápida	$H > 2/3 H_{\text{máx}}$	5
Media	$1/3 H_{\text{máx}} < H < 2/3 H_{\text{máx}}$	3
Lenta	$H < 1/3 H_{\text{máx}}$	0

Tabla 3. Puntuación según la Velocidad de Crecimiento

5.2.3 Tiempo de Vida

El tiempo de vida de un árbol es un dato muy difícil de conocer dado que depende de muchos factores. Pese a ello, se llama longevidad media a la edad a la que suelen llegar muchos individuos de una especie y, por tanto, se puede considerar más o menos característica de dicha especie.

Éste es un dato importante a conocer por el proyectista de arbolado viario, puesto que a partir de éste podrá hacerse una idea de la vida de la composición a realizar y el mantenimiento o reposición que se deberá hacer de ella.

La vida de un árbol puede variar de pocas decenas de años hasta milenios, siendo un aspecto que no se puede llegar a conocer de forma concreta y exacta. Si las condiciones son óptimas, puede alcanzar tiempos de vida máximo. Sin embargo, la muerte le llega a un árbol por enfermedades o plagas, así como también por accidentes ya sean naturales como una ráfaga de viento fuerte, heladas o incendios o debidos a la mano del hombre, como por ejemplo, el choque de un vehículo. Estos aspectos no se pueden controlar y hacen difícil el conocer la longevidad de las plantaciones realizadas.

Éste es el mayor inconveniente que se deriva de su condición de seres vivos: su vida y su desarrollo y, como consecuencia, el correcto cumplimiento de las funciones a realizar, dependen del medio en el que sean plantadas.

En las Obras Públicas interesa que las plantaciones que duren tanto o más que la obra, eliminando así el coste de reposición, y en coherencia con la vida útil de la obra a la que sirven.

Según su vida media, se puede clasificar los árboles en tiempo de vida corto, medio o longevo. La puntuación es la siguiente:

Tiempo de vida medio	Años	Puntuación
Corto	25	1
Medio	100	3
Longevo	200	5

Tabla 4. Puntuación según el Tiempo de Vida

5.2.4 Necesidad de Suelos Específicos

El suelo es esencial para la vida del árbol ya que le proporciona soporte físico, el agua y los nutrientes que necesita.

De forma genérica, el suelo consta de dos zonas: la capa superficial o suelo vegetal de unos 10-30 cm. de profundidad y que se debe conservar siempre, y el subsuelo o capa más profunda, en contacto con la roca madre del suelo.

El suelo está compuesto por materia sólida (mineral y orgánica), líquida y gaseosa. Para que un suelo sea fértil es necesario que tenga, a grandes rasgos, una composición granulométrica equilibrada, una humedad suficiente y elementos minerales abundantes y no tóxicos. Debe tener también una buena porosidad y un buen drenaje que permitan la buena aireación de las raíces y un nivel de sales bajo.

Una buena adaptación al sustrato existente es tan importante como una buena adaptación al clima. Un árbol que se adapte bien al suelo y admita su pH se desarrollará correctamente y llegará a su madurez sin problemas. Si por contra, la composición mineralógica del suelo no es la adecuada no crecerá con normalidad, no llegando a la altura y dimensiones esperadas y, como consecuencia, no realizará debidamente la función exigida.

La gran mayoría de los árboles viven entre un pH de 6 y 7,5. Sin embargo, existen árboles que requieren suelos con un pH más bajo, terrenos ácidos o no toleran la presencia de cal en el mismo. Se pueden distinguir los siguientes tipos de árboles:

- *Árboles indiferentes a la naturaleza del terreno*: aptos para cualquier suelo.
- *Árboles acidófilos*: necesitan terrenos con un pH variable entre 4 y 6,5, suelos ácidos.
- *Árboles calcífugos*: no toleran la presencia de cal en el suelo, proveniente de un suelo calizo o por la utilización de agua de riego con alto contenido en cal. La cal afecta en la nutrición de la planta, inmovilizando el hierro hasta impedir que sea asimilado. Generalmente, estas especies requieren un pH ácido.
- *Árboles para terrenos básicos, calizos o calcáreos*: son árboles que toleran la presencia de cal en el terreno. El pH que admiten es de entre 7,5 y 10.
- *Árboles que toleran suelos salinos*: los suelos altamente salinos son aquellos con un fuerte contenido en iones sodio. La salinidad puede proceder bien de filtraciones producidas por la proximidad del mar o por el transporte de sales por el viento. Requieren, en general, un pH muy básico, entre 9 y 10.

Destacar que la necesidad de algunas especies de un terreno básico no es tan excluyente como de un terreno ácido. Sin embargo, la acidez excesiva de un terreno se puede corregir añadiendo iones calcio en forma de CaCO_3 .

La necesidad de suelos específicos es un parámetro muy importante, sobretodo en obras lineales donde el sustrato puede variar mucho de una zona a otra y es necesario adaptar las plantaciones a cada tipo de suelo.

Se distinguirán, por tanto, dos tipos de especies:

Especies	Puntuación
Indiferentes al tipo de suelo	2
Restrictivas	0

Tabla 5. Puntuación según la Necesidad de Suelos Específicos

5.2.5 Resistencia a Plagas

Los árboles, y las plantaciones en general, por su condición de seres vivos están expuestos a una serie de agresiones que favorecen el desarrollo de plagas y enfermedades.

Además de la polución ambiental, una poda excesiva desequilibra el desarrollo del árbol y se convierte en un foco de infección al ser zonas de fácil acceso para insectos y hongos. Estas alteraciones en el desarrollo pueden manifestarse de diversas maneras: desde la decoloración o moteado de las hojas hasta la exudación de resina.

La vegetación sometida de manera constante a este tipo de ataques sufre una debilitación y un deterioro progresivo que puede llevarla incluso a la muerte. El otoño es una estación generalmente de lluvias que favorecen la aparición de insectos y hongos. Es la época más delicada, debiéndose observar los tallos y las hojas para detectar posibles plagas y poder controlarlas a tiempo.

Existen especies que resistirán cualquier tipo de ataque mientras que otras, menos resistentes, serán afectadas por algunos o por todos ellos. Los principales tipos de elementos que causan enfermedades son:

- insectos
- hongos
- bacterias
- virus

Con este criterio se intentará valorar las ventajas que presentan especies resistentes a todo tipo de ataque. Las especies que puedan ser afectadas por uno o más tipos de plagas tienen una mayor probabilidad de morir, especialmente en su época de crecimiento. Su muerte conllevará una reposición del mismo, incrementando el coste e incumpliendo las funciones requeridas.

Se valorará, por tanto, con este criterio la resistencia o no de las especies a las enfermedades y plagas, realizando la siguiente clasificación y consiguiente puntuación:

Resistencia	Puntuación
Resistente a cualquier plaga	5
Atacada por 1 elemento	4
Atacada por 2 elementos	2
Muy vulnerable (atacada por más de 3 elementos)	0

Tabla 6. Puntuación según Resistencia a Plagas

La mejor prevención contra los problemas producidos por los parásitos en los árboles es la elección adecuada para cada lugar determinado, atendiendo a las preferencias de cada árbol por las condiciones de temperatura, sol, tipo de suelo o resistencia a la contaminación entre otras. Respetando desde un principio los requerimientos de cultivo de cada árbol se limitará el peligro de posibles ataques.

Por otro lado, hay enfermedades que se dan cada año, especialmente en primavera. Las medidas preventivas consisten en la aplicación de productos insecticidas aplicados directamente en las plantas. Se pueden realizar por medios mecánicos o manuales, si la zona es de difícil acceso. Las fumigaciones con productos insecticidas son muy efectivas. No obstante, hay que constatar su eficacia realizando controles de campo periódicamente.

5.2.6 Resistencia a la Sequía

Como se ha comentado anteriormente, la pluviosidad, juntamente con la temperatura, son los elementos que definen el clima.

En la elección de las especies a plantar este punto será decisivo. Los árboles resistentes en condiciones de sequía son de hojas pequeñas y coriáceas, llegando a ser espinas en lugares de extrema sequía.

Será necesario, por tanto, un estudio exhaustivo para analizar y compaginar la resistencia de estas especies a condiciones de sequía con las funciones a realizar, como crear zonas sombrías, integración en el paisaje, etc.

En el otro extremo se encuentra la excesiva humedad del terreno, característica requerida por numerosas especies. Ambos extremos no son recomendables. Una excesiva sequía lleva a una muerte del individuo matando los nuevos brotes de hojas o aumentando la transpiración. Por otro lado, el exceso de humedad en el terreno puede provocar la asfixia de las raíces y, como consecuencia, también la muerte.

Con este criterio se quiere diferenciar a los árboles que resisten la sequía, es decir, resisten la estación más seca del año que en Cataluña se da en verano. Es importante conocer cual será el comportamiento de las plantaciones realizadas frente a la falta de agua en el terreno que se produce en esta época si no se modifica por medios naturales.

La clasificación en este punto se realizará en relación al Índice de Humedad Mínimo anual que resiste cada especie.

El Índice de Humedad (I_h) es un dato aproximado de la cantidad de agua disponible. Se obtiene relacionando la evapotranspiración potencial (ETP) con la pluviosidad (P):

$$I_h = \frac{P}{ETP}$$

La pluviosidad es un dato orientativo de la cantidad de agua de que dispondrá un árbol, dado que hay que tener en cuenta las pérdidas que se producen por gravedad, por escorrentía, por evaporación del agua superficial y por la transpiración de los vegetales. Por otro lado, la evapotranspiración potencial es el agua evaporada durante un periodo de tiempo para un suelo con un suministro óptimo de agua y depende, entre otras cosas, del tipo de vegetación, del tipo de suelo, de las horas de insolación, del viento y de la temperatura.

La clasificación realizada es:

Índice de humedad	Sequía/ Humedad	Puntuación
0,25 a 0,50	SM = Sequía media	5
0,50 a 0,75	SD = Sequía débil	4
0,75 a 1	HD = Humedad débil	3
1 a 1,50	HM = Humedad media	2
Superior a 1,50	HE = Humedad elevada	1

Tabla 7. Puntuación según la Resistencia a la Sequía

5.2.7 Resistencia a las Heladas

En el diseño de plantaciones en zonas de alta montaña será importante conocer si las especies a plantar resisten o no las bajas temperaturas y las heladas que se producirán en la zona.

La temperatura de la zona afecta a la fisiología del vegetal. Es necesario conocer las temperaturas mínimas que pueden alcanzarse en una zona sin que éstas afecten al desarrollo y vida del árbol.

En árboles mediterráneos o tropicales las bajas temperaturas o las heladas pueden provocar lesiones crónicas o la congelación de tejidos, produciendo la muerte del individuo. Sin embargo, para los árboles de climas templados y fríos, el frío es necesario para romper el reposo vegetativo y para que después las yemas puedan abrirse.

En esta clasificación se relacionarán la resistencia a heladas de diferente intensidad con la temperatura mínima absoluta que resistan. Dado el mapa isotérmico de temperaturas mínimas absolutas de Cataluña, se tiene en cuenta únicamente tres resistencias, obteniendo la siguiente clasificación:

Resistencia	T _{mínima absoluta}	Puntuación
H _F = Heladas fuertes	-12 °C a -24 °C	5
H _M = Heladas medias	-6 °C a -12 °C	3
H _D = Heladas débiles	0 °C a -6 °C	0

Tabla 8. Puntuación según la Resistencia a las Heladas

5.2.8 Resistencia a la Proximidad del Mar

Las condiciones que se dan en zonas próximas al mar son muy concretas. Las altas temperaturas y la salinidad del ámbito hacen que las plantaciones a realizar deban tener unas características muy específicas.

Los principales problemas de resistencia son debidos al aire salino y a la salinidad del terreno por infiltración de agua salada.

La deshidratación que se produzca dependerá del grado de salinidad del mar de la zona. También se debe considerar la arena levantada por el viento y llevada contra los árboles, desgastando hojas y ramas y produciendo la deshidratación de sus tejidos. Por tanto, el viento salino implica tanto resistencia mecánica para resistir el embate del viento como resistencia a la salinidad.

Las sales que lleva el aire salino se depositan en las hojas provocando su deshidratación. Es un grave problema ya que no solo se destruyen las hojas sino también las yemas jóvenes orientadas al mar, haciendo que los árboles queden inclinados hacia el lado opuesto. Destacar que los árboles resisten mejor el

viento salino si se encuentran agrupados en un bosque, dado que se protegen el ramaje entre ellos.

En las Fotografías 9 y 10 se puede observar la inclinación que se produce en los árboles debido a la proximidad del mar. En ambas fotografías el mar se encuentra en el lado izquierdo por lo que los pinos se encuentran inclinados hacia el lado derecho debido al viento salino.



Fotografía 9. Pineda inclinada en primera línea de mar. Cubelles



Fotografía 10. Árboles inclinados por el viento salino. Platja d'Aro

Las filtraciones producidas por la proximidad del mar hacen aumentar la salinidad del terreno. Un suelo con un alto contenido en sales solubles será tolerado por unas especies concretas. En general, aquellas especies resistentes al viento salino, también lo son a la salinidad del terreno.

Mencionar que la sal que se deposita en las hojas y en el terreno solo es posible corregirla mediante el agua de la lluvia.

En un ámbito de estas características, las plantaciones deberán realizarse con especies autóctonas, especies adaptadas a estas duras condiciones de viento y salinidad.

En este caso se distinguirán los árboles que resisten la primera línea de mar, segunda línea de mar y árboles que no resisten la proximidad al mar.

Los árboles que resisten la primera línea de mar son aquellos que pueden ser plantados a menos de 100 m. de la línea de mar y en situación muy ventosa. Son árboles utilizados para formar una primera pantalla contra el viento.

Por otro lado, los árboles que resisten una segunda línea de mar toleran la proximidad al mar y un viento salino débil. Deben plantarse a más de 100 m. del mar y estar protegidos. Por último, se tienen los árboles que no resisten el viento salino ni la salinidad de la zona próxima al mar, por muy débil que sea.

Resistencia	Distancia a la línea de mar	Puntuación
1º línea de mar	0 - 100 m	5
2º línea de mar	> 100 m	3
No resisten	-	0

Tabla 9. Puntuación según la Resistencia a la Proximidad del Mar

5.2.9 Resistencia a la Contaminación

La resistencia de la vegetación a la contaminación atmosférica es también un criterio importante a tener en cuenta. Este criterio será **fundamental** sobre todo en el **ámbito urbano**, donde la contaminación atmosférica es mayor y, por tanto, centraremos en este ámbito las distinciones a realizar.

En la ciudad, las plantaciones, y especialmente el arbolado, se ven perjudicados por los gases emitidos por el tráfico, las calefacciones, etc. Esta contaminación se deposita en los árboles, concretamente en sus hojas, alterando la fotosíntesis y otros procesos a realizar por el árbol.

Este efecto de filtro se puede observar en las hojas, quedando cubiertas por una capa negra en aquellas avenidas con un tráfico intenso, y solo lo realizan cuando están con hojas. Como consecuencia, en invierno, cuando el tráfico es más intenso y el grado de contaminación es más elevado, los árboles caducos no pueden realizar la función de oxigenadores del ambiente aunque son éstos los que mejor resisten la contaminación.

Las siguientes fotografías muestran como los efectos que la contaminación tiene sobre las plantaciones:

En la primera de ellas, Fotografía 11, se observa como la contaminación va matando poco a poco el árbol, secando sus hojas, siendo las más afectadas las cercanas a la carretera.



Fotografía 11. Árbol afectado por la contaminación. Carretera C-31

En la Fotografía 12 se observa las incrustaciones que se forman en las hojas de diversas plantaciones debido a la contaminación. En este caso, las incrustaciones que se pueden observar son de color gris.



Fotografía 12. Detalle de incrustaciones debidas a la contaminación. Carretera C-31

La gran aportación de los árboles en las ciudades es la filtración de la contaminación y oxigenación del ambiente, mejorando la calidad del aire de la ciudad. Por tanto, se deberán plantar árboles que la resistan. En general, los árboles persistentes tienen una mejor resistencia. Sin embargo, la utilización de árboles perennes resulta óptima dado que conservan las hojas en los periodos de máxima contaminación, es decir, en invierno, mientras que los caducos han perdido las hojas.

De manera simplificada se distinguirán dos grupos de árboles: resistentes o no a la contaminación.

Resistencia a la contaminación	Puntuación
Resisten	5
No resisten	0

Tabla 10. Puntuación según Resistencia a la Contaminación

5.2.10 Mantenimiento

Como se ha comentado en diversas ocasiones las especies a plantar son seres vivos y como tales, requieren una serie de cuidados adicionales que otras partidas de la obra no necesitan.

El mantenimiento que se debe realizar a lo largo de toda la vida es un aspecto muy relevante a tener en cuenta. Debe tenerse una idea aproximada de los principales trabajos de mantenimiento que requerirán las especies a plantar antes de realizar la elección para poder combinar el correcto cumplimiento de la función solicitada y la optimización de los costes. Interesarán aquellas especies con un menor mantenimiento puesto que, mientras que la estructura metálica de un puente puede necesitar ser pintada cada 4 o 5 años, un árbol necesita riegos, abono, poda, etc., cada año.

La necesidad de estos trabajos hace de la utilización de las plantaciones un problema. Asimismo, estos trabajos incrementan los costes. **Se deben hacer, por ejemplo, campañas de poda de ramas y arbustos** que han crecido demasiado y puedan dificultar la conducción, ocultando carteles o disminuyendo el gálibo. Son trabajos extraordinarios que otras unidades de obra no necesitan y que hacen más costoso su uso.

Hay que destacar que estos cuidados son más intensos y necesarios durante los 2 o 3 primeros años, periodo inicial de la plantación y considerado el más crítico. Una vez superada, puede considerarse que la plantación ha sido un éxito y se realizará, a partir de entonces, un simple mantenimiento.

Por consiguiente, la clasificación se hará de acuerdo con las velocidades de crecimiento. Una plantación con una velocidad de crecimiento rápida tendrá un corto periodo de aclimatación y, por tanto, un menor mantenimiento.

Mencionar también que se considerarán especies de poco mantenimiento aquellas que no necesitan riego adicional, resistan la sequía débil o media y no sean delicadas a las heladas. El hecho de escoger especies autóctonas hará que estos trabajos y el riesgo de muerte sean mínimos.

La clasificación realizada es la siguiente:

Mantenimiento	Puntuación
No requieren mantenimiento	5
Poco	3
Mucho	0

Tabla 11. Puntuación según el Mantenimiento

5.3 CRITERIOS SEGÚN LOS ÁMBITOS

En apartados anteriores se han descrito unos criterios objetivos, puntuables y de fácil obtención, puesto que se pueden encontrar en la ficha de cualquier especie, que ayudan a escoger las especies más adecuadas para cada una de las plantaciones a realizar.

Sin embargo, **no todos los criterios tienen la misma importancia**. Dependiendo del lugar donde se realiza la plantación y de las características de la obra, los diferentes criterios serán más o menos decisivos en el momento de efectuar la elección de especies. Como consecuencia, se les dará un peso a cada uno de ellos, siendo éste mayor cuanto más importante sea en el ámbito donde realizar la plantación.

El peso máximo es de 3, asignado a los criterios más decisivos como, por ejemplo, que sean especies autóctonas, resistan la contaminación o requieran poco mantenimiento.

Se tienen también unos criterios secundarios como el tiempo de vida o la necesidad de suelos específicos, con un peso menor.

De esta manera, se tendrá una fórmula para cada una de las situaciones estudiadas. De la aplicación de estas fórmulas a cada una de las especies se obtendrá una puntuación, Puntuación Final (P_{final}), que servirá para diferenciar las especies y realizar la elección definitiva. Las especies más adecuadas serán aquellas que obtengan una puntuación más elevada.

Cabe destacar que en esta ponderación se considerarán únicamente los criterios de desarrollo puesto que los criterios climáticos deben ser cumplidos por cualquier especie que pueda ser escogida y no son, por tanto, parámetros de distinción entre las especies porque todas ellas deben estar adaptadas a las condiciones climáticas de la zona.

Dado que la elección de especies dependerá del tipo de Obra, se realizará el estudio diferenciando dos ámbitos: el ámbito viario y el ámbito marítimo.

En el apartado siguiente se analizarán cada uno de estos ámbitos definiendo las características de cada uno de ellos y las funciones a realizar por las plantaciones. Sin embargo, a continuación se destacan los criterios más importantes en cada ámbito y se explicitan las fórmulas a utilizar.

Para la realización de las siguientes fórmulas es necesaria la abreviación de los criterios anteriormente descritos. Las abreviaciones utilizadas son las siguientes:

- Especies autóctonas: $E_{\text{autóctonas}}$
- Velocidad de crecimiento: V_{crec}
- Tiempo de vida: T_{vida}
- Necesidad de suelos específicos: S_{esp}
- Resistencia a plagas: R_{plagas}
- Resistencia a la sequía: $R_{\text{sequía}}$
- Resistencia a las heladas: R_{heladas}
- Resistencia a la proximidad del mar: R_{mar}
- Resistencia a la contaminación: $R_{\text{contaminación}}$
- Mantenimiento: M

Algunos de estos criterios están íntimamente relacionados con la localización de la obra. Son criterios cuya importancia depende de la zona donde se realice la obra y no del árbol. Estos criterios son la resistencia a la sequía, a las heladas o a la proximidad del mar.

Para introducir la variabilidad presentada por estos criterios se definen los parámetros **A**, **B** y **C**.

En autopistas y autovías, así como también en carreteras secundarias, al ser obras lineales y de gran extensión, estos criterios dependerán del tramo donde se realice la plantación. Los parámetros **A**, **B** y **C** introducirán en las fórmulas la importancia de la localización.

El parámetro **A** representará la variabilidad de la Resistencia a la Sequía. En carreteras que discurren por zonas muy secas y áridas, **A** tomará un valor de 3. En caso contrario, es decir, en zonas húmedas, su valor será 0,3. Este parámetro tomará un valor de 0,3 y no 0 en el caso de realizar la plantación en zonas húmedas porque, aunque se realice en una zona con cierta humedad, puede darse en cualquier momento un periodo en el cual el agua escasee y la plantación tenga que sobrevivir en condiciones de sequía. Por tanto, es necesaria en todos los casos una mínima resistencia a ella.

En el caso del parámetro **B**, representante de la Resistencia a las Heladas, los valores serán de 3 cuando las plantaciones se deban efectuar en zonas de heladas frecuentes y de 0 cuando se realice en zonas donde no nieve.

Por último, el parámetro **C** introducirá en las fórmulas la variación presentada por la Resistencia a la Proximidad del Mar. En carreteras cercanas al mar su valor será de 3, dándole de esta manera una gran importancia a esta resistencia.

Por otro lado, tomará un valor de 0,3 en zonas no próximas al mar debido a la gran influencia que éste tiene, pudiéndose notar incluso a 100 km. de distancia.

Estos valores propuestos quedan recogidos en las tablas siguientes:

Resistencia a la sequía	A
Zonas Secas	3
Zonas húmedas	0.3

Tabla 12. Puntuación del Parámetro A

Resistencia a las heladas	B
Con heladas	3
Heladas débiles	1.5
Sin heladas	0

Tabla 13. Puntuación del Parámetro B

Resistencia al mar	C
Zonas Próximas al mar	3
Zonas alejadas del mar	0.3

Tabla 14. Puntuación del Parámetro C

Cabe mencionar que las fórmulas dadas son genéricas y no pueden alcanzar la infinidad de casos existentes. Los pesos dados y las puntuaciones obtenidas son para unas situaciones específicas.

Asimismo, los coeficientes propuestos en las fórmulas deberán ser ajustados más acuradamente. Sin embargo, este ajuste sería objeto de estudio de otro trabajo.

Estas situaciones deberían concretarse para casos, como por ejemplo, taludes con diferente orientación, norte o sur. En climas como el de Cataluña, esta diferencia de orientación puede hacer variar de manera significativa los requerimientos a exigir a las plantaciones. Por tanto, estas situaciones concretas modificarían sensiblemente los pesos dados a los diferentes criterios.

Destacar también que los pesos y valores propuestos en estas fórmulas han sido comentados con el catedrático de proyectos de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, con un ingeniero y geógrafo, profesor del Departamento de Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, experto en Estudios de Impacto Ambiental, y con un ingeniero técnico agrónomo de Parcs i Jardins.

5.3.1 **Ámbito Viario**

El ámbito viario es el mayor exponente de las Obras Públicas. En este sector realizan las mayores infraestructuras así como una mayor incursión en el paisaje.

Asimismo, existe una gran diversidad de carreteras, desde las grandes autopistas que unen las ciudades más importantes hasta las carreteras que serpenteando montañas nos ayudan a llegar a los lugares más recónditos. Y cada uno de este tipo de infraestructuras tendrá unas características ineludibles a tener en cuenta que se reflejarán en la mayor o menor importancia de los criterios anteriormente descritos.

Se distinguirán tres situaciones diferentes en este ámbito:

- Autopistas y autovías
- Carreteras secundarias
- Carreteras de alta montaña

5.3.1.1 **Autopistas y autovías**

A la hora de seleccionar las especies a plantar en autopistas y autovías todos los criterios anteriormente expuestos son importantes. Sin embargo, destacar que un bajo mantenimiento y que sean especies autóctonas son especies más decisivas que, por ejemplo, la necesidad de suelos específicos o el tiempo de vida, considerados criterios secundarios puesto que si son especies autóctonas ya estarán adaptadas al suelo y la vida mínima, si no se da ninguna alteración, es de 25 años, tiempo suficiente para amortizar su coste.

También mencionar la necesaria resistencia a la contaminación, dado que las autopistas y autovías son vías con un tráfico muy intenso. Por otro lado, la

resistencia a la sequía, a las heladas o a la proximidad del mar serán más o menos relevantes dependiendo de la ubicación de la vía.

En nuestro estudio, centrado en la zona de Cataluña, serán relevadas a un segundo plano las resistencias a las heladas y a la proximidad del mar, parámetros que serán más decisivos en carreteras de alta montaña y en paseos marítimos, respectivamente.

La fórmula propuesta en el caso de autopistas y autovías es la siguiente:

$$P_{final} = 3 \cdot E_{autótonas} + 2 \cdot V_{crec} + 1 \cdot T_{vida} + 1 \cdot S_{esp} + 2 \cdot R_{plagas} + \\ + A \cdot R_{sequía} + B \cdot R_{heladas} + C \cdot R_{mar} + 3 \cdot R_{contaminación} + 3 \cdot M$$

Fórmula 1. Fórmula de implantación para Autopistas y Autovías

5.3.1.2 Carreteras secundarias

En el caso de una carretera secundaria se tienen las mismas circunstancias que en una autopista o una autovía. La importancia de los diferentes parámetros dependerá de la zona donde se construya la carretera.

De esta manera, si se construye una carretera cerca de la costa, la resistencia a la proximidad del mar será un atributo más valorado.

Sin embargo, como en el caso anterior, unas características son más relevantes siendo aconsejable cumplirlas. Son, por ejemplo, la resistencia a plagas o un bajo mantenimiento así como también la utilización de especies autóctonas.

En este caso la fórmula planteada es:

$$P_{final} = 3 \cdot E_{autótonas} + 2 \cdot V_{crec} + 1 \cdot T_{vida} + 1 \cdot S_{esp} + 2 \cdot R_{plagas} + \\ + A \cdot R_{sequía} + B \cdot R_{heladas} + C \cdot R_{mar} + 3 \cdot R_{contaminación} + 3 \cdot M$$

Fórmula 2. Fórmula de implantación para Carreteras Secundarias

5.3.1.3 Carreteras de alta montaña

Sin lugar a dudas, el criterio más importante en las carreteras de alta montaña es la resistencia de las especies a las heladas dado que nos encontramos en una zona donde el frío y la nieve están presentes prácticamente todo el año. Por tanto, el peso de este criterio será de 3.

Asimismo, destacar que las especies autóctonas garantizaran una buena adaptación a unas condiciones de clima y sustrato difíciles. Las zonas de alta montaña tienen una vegetación muy específica y concreta capaz de soportar todo tipo de inclemencias meteorológicas. Por tanto, el realizar las plantaciones con especies autóctonas será uno de los parámetros más importantes en las Obras realizadas en alta montaña.

Sin embargo, las resistencias a la sequía o a la proximidad del mar son parámetros poco decisivos en esta situación. Su peso será de 0,3 para la resistencia a la sequía y 0 para la resistencia a la proximidad del mar dado que no es incoherente pedirle a una especie que será plantada en alta montaña que resista el aire salino y la proximidad del mar.

La fórmula propuesta en este caso es la siguiente:

$$P_{final} = 3 \cdot E_{autóctonas} + 2 \cdot V_{crec} + 1 \cdot T_{vida} + 2 \cdot S_{esp} + 2 \cdot R_{plagas} + 0,3 \cdot R_{sequía} + 3 \cdot R_{heladas} + 0 \cdot R_{mar} + 3 \cdot R_{contaminación} + 3 \cdot M$$

Fórmula 3. Fórmula de implantación para Carreteras de Alta Montaña

5.3.2 Ámbito Marítimo

Los paseos marítimos constituyen un marco muy diferente de las infraestructuras viarias. A pesar de que la costa es muy extensa, las principales funciones a cumplir son las mismas: la defensa del litoral, garantizar el acceso y uso público de la playa y la protección y conservación de los valores naturales.

Igualmente, las funciones a realizar por las plantaciones en ellos son las mismas. Con las plantaciones se busca la integración del paseo en el paisaje, crear zonas sombrías o hacerlo visualmente atractivo.

Esta situación es muy especial y específica. El criterio más relevante en esta situación será la resistencia a la proximidad del mar. Las especies que se planten deberán resistir la salinidad y las duras condiciones del territorio litoral. Como consecuencia, el peso de este parámetro en la fórmula propuesta tendrá un valor de 8. De esta manera, quiere remarcarse la gran importancia que este criterio tiene en esta situación.

Otros parámetros importantes serán la resistencia a la sequía, que sean especies autóctonas y tengan una velocidad de crecimiento rápido, para que cumplan su función lo antes posible.

Por otro lado, también será importante que tengan un mantenimiento mínimo. Los trabajos a realizar son costosos. De esta manera, el paseo presentará siempre un aspecto limpio que invite a relajarse y disfrutar en él.

Al contrario que en el caso de carreteras de alta montaña, en estas circunstancias el parámetro de Resistencia a las Heladas tendrá un peso de 0,01 puesto que en Cataluña en raras ocasiones nieva en la costa, y si lo hace, es de forma muy débil.

La fórmula propuesta es:

$$P_{final} = 3 \cdot E_{autóctonas} + 2 \cdot V_{cres} + 1 \cdot T_{vida} + 2 \cdot S_{esp} + 2 \cdot R_{plagas} + \\ + 3 \cdot R_{sequía} + 0,01 \cdot R_{heladas} + 8 \cdot R_{mar} + 3 \cdot R_{contaminación} + 3 \cdot M$$

Fórmula 4. Fórmula de implantación para Ámbito Marítimo

5.3.3 Valor de Referencia.

De la aplicación de las ecuaciones anteriores se obtiene la Puntuación Final de cada especie. Sin embargo, esta puntuación no será útil sin un valor de referencia que establecerá la escala de valores para cada situación.

Este valor de referencia se definirá suponiendo que se tiene una especie "ideal". Se puntuará, por tanto, una especie idónea para cada una de las situaciones y la puntuación final obtenida por dicha especie "ideal" fijará el valor de referencia u óptimo.

Las puntuaciones finales obtenidas por las diferentes especies se compararán con dicho valor, viéndose de esta manera si son las adecuadas o no para realizar las plantaciones.

De entre todas las especies puntuadas en el ámbito marítimo, el Abedul es la que ha obtenido una mayor puntuación. Las características a destacar son que es una especie autóctona con un crecimiento rápido y longeva, resistente a la contaminación y a las heladas medias, solo atacad por un elemento y no requiere mantenimiento. Su puntuación es de 72,8. Por tanto, se fijará un valor de referencia en 80-85 puntos. Mencionar que la puntuación obtenida por una especie “perfecta” en sus características en esta situación es de 75.

En el caso del ámbito marítimo, el Espino de Jerusalén es la especie con una mayor puntuación, 116. Esta especie es autóctona, de crecimiento rápido, resiste a todo tipo de plagas, a la proximidad del mar y a la contaminación. El único inconveniente es su corta vida. Por tanto, se establecerá el valor de referencia alrededor de 115-120 puntos puesto que algunas de estas características pueden mejorarse. En este caso, la puntuación de una especie “perfecta” en todas sus características es de 129.

Se tienen entonces unos valores óptimos a los cuales referenciarse y saber así la idoneidad de las especies.

Ámbito	Valor de Referencia
Viario	80-85
Marítimo	115-120

Tabla 15. Valores de Referencia

Cabe mencionar que es difícil y complicado dar un valor de referencia porque siempre habrá alguna característica que no será la idónea. Una especie que resiste la proximidad del mar puede tener un crecimiento lento o requerir mucho mantenimiento. Por tanto, a partir de las valoraciones de diferentes especies se dan unos valor aproximado de estos valores de referencia u óptimos.

5.3.4 Ejemplos

En el Anexo 1 se propone una Ficha de Especies Tipo que consta del nombre común y latino de la especie, la familia, las características más destacables y los principales usos. Asimismo, esta ficha contiene una tabla que recoge las puntuaciones de los Criterios de Desarrollo así como la Puntuación Final, dato que servirá para diferenciar y escoger la especie más adecuada en cada situación.

Se comentan a continuación algunas especies de cada uno de los ámbitos estudiados. Se presenta también una comparativa de las puntuaciones obtenidas con el valor de referencia. Las fichas de las especies están adjuntas en el Anexo 1.

5.3.4.1 Ámbito Viario

Dado que las infraestructuras viarias son muy extensas y discurren por numerosos hábitat de características muy distintas, se ha realizado la ficha de los árboles que son utilizados frecuentemente en las carreteras. Sin embargo, para poder obtener una Puntuación Final de cada especie es necesario concretar una situación.

Se supondrá que la obra donde se realizan las plantaciones es una autopista, cuyo tramo a plantar corresponde a una zona húmeda, alejada del mar y con heladas débiles.

La fórmula de implantación a utilizar en este caso es la del ámbito de Autopistas y Autovías vista en el apartado 5.1.3.1 y los valores de **A**, **B** y **C** son 0.3, 1.5 y 0.3.

Las puntuaciones obtenidas por las plantaciones son las siguientes:

Árbol	Puntuación
Valor de Referencia	80-85
Abedul	72.8
Álamo Temblón	60.1
Arce Blanco	65.1
Arce Común	71.7
Ciprés Común	49
Haya	66
Pino Silvestre	70.8
Sauce Llorón	59.7

Tabla 16. Puntuaciones Finales de las Especies estudiadas del Ámbito Viario

Como se puede observar para esta situación las especies que mejor se adaptan son el abedul, el arce común y el pino silvestre puesto que son las que han obtenido una mayor puntuación.

Mencionar también que pueden considerarse especies idóneas para realizar plantaciones en zonas de estas características dado que han obtenido una puntuación cercana al valor de referencia.

5.3.4.2 Ámbito Marítimo

Las especies vegetales de las regiones costeras mantienen unas características muy peculiares, producto de una obligada adaptación al medio donde viven. Estas plantaciones deben ser resistentes, ante todo, a la salinidad y a la desecación.

En este caso, la fórmula de implantación a utilizar es la específica para ámbitos marítimos, definida en el apartado 5.3.2., y no es necesario definir una situación. La plantación se efectúa en la zona costera.

Las especies que se han estudiado y puntuado son específicas para zonas próximas al mar.

La tabla siguiente recoge las puntuaciones finales obtenidas y en el Anejo 1 se adjuntan sus fichas.

Árbol	Puntuación
Valor de Referencia	115-120
Espino de Jerusalén	116
Mimosa	95
Morera Blanca	109.03
Morera del Papel	94.03
Palmera Datilera	106
Pino Piñonero	114.03
Pino de Pisos	98
Plátano de Sombra	89.03
Tamariz Negro	101

Tabla 17. Puntuaciones Finales de las Especies estudiadas del Ámbito Marítimo

La especie que ha obtenido más puntos es el Espino de Jerusalén, con una puntuación cercana al valor de referencia. En general, todas las especies valoradas han obtenido una puntuación elevada y cercana al valor óptimo, dado que son especies específicas para este ámbito, capaces de resistir las duras condiciones que se dan en la zona costera.

LA VEGETACIÓN EN EL DISEÑO DE LAS OBRAS PÚBLICAS

1 INTRODUCCIÓN

2 ANTECEDENTES DE LAS PLANTACIONES EN LAS OBRAS PÚBLICAS

3 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

4 FUNCIONALIDAD VISUAL

5 CRITERIOS DE ELECCIÓN

6 ÁMBITOS

7 CASOS CONCRETOS

8 CONCLUSIONES

9 BIBLIOGRAFÍA

6 ÁMBITOS

Las necesidades que presenta cada tipo de Obra Pública son diferentes. Se pueden distinguir dos ámbitos en los cuales centraremos el presente estudio:

- El ámbito viario
- El ámbito marítimo

Cada uno de estos ámbitos requerirá unas especies concretas a usar como vegetación. Existen especies que dada su resistencia y polivalencia podrán utilizarse en estas tres situaciones pero hay otras en las que no será posible. Por ejemplo, si se planta una palmera como elemento de guía en una carretera de alta montaña, ésta morirá rápidamente debido al frío. Sin embargo, plantada en la costa, como elemento decorativo de un paseo marítimo, su esperanza de vida será de años.

Para la obtención de un buen diseño y un correcto cumplimiento de las funciones a realizar por las plantaciones es necesario que éstas estén presentes desde el principio del proyecto y que no se añadan después, como simple elemento de decoración.

Las plantaciones deben usarse como elementos de obra que realizan una función específica en lugar de otro material. Debe buscarse el equilibrio entre las dos funciones a realizar por una plantación: la funcional y la decorativa. En un paseo marítimo, unas palmeras proporcionarán sombra a la vez que harán más agradable a la vista la playa, rompiendo la visión desértica e introduciendo el color verde como elemento de rotura de la monotonía.

También hay que tener presente que las plantaciones, como seres vivos que son, requieren un mantenimiento, normalmente más intenso y necesario al principio del crecimiento. Si no se realiza este mantenimiento, las plantaciones sufrirán una degradación progresiva que acabará en la imposibilidad de éstas para cumplir la función requerida.

Es aconsejable, por tanto, utilizar especies autóctonas que se adaptarán más rápidamente al medio y cuya garantía de éxito será mayor aunque es preciso considerar otros criterios complementarios dado que las especies autóctonas representan el mínimo mantenimiento. Se obtendrá también una mayor integración en el paisaje y no se incluirán especies agresivas, de carácter invasor o colonizador, que pudieran producir impactos negativos en el entorno.

Se hace necesario un catálogo de especies a utilizar en las Obras Públicas, un catálogo que la experiencia permitirá ir perfeccionando y que ayudará a atenuar los posibles efectos negativos que conlleva el desarrollo de las Obras Públicas o mejorarlas. Además, se conseguirá una mayor adecuación al medio natural y una mayor integración en el paisaje, ofreciéndolo al mismo tiempo, de una forma más agradable a los usuarios.

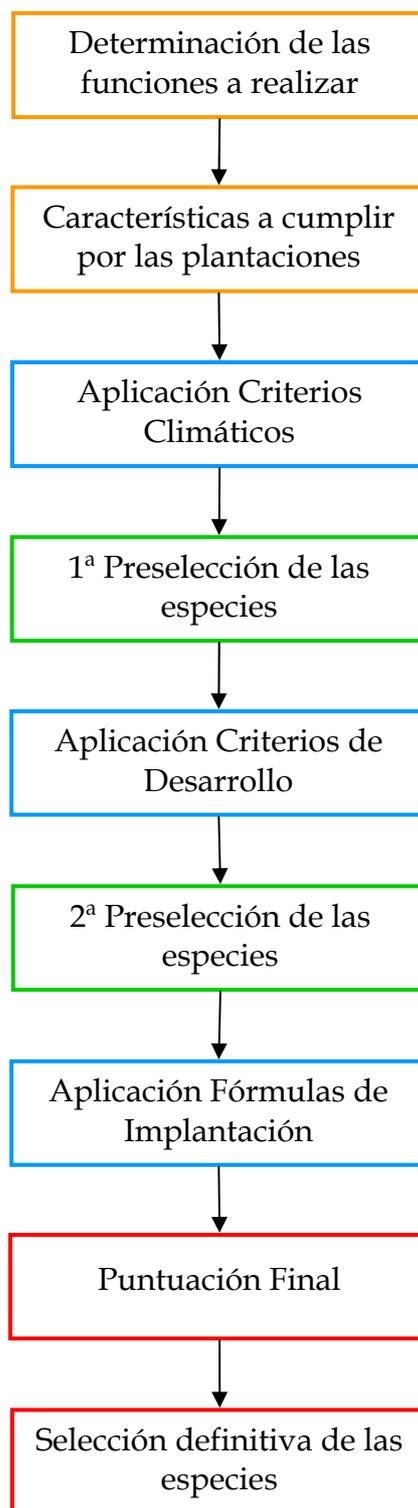
Para cada uno de los ámbitos anteriormente nombrados, viario y marítimo, el proceso a seguir para llegar a establecer las especies idóneas a plantar en cada una de las Obras Públicas es el siguiente:

- Determinar las principales funciones a realizar por las plantaciones.
- Enumerar las características que deberán cumplir las plantaciones para realizar correctamente las funciones exigidas. Se realizará una primera preselección de las especies.
- Aplicación de los criterios climáticos y de desarrollo → Segunda preselección de las especies.
- Selección final de las especies a plantar.

Una vez finalizado este proceso, se tendrá una lista más o menos extensa con las especies más adecuadas para nuestro proyecto. Estas especies serán las que combinen una mejor adaptación al hábitat con un correcto cumplimiento de la función a realizar.

En los siguientes apartados se realiza un estudio más detallado de los ámbitos anteriormente nombrados y de las características a cumplir por la vegetación, llegando a establecer unas pautas a seguir en la selección de especies vegetales a utilizar en las diferentes obras públicas.

El esquema siguiente representa el procedimiento a seguir en la determinación de las especies más adecuadas para realizar las plantaciones.



Esquema 2. Procedimiento a seguir en la Selección de Especies

6.1 ÁMBITO VIARIO

Las carreteras son el principal exponente de las Obras Públicas. Son también las infraestructuras que producen una mayor transformación del paisaje y del territorio y, como tales, requieren un estudio medioambiental completo con el fin de que los impactos producidos sean lo menor posible.

El gran desarrollo tecnológico alcanzado en la construcción de carreteras ha permitido suavizar el trazado en busca de una mayor seguridad del usuario, una circulación más fluida y un viajar más grato.

Sin embargo, el suavizar el trazado en zonas de orografía irregular y montañosa como es el caso de Cataluña origina que los desmontes y terraplenes produzcan huellas cada vez más profundas en el medio natural, cicatrices muy distintas a las que producían los caminos romanos primitivos que contorneaban el terreno buscando el mínimo movimiento de tierras.

Cuando se construye una infraestructura de transporte a través de paisajes naturales, cruzando ríos y valles, se modifica el paisaje y se anula una parte de la belleza natural, alterando microclimas y afectando la flora y la fauna.

En la actualidad se es consciente de la necesidad de integrar las nuevas infraestructuras viarias en el medio natural y en el paisaje, de manera que los impactos negativos tengan carácter temporal. Por ejemplo, cubriendo un talud con un manto vegetal se consigue cubrir la herida producida en el territorio y, a la vez, proteger el talud contra la erosión.

Para que se cumpla este objetivo, la cubierta vegetal o las plantaciones utilizadas deben ajustarse a lo existente en el territorio. Deben ser, ante todo, especies adaptadas a las condiciones del clima y del suelo.

La tarea no es fácil dado que las condiciones edáficas del terreno una vez realizada la infraestructura son distintas a las que existían en la superficie. Es preciso analizar detenidamente las características del lugar para hallar la plantación que mejor se adapte al nuevo medio. La utilización preferente de especies autóctonas permitirá una implantación más rápida, un mantenimiento menor y una mayor garantía de integración de la obra en su entorno.

El principal punto a tener en cuenta es que además de su valor estético, las plantaciones adquieren un indiscutible valor funcional como ayuda a la conducción, mejora del confort del usuario, protección contra la erosión de los suelos o incluso la reducción de los gastos de conservación. Por ejemplo, una carretera transversal podrá ser detectada mejor por el automovilista si va bordeada de hileras de árboles bien visibles o el asegurar sombra suficiente en

las áreas de descanso es una necesidad muy apreciada durante los desplazamientos estivales.

Sin embargo, es necesario puntualizar que la ordenación paisajística de una carretera no es solamente plantar una hilera de árboles a cada lado de la calzada, sino que incluye también todos los aspectos referentes al uso y forma de la carretera.

La idea compositiva y una voluntad de integración son elementos primordiales para la correcta implantación de la vía en el medio. Cada elemento y cada tramo deben ser concebidos en un marco compositivo global.

En la selección de las plantaciones de cada tramo se deberá, en primer lugar, tener en cuenta la vegetación existente, cuya estabilidad, atractivo y durabilidad podrá extrapolarse a la futura vegetación de la carretera en ese entorno. Se deberá plantar aquella vegetación que pudiera crecer libremente en la zona sin que la mano del hombre hubiera intervenido, es decir y como se ha comentado anteriormente, debe plantarse aquella vegetación que se adapte al clima, suelo, etc., de la zona.

Las carreteras y su enorme desarrollo generan una transformación de los paisajes naturales muchas veces irreversibles. En la medida que se consiga equilibrar la acción artificial sobre el medio natural se podrá compensar el deterioro causado por las acciones humanas en el entorno. Este punto equilibrio se consigue integrando la infraestructura y el paisaje en un cuadro estético-funcional.

6.1.1 Características del ámbito

Las características que presentan las carreteras son muy diversas. En función de la topografía del lugar, de la climatología, etc., y de la carretera proyectada, las plantaciones a realizar serán diferentes. Los requerimientos exigidos por una carretera de alta montaña no son los mismos que los de una vía rápida o una autopista.

De esta manera, se pueden distinguir tres situaciones diferentes que precisarán unos estudios y unas plantaciones concretas:

- Autopistas y autovías y las áreas de servicio y descanso existentes
- Carreteras convencionales
- Carreteras de alta montaña

Se han considerado estos tres tipos de carreteras por creerlos representativos y abarcar un gran número de proyectos. Las diferencias entre estos tres tipos de carreteras son notables.

Autopistas y autovías son carreteras que constan, entre otras características, de calzadas separadas y no tienen acceso a propiedades colindantes. Además son las carreteras diseñadas, en general, para una mayor velocidad de circulación. Esta mayor velocidad requiere y exige unos parámetros de diseño más restrictivos.

De esta manera, se tienen radios más grandes y un trazado más rígido que producirán, generalmente, un gran impacto en el terreno, con el consiguiente incremento del número de actuaciones a realizar para reducirlo y devolver el terreno a su estado inicial una vez acabada la obra. Entre estas actuaciones destacan las plantaciones que permitan tanto suavizar la visión del usuario, amenizar su viaje y hacer el paisaje más agradable a la vista como reducir el impacto realizado por la construcción de la carretera.

Por otro lado tenemos las carreteras convencionales. Son las carreteras que no reúnen las características propias de las autopistas, autovías y vías rápidas. Sus requerimientos son menores y, por tanto, su trazado más flexible. Como consecuencia, su impacto será menor por lo que las plantaciones serán requeridas principalmente para el usuario visual.

Finalmente, tenemos las carreteras de alta montaña, las cuales tienen unas características muy concretas y diferentes al resto de carreteras. Se consideran carreteras de montaña aquellas que discurren por terrenos muy accidentados y que tengan un tráfico reducido. Son carreteras, en general, estrechas y que atraviesan terrenos naturales de gran belleza y fragilidad. Las plantaciones se utilizarán para reducir al mínimo el impacto producido y conservar el atractivo del lugar para que pueda ser contemplado por los usuarios.

El proceso que se seguirá en este estudio con el objetivo de determinar las plantaciones que mejor se adapten a cada una de las diferentes situaciones será el siguiente (véase Esquema 2, pág. 65).

En primer lugar se realizará un análisis de las principales funciones que pueden realizar las plantaciones. Muchas de ellas son normalmente solventadas por elementos contruidos con materiales que no son seres vivos. Sin embargo, uno de los objetivos del presente estudio es demostrar que las plantaciones, además de ser simples elementos decorativos, pueden realizar muchas y muy diversas funciones correctamente.

En segundo lugar, se enumerarán las principales características que se deberán exigir a las plantaciones dependiendo de la función que vayan a cumplir. El

objetivo es encontrar los rasgos fundamentales que han de reunir las especies que se quieren utilizar en las Obras Públicas de acuerdo con la misión que realizarán, sin entrar en cuestiones muy técnicas más propias de un libro de botánica.

Una vez realizada esta clasificación se buscarán las especies que reúnan estas características, realizando una pequeña ficha de cada una de ellas.

Finalmente, para cada una de las situaciones planteadas, se recomendarán aquellas especies que se crea vayan a tener una mejor adaptación y reúnan un mayor número de requisitos para la correcta realización de la función exigida.

Se ha de tener presente que se realiza una recomendación de las especies que mejor se adapten a lo exigido. Sin embargo, cada situación es diferente y, como tal, el estudio y la elección de las plantaciones se deberán hacer de manera individual y concreta.

6.1.2 Funciones de las plantaciones

Las necesidades de cada tipo Obra Pública son diferentes. Incluso, dentro de un mismo tipo de infraestructura, los requisitos a exigir difieren dependiendo de las características de la zona.

Cada problema tiene una solución propia, no siendo posible extrapolar otras soluciones dada la variabilidad topográfica, paisajística y climática de cada lugar.

Los principales usos que pueden tener las plantaciones en las infraestructuras viarias son:

- Integración paisajista
- Estabilización de taludes
- Protección del suelo
- Repoblación de las zonas afectadas por las obras
- Urbanización de peajes y áreas de descanso en autovías y autopistas
- Formación de un corredor biológico

- Jerarquización de carreteras
- Señalización de glorietas y obstáculos
- Barreras visuales
- Barreras acústicas
- Barreras contra el viento

Sin lugar a duda, la principal función realizada por las plantaciones es la integración paisajista de la carretera. Habitualmente, se colocan plantaciones a ambos lados de la carretera siguiendo un criterio puramente estético, sin tener en consideración otras posibles funciones como materiales de obra.

La estabilización de taludes y la protección del suelo contra el desgaste y erosión es otra de las principales funciones. Normalmente se cubre el talud con un manto vegetal que evita tanto la caída de materiales como el arrastre de éstos por el agua de la lluvia.

Las carreteras son, como ya se ha comentado anteriormente, una de las infraestructuras que producen una mayor transformación del paisaje, afectando áreas muy extensas. La repoblación de las zonas afectadas por las obras, así como de los terraplenes y desmontes generados, es una tarea fundamental a exigir cuando se busca generar el mínimo impacto sobre el entorno.

En la urbanización de peajes y de las zonas de descanso se utilizarán árboles frondosos que generen abundantes zonas de sombra, muy apreciadas en largos desplazamientos y en verano.

Las carreteras constituyen también un importante elemento de fracturación del territorio. Para paliar el gran impacto generado sobre la fauna de la zona, se crean corredores biológicos que unen ambos lados del hábitat que la carretera separa. Sin embargo, estos corredores deben estar aclimatados adecuadamente con plantaciones autóctonas para que los animales de la zona no lo consideren como un elemento extraño sino como parte del territorio y lo crucen sin temor.

La jerarquización de carreteras también se puede realizar mediante plantaciones de árboles. Variando el tipo de árbol plantado a ambos lados de la carretera se indica, por ejemplo, que una carretera secundaria se convierte en principal. La señalización de glorietas y obstáculos también se hace mediante este tipo de plantaciones.

Las plantaciones son usadas también como elementos de seguridad. Con ellas, se pueden crear barreras tanto visuales, acústicas como contra el viento.

La plantación de arbustos en las medianas ayuda a evitar tanto el deslumbramiento producido por las luces de los coches que circulan en sentido contrario como el producido por la luz del Sol al atardecer.

Por otro lado, plantaciones a ambos lados de la carretera forman una barrera que protege a los vehículos de posibles golpes de viento laterales.

Asimismo, cuando el trazado de la carretera pasa cercano a una población hacen de barrera acústica al tiempo que la integran en el paisaje urbano. Es un ejemplo de la existencia de un punto de equilibrio entre ambos usos: el funcional y el visual, debido a que el impacto visual generado por las plantaciones, ya sean árboles o arbustos, sobre los vecinos de la población será mucho menor que el generado por otro tipo de pantalla acústica.

Destacar que los arbustos plantados a ambos lados de la carretera forman una barrera que ayuda a amortiguar los impactos de los vehículos que se salgan de la calzada.

Se debe mencionar también una de las instalaciones que habitualmente van unidas a las infraestructuras viarias: las Líneas de Transporte de Energía Eléctrica.

Las plantaciones son requeridas por este tipo de infraestructuras debido al gran impacto que producen en el terreno. Las torres de alta tensión son instaladas cada varios cientos de metros, provocando un nuevo impacto cada vez al no instalarse todas en una misma zona y requiriendo el uso de las plantaciones para minimizar al este impacto.

En la zona de afectación de la línea eléctrica es recomendable usar plantaciones de poca altura, como pueden ser arbustos o árboles de pequeño tamaño, para diferenciar claramente el trazado y evitar que entorpezcan el funcionamiento del servicio eléctrico.

En este caso, las plantaciones serán usadas para:

- Integrar de la mejor manera posible las torres de alta tensión en el paisaje
- Urbanizar las explanadas realizadas para facilitar el montaje de las torres
- Urbanizar los caminos de acceso para el mantenimiento e inspección de las torres

En la Fotografía 13 se puede observar en primer término la poda que se realiza a las plantaciones próximas a las líneas de alta tensión. De esta manera, se consigue, por un lado, la integración de la línea en el entorno y, por otro, se

evitan situaciones de riesgo, como por ejemplo que alguna rama o árbol interfiera en los cables o provoque algún tipo de daño en la línea.



Fotografía 13. Poda de las plantaciones cercanas a líneas eléctricas. Riudellots

6.1.3 Características de las plantaciones

A continuación, se enumeran las principales características que han de tener las plantaciones para realizar correctamente las diferentes funciones en las Obras Públicas.

Si una especie no cumple con estos requisitos previos no podrá realizar la función satisfactoriamente. Se establecen, por tanto, unos criterios funcionales a cumplir por todas las especies que realicen una función concreta.

6.1.3.1 Integración paisajística

La principal función exigida a las plantaciones ha sido y es la integración de la carretera en el entorno.

La construcción de una carretera supone un intrusismo en el paisaje. El impacto producido por la construcción y explotación de la carretera sobre el medio natural puede ser muy grande sino se tiene la idea y la voluntad desde un principio de la integración y la correcta implantación de la vía en el medio.

Las plantaciones son los elementos principales a utilizar para que dicha integración se lleve a cabo correctamente. No son un elemento más de la vía sino su marco. Realizan la compensación por el impacto producido y consiguen

el punto de equilibrio y armonía entre la vía y el entorno. Se deben estudiar conjuntamente con el trazado, la sección, etc.

La ubicación de la carretera en el paisaje provoca un gran número de interacciones que no se pueden tratar de manera simplista. Es necesario, como se ha comentado en diversas ocasiones, realizar un estudio exhaustivo para determinar la mejor solución posible, combinando el mínimo impacto con una selección de especies adaptadas al medio natural que garanticen una buena integración en el entorno.

Para que la integración paisajística de la carretera tenga el mayor éxito, las especies a utilizar deberán ser las especies autóctonas. Se deberán usar las plantaciones de la zona porque serán las que se adaptarán mejor al entorno (clima, suelo, etc.) y el paisaje no se verá alterado con la incorporación de especies exóticas. Además se eliminará el peligro de introducir especies invasoras que puedan desplazar o hacer desaparecer las especies del lugar.

Se deberá respetar también la diversidad de la zona. No se realizará la integración con una sola especie por ser de más fácil plantación o de crecimiento más rápido. Las plantaciones se deberán realizar siguiendo y respetando la diversidad en especies del entorno. De esta manera se conseguirá que el impacto visual sobre el usuario y el impacto físico sobre el entorno sean lo menor posible.

Ante todo, las plantaciones a realizar deberán adaptarse al medio natural, tanto en especies como en la diversidad de las mismas. Solo así se efectuará una buena integración paisajística de la carretera.

La Fotografía 14 corresponde a la carretera C-17. Se trata de una carretera que discurre entre montañas y donde los túneles y desmontes son frecuentes. El rasgo destacable de este punto es la magnífica solución adoptada por el proyectista de la vía. La realización de un falso túnel consigue la integración completa de la carretera en el entorno siendo prácticamente nulo su impacto sobre el medio. De esta manera se ha evitado la cicatriz que los taludes de gran altura hubieran producido sobre el mismo.

Destacar también que ésta es una solución mucho más agradable a la vista y menos agresiva, tanto para el medio como para el usuario de la vía.



Fotografía 14. Integración paisajística de una carretera. Carretera C-17

6.1.3.2 Estabilización de taludes

El desarrollo del paisaje de la carretera se concentra básicamente en aquellas zonas que más incidencia tienen en la visualización paisajística del entorno de la vía.

En la construcción de carreteras se producen inevitablemente cortes en el terreno, terraplenes y desmontes. Para paliar al menos parcialmente estos efectos negativos se han desarrollado técnicas para compensar de algún modo el impacto. En este caso, se trata de conseguir la estabilidad permanente de las capas superficiales y proteger el suelo del desgaste así como también evitar el deslizamiento y arrastre del material por el agua de la lluvia.

Hay que distinguir tres tipos de sistemas:

- Sistemas de obra de fábrica
- Sistemas de plantaciones
- Sistemas combinados

El objeto del presente estudio son los sistemas de plantaciones. Las grandes ventajas que presentan son su fácil disponibilidad y su coste. Por otro lado, colaboran en el embellecimiento de los taludes de las carreteras.

Las especies recomendadas para plantar en taludes son aquellas que desarrollan raíces muy ramificadas y que se agarran fuertemente al terreno, ya sean arbustos o árboles.

En las Fotografías 15 y 16 se observan diferentes soluciones para el problema de estabilidad que presentan los taludes.



Fotografía 15. Estabilización de taludes. Carretera C-15

La Fotografía 15 corresponde a la carretera C-15 a su paso por Capellades. En este punto se tiene un terreno muy fino que presenta muy poca estabilidad. El problema de estos taludes se produce en días de lluvia, creándose grandes surcos en él. Para evitar esta pérdida de material se ha optado por la revegetación de estos taludes utilizando especies de la zona.

En la carretera de la Fotografía 16, por el contrario, se eligieron árboles en lugar de arbustos para solucionar el mismo problema dadas las circunstancias del terreno.



Fotografía 16. Árboles para la estabilización de taludes. Autopista A-8. Francia

Conviene que tengan las ramas resistentes para que no puedan ser arrancadas en caso de una fuerte ráfaga de viento y caigan al pie del talud ya que, además de perder el efecto buscado, se produciría riesgo de accidente si ésta ocupara parte de la calzada o vía de ferrocarril.

La forma más conocida de estabilizar taludes es el encespado, bien por siembra directa o por tepes. Se debe partir de que el suelo está convenientemente drenado y estabilizado.

El tepe es un medio de sujeción rápida de la capa superficial. El césped se desarrolla rápidamente y con facilidad, incluso en terrenos no demasiado aptos para otros tipos de vegetación.

Es preciso tener en cuenta que la pendiente del talud es una limitación para las medidas a emplear. Con taludes de fuerte pendiente no se podrá garantizar la estabilización con plantaciones. En este caso, la vegetación será un complemento y no una solución permanente.

En el caso de taludes aguas abajo de presas de materiales sueltos se recomienda no plantar ningún árbol que pudiera penetrar con sus raíces hacia el interior del espaldón impermeable pudiendo producir grietas en él. Este hecho produciría graves problemas de estabilidad en el talud así como también de la presa.

6.1.3.3 Protección del suelo

Las plantaciones también pueden usarse para evitar la erosión y desgaste del suelo. Normalmente, la erosión y el desgaste del suelo se producen como consecuencia del agua de la lluvia que al caer con fuerza puede arrastrar piedras, ramas o incluso árboles.

Se usan las plantaciones para evitar que los materiales arrastrados por el agua lleguen a la calzada de la carretera o a un canal y causen problemas en la circulación, provocando accidentes, problemas en compuertas y estaciones de aforo.

En la hilera más cercana a la calzada conviene colocar arbustos que hagan de filtro para los elementos más pequeños que puedan llegar, como pequeñas piedras o ramitas.

Los árboles, en cambio, se plantarán en una segunda hilera para detener los materiales más grandes, como pueden ser troncos de otros árboles o grandes rocas.

Es recomendable que estos árboles tengan las raíces profundas y los troncos fuertes para asegurar que ningún elemento pueda romperlos, superarlos y llegar a la calzada. También es importante que las ramas sean resistentes para evitar que una ráfaga fuerte de viento las arranque y las acerque a la vía.

En carreteras que discurren por zonas muy abruptas o de alta montaña el riesgo de desprendimientos de rocas o de aludes de nieve es más alto. Será necesario plantar dos o más hileras de árboles con el fin de proteger al máximo la calzada de la carretera.



Fotografía 17. Plantaciones dispuestas para la protección del suelo. Carretera C-14

En la Fotografía 17 se puede observar como la hilera de árboles plantados contiguos a la calzada y sobre la entrada del túnel evitan que cualquier piedra o rama pueda desprenderse de los taludes y lleguen a la calzada de la carretera pudiendo provocar accidentes al invadirla.

6.1.3.4 Repoblación de zonas modificadas por las obras

Una de las principales funciones de las plantaciones es la repoblación de las zonas afectadas por las obras. Consiste en la reposición de la cobertura vegetal existente antes de la realización de éstas.

Los caminos de acceso, las zonas de estacionamiento de la maquinaria, las explanadas para oficinas y comedores, las zonas destinadas al acopio de materiales, etc., transforman el entorno dejando cicatrices difíciles de paliar.

La tarea de las plantaciones es intentar que las cicatrices producidas por la Obra Pública sean mínimas intentando que el medio natural recupere su estado inicial.

Las plantaciones que se deben usar para realizar estas repoblaciones conviene que sean las mismas que existían antes de las obras ya que seguro que eran las que mejor se adaptaban al medio. De esta manera, se tiene asegurada su adaptación y la repoblación será un éxito.

Sin embargo, no se debe abusar de un tipo de plantación en detrimento de otras. Aunque ésta sea la que mejor se adapte a la zona de repoblación se podría romper el equilibrio ecológico existente y afectar a la evolución futura del ecosistema.

Además, la realización de las repoblaciones con las plantaciones autóctonas ayuda a mantener los corredores biológicos existentes previamente y que se han podido ver afectados por la Obra Pública construida.

En la Fotografía 18 se puede observar la repoblación efectuada en una zona afectada por obras. Una vez finalizadas las obras se ha repoblado la zona afectada por caminos de acceso y casetas con la plantación de diversos árboles. Se consigue de esta manera disminuir el impacto de las obras.



Fotografía 18. Repoblación de zonas afectadas por obras. El Prat

6.1.3.5 Urbanización de áreas de servicio

Las áreas de servicio son aquellas zonas para estacionamiento, descanso y suministro de vehículos y conductores situadas en carreteras públicas fuera de las zonas urbanas. Tienen una función de descanso de los usuarios y control del vehículo.

Un vehículo se detiene en un área de servicio durante un largo viaje cuando en el conductor aparecen los primeros síntomas de cansancio. El conductor requiere descansar y recuperarse antes de continuar la travesía. Sus necesidades son el alejamiento del flujo principal, del ruido, del Sol, etc.

La Fotografía 19 muestra el área de servicio de una autopista en Francia. Se puede observar como mediante el arbolado plantado se consigue crear un espacio de quietud y descanso, produciendo sombra sobre la zona de las mesas y tumbonas, creando una atmósfera que favorece a la relajación buscada en las paradas que se efectúan



Fotografía 19. Área de servicio. Autopista A-9. Francia

Las áreas de servicio deben constar de zonas de equipamiento o zonas verdes, zonas de juegos para los niños y zonas edificadas con restaurante, lavabos, etc. Asimismo, en el proyecto de las áreas de servicio se debe observar una buena ordenación de las diferentes zonas según las funciones a realizar.

Las plantaciones ayudarán a conseguir esta ordenación consiguiendo una integración paisajística de las estructuras, una configuración funcional de las zonas de descanso y la creación de zonas de sombra, muy valoradas y requeridas en los trayectos en verano.

Ante todo, las áreas de servicio deberán estar equipadas con suficientes zonas verdes para el descanso y relajación de los usuarios de la vía.

Los arbustos pueden servir para organizar y separar las diferentes zonas que componen el área de servicio. Por ejemplo, se puede separar las zonas de tráfico y de recreo con una tupida hilera de arbustos. Deberán ser frondosos y de hoja perenne para que cumplan su función durante todo el año.

Por otro lado, los árboles se usarán para crear zonas de sombra. Pueden ser árboles altos y con la copa ancha. De esta manera, las posibles ramas bajas no afectarán a los usuarios mientras que la copa ancha y frondosa proporcionará la sombra deseada. No es necesario que los árboles sean de hoja perenne, dado que en invierno la ausencia de hojas dejará que los rayos del Sol incidan sobre la zona de descanso.



Fotografía 20. Área de servicio. Autopista A-9. Francia

La Fotografía 20 corresponde a la misma área de servicio de la Fotografía 11. Vemos aquí también la gran zona de sombra que se ha creado a través de la plantación de grandes árboles, ayudando al descanso y relajación tanto del conductor como del resto de viajeros.

El encespado es una solución buena y muy usual para el cubrimiento del terreno en estas zonas. Es muy agradable a la vista y ayuda al descanso. Sin embargo, requiere un mínimo mantenimiento para que siempre esté en buenas condiciones, aspecto muy negativo en su utilización.

La selección de los tipos de plantas se orientará en función de la oferta y en base a la condición de mantenimiento mínimo.

Dada la gran variedad paisajística y arbustiva de nuestra geografía, no es posible dar unas normas concretas sobre la elección de especies. Sin embargo, se ha comprobado que en zonas mediterráneas, el eucalipto, el pino o la palmera ayudan a realizar una buena composición general de las áreas de descanso.

6.1.3.6 Señalización de carreteras, intersecciones y glorietas

El efecto óptico de la vegetación en carreteras permite identificar más fácilmente su trayectoria. Con la vegetación, la calzada se perfila permanentemente en el horizonte dando la información direccional precisa para seguir la carretera sin peligro.

En condiciones meteorológicas adversas, las plantaciones ayudan a dibujar la calzada y el camino a seguir. Con la vegetación adecuada se puede conseguir una perfecta señalización de las carreteras.



Fotografía 21. Señalización de carreteras mediante plantaciones. Carretera D-10. Francia

La Fotografía 21 muestra un claro ejemplo de señalización de carreteras mediante plantaciones. Corresponde a la carretera D-10 en Francia, situada al Norte de Marsella. En este caso, la curva muy cerrada a la izquierda que se tiene se indica mediante la plantación de árboles en la parte exterior de la curva, contiguos a la calzada de gran altura y frondosidad. De esta manera se consigue que el conductor sepa en todo momento la dirección de la carretera.

Las intersecciones entre dos o más vías deberán ser identificables rápidamente desde todos los accesos. Disponiendo árboles a lo largo de ellos se consigue el efecto visual deseado. Se pueden plantar árboles diferentes en cada una de las carreteras. De esta manera, un conductor que se aproxime a gran velocidad se dará cuenta de la proximidad de una intersección observando el cambio en la morfología de los árboles plantados en el borde de la carretera. En este caso, conviene que uno de los árboles que se planten sean altos y con las ramas no muy desarrolladas, para no obstruir el campo visual, en contraposición a otros más bajos y de copas anchas.

Puesto que la ayuda visual a larga distancia que ofrecen las plantaciones en la identificación de las intersecciones debe mantenerse durante todo el año, conviene que los árboles que se planten sean de hojas perennes. En un día de visibilidad reducida, bajo los efectos de nieve o lluvia, unos árboles de hoja caduca, los cuales se encontrarían sin hojas en estas circunstancias, no ayudarían a percibir la existencia de una intersección siendo el efecto visual buscado prácticamente nulo.

En el caso de las glorietas de varios accesos es preciso despejar de obstáculos la zona. Es conveniente no usar árboles altos que impedirían la visualización completa de la intersección. Por este motivo, se recomienda la utilización de arbustos que no superen la altura de la visual del conductor de un automóvil. Disponiéndolos en diferentes composiciones o diferenciándolos por altura, se pueden marcar todos los movimientos posibles.

Se debe conseguir que plantaciones de especies diferentes o dispuestas de una manera determinada marquen y señalicen todos los giros permitidos.

Sin embargo, la aplicación más funcional de la vegetación se produce en los cambios de rasante. La indicación óptica en el punto más alto es una de las condiciones esenciales para circular con seguridad. Si no se tiene esta indicación no se podrá saber si la calzada seguirá en línea recta o si existe alguna curva.

Las curvas dispuestas después de un cambio de rasante son uno de los puntos más peligrosos de nuestras carreteras. La plantación de árboles siguiendo el trazado de la carretera son una indicación de la dirección de ésta y orientan al conductor hacia donde girar.

Las plantaciones deben ser formas arbóreas esbeltas y continuas que marquen nítidamente la dirección de la carretera. Los árboles a plantar deben ser de hoja perenne, frondosos todo el año, y altos para que sean visibles antes del cambio de rasante.

6.1.3.7 Barreras visuales

En la actualidad, nos hallamos en una época donde las comunicaciones y la unión de las ciudades son una prioridad para la sociedad. Sin embargo, el territorio disponible para la construcción de nuevas infraestructuras es mínimo. Como consecuencia, en numerosas ocasiones se construyen muy próximas a edificaciones o a través del núcleo urbano, dividiéndolo en dos.

El impacto producido por este tipo de infraestructuras es enorme. Además del ruido, se causa un impacto visual muy grande. Se crea una visión muy desagradable y molesta para los habitantes de las edificaciones cercanas, situando una autopista, vía de tren, etc., en su misma ventana.

Una solución a este problema es la creación de una barrera visual mediante plantaciones. Se trata generalmente de árboles de grandes dimensiones, frondosos y con ramas en todo su tronco cuya misión es ocultar la infraestructura construida demasiado cerca de los edificios debido a la falta de espacio.

Las Fotografías 22 y 23 nos muestran la ocultación de las vías del tren mediante plantaciones. En la Fotografía 22 se plantan unos grandes arbustos contiguos a la vía. El efecto obtenido es muy bueno puesto que las vías quedan totalmente ocultas, disminuyendo las molestias que pueda ocasionar el paso de trenes. En la Fotografía 23 se ha optado por la plantación de una hilera de cipreses contiguos a la vía. Se obtiene en ambos casos una buena barrera visual.



Fotografía 22. Ocultación de las vías del tren mediante plantaciones. Calafell



Fotografía 23. Ocultación de las vías del tren mediante plantaciones. Tarragona

Las Fotografías 24 y 25 son dos ejemplos de pantallas visuales en autopistas cercanas a núcleos urbanos. En ambos casos se intenta ocultar la carretera mediante la plantación de grandes árboles junto a ella. Destacar que en los dos casos se ha conseguido el efecto buscado y se ha disminuido el impacto visual que estas carreteras tienen sobre los habitantes de la zona.



Fotografía 24. Pantalla visual. Carretera C-31 a su paso por Castelldefels



Fotografía 25. Barrera visual realizada con plantaciones. C-31 a su paso por Badalona

Una de las aplicaciones de las plantaciones son las pantallas antideslumbrantes especialmente importantes durante el invierno cuando se circula más tiempo con la luz de faros debido al mal tiempo y a la corta duración del día.

Durante la noche la iluminación artificial de la calzada se produce mediante los faros de los vehículos y las luminarias fijas al borde de la calzada. Esta iluminación produce que la visibilidad sea muy reducida y puede provocar graves accidentes. Por ejemplo, las luces de un vehículo que circula en sentido contrario a larga distancia pueden hacer creer que la carretera es recta cuando en realidad se trata de una doble curva. Plantando unas barreras visuales se podrían eliminar este tipo de accidentes.

Las pantallas antideslumbrantes se interponen entre los rayos luminosos de los vehículos que circulan en sentido contrario y el conductor. La altura de la vegetación deberá ser tal que cubra la visual del conductor de un vehículo con los faros de un coche que circula en sentido contrario. Dado que esta visual no supera el 1,30 m de altura se deberán plantar arbustos no muy altos y frondosos.

En la Fotografía 26 se observa una excelente mediana. Mediante la plantación de unos arbustos se genera una buena barrera visual que impide cualquier tipo de deslumbramiento por los focos de un vehículo que circule en sentido contrario. Además, se consigue separar por completo las dos calzadas aumentando la seguridad mientras se hace la carretera más agradable a los usuarios.



Fotografía 26. Mediana. Carretera C-260

Otra manera de elaborar medianas es la solución que se puede observar en la Fotografía 27. En medianas anchas en las cuales no hay otro tipo de elemento separador, como una barrera new jersey, una buena opción es la plantación de arbustos bajos en dos hileras no continuas alternando los tramos plantados. Se crea una barrera visual entre las dos calzadas y a la vez se reduce el mantenimiento puesto que se han realizado un menor número de plantaciones.



Fotografía 27. Mediana de la N-340 a su paso por St. Carles de la Ràpita

El caso más desfavorable es la incidencia de los faros de autocares y camiones ya que debido a su posición más elevada se sitúan por encima de esta visual. En este caso, la vegetación deberá tener una altura de 2,50 m en terreno llano. Las plantaciones recomendadas son los árboles bajos con una copa ancha.

En autopistas y autovías es muy aconsejable realizar una barrera visual realizando plantaciones en las medianas las cuales evitarán el deslumbramiento producido por los faros de los coches que circulan en sentido contrario. Los setos que conformarán la barrera se pueden plantar en dos disposiciones: paralela o normal a la carretera. La primera de éstas es la más usual y la que requiere menos espacio. La segunda, en cambio, requiere una mediana más ancha pero no genera el efecto muro provocado por la disposición paralela.

Para este tipo de barreras visuales se recomienda plantar arbustos dado que su altura no suele ser muy grande. No se pueden plantar árboles que tengan ramas muy grandes dado que las medianas no acostumbran a ser espacios muy anchos y éstas estarían encima de la calzada, pudiendo originar problemas en el tráfico.



Fotografía 28. Mediana. Carretera C-16

La Fotografía 28 muestra la mediana típica de una autopista. Se plantan arbustos frondosos paralelos a la carretera puesto que el espacio disponible es mínimo y de esta manera se genera una pantalla antideslumbrante.

En estos tres casos es conveniente que los árboles y arbustos plantados sean de hoja perenne para que puedan realizar su función correctamente durante todo el año.

Pero no solo los faros de los coches pueden producir deslumbramiento. También puede ser producido por la luz del Sol sobretudo al atardecer cuando se encuentra en posición horizontal. Este efecto puede ocupar toda la calzada provocando situaciones muy peligrosas para la conducción.

Aunque la mejor manera de evitar este tipo de deslumbramiento es un estudio exhaustivo del trazado con el objetivo de minimizar su influencia, las plantaciones pueden ayudar a solucionar el problema.

Se deben plantar árboles altos con la copa frondosa. Se deben colocar espaciados, sin cortar las ramas, de manera que se consiga un techo que evite el paso de los rayos del Sol. Es recomendable que los árboles plantados sean de hoja perenne para que el deslumbramiento sea reducido durante todo el año.



Fotografía 29. Creación de un “túnel” mediante plantaciones. Carretera B-402

La Fotografía 29 muestra la creación de un “túnel” mediante la plantación de árboles altos y frondosos contiguos a la carretera evitando así el deslumbramiento por los rayos del Sol en este tramo de carretera.

6.1.3.8 Barreras acústicas

Uno de los impactos ambientales más directos e incómodos para la población es el ruido provocado por la circulación.

La posibilidad de planeamiento es muy limitada sobre todo en países de gran densidad de población. Por otro lado, la población exige la proximidad de las grandes vías de comunicación a los centros urbanos.

Por tanto, existen situaciones en las cuales el trazado debe pasar necesariamente por unos lugares determinados ya sea porque los parámetros de diseño lo exigen, por la orografía o porque se requiere una autopista urbana, quedando las muchas veces las zonas residenciales rodeadas por multitud de carreteras.

En estos casos se deben pensar en elementos que ayuden a disminuir el efecto del ruido procedente de los coches que circulan por estas vías.

Una solución a este problema es la formación de barreras acústicas con especies vegetales. El tratamiento del ruido con vegetación es una solución con grandes posibilidades en el entorno ambiental. La vegetación desarrolla funciones polivalentes. En la lucha contra el ruido ejerce tanto la tarea de aislamiento como de ordenación paisajística y mejora del suelo. No obstante, requiere unas ciertas condiciones de espacio, clima, suelo, etc.

De todas formas, las plantaciones no son la mejor opción desde el punto de vista técnico puesto que la eficacia de la vegetación como aislante acústico no es muy elevada y la construcción de muros revestidos de materiales fonoabsorbentes resuelve el problema de una manera más efectiva

Sin embargo, una buena solución al problema acústico es la combinación de la vegetación con las pantallas artificiales. Las plantaciones son un buen complemento para las pantallas construidas con acero u hormigón puesto que les da una apariencia más agradable para el usuario y el entorno. De esta manera se consigue la optimización funcional y estética. Por un lado, se obtiene la reducción del ruido deseada y, por otro, se ocultan las rígidas pantallas verticales. Revistiendo las pantallas por el lado de la carretera se mejora la absorción del ruido y se suaviza la visual del conductor que transita por ella.

Destacar que las pantallas antirruído deben estar situadas muy cerca de la calzada para ser efectivas dificultando la elección de materiales dado que el espacio disponible es mínimo.

Por otro lado, la construcción de taludes a ambos lados del trazado es también una solución habitual. En este caso de barrera fónica, las plantaciones son obligatorias tanto para reforzar el efecto amortiguador del ruido como para mejorar la estabilidad y el aspecto visual del talud.

En el caso de vías rápidas por el centro de las ciudades la solución no es fácil. Los edificios de alrededor están muy cercanos a la vía y no hay espacio suficiente para la construcción de taludes que amortigüen el ruido. En este caso, la solución más habitual es la construcción de una barrera de acero u hormigón revestida de plantaciones como las enredaderas.

En la Fotografía 30 se puede observar esta solución. Corresponde a la ronda de circunvalación de la ciudad de Aix-en-Provence, en Francia. Las edificaciones existentes se encuentran muy cercanas a la carretera. Puesto que el espacio disponible es mínimo, la mejor solución para disminuir el ruido producido por los vehículos es, sin lugar a dudas, la implantación de pantallas de hormigón

fonoreductoras. Sin embargo, esta solución se ha perfeccionado mediante la plantación de unas simples enredaderas, consiguiendo mejorar el aspecto de las rígidas pantallas de hormigón a la vez que se aumenta su efectividad.



Fotografía 30. Combinación de plantaciones con pantallas fonoreductoras. Aix-en-Provence

Es recomendable, sin embargo, la utilización de plantaciones como barrera acústica dado que aunque no son la mejor solución desde el punto de vista técnico, proporcionan una imagen más agradable al tiempo que mejoran la calidad del aire que respiramos. Estas pantallas acústicas formadas íntegramente por plantaciones serán utilizadas en carreteras interurbanas donde el espacio permita la colocación de una o más hileras de árboles.

Será conveniente que los árboles utilizados sean altos y tengan ramas en todo su tronco para aprovechar al máximo el espacio que ocupan. También es recomendable que sean de hoja grande, ya que absorben mejor el ruido que las hojas pequeñas. Para que puedan realizar su función durante todo el año se deberán utilizar árboles de hoja perenne.

6.1.3.9 Barreras contra el viento

El viento es un fenómeno atmosférico muy molesto sobretodo en la conducción de vehículos a gran velocidad en autopistas y autovías. En algunas zonas de Cataluña debido a la situación geográfica y a la orografía del lugar se pueden registrar en ocasiones ráfagas de viento superiores a los 100 km/h.

El viento que incide frontalmente no es el principal problema. Se opone al avance de los vehículos, afectando sobretodo a camiones de gran tonelaje que ven reducida su velocidad de circulación. Es un problema básicamente económico ya que se tarda más tiempo en realizar el desplazamiento y se gasta más combustible.

El caso más desfavorable se produce cuando el viento actúa transversalmente al vehículo. Al circular por autopistas y autovías a gran velocidad se generan zonas de fuertes vientos laterales al pasar de desmonte a terraplén y viceversa. Un golpe de viento transversal sobre un vehículo que circula a 100 km/h puede hacerle perder su trayectoria generando una situación de peligro tanto para él como para los demás usuarios de la carretera. Destacar también que el efecto del viento aumenta con la velocidad y la superficie del objeto en movimiento. El impacto será mayor sobre un coche que circule a 150 km/h que a 80 km/h o sobre un camión que sobre un utilitario.

Existen diversas soluciones a este problema. En zonas donde el viento sopla de manera continua la mejor manera de evitar los accidentes es la prudencia. Reduciendo la velocidad tendremos un mayor control sobre el vehículo y el efecto del viento será menor.

Las plantaciones rompevientos son un sistema muy usado y de gran utilidad. Además de reducir el impacto del viento sobre la calzada, mejoran las condiciones climáticas dentro de una zona.

Los puntos más expuestos a la acción del viento lateral y, por tanto, las zonas más peligrosas, son los terraplenes elevados, los viaductos y las transiciones de desmonte a terraplén. En estas transiciones es necesaria la colocación de barreras que impidan que el efecto del viento sea acusado por los usuarios de la vía.

La vegetación frondosa, sean árboles o arbustos, y poco compacta actúa de buen moderador ya que el viento penetra por sus huecos y va perdiendo fuerza en el choque contra las ramas y hojas. La pérdida de energía cinética será mayor cuanto más ramaje se oponga al viento. Es recomendable disponer la pantalla rompevientos de manera creciente para que el efecto producido no sea instantáneo.

Las barreras rompevientos estarán formadas por árboles. Deberán ser altos y con ramas en toda su altura para mejorar su efecto amortiguador. También deberán ser de hoja perenne para que estén presentes durante todo el año y resistir el embate del viento sin desprenderse de las ramas.



Fotografía 31. Barreras contra el viento. Autopista A-9. Francia

En la Fotografía 31 se puede observar una barrera contra el viento. Se trata de una hilera de grandes árboles muy frondosos y fuertes, capaces de resistir las embestidas del viento y proteger a los vehículos. Gracias a su frondosidad, el viento pierde más rápidamente su fuerza, puesto que se choca con sus múltiples ramas.

Por otro lado, deberán tener unas fuertes raíces que garanticen que no serán arrancados incluso cuando soplen vientos superiores a 150 km/h y un tronco fuerte y resistente que no se parta bajo la acción del viento. La caída de un tronco o un árbol en medio de la calzada crearía una situación de máximo peligro para los usuarios de la misma.

Para mejorar la eficacia de estas barreras contra el viento se pueden plantar más de una hilera de árboles complementadas con arbustos a los pies. Cuantas más plantaciones se encuentre el viento más difícil le será llegar a la calzada.

En el siguiente cuadro se resumen las principales características que deben tener las plantaciones para cumplir correctamente las diferentes funciones.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTACIONES

1. Integración paisajista:	<ul style="list-style-type: none"> - especies autóctonas - respetar la biodiversidad
2. Estabilización de taludes:	<ul style="list-style-type: none"> - raíces ramificadas y profundas - ramas y tronco resistentes - arraigo rápido y fácil
3. Protección del suelo:	<ul style="list-style-type: none"> - raíces ramificadas y profundas - troncos fuertes - ramas resistentes y en abundancia
4. Repoblación de zonas modificadas por las obras:	<ul style="list-style-type: none"> - especies autóctonas o existentes con anterioridad - diversidad de especies
5. Urbanización de áreas de servicio:	<ul style="list-style-type: none"> - arbustos frondosos y de hoja perenne - árboles altos y de hoja perenne - ramas abundantes y altas (por encima de la altura de una persona) - copa ancha y frondosa - especies autóctonas
6. Señalización de carreteras, intersecciones y glorietas:	<ul style="list-style-type: none"> - combinación de árboles altos y esbeltos con otros de copa ancha y más bajos - altura suficiente para no interferir en la visual del conductor - hoja perenne - arbustos bajos que permitan diferentes composiciones mediante su poda - en cambios de rasante: árboles altos, frondosos y de hoja perenne

7. Barreras visuales:	<ul style="list-style-type: none"> - en medianas: arbustos bajos y frondosos - para la luz solar: árboles altos con la copa frondosa y ancha - hoja perenne en ambos casos - resistentes a la contaminación
8. Barreras acústicas:	<ul style="list-style-type: none"> - árboles altos y de hojas grandes - copa ancha y frondosa - ramas en toda su altura - hoja perenne
9. Barreras contra impactos:	<ul style="list-style-type: none"> - arbustos fuertes y resistentes - raíces profundas y ramificadas - árboles con muchas ramas y flexibles
10. Barreras contra el viento:	<ul style="list-style-type: none"> - árboles altos - copa ancha y densa - ramas en toda su altura - tronco y ramas resistentes - hojas fuertes - raíces ramificadas y profundas - hoja perenne - arbustos frondosos y fuertes al pie de los árboles

Tabla 18. Características de las plantaciones

6.2 ÁMBITO MARÍTIMO

Los paseos marítimos y el tratamiento del territorio litoral es una de las vertientes más importantes de las Obras Públicas.

En la actualidad, el territorio litoral es un espacio muy valorado y apreciado por la población. Sin embargo, esta situación ha ido cambiando a lo largo de la historia dado que el mar presenta innumerables posibilidades pero también es una fuente de destrucción.

Muchas han sido las catástrofes que han venido de él, desde tormentas e inundaciones hasta invasiones o enfermedades. Ésta es la razón por la que pueblos y ciudades ubicados junto al mar vivían de espaldas a él.

A finales del siglo XIX, con la desaparición de la piratería, la pérdida del miedo y el aumento del tráfico marítimo, se descubre el litoral como un lugar de ocio y recreo. Asimismo se manifiestan los beneficios que el mar comporta a la salud. Es el comienzo de la apertura de las ciudades al mar buscando sus mejores fachadas.

Sin embargo, el reciente y súbito interés por el mar ha conllevado una ocupación masiva y, en algunos casos agresiva, del frente marítimo. Se han construido autopistas, edificios, industrias y otras instalaciones sin ninguna ordenación, rompiendo el equilibrio costero. Como consecuencia, se ha producido una gran degradación del paisaje natural, siendo irre recuperable en algunas zonas.

Todos estos hechos han hecho que el litoral se encuentre en una situación muy delicada y sea necesario adoptar medidas protectoras para recuperar el litoral, mejorando así la calidad de vida en nuestras costas.

En esta recuperación de la costa, el paseo marítimo tiene un papel fundamental dado que ayuda a mantener el equilibrio litoral y colabora en la ordenación del litoral.

Los paseos marítimos tienen un doble carácter. Por un lado, son elementos de protección del litoral dado que impide futuras alteraciones de la costa, delimitando definitivamente el ámbito costero del urbano creando una barrera física entre ellos y garantizando el acceso público al litoral y el uso público de las playas. Por otro, es un elemento urbano, debiéndose integrar en la trama urbana y armonizar con el entorno.

Por tanto, es necesario analizar y estudiar los paseos marítimos ya construidos para que los nuevos proyectos se adecuen lo más posible a las exigencias y necesidades de la costa y de la vida actual y manifiesten el doble carácter que estos deben tener. La manera más adecuada de conseguirlo es la compatibilización de sus usos y actividades. Se deben valorar todas las condiciones naturales, tanto climáticas, topográficas como naturales para que el paseo se inserte en el entorno, ayudado por las plantaciones que resaltarán los valores naturales del lugar.

La sociedad ha asumido la protección de la costa para garantizar su uso y mantener sus atractivos. En los últimos años, la Administración ha puesto en marcha diversas acciones para conservar y proteger la costa. Estas actuaciones comprenden desde la recuperación y regeneración de las playas hasta la creación de nuevas, la construcción de paseos marítimos y el acondicionamiento de accesos públicos a la costa. Estas nuevas construcciones están marcadas por las exigencias funcionales del lugar.

Sin embargo, uno de los factores determinantes es el sentimiento de integración en un paisaje de tan altas cualidades medioambientales. El borde marítimo es una parte del territorio altamente apreciada por presentar unas cualidades paisajísticas de gran valor y ofrecer, entre otros, la posibilidad de admirar el mar. Como consecuencia, su integración en el entorno es un aspecto muy importante que solo se logrará haciendo un buen uso de las plantaciones.

El paseo marítimo ha de ser peatonal, ordenado y diseñado para la utilización y disfrute y, como tal, debe reunir las características necesarias en cada caso. Para ello, todos sus elementos deben adaptarse e integrarse en su entorno, un paraje natural de un valor incalculable, y la vegetación y las plantaciones que se realicen en él son un punto clave en esta integración, sin olvidar al usuario que agradecerá la continuidad del paisaje y los espacios sombríos en verano.

6.2.1 Características del ámbito

El frente marítimo es un territorio que presenta unas características muy específicas. Es la zona donde entran en contacto el mar y la tierra y, como tal, la zona litoral está condicionada por el intenso intercambio de energía que se produce entre ellos. Se produce un equilibrio no fijo sino cambiante en el tiempo fundamentado en unos elementos litorales.

El cambio o la variación de estos valores provocan la rotura de este equilibrio, produciendo numerosas alteraciones, muchas veces irreversibles. Estos valores

son tanto ecológicos, climáticos como urbanos. Las principales actuaciones que alteran y degradan estos valores son las actividades humanas que tienen lugar en la costa. La destrucción de los cordones de dunas, la disminución de los aportes sólidos de los ríos o la urbanización excesiva del territorio litoral son algunas de estas actuaciones.

En la actualidad nos encontramos con una gran parte del litoral ocupado por usos de carácter urbano. Y aunque estos usos son fundamentales para que se produzca un progreso económico, a largo plazo provocan una grave degradación de las zonas costeras. Entre los diversos usos que se producen en el litoral se pueden destacar:

- usos agrícolas
- usos industriales
- actividades portuarias
- comunicaciones
- usos urbanos
- usos turísticos y de recreo

Tampoco hay que olvidar el proceso de centrifugación que se ha producido y se produce en España. Destacar como dato que la población que vive en una franja litoral de 5 Km. de anchura representa el 35 % de la población total española, lo que supone la urbanización de prácticamente toda la costa.

En Cataluña encontramos dos situaciones contrarias. Por un lado, se tiene espacios totalmente urbanizados sin ningún orden, consecuencia del boom sufrido en los años 60 y 70, y que se encuentran muy degradados. Pero, por otro lado, todavía existen zonas con grandes recursos naturales y paisajistas y que conservan todo su atractivo, debiéndose luchar para que continúe siendo así.

El paseo marítimo es un elemento fundamental para favorecer y estimular la vida ciudadana, creando un espacio peatonal que permite contemplar el mar y disfrutar del borde litoral y de un paisaje marítimo seductor y de una gran calidad ambiental. Sin embargo, el paseo debe construirse correctamente, respetando los límites de la zona litoral sin invadirla. La experiencia adquirida en la construcción de los antiguos paseos marítimos debe usarse para la mejora de futuras actuaciones.

Analizando sus características se distinguen diversas tipologías de paseos marítimos. Todos ellos cumplen con la misión de protección de la costa pero dependiendo de su relación con la ciudad, su diseño y sus características ambientales se pueden identificar diferentes grupos. Destacar tanto los paseos potenciadores de la trama urbana o del medio natural como los integrados en el paisaje o los estrictamente peatonales.

Cada uno de ellos tendrá unas características diferentes y singulares que los definirán. No obstante, todos ellos deberán tener el doble carácter que presentan los paseos marítimos y que hace que sean de una mayor complejidad que otros espacios públicos, es decir, deben cumplir con su carácter urbano y marítimo.

Las circunstancias que concurren en el sitio marcan la concepción del paseo. Se debe tener un buen conocimiento de ellas para que el paseo se inserte de manera natural en el lugar. La topografía marcará el trazado del paseo mientras que las características climáticas incidirán en el proyecto afectando en el grado y tipo de utilización que se tendrá de éste. Asimismo, las características del entorno fijarán las especies vegetales a usar para realizar la integración del paseo en él.

Las condiciones que se dan en la zona costera son muy duras. Las altas temperaturas y la salinidad elevada son circunstancias solo tolerables por unas pocas especies, por lo que esta integración deberá efectuarse principalmente con especies autóctonas si se quiere garantizar la integración completa.

La morfología de la costa es otro aspecto que condicionará la tipología del paseo marítimo. Dada la orografía de Cataluña, se puede dividir la costa en 3 zonas de características diferentes: zona Norte, zona Centro y zona Sur.



Figura 3. Zonas Costeras

La zona Norte corresponde a la Costa Brava, cuya geografía es muy diversa. Como consecuencia, diferenciaremos dos partes: la Costa Brava Alta y la Costa Brava Baja.

La primera de éstas, que comprende la costa desde Begur hasta Port Bou, se caracteriza por playas extensas de arena fina, motor de la economía estival. Asimismo, los cursos bajos de los ríos muy abiertos determinan un paisaje de marismas muy característico de la zona y de un alto valor ambiental. Sin embargo, el crecimiento turístico ha incrementado la venta de parcelas de bosque y terreno agrícola lo que ha provocado la degradación de grandes fragmentos del paisaje.

Por otro lado se tiene la Costa Brava Baja. Es la zona comprendida entre Blanes y Begur. Es una costa alta y recortada sobre el mar, donde playa y acantilado se van alternando. Las largas playas se localizan en los núcleos de población siendo una zona muy turística con grandes edificaciones en los frentes marítimos, buscando playa y vistas al mar.

En la zona Centro también podemos distinguir dos zonas de características muy diferentes. Por un lado se tiene la zona del Maresme, cuyas características principales son la cordillera litoral muy próxima y paralela a la costa y la gran infraestructura que constituye la línea de ferrocarril, paralela y prácticamente sobre la playa, rompiendo cualquier nexo de unión del núcleo con el litoral. Por otro, se tienen las playas de Barcelona, Gavà y Castelldefels, cuyos paseos marítimos son de características similares, como se detallará en siguientes apartados.

Finalmente, se tiene la zona Sur. A pesar de ser una zona muy extensa, comprende desde Sitges hasta el Delta del Ebro, tiene unas características muy parecidas y no se ha creído necesario realizar ninguna división. Se trata, en general, de playas anchas de arena fina y núcleos urbanos dedicados al turismo estival.

La vegetación también es característica de cada una de estas zonas. Como se verá en apartados posteriores, las especies utilizadas en la integración de los paseos son diferentes dependiendo de la zona en la que nos encontremos.

6.2.2 Funciones y Características de las plantaciones

La costa es una zona muy extensa y, como tal, sus características son variables. Cada paseo marítimo será diferente puesto que las circunstancias que lo condicionan son diferentes.

Se tendrá, por ejemplo, playas anchas, que permitirán la construcción de un paseo amplio con diversos trazados y zonas de recreo, y playas estrechas donde la principal misión del paseo será la ordenación del frente marítimo y garantizar el acceso público a la playa.

Y cada una de estas situaciones condicionará un tipo de paseo. Sin embargo, las funciones a realizar por las plantaciones en ellos serán las mismas y son las siguientes:

- Ordenación de las áreas
- Creación de zonas de sombra
- Fijación dunas
- Integración en el medio

6.2.2.1 Ordenación de las áreas

El paseo marítimo es una zona pública y, como tal, ha de contribuir a una mejora de las condiciones de vida. Debe tener en cuenta las exigencias de todos los usuarios, desde los niños a personas mayores.

Las plantaciones ayudarán a la ordenación del paseo definiendo las diferentes zonas existentes en él. Actuarán como elemento separador a la vez que integrarán el paseo en el paisaje. Debe ser un elemento que favorezca y estimule la vida ciudadana.

La Fotografía 32 muestra como mediante las plantaciones se pueden separar dos trazados de características diferentes. La alineación de unos árboles separa un paseo de un pavimento rígido del paseo de arena, más blando y acorde con el lugar.



Fotografía 32. Separación de trazados. Calella

Los paseos pueden constar de diferentes trazados para viandantes, bicicletas, etc., y además enlazan en numerosas ocasiones con caminos rurales o de acceso. A través de las plantaciones se pueden definir los diferentes trazados existentes.

Por ejemplo, se separa el carril para bicicletas del de viandantes con una hilera de arbustos bajos y frondosos que indiquen el camino e impidan la interrelación entre usuarios. Otra solución es la plantación de arbolado a ambos lados del camino para viandantes, señalizando el trazado a seguir.

La separación de estos carriles se puede realizar de diversas maneras. La Fotografía 33 corresponde al paseo marítimo de Barcelona, frente al Hospital del Mar. En este tramo, el paseo, gracias a su gran anchura, consta de dos trazados claramente diferenciados. Se tiene por un lado el trazado principal destinado a los viandantes que quieran pasear disfrutando de unas magníficas vistas sobre el mar y del aire libre y, por otro, un carril bici que constituye un trazado secundario separado del principal mediante una hilera de palmeras y otros elementos artificiales, como son bancos y varias fuentes.

De esta manera, ambos usuarios no interaccionan. Los peatones no son molestados por el paso rápido e incesante de bicicletas, patinadores, etc., y los ciclistas pueden desplazarse rápidamente por su carril. Esta separación es muy agradecida sobretodo en días de verano y fin de semana cuando el paseo está lleno.



Fotografía 33. Separación carril-bici. Barcelona

En el paseo de Vilanova i la Geltrú, Fotografía 34, se ha optado por esta misma solución. La separación del carril-bici del paseo se efectúa mediante una hilera de palmeras.



Fotografía 34. Separación del carril bici. Vilanova i La Geltrú

En la Fotografía 35, en cambio, esta separación se realiza mediante la plantación de una hilera de arbustos bajos. Este tramo de paseo es más estrecho que el de la Fotografía 33 o 34, por lo que la plantación de una hilera de palmeras no es posible, teniéndose que adoptar esta otra solución.



Fotografía 35. Separación carril-bici. Barcelona

En la Fotografía 36 la separación es mixta. Se ha optado por la colocación de bancos y palmeras de forma alternativa.



Fotografía 36. Separación del carril bici. L'Ampolla

Además, el paseo debe favorecer la vida colectiva. Como tal, los paseos marítimos constan de áreas de recreo, descanso y reunión. Estas áreas deben estar bien diferenciadas del resto del paseo y habilitadas para ello mediante todo tipo de elementos, desde bancos, juegos infantiles, etc. La separación se realizará mediante plantaciones de árboles o arbustos que ayuden a diferenciar y distinguir estas áreas. Por otra parte, estas áreas podrán estar ajardinadas.

En la Fotografía 37 se puede observar un claro ejemplo de esta función. Mediante la plantación de unas palmeras y la creación de unas zonas de césped se ha separado la zona destinada a los juegos infantiles, en último término en la fotografía, del paseo principal, en primer plano. La creación de las islas de césped crea una serie de caminos que sirven de unión entre ambas zonas, a la vez que pueden ser utilizadas por aquellos usuarios que prefieran pasear por caminos más estrechos y con menos gente.



Fotografía 37. Separación mediante plantaciones de las zonas infantiles. Sitges

La Fotografía 38 constituye otro ejemplo de la separación mediante plantaciones de las diferentes áreas que constituyen un paseo marítimo y de los trazados con diferentes características.



Fotografía 38. Separación de las áreas. Palamós

Otra zona a determinar por las plantaciones son las destinadas a la contemplación de los espacios abiertos y de la magnífica panorámica que se tiene en el borde del mar. Estas zonas, al igual que las áreas de recreo, serán distanciadas del resto del paseo mediante plantaciones.

Otra función de las plantaciones es la separación y aislamiento del paseo. En los paseos contiguos a vías de tráfico rodado es muy importante esta separación. Una buena solución es la plantación de vegetación que sirva de barrera visual y separe ambos elementos urbanos.

En la Fotografía 39 se puede observar este caso. Se separa el paseo de la vía mediante la plantación de una hilera de palmeras y unos arbustos bajos para cubrir la parte inferior. El resultado obtenido es muy bueno.



Fotografía 39. Separación del tráfico rodado. Comarruga

6.2.2.2 Creación de zonas sombrías

Como se ha comentado anteriormente, un buen paseo marítimo debe constar de diversas zonas, entre las cuales destacan las zonas sombrías. Estas zonas de sombra son fundamentales en todo paseo y son diseñadas desde el inicio del proyecto. La sombra deseada se puede conseguir de múltiples formas. Sin embargo, la más usual es mediante la plantación de árboles.

Estos árboles deben ser muy frondosos y con una gran densidad de ramaje que absorba los rayos del Sol. Asimismo, los árboles no deberán tener ramas en su parte inferior, solo en su copa, dejando como mínimo la altura suficiente para el paso de una persona.

Será recomendable también que tengan la copa ancha. De esta manera, se generará una mayor zona de sombra con un número menor de árboles. Igualmente, las hojas grandes son aconsejables, creando una mayor sombra cuanto mayor sea su tamaño.

Destacar que la separación entre los árboles deberá ser la necesaria para que se desarrollen correctamente y sus copas y ramas no se interfieran.

La Fotografía 40 corresponde al paseo marítimo de Platja d'Aro. Es un paseo con muchos espacios sombríos gracias a la plantación de múltiples pinos en su recorrido. Además de proporcionar sombra a los viandantes se integra el paseo en el paisaje y se hace más agradable a la vista.



Fotografía 40. Creación de espacios sombríos. Platja d'Aro.

La Fotografía 41 muestra la creación de sombra mediante la plantación de varias alineaciones de palmeras. Es una buena solución puesto que, por un lado, se crea zonas sombrías y, por el otro, se define el paseo perfectamente y lo separa del tráfico rodado, a la derecha de la fotografía, con una hilera de palmeras, consiguiendo de esta manera el aislar el paseo.



Fotografía 41. Creación de espacios sombríos. Salou

Por otro lado, no representa ningún inconveniente el hecho que sean árboles de hoja caduca. A pesar de ello, seguirán cumpliendo debidamente con su función. En verano, los árboles contarán con una gran cantidad de hojas creando amplias zonas de sombra, muy apreciadas en esta época del año. En invierno, en cambio, estarán desprovistos de hojas dejando pasar los rayos del Sol que serán muy agradecidos por los viandantes debido al frío.

Loas áreas de descanso y recreo, así como también los elementos que las componen deberán proyectarse en zonas de sombra. No obstante, mencionar que dicha sombra variará dependiendo de la posición del Sol, es decir, en función de su ángulo de incidencia sobre los árboles. Por tanto, no será posible dar sombra permanentemente a bancos, juegos infantiles o todos aquellos elementos compositivos del paseo. Sin embargo, deberá diseñarse para que en las horas de máxima insolación las áreas de descanso y recreo están en una zona sombría.

6.2.2.3 Fijación de dunas

La costa es el lugar donde entran en contacto el mar y la tierra y como tal está caracterizado, como se ha comentado anteriormente, por el intercambio de energía y materiales que se produce entre ellos.

Uno de los efectos más inmediatos de este intercambio de energía es la remodelación constante del borde litoral. Asimismo, el movimiento de transversal de la arena de las playas es constante. El viento del mar lleva

materiales de la superficie de la playa hacia el interior, originando montones de arena que generan las dunas costeras.

Sin embargo, la degradación que ha sufrido la costa en los últimos años ha hecho desaparecer las dunas litorales que formaban parte de un ecosistema y un paisaje litoral de un alto valor.

La mayoría de ellas han desaparecido debido a la construcción masiva de edificaciones y diversos tipos de infraestructuras demasiado próximas o sobre la misma playa. Actualmente, en nuestros litorales han desaparecido casi completamente las dunas andantes dado que han sido inmovilizadas por todo tipo de construcciones.

La construcción de nuevos paseos marítimos puede ayudar a la regeneración de estas dunas. La recuperación se puede realizar de diversas formas. Una de las mejores soluciones es la plantación de especies que ayuden a inmovilizar la arena transportada por el viento. Son las llamadas “fijador de dunas”. Son plantas de tallo alto que contribuyen a la fijación de la arena, adaptadas a unas condiciones climáticas muy específicas y que concentran una gran cantidad de sosa en sus tejidos para poder mantener una elevada presión osmótica y así evitar la desecación. Deben resistir la primera línea de mar, un terreno de naturaleza muy salina, y resistir el viento marino.

La Fotografía 42 corresponde al paseo marítimo de Castelldefels. Se observa la fijación del cordón de dunas litorales mediante la plantación de especies específicas para ello. Se puede destacar entre ellas el barrón, la especie mejor adaptada para la fijación de las dunas.



Fotografía 42. Fijación de dunas. Castelldefels

En la Fotografía 43 se puede observar otro ejemplo de esta función. Corresponde al paseo marítimo de Comarruga. La plantación de unas palmeras en la misma playa colabora también a la fijación de la arena y la conservación del as dunas.



Fotografía 43. Fijación de dunas. Comarruga

Otra manera de fijar las dunas andantes es mediante la plantación de arbustos y pequeñas palmeras en la misma playa. Un buen ejemplo de este método se encuentra en Empuriabrava, Fotografía 44. Se tiene una gran playa y en su parte posterior se ha realizado diversas plantaciones con el fin de fijar y mantener las dunas existentes.



Fotografía 44. Fijación de dunas. Empuriabrava

6.2.2.4 Integración en el medio

Los paseos marítimos deben cumplir con una serie de exigencias derivadas de su propio carácter. Entre ellas, cabe mencionar su integración en el medio ayudando a conservarlo y protegerlo. Esta función es realizada, generalmente, mediante la plantación de diferentes especies. Sin la utilización de estos y otros elementos naturales la integración no es posible.

Se debe crear un paisaje potenciando los valores de la zona. Las características de estas especies no son fijas. No requieren raíces fuertes o unas hojas pequeñas o grandes. Las circunstancias del lugar fijarán en cada proyecto las características más concretas que deberán tener las especies. Sin embargo, una característica a cumplir es que las especies utilizadas sean autóctonas. De esta manera, se garantizará su adaptación al medio y la unión con el paisaje será completa. Además, no se incorporarán especies invasoras que puedan desplazar o extinguir a las existentes y por otro lado, se evitará cualquier cambio brusco en la vegetación. Se conseguirá la continuidad en el paisaje, y como consecuencia, la integración del paseo en él.

La Fotografía 45 es una fotografía aérea del paseo marítimo de Llafranc. Se puede observar como la plantación de pinos a lo largo del paseo ha conseguido integrar perfectamente el paseo en un entorno de tan altas cualidades estéticas y ambientales.



Fotografía 45. Integración en el paisaje. Llafranc

Además, estos pinos hacen que el paseo sea totalmente sombrío, invitando al paseo incluso en los días más calurosos de verano como se observa en la Fotografía 46.



Fotografía 46. Integración en el paisaje y creación de zonas sombrías. Llafranc

Por otro lado, la calidad visual y estética es una de las primeras impresiones que los usuarios tienen de un paseo marítimo. La apariencia del paseo será un punto de referencia. La creación de zonas verdes y la colocación de elementos singulares ayudarán a mejorar el aspecto del paseo. Deberá estar siempre limpio y cuidado, invitando a su utilización.

El paseo ha de ser agradable a la vista y contener elementos que lo hagan destacar entre los elementos urbanos y marítimos. Debe ofrecer, la posibilidad de pasear y relajarse disfrutando de la vista y el ambiente marítimo.

6.2.3 Los Paseos Marítimos Catalanes

Las circunstancias que condicionan la tipología de los paseos marítimos son muy variables y diversas. Como consecuencia, cada paseo es diferente. Sin embargo, se pueden encontrar similitudes entre paseos de zonas cercanas o paseos ubicados en zonas de características comparables.

Se detallan a continuación las características esenciales de los principales paseos marítimos catalanes.

6.2.3.1 Costa Brava Alta

En esta zona destacan los paseos de Roses y Empuriabrava. Ambos paseos están situados en una costa abierta, o en el caso de Roses, en una amplia bahía. Como consecuencia, se han construido paseos anchos y abiertos.

Son paseos ubicados en núcleos urbanos turísticos donde la población aumenta de manera significativa en verano. Sin embargo, se observa que el paseo de Roses, Fotografía 47, está mucho más cuidado y tiene más vegetación. Consta de una hilera de palmeras que constituye la línea de separación con la playa y una hilera de plataneros de sombra que lo separa del tráfico rodado a lo largo de prácticamente todo el paseo. Además, la plantación de arbustos en la parte inferior de ellos la complementan.



Fotografía 47. Paseo marítimo de Roses

Sin embargo, en el paseo de Empuriabrava se ha plantado solo una hilera de palmeras. A pesar de ello, el paseo de Empuriabrava es destacable por la utilización que se hace de las plantaciones: para conservar el cordón de dunas existente se han realizado diversas plantaciones que ayudan a su formación y mantenimiento. Estas plantaciones se pueden observar con detalle en la Fotografía 48.



Fotografía 48. Paseo marítimo de Empuriabrava

6.2.3.2 Costa Brava Baja

Al contrario que en la Costa Brava Alta, la Costa Brava Baja consta de muchos y muy diversos paseos.

Los paseos de Blanes y Lloret son muy similares. Ambos corresponden a una zona muy turística. Son paseos estrechos cuya linealidad viene dada por la plantación de una línea de palmeras. Estas plantaciones definen la composición del paseo, marcando un eje, a la vez que constituyen una barrera de separación entre el paseo y la vía urbana contigua a él.

Por otro lado, en el borde exterior hacia el mar se ha construido un pequeño muro como elemento de distinción entre playa y paseo.



Fotografía 49. Paseo marítimo de Blanes



Fotografía 50. Paseo marítimo de Lloret

Se tienen también los paseos de Llafranc y Platja d’Aro. Ambos paseos son exclusivamente peatonales, no teniendo contacto directo con la circulación rodada.

La vegetación dominante son los pinos que realizan una doble función. Proporcionan sombra y ordenan el paseo, sus diferentes áreas y trazados y, por otro lado, integran el paseo en el entorno.



Fotografía 51. Paseo marítim de Llafranc

Destacar la transición paseo-playa del paseo de Platja d'Aro, constituida por unos escalones que salvan la pequeña diferencia de altura entre ellos.



Fotografía 52. Paseo marítim de Platja d'Aro

El paseo de S'Agaró es estrecho y constituye una novedad en cuanto a pavimento. El suelo está formado por láminas de madera, integrándose totalmente en el entorno. Por otro lado, la vegetación es muy diversa. Se tienen palmeras, pinos y pequeños arbustos que adornan el paseo y lo hacen más agradable a la vista.



Fotografía 53. Paseo marítimo de S'Agaró

Las plantaciones en el paseo de Palamós tienen dos funciones claramente definidas. Por un lado, la división del paseo en áreas de diferentes usos. Mediante los árboles plantados se separan las zonas con diferentes funciones. Se tiene una zona central destinada a juegos infantiles, con un pavimento blando y dos zonas laterales destinadas al paseo.

En la Fotografía 54 se puede observar la zona de juegos y el trazado paralelo al mar de la zona exterior del paseo. En la fotografía siguiente, la Fotografía 46, se observa la zona interior del paseo, contigua a una vía de tráfico rodado de un solo sentido de circulación.



Fotografía 54. Paseo marítimo de Palamós

El paseo de St. Antoni de Calonge es peculiar. Es un paseo estrecho, cuya separación de la playa la constituye una pequeña barandilla. Sin embargo, el aspecto destacable es la utilización de las plantaciones. Se ha plantado una línea de pinos que forma una barrera de separación entre los viandantes, y la zona del paseo destinada a ellos, y la vía de tráfico rodado de uso solo para vecinos.



Fotografía 55. Paseo marítimo de St. Antoni de Calonge

6.2.3.3 Zona Centro

En la zona central se distinguen dos tipologías de paseo marítimo. Se tienen los paseos marcados por la infraestructura del ferrocarril, que los cruza y los limita, y los grandes paseos correspondientes a playas de núcleos urbanos como Barcelona o Castelldefels.

Dentro de la primera tipología se pueden distinguir los paseos de Calella, Canet de Mar, Malgrat o Pineda. Son paseos anchos, con más de un trazado y con diversas líneas de árboles. Su transición con la playa se realiza al mismo nivel sin obstáculo alguno. En general, una hilera de árboles constituye el elemento de separación entre ambos. Destacar también, de forma genérica, el pavimento blando de uno de los trazados.



Fotografía 56. Paseo marítimo de Pineda



Fotografía 57. Paseo marítimo de Malgrat

En este tipo de paseos hay que mencionar el tratamiento dado a la incursión de la infraestructura ferroviaria.

Una buena solución a este problema es la plantación de arbustos, palmeras o árboles de poca altura y frondosos que compongan una barrera visual y oculten las vías del tren. Se puede observar esta solución en las fotografías siguientes.



Fotografía 58. Paseo marítimo de Calella



Fotografía 59. Paseo marítimo de Canet de Mar

La Fotografía 60 muestra una barrera visual en Pineda, creada para ocultar totalmente las vías del tren. El objetivo se cumple perfectamente.



Fotografía 60. Barrera visual en Pineda

Sin embargo, se observa en los paseos de Premià, Vilassar de Mar y Masnou que esta solución no ha sido la adoptada por todos los casos.

Estos paseos son muy estrechos y la vía del tren está contigua a ellos. A pesar de esta proximidad, la extrema estrechez hace que no sea posible la creación de una barrera visual de este tipo.

Las plantaciones se realizan en la parte central del paseo, utilizándolas para darle linealidad y crear sombra. Las palmeras son la especie más utilizada con este fin.



Fotografía 61. Paseo marítimo de Premià de Mar



Fotografía 62. Paseo marítimo de Vilassar de Mar



Fotografía 63. Paso marítimo de Masnou

El paseo de Mataró constituye una excepción en esta zona. Se tiene un paseo amplio con varias hileras de plantaciones. Además, la variedad de las especies proporcionan un gran atractivo al paseo.

En gran número de árboles plantados crean también grandes zonas de sombra y su disposición lineal divide el paseo, de pavimento blanco, en varios trazados y zonas.



Fotografía 64. Paseo marítimo de Mataró

En la zona centro destacan también los paseos de Barcelona y Castelldefels.

El paseo de la Barceloneta de Barcelona es un paseo amplio a un nivel diferente del de la playa. Su borde exterior lo compone una barandilla que hace del paseo un mirador sobre el mar.



Fotografía 65. Paseo marítimo de Barcelona

Las plantaciones destacables en este paseo son la hilera de palmeras plantadas en su borde interior cuyo objetivo es la separación del carril-bici del resto del paseo.



Fotografía 66. Paseo marítimo de Barcelona

Por el contra, el paseo de Castelldefels está formado por un solo trazado. En el borde interior se ha plantado también una línea de palmeras como elemento de separación de la vía de tráfico rodado contigua. Por otro lado, la transición playa-paseo se realiza al mismo nivel.

Sin embargo, el aspecto más destacable en este paseo son las plantaciones realizadas para fijar las dunas existentes en la zona. Se ha plantado barrón, la especie más adecuada para este fin.



Fotografía 67. Paseo marítimo de Castelldefels

6.2.3.4 Zona Sur

En la zona sur se puede encontrar una gran diversidad de paseos marítimos.

Los paseos de Sitges, Salou y Vilanova i la Geltrú presentan unas características similares. En los tres casos se tienen un paseo marítimo amplio que ofrece múltiples posibilidades. Esta anchura hace posible la plantación de dos líneas de grandes palmeras, dándole linealidad y marcando el trazado. Sin embargo, en cada uno de ellos han sido plantadas de manera diferente.

El paseo marítimo de Sitges consta de dos trazados claramente diferenciados por zonas verdes ubicadas en la zona central del mismo. Las hileras de palmeras están plantadas en el trazado interior, definiendo este trazado de pavimento blando y separándolo del tráfico rodado.



Fotografía 68. Paseo marítimo de Sitges

De esta manera, el trazado exterior, más cercano a la playa, no contienen ningún obstáculo, constituyendo un espléndido mirador sobre el mar.



Fotografía 69. Paseo marítimo de Sitges

En el paseo de Vilanova i la Geltrú las dos hileras de palmeras son plantadas en los bordes del paseo creando un trazado para viandantes y separándolo del carril-bici existente en un tramo del paseo (véase Fotografía 26).



Fotografía 70. Paseo marítimo de Vilanova i la Geltrú

Mencionar que en estos dos casos la transición playa-paseo está constituida por una barandilla que fomenta la función de mirador que tiene el paseo.

El paseo de Cunit consta también de dos hileras de palmeras, una en cada borde del paseo, y unas zonas verdes lo separan del tráfico rodado.



Fotografía 71. Paseo marítimo de Cunit

El gran paseo marítimo de Salou consta de tres zonas diferentes. En la parte central tiene un aparcamiento para vehículos. Sin embargo, las dos zonas laterales constituyen dos fantásticos paseos. En ambos casos se han escogido las palmeras para crear y marcar el trazado. En el borde interior se han plantado dos líneas que definen la zona para pasear, proporcionan sombra a la vez que separan del tráfico rodado.



Fotografía 72. Paseo marítimo de Salou

El borde exterior es más estrecho y las palmeras se usan para separar el paseo de la playa y del aparcamiento para coches. Destacar que la transición playa-paseo se hace al mismo nivel.



Fotografía 73. Paseo marítimo de Salou

Los paseos marítimos de Calafell, L'Hospitalet de L'Infant y Comarruga son también parecidos. Sin embargo, la ubicación de las plantaciones son diferentes.

En el caso de Calafell, una hilera de palmeras y unos arbustos en la parte baja constituyen, juntamente con un pequeño muro, la separación entre la playa y el paseo.



Fotografía 74. Paseo marítimo de Calafell

Por el contrario, en el paseo de L'Hospitalet de L'Infant la línea de palmeras está plantada en el borde interior, separando el paseo del as edificaciones contiguas a él.



Fotografía 75. Paseo marítimo de L'Hospitalet de L'Infant

Destacar que ambos paseos no tienen contacto directo con el tráfico rodado.

El paseo de Comarruga es muy estrecho a pesar de la gran playa de la zona. Esto es debido al cordón de dunas existente, que debe ser preservado. Por lo tanto, la hilera de palmeras se ha tenido que plantar en la misma playa dado que no había suficiente espacio en el paseo y ayudando también de esta manera a la fijación de las dunas.



Fotografía 76. Paseo marítimo de Comarruga

En otro tramo del paseo la composición es diferente. El paseo sigue siendo estrecho. Sin embargo, tiene la amplitud suficiente para poder realizar las plantaciones en él. Se ha plantado una hilera de palmeras y arbustos en el borde

interior que lo separan del tráfico rodado, proporcionan sombra y lo hacen más agradable a la vista.



Fotografía 77. Paseo marítimo de Comarruga

Los paseos de St. Carles de la Ràpita y Sitges tienen una característica en común. Ambos constan con grandes zonas de césped, además de las alineaciones de palmeras. En el caso de Sitges, el césped se encuentra en la parte exterior del paseo mientras que en St. Carles de la Ràpita está en su zona interior.



Fotografía 78. Paseo marítimo de Sitges



Fotografía 79. Paseo marítimo de St. Carles de la Ràpita

El paseo de Torredembarra está diseñado como una prolongación de la misma playa. La transición playa-paseo se realiza al mismo nivel y consta únicamente de una línea de pequeñas palmeras en el borde interior. Mencionar también que no tiene contacto con el tráfico rodado.



Fotografía 80. Paseo marítimo de Torredembarra

Por último, el paseo marítimo de Tarragona. Es un paseo pequeño, con dos tipos de pavimento diferente y plantaciones variadas. Es contiguo al tráfico rodado la transición playa-paseo se hace a diferente nivel.



Fotografía 81. Paseo marítimo de Tarragona

LA VEGETACIÓN EN EL DISEÑO DE LAS OBRAS PÚBLICAS

1 INTRODUCCIÓN

2 ANTECEDENTES DE LAS PLANTACIONES EN LAS OBRAS PÚBLICAS

3 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

4 FUNCIONALIDAD VISUAL

5 CRITERIOS DE ELECCIÓN

6 ÁMBITOS

7 CASOS CONCRETOS

8 CONCLUSIONES

9 BIBLIOGRAFÍA

7 CASOS CONCRETOS

Este estudio está basado en el análisis de las Obras Públicas y la influencia que la vegetación tiene en su diseño.

Se detallan a continuación algunos ejemplos en los cuales la incorporación de plantaciones en su diseño ha sido una solución acertada y se contrastan con casos en los cuales la ausencia de ellas hace que la solución adoptada sea errónea.

Como se ha comentado en apartados anteriores, una de las aplicaciones de las plantaciones es la realización de pantallas o barreras visuales. La zona del Maresme está condicionada fuertemente por la infraestructura viaria, la cual discurre paralela a la costa y prácticamente sobre la playa. Como tal, constituye una enorme barrera física entre el núcleo urbano y la costa. Sin embargo, la creación de una barrera visual mediante la plantación de árboles o arbustos frondosos ayuda a integrar esta infraestructura ocultando las vías del tren y haciéndola más agradable a la vista, hecho muy agradecido por los habitantes de la zona.

En el mismo Maresme, se tienen dos situaciones completamente opuestas. En Pineda se ha formado una espesa y frondosa barrera visual mediante la plantación de unas palmeras bajas y setos. Por contra, en Malgrat, a pesar del espléndido paseo marítimo que han construido, no se ha interpuesto ninguna barrera entre el paseo y las vías del tren, resultando muy molesto el paso de trenes para los viandantes. La simple plantación de diversas especies hubiera generado una simple barrera visual que hubiera ofreciendo una mejor calidad de vida a los ciudadanos.



Fotografía 82. Paseo marítimo de Malgrat



Fotografía 83. Barrera visual en Pineda

Otra de las aplicaciones es la creación de barreras acústicas aunque la mejor solución, como ya se ha dicho anteriormente, es la combinación de elementos artificiales como el hormigón con las plantaciones.

Cuando autopistas o carreteras se construyen cerca de edificaciones se debe tener sumo cuidado en el tratamiento dado a la integración de dicho infraestructura en el entorno. En las fotografías siguientes se observa la misma situación. Sin embargo, las soluciones adoptadas en cada una de ellas es diferente, teniendo, sin lugar a dudas, una mejor aceptación por parte de los habitantes la primera de ellas consistente en la plantación de unos árboles que creen una barrera visual y acústica.



Fotografía 84. Barrera visual y acústica en Badalona



Fotografía 85. Barrera acústica en Castelldefels

En las medianas creadas en autopistas, autovías y carreteras también se pueden adoptar múltiples soluciones. Su función primordial es la separación del tráfico en diferentes direcciones. Sin embargo, se le puede añadir la función de pantalla antideslumbrante mediante la plantación de arbustos de pequeño tamaño. De esta manera, a la vez que separa el tráfico evita el deslumbramiento y hace más grato el viaje.



Fotografía 86. Mediana de la carretera C-16



Fotografía 87. Mediana en la carretera C-260

Las entradas a los túneles son también un claro ejemplo de la utilización de las plantaciones. A las grandes entradas de hormigón realizadas hace unos años, les han seguido entradas más bien pequeñas totalmente integradas en el entorno e ocasionando el mínimo impacto ambiental en el entorno e visual sobre los usuarios. En las carreteras catalanas se pueden encontrar un gran número de ellas. También destacar la solución del falso túnel que consigue evitar los grandes taludes.



Fotografía 88. Entrada integrada de un túnel en la carretera C-15



Fotografía 89. Falso túnel en la carretera C-16

Por último destacar también los taludes como elemento donde la utilización de plantaciones es frecuente y agradecida. Las plantaciones realizan diversas funciones en ellos que comprenden desde la estabilización del mismo talud y la protección del suelo hasta la integración paisajística en el entorno.



Fotografía 90. Talud en la carretera C-16



Fotografía 91. Talud en la autopista A-2

En la siguiente fotografía podemos observar el aspecto de un talud en el cual no se ha realizado ningún tipo de plantación siendo muy necesario al tratarse de un terreno muy fino y con tendencia a deshacerse. Las plantaciones ayudarían a estabilizarlo y protegerían el suelo, principalmente, del agua de la lluvia, elemento que provoca un mayor daño en este tipo de taludes.



Fotografía 92. Talud en la carretera C-15

LA VEGETACIÓN EN EL DISEÑO DE LAS OBRAS PÚBLICAS

1 INTRODUCCIÓN

2 ANTECEDENTES DE LAS PLANTACIONES EN LAS OBRAS PÚBLICAS

3 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

4 FUNCIONALIDAD VISUAL

5 CRITERIOS DE ELECCIÓN

6 ÁMBITOS

7 CASOS CONCRETOS

8 CONCLUSIONES

9 BIBLIOGRAFÍA

8 CONCLUSIONES

La necesidad de incorporar más activamente las plantaciones en las Obras Públicas es una de las motivaciones que ha impulsado la redacción de este estudio.

Igualmente, se tiene la petición explícita del libro “Diseño y Funcionalidad de las Obras Públicas” del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Colección Ciencias y Humanidades cuyo autor es Modest Batlle Girona, Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, de continuar y profundizar en todos aquellos temas relacionados con las Obras Públicas y su funcionalidad visual.

Desde el principio se ha constatado, mediante la consulta de varios proyectos, la poca utilización que se realiza de la vegetación en las Obras Públicas puesto que suponen un gasto o un sacrificio extra. Se usan, en la mayoría de los casos, única y exclusivamente porque es obligatorio y existen unas Normas que lo dictan. La integración paisajística y la revegetación de las grandes zonas afectadas por las obras son los únicos usos de la vegetación.

Sin embargo, y como se ha demostrado en este trabajo, las plantaciones pueden realizar múltiples y muy diversas funciones y deben ser consideradas como una unidad de obra más y no como un simple elemento decorativo.

Evidentemente, las plantaciones deben cumplir con una serie de requisitos y tener unas características determinadas para poder cumplir correctamente con las diferentes funciones pero no se les puede exigir ni más ni menos que a otra unidad de obra.

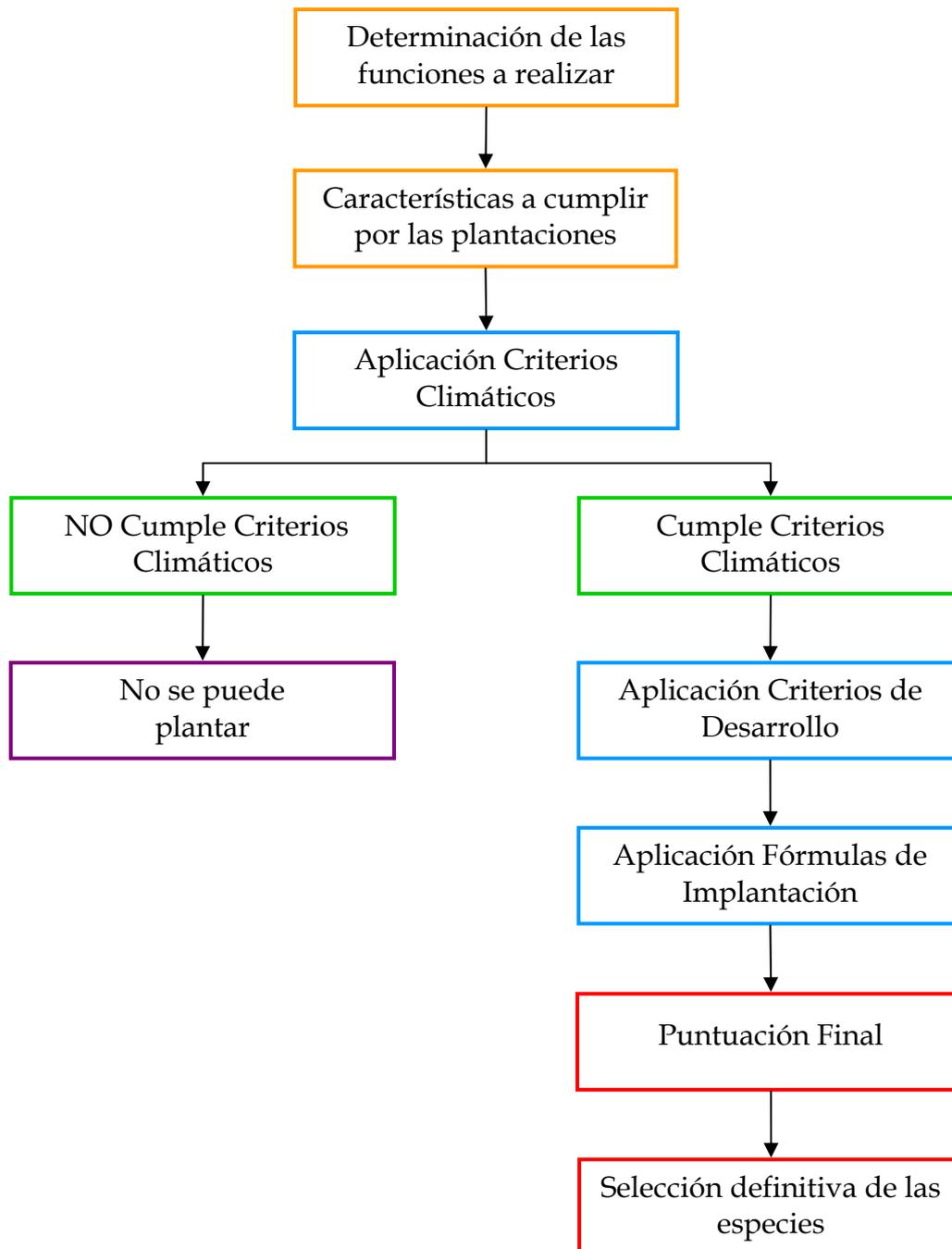
Es necesario establecer un procedimiento fácil y objetivo de elección de las especies, favoreciendo de esta manera que estén incluidas desde el principio de la redacción del proyecto y no sean añadidas a posteriori para corregir los impactos causados.

No obstante, para que el uso de las plantaciones como un elemento consustancial con los proyectos se incremente, la mentalidad de los responsables de los mismos debe cambiar. Por suerte, en la actualidad este cambio se está produciendo de manera lenta pero progresivamente.

En este estudio se ha propuesto una metodología simple, objetiva y de fácil aplicación para efectuar la elección de las especies a plantar. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Determinación de las principales funciones a realizar por las plantaciones.
2. Enumerar las características a cumplir por las plantaciones para realizar las funciones correctamente.
3. Aplicación de los **Criterios Climáticos**. Definición de la zona donde realizar la plantación. Primera preselección de especies.
4. Aplicación de los **Criterios de Desarrollo**. Obtención de la lista de especies más adecuadas a utilizar.
5. Aplicación de las **Fórmulas de Implantación**. Obtención de la **Puntuación Final** de cada especie.
6. **Elección Definitiva** de las especies con las cuales realizar las plantaciones.

Este procedimiento se refleja en el esquema adjunto a continuación, Esquema 3.



Esquema 3. Procedimiento a seguir en la Selección de Especies

En primer lugar se determinarán las funciones que deben cumplir las plantaciones y las características que deben tener para desarrollarlas correctamente.

Una vez se tienen fijadas propiedades de cada especie, se aplicarán los **Criterios Climáticos**. Estos criterios determinarán si una especie puede o no sobrevivir en la zona a plantar. Debe comprobarse que las especies se adapten bien al clima del lugar, es decir, que puedan vivir en unas determinadas condiciones de temperatura, lluvia, altitud, viento e insolación. Son unos criterios previos que deberán ser cumplidos por todas las especies. Por tanto, no se puntuarán y no estarán incluidos en las Fórmulas de Implantación.

El objetivo de estos criterios es definir las características y el clima de la zona donde realizar la plantación y determinar si las diferentes especies se adaptan bien a ella.

Se han determinado también unos **Criterios de Desarrollo** que miden las características principales de las especies. Estos criterios engloban desde la resistencia a diversos agentes externos hasta el mantenimiento requerido. El objetivo es especificar unos parámetros objetivos y de fácil obtención, puesto que se encuentran en la ficha de cualquier especie.

Por otro lado, estos criterios, que son puntuables, son la base para la definición de las **Fórmulas de Implantación**.

Estas fórmulas se han especificado para los ámbitos viario y marítimo, ámbitos objeto de estudio en este trabajo. Están basadas en los criterios de desarrollo y de su aplicación a cada especie considerada obtendremos la **Puntuación Final** de cada una de ellas. La especie que obtenga una mayor puntuación será la especie más adecuada para realizar aquella plantación o, en todo caso, permitirá tener una valoración cuantitativa, no solo cualitativa, para el proyectista.

De esta manera, se propone una metodología simple, rápida y de fácil aplicación que permite considerar las plantaciones como unidades de obra y generar así su integración en toda obra.

Se adjuntan a continuación las tablas resumen de los Criterios Climáticos y de Desarrollo así como también las Fórmulas de Implantación definidas a partir de ellos para cada ámbito estudiado.

La Tabla 19 recoge los Criterios Climáticos considerados, los cuales definen el clima de la zona donde se va a efectuar la plantación y fijan si una especie puede o no sobrevivir en ella.

CRITERIOS CLIMÁTICOS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura ▪ Régimen Pluviométrico ▪ Altitud ▪ Viento ▪ Insolación

Tabla 19. Criterios Climáticos

Los Criterios de Desarrollo, su clasificación y puntuación están recogidos en la Tabla 20. Son los parámetros que consideran las diferentes propiedades de las plantaciones y a partir de los cuales se definen las Fórmulas de Implantación.

CRITERIOS DE DESARROLLO	
CRITERIO	CLASIFICACIÓN
Especies Autóctonas	<ul style="list-style-type: none"> - Autóctonas: 5 - No autóctonas: 0
Velocidad de crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Rápida: 5 - Media: 3 - Lenta: 1
Tiempo de vida	<ul style="list-style-type: none"> - Corto: 1 - Medio: 3 - Longevo: 5
Necesidad de suelos específicos	<ul style="list-style-type: none"> - Indiferentes al tipo de suelo: 2 - Restrictivas: 0
Resistencia a plagas	<ul style="list-style-type: none"> - Resistente a todo: 5 - Atacada por 1 elemento: 4 - Atacada por 2 elementos: 2 - Muy vulnerable (atacada por más de 3 elementos): 0

Resistencia a la sequía	<ul style="list-style-type: none"> - $0,25 < I_h < 0,5$: 5 - $0,5 < I_h < 0,75$: 4 - $0,75 < I_h < 1$: 3 - $1 < I_h < 1,5$: 2 - $1,5 < I_h$: 1
Resistencia a las heladas	<ul style="list-style-type: none"> - Heladas fuertes: 5 - Heladas medias: 3 - Heladas débiles: 0
Resistencia a la proximidad del mar	<ul style="list-style-type: none"> - 1º línea: 5 - 2º línea: 3 - No resisten: 0
Resistencia a la contaminación	<ul style="list-style-type: none"> - Resisten: 5 - No resisten: 0
Mantenimiento:	<ul style="list-style-type: none"> - No requieren mantenimiento: 5 - Poco: 3 - Mucho: 0

Tabla 20. Criterios de Desarrollo

Las necesidades que presenta cada tipo de Obra Pública son diferentes. De la misma manera, dependiendo de la zona donde se encuentre, las propiedades a exigir a las plantaciones variarán, por ello, aunque con frecuencia las especies autóctonas pueden ser las primeras clasificadas no siempre han de ser así, en razón de otros criterios específicos de la obra en cuestión.

Esta variedad de situaciones debe quedar reflejada en las Fórmulas de Implantación. Por tanto, se propondrán una fórmula para cada ámbito estudiado, ponderando los criterios de desarrollo para cada situación de acuerdo con su importancia.

Sin embargo, algunos de los criterios de desarrollo dependen íntimamente de la zona donde efectuar la plantación. Son los criterios que miden la Resistencia a la Sequía, a las Heladas y a la Proximidad del Mar.

Estos criterios presentan una gran variabilidad que será introducida en las Fórmulas de Implantación mediante la definición de tres parámetros, **A**, **B** y **C**, cuyo valor se ajustará dependiendo de la zona que requiera ser plantada.

Los valores que toman estos criterios están recogidos en las tablas siguientes:

Resistencia a la sequía	A
Zonas Secas	3
Zonas húmedas	0.3

Tabla 21. Puntuación del Parámetro A

Resistencia a las heladas	B
Con heladas	3
Heladas débiles	1.5
Sin heladas	0

Tabla 22. Puntuación del Parámetro B

Resistencia al mar	C
Zonas Próximas al mar	3
Zonas alejadas del mar	0.3

Tabla 23. Puntuación del Parámetro C

De esta manera, se quiere reflejar en cada situación la mayor o menor importancia que tienen los criterios. Por ejemplo, si se realiza una plantación en una zona húmeda, el parámetro **A**, resistencia a la sequía, tomará un valor de 0,3 poniendo de manifiesto que la resistencia a la sequía cuando se efectúa la plantación en una zona húmeda no es un parámetro relevante.

Las abreviaciones de los Criterios de Desarrollo utilizadas en las Fórmulas de Implantación son:

- Especies autóctonas: $E_{\text{autóctonas}}$
- Velocidad de crecimiento: V_{crec}
- Tiempo de vida: T_{vida}
- Necesidad de suelos específicos: S_{esp}
- Resistencia a plagas: R_{plagas}
- Resistencia a la sequía: $R_{\text{sequía}}$
- Resistencia a las heladas: R_{heladas}
- Resistencia a la proximidad del mar: R_{mar}

- Resistencia a la contaminación: $R_{\text{contaminación}}$
- Mantenimiento: M

Las Fórmulas de Implantación propuestas, definidas a partir de los criterios de desarrollo, son las siguientes:

$$P_{\text{final}} = 3 \cdot E_{\text{autóctonas}} + 2 \cdot V_{\text{crec}} + 1 \cdot T_{\text{vida}} + 1 \cdot S_{\text{esp}} + 2 \cdot R_{\text{plagas}} + \\ + A \cdot R_{\text{sequía}} + B \cdot R_{\text{heladas}} + C \cdot R_{\text{mar}} + 3 \cdot R_{\text{contaminación}} + 3 \cdot M$$

Fórmula 5. Fórmula de implantación para Autopistas y Autovías

$$P_{\text{final}} = 3 \cdot E_{\text{autóctonas}} + 2 \cdot V_{\text{crec}} + 1 \cdot T_{\text{vida}} + 1 \cdot S_{\text{esp}} + 2 \cdot R_{\text{plagas}} + \\ + A \cdot R_{\text{sequía}} + B \cdot R_{\text{heladas}} + C \cdot R_{\text{mar}} + 3 \cdot R_{\text{contaminación}} + 3 \cdot M$$

Fórmula 6. Fórmula de implantación para Carreteras Secundarias

$$P_{\text{final}} = 3 \cdot E_{\text{autóctonas}} + 2 \cdot V_{\text{crec}} + 1 \cdot T_{\text{vida}} + 2 \cdot S_{\text{esp}} + 2 \cdot R_{\text{plagas}} + \\ + 0,3 \cdot R_{\text{sequía}} + 3 \cdot R_{\text{heladas}} + 0 \cdot R_{\text{mar}} + 3 \cdot R_{\text{contaminación}} + 3 \cdot M$$

Fórmula 7. Fórmula de implantación para Carreteras de Alta Montaña

$$P_{\text{final}} = 3 \cdot E_{\text{autóctonas}} + 2 \cdot V_{\text{crec}} + 1 \cdot T_{\text{vida}} + 2 \cdot S_{\text{esp}} + 2 \cdot R_{\text{plagas}} + \\ + 3 \cdot R_{\text{sequía}} + 0,01 \cdot R_{\text{heladas}} + 8 \cdot R_{\text{mar}} + 3 \cdot R_{\text{contaminación}} + 3 \cdot M$$

Fórmula 8. Fórmula de implantación para el Ámbito Marítimo

Estas fórmulas deben aplicarse a cada una de las especies consideradas, obteniendo así una Puntuación para cada una de ellas. La especie que obtenga una puntuación mayor es la especie más adecuada para realizar la plantación.

Se ha fijado también un valor de referencia para cada situación, estableciendo una escala de valores. Este valor de referencia se definirá suponiendo que se tiene una especie "ideal" en cada caso, una especie idónea, cuya puntuación final obtenida de la aplicación de las fórmulas fijará el valor de referencia u óptimo para cada ámbito.

En este trabajo se ha estudiado y analizado también las múltiples y muy diversas funciones que pueden realizar las plantaciones en las Obras Públicas, tanto en el ámbito viario como en el marítimo.

Estas funciones van desde la integración en el paisaje, la creación de barreras contra el viento o visuales hasta la creación de zonas de sombra, la ordenación de las áreas o la fijación de dunas, además de una básica que es la funcionalidad visual, olvidada en numerosas ocasiones a pesar de ser una de las funciones más importantes.

A continuación se tiene un ejemplo de aplicación de las fórmulas de implantación. Se quiere realizar una plantación en un paseo marítimo. La especie estudiada es la Palmera Datilera.

Es una especie rústica y resistente a cualquier tipo de suelo, siempre que tenga humedad. Asimismo, resiste la proximidad del mar y el aire salino y es de transplante muy fácil. Por otro lado, requiere un mantenimiento mínimo. Es utilizado como árbol ornamental, para formar alineaciones y de forma aislada.

La fórmula a aplicar en este caso es la específica para el ámbito marítimo. La valoración de los criterios de desarrollo está recogida en la siguiente tabla:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	1
Tiempo de vida	5
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	2
Resistencia a la sequía	4
Resistencia a heladas	0
Resistencia a la proximidad del mar	5
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	3
Puntuación Final	106

Puesto que el valor de referencia para el ámbito marítimo es de 115-120 puntos, se concluye que la palmera datilera es una especie adecuada para realizar una plantación en una zona cercana al mar.

LA VEGETACIÓN EN EL DISEÑO DE LAS OBRAS PÚBLICAS

1 INTRODUCCIÓN

2 ANTECEDENTES DE LAS PLANTACIONES EN LAS OBRAS PÚBLICAS

3 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

4 FUNCIONALIDAD VISUAL

5 CRITERIOS DE ELECCIÓN

6 ÁMBITOS

7 CASOS CONCRETOS

8 CONCLUSIONES

9 BIBLIOGRAFÍA

9 BIBLIOGRAFIA

BELLO, A. i MERINO, M. *Tratamiento estético, paisajístico y funcional de las carreteras mediante plantaciones*. Asociación Española Permanente de los Congresos de Carreteras. 1986

BUSQUETS GRAU, J. *Les formes urbanes del litoral català*. Diputació de Barcelona. 2003

NAVÉS VIÑAS, F. *El árbol en jardinería y paisajismo. Guía de aplicación para España y países de clima mediterráneo y templado*. Ediciones Omega, S.A. 1995

NAVÉS i VIÑAS, F. *Arquitectura del paisaje natural de la Península Ibérica, Islas Baleares y Canarias*. Omega, Cop. 2005

TRAPERO, J.J. *Los paseos marítimos españoles. Su diseño como espacio público*. Arkal, DL. 1998

TRAPERO, J.J. *El paseo marítimo. Experiencias recientes e ideas sobre su trazado y diseño*. Madrid, Dirección General de Puertos y Costas. 1990.

BATLLE, M. *Diseño y funcionalidad visual de las obras públicas*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección Ciencias y Humanidades. 2005

FOLCH I GUILLEN, R. *La vegetació dels Països Catalans*. KETRES EDITORA S.A. 1981

PASCUAL, R. *Guia dels arbres del Països Catalans*. Pòrtic 2001

PASCUAL, R. *Guia dels arbustos dels Països Catalans*. Pòrtic 1998

Planificació i gestió integral del litoral. Eines, estratègies i bones pràctiques. Diputació de Barcelona. 2004

Revistas:

Ingeniería y territorio. El paisaje en la ingeniería. N° 54

Ingeniería y territorio. El paisaje en la ingeniería. N° 55

Ingeniería y territorio. Ordenación del territorio. N° 60

Ingeniería y territorio. El litoral. N° 61

Ingeniería y territorio. Frentes Marítimos. N° 67

Ingeniería y territorio. El territorio paso a paso. N° 69

Arbre Actuel: Les cahiers. L'arbre en ville et les constructions souterrains. N° 1

Arbre Actuel: Les cahiers. Arbres de parcs : un patrimoine à gérer. N° 5

OTROS SOPORTES:

<http://www.arbolesornamentales.com/>

<http://www.tusplantas.com/jardin/paisajismo/>

http://www.infojardin.com/articulos/disenio_jardin_mar.htm

http://www.internatura.org/guia/g_arbol.htm

<http://www.rjbalcala.com/aribe.htm>

http://www.mma.es/costas/htm/actua/infor/actua3c_3.htm

LA VEGETACIÓN EN EL DISEÑO DE LAS OBRAS PÚBLICAS

ANEXO I

ÁMBITO VIARIO:

ENREDADERAS Y ARBUSTOS

FICHA DE ESPECIES

HIEDRA

Nombre Latino: Hedera Helix

Familia: Araliaceae



Características: Arbusto trepador de hoja perenne provista de raíces aéreas autoadherentes. Sus hojas son persistentes y de color verde intenso, aunque existen muchas variedades como las de hoja amarilla o blanca. Puede llegar a trepar hasta los 20 m. Es una planta rústica, de fácil cultivo, atacada por diversas plagas.

Usos: Se utiliza para cubrir muros, paredes o cualquier elemento que se quiera ocultar a la vista. También es usada para hacer pantallas verdes frescas.

FICHA DE ESPECIES

HIEDRA DE PERSIA

Nombre Latino: Hedera Colchica

Familia: Araliaceae



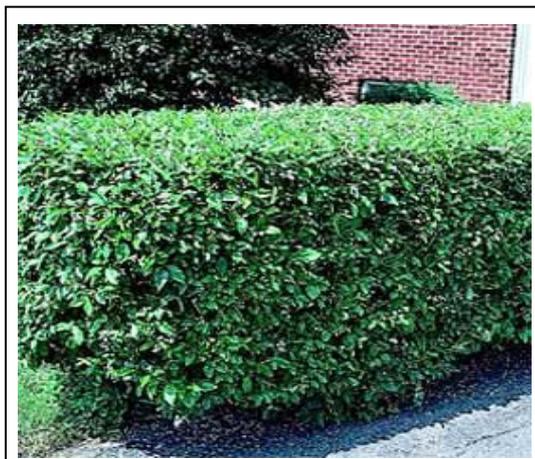
Características: Es la hiedra más grande, con hojas de hasta 15 cm. De ancho y más de 25 cm. De largo. Puede alcanzar una altura de hasta 30 m. hay 3 formas comunes, todas ellas muy buenas tapizantes. Puede plantarse a pleno sol o a sombra. Se adapta a cualquier suelo pero prefiere los suelos alcalinos o bien drenados. No necesita soporte.

Usos: Es usada como trepadera o cubridora de muros.

FICHA DE ESPECIES

ALIGUSTRE

Nombre Latino: Ligustrum Vulgare
Familia: Oleaceae



Características: Es un arbusto en general caducifolio de hasta 3 m de altura. Sus hojas son lanceoladas o elípticas de 3-6 cm. y de color verde oscuro. Puede plantarse a pleno sol o en semisombra. Necesita un sustrato fresco y bien drenado.

Usos: Se utiliza para formar setos de formas raras o manchas verdes.

Valoración de los criterios de desarrollo:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	3
Tiempo de vida	3
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	4
Resistencia a la sequía	3
Resistencia a heladas	0
Resistencia a la proximidad del mar	0
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	3
Puntuación Final	58.9

FICHA DE ESPECIES

PITOSPORO o AZAHAR DE LA CHINA

Nombre Latino: Pittosporum Tobira
Familia: Pittosporaceae



Características: Arbusto perennifolio que puede llegar a hacerse un árbol de 10 m. de altura. Es de crecimiento rápido. Sus hojas son ovales, verde oscuro por la haz y más pálidas por el envés. Vive bien al sol y a media sombra. Sin embargo, no resiste las heladas fuertes. Es de muy fácil cultivo, resistente a la poda y a la falta de agua.

Usos: Se usa para formar setos más o menos recortados. Se emplean para formar setos densos. En el caso de plantas jóvenes, se separarán unos 70 cm.

Valoración de los criterios de desarrollo:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	5
Tiempo de vida	3
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	5
Resistencia a la sequía	5
Resistencia a heladas	3
Resistencia a la proximidad del mar	0
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	3
Puntuación Final	70

ÁMBITO VIARIO:

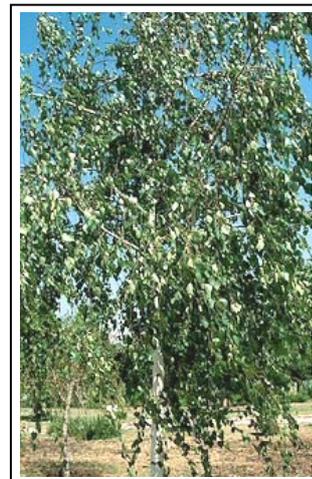
ÁRBOLES

FICHA DE ESPECIES

ABEDUL

Nombre Latino: Betula Pendula

Familia: Betulaceae



Características: Árbol caducifolio que puede alcanzar los 30 m. de altura con las ramas colgantes. Su corteza es lisa y blanca. Las hojas son romboidales de 4-6 cm. de longitud y 2-4 cm. de anchura. Resiste la contaminación urbana pero no la proximidad del mar. Es de crecimiento rápido y tolera todo tipo de suelos.

Usos: Es utilizado para proteger taludes y el suelo de la erosión producida por el viento y el agua. Asimismo ayuda a controlar las inundaciones y a fijar riberas pantanosas.

Valoración de los criterios de desarrollo:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	5
Tiempo de vida	3
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	4
Resistencia a la sequía	1
Resistencia a heladas	3
Resistencia a la proximidad del mar	0
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	5
Puntuación Final	72.8

FICHA DE ESPECIES

ALAMO TEMBLÓN

Nombre Latino: Populus Tremula
Familia: Salicaceae



Características: Árbol de unos 15 m. de altura y un tronco grueso en su base. Su corteza es lisa y blanquecina. Su copa es ancha y poco densa. Las hojas son colgantes y redondeadas de 3-8 cm. De longitud. Es de crecimiento rápido y viven bien en suelos arcillosos o silíceos, siempre que tenga humedad suficiente. Resiste bien la contaminación urbana.

Usos: Árbol ornamental. Se usa para realizar pantallas contra el viento como filtros visuales y acústicos. También se usa en alineaciones.

Valoración de los criterios de desarrollo:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	3
Tiempo de vida	3
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	4
Resistencia a la sequía	2
Resistencia a heladas	3
Resistencia a la proximidad del mar	0
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	2
Puntuación Final	60.1

FICHA DE ESPECIES

ARCE BLANCO

Nombre Latino: Acer Pseudoplatanus
Familia: Aceraceae



Características: Árbol de porte alto, pudiendo alcanzar los 20-30 m. de altura con la coerza lisa que se escama con los años. Sus hojas son simples con 3-5 lóbulos ovales y miden entre 8-15 cm. De longitud y de anchura. Tolera toda clase de suelos bien drenados. Necesita espacio para desarrollarse. Resiste bien la contaminación y toda clase de ataques de plagas. Es muy longevo y de trasplante fácil.

Usos: Puede ser usado como árbol ornamental. También se utiliza para crear pantallas contra el viento y para proteger el suelo contra la erosión.

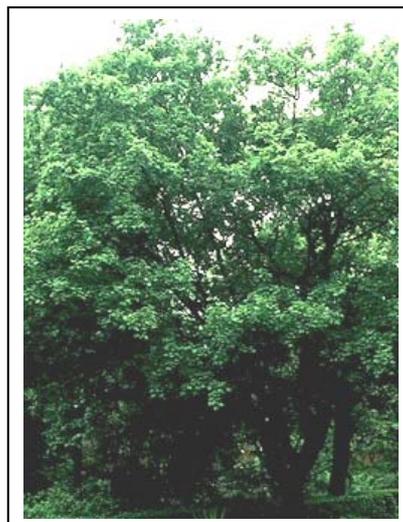
Valoración de los criterios de desarrollo:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	3
Tiempo de vida	3
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	5
Resistencia a la sequía	2
Resistencia a heladas	3
Resistencia a la proximidad del mar	0
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	3
Puntuación Final	65.1

FICHA DE ESPECIES

ARCE COMÚN

Nombre Latino: Acer Campestre
Familia: Aceraceae



Características: Árbol caducifolio de 7 a 10 m. de altura con la corteza gris, tonándose escamosa con los años. La copa es densa y redonda. Sus hojas son palmadas, con 5 lóbulos y de unos 5-8 cm. De anchura. Es de crecimiento rápido y requiere suelos no calizos.

Usos: Se usa para proteger taludes y el suelo contra la erosión. También es utilizado para crear pantallas contra el viento.

Valoración de los criterios de desarrollo:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	5
Tiempo de vida	5
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	5
Resistencia a la sequía	1
Resistencia a heladas	3
Resistencia a la proximidad del mar	3
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	3
Puntuación Final	71.7

FICHA DE ESPECIES

CIPRÉS COMÚN

Nombre Latino: Cupressus Sempervirens

Familia: Cupressaceae



Características: Árbol perennifolio que puede alcanzar los 30 m. de altura, con porte columnar, copa muy estrecha y larga formada por ramas erectas y cercanas al tronco. Las hojas son delgadas, aplanadas de color verde oscuro mate. Tolera casi toda clase de suelos, incluso los más pobres. Florece en marzo y abril.

Usos: Se utiliza para formar setos y señalar carreteras y cambios de raspante. Debido a su longevidad, se ha plantado como símbolo funerario en los cementerios. También se usa para repoblar montes y para crear pantallas contra el viento.

Valoración de los criterios de desarrollo:

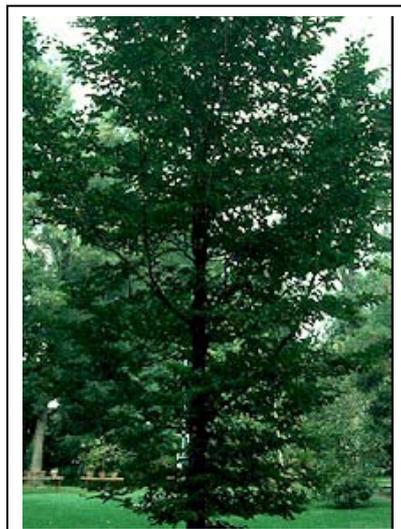
Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	1
Tiempo de vida	5
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	2
Resistencia a la sequía	2
Resistencia a heladas	3
Resistencia a la proximidad del mar	3
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	0
Puntuación Final	49

FICHA DE ESPECIES

HAYA

Nombre Latino: Fagus Sylvatica

Familia: Fagaceae



Características: Árbol que puede llegar hasta los 35-40 m. de altura, con la corteza grisácea y lisa. Las hojas son simples, ovaladas, de 5-10 cm. de longitud y 4-7 cm. de anchura, de color verde claro por ambas caras. Es de crecimiento lento y longevo. Requiere suelos neutros, arenosos o margosos.

Usos: Se utiliza para crear sombra en espacios grandes. También se usa para crear barreras contra el viento y estabilizar taludes.

Valoración de los criterios de desarrollo:

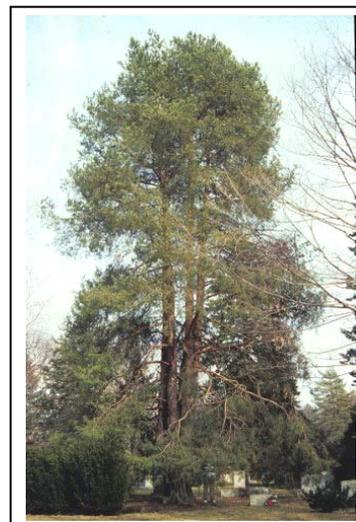
Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	5
Tiempo de vida	5
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	2
Resistencia a la sequía	2
Resistencia a heladas	3
Resistencia a la proximidad del mar	3
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	3
Puntuación Final	66

FICHA DE ESPECIES

PINO SILVESTRE

Nombre Latino: Pinus Sylvestris

Familia: Pinaceae



Características: Árbol alto, de hasta 40 m. de altura con la corteza gruesa que se desprende en placas. Su tronco es recto y la copa irregular, cónica y estrecha. Las hojas son cortas, rígidas y punzantes, de 3 a 6 cm. de longitud de color verde. Resiste la contaminación urbana. Es de crecimiento rápido y muy longevo.

Usos: Es una especie utilizada en repoblaciones artificiales. También se usa para formar pantallas contra el viento, filtros visuales y para proteger taludes contra la erosión.

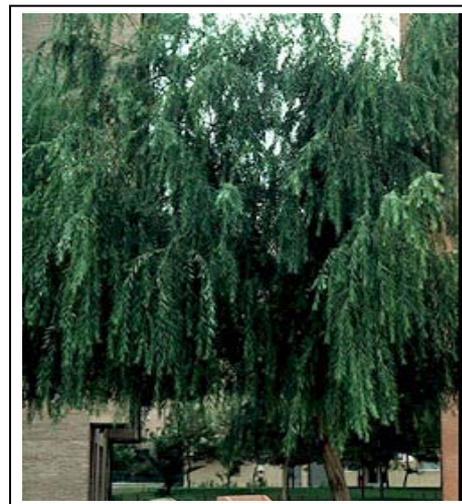
Valoración de los criterios de desarrollo:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	5
Tiempo de vida	5
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	2
Resistencia a la sequía	1
Resistencia a heladas	3
Resistencia a la proximidad del mar	0
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	5
Puntuación Final	70.8

FICHA DE ESPECIES

SAUCE LLORÓN

Nombre Latino: Salix Babylonica
Familia: Salicaceae



Características: Árbol caducifolio de 8-12 m. de altura, con una copa espesa compuesta de ramas delgadas, muy flexibles, largas y colgantes que pueden llegar a tocar el suelo. Las hojas son largas, de 8-15 cm., y finamente dentadas. Florece de abril a mayo. Sufre los ataques de insectos.

Usos: Es usado en general de manera aislada para resaltar su bello porte. Es utilizado también para proteger taludes y el suelo contra la erosión.

Valoración de los criterios de desarrollo:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	5
Tiempo de vida	3
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	0
Resistencia a la sequía	1
Resistencia a heladas	3
Resistencia a la proximidad del mar	3
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	3
Puntuación Final	59.7

ÁMBITO MARÍTIMO

FICHA DE ESPECIES

BARRÓN

Nombre Latino: *Ammophila Arenaria*
Familia: Graminae



Características: Es una planta perenne con tallos de 60-120 cm. de alto y con hojas largas y estrechas. Se encuentra en playas y dunas de toda la Península. Florece de mayo a julio. Vive en arenales marítimos y fluviales. Es la planta mejor adaptada a los sistemas de dunas móviles.

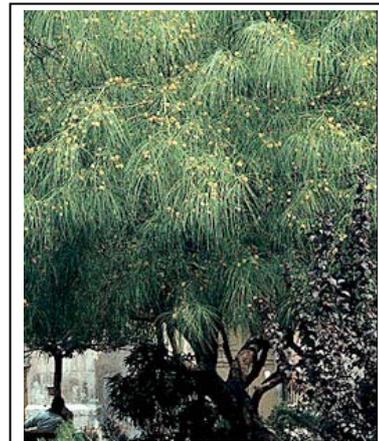
Usos: Es una planta gramínea que se sitúa en la parte superior de las dunas y ayuda de manera extraordinaria a la fijación de las mismas ya que tiene un rizoma muy robusto y de esta manera permite que otras plantas puedan arraigar en su entorno y conseguir estabilizar el avance de las dunas.

FICHA DE ESPECIES

ESPINO DE JERUSALÉN

Nombre Latino: Parkinsonia Aculeata

Familia: Caesalpiniaceae



Características: Árbol de 3-10 m de altura con el tronco y las ramas lisas de color verde y la copa aparasolada con el follaje colgante, siendo perenne o caduco dependiendo del clima. Florece entre junio y agosto. Es una especie resistente al frío no excesivo, de crecimiento rápido y nada exigente con los suelos.

Usos: Es aconsejable utilizarlo de manera aislada donde pueda mostrar toda su belleza. Puede resultar peligroso plantarlo en zonas de paso de personas debido a las numerosas espinas que tiene. En este caso, requiere una poda de las ramas más bajas con periodicidad.

Valoración de los criterios de desarrollo:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	5
Tiempo de vida	1
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	5
Resistencia a la sequía	4
Resistencia a heladas	0
Resistencia a la proximidad del mar	5
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	3
Puntuación Final	116

FICHA DE ESPECIES

MIMOSA

Nombre Latino: Acacia Farnesiana
Familia: Mimosaceae



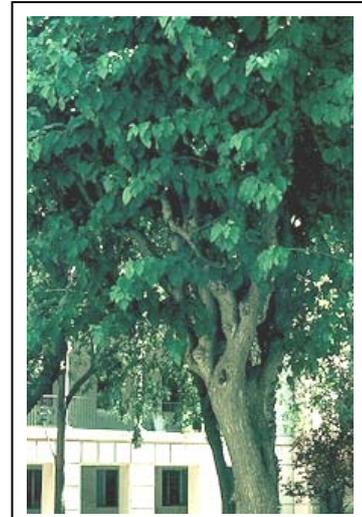
Características: Árbol de naja altura, 3-5 m, muy ramificado desde su base. No tiene una copa definida puesto que su ramaje es muy tortuoso en zig-zag. Las hojas son bipinnadas con dos espinas blancas en la base de las mismas. Florece de Enero a Mayo. Resistente a la proximidad del mar y a las condiciones adversas de suelo y humedad. Es atacada por insectos y hongos.

Usos: Ideal para formar setos vivos impenetrables por sus espinas.

Valoración de los criterios de desarrollo:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	5
Tiempo de vida	1
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	2
Resistencia a la sequía	4
Resistencia a heladas	0
Resistencia a la proximidad del mar	5
Resistencia a la contaminación	0
Mantenimiento	3
Puntuación Final	95

FICHA DE ESPECIES

MORERA BLANCA**Nombre Latino:** Morus Alba**Familia:** Moraceae

Características: Árbol caducifolio de gran altura y corteza grisácea. Su copa es redondeada y muy ramificada. Sus hojas son ovadas, asimétricas y dentadas. Debe cultivarse en lugares donde su copa pueda desarrollarse adecuadamente. Las podas excesivas le hacen mucho daño, disminuyendo su vida.

Usos: Es el árbol de alineación por excelencia. Para su uso en calles debe utilizarse la variedad estéril puesto que sus frutos manchan las aceras.

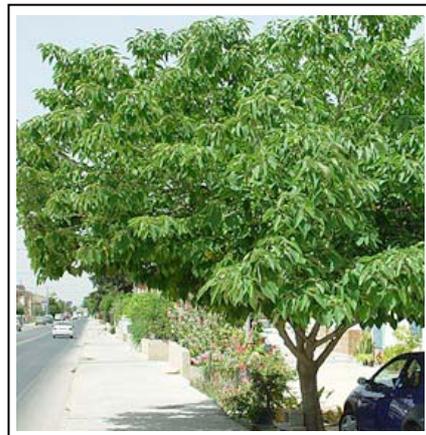
Valoración de los criterios de desarrollo:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	5
Tiempo de vida	3
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	5
Resistencia a la sequía	1
Resistencia a heladas	3
Resistencia a la proximidad del mar	5
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	3
Puntuación Final	109.03

FICHA DE ESPECIES

MORERA DEL PAPEL

Nombre Latino: Broussonetia Papyrifera
Familia: Moraceae



Características: Árbol caducifolio que puede alcanzar alturas de 8-12 m. Tiene la copa redondeada y el tronco sinuoso, tendiendo a ser ramificado desde la base. Sus hojas tienen una longitud de 7-20 cm. y pueden ser enteras, dentadas o lobuladas. Florece entre abril y mayo. Es una especie resistente a la sequía y a todo tipo de suelos. Asimismo, resiste bien la proximidad del mar.

Usos: Es usado como árbol ornamental y árbol de sombra de manera aislada aunque también constituye una buena especie para alineaciones.

Valoración de los criterios de desarrollo:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	5
Tiempo de vida	1
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	5
Resistencia a la sequía	2
Resistencia a heladas	3
Resistencia a la proximidad del mar	3
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	3
Puntuación Final	94.03

FICHA DE ESPECIES

PALMERA DATILERA

Nombre Latino: Phoenix Dactylifera
Familia: Arecaceae (Palmae)



Características: Palmera de tronco único y ramificado en su base de 20 m. de altura y 30 o 40 cm. de anchura. Las hojas tienen 3 o 4 m. de longitud, de verde grisáceo, con las divisiones alineadas en dos filas. Es una palmera rústica y resistente a todo tipo de suelos siempre que tenga humedad y esté cerca del mar. Es de trasplante fácil.

Usos: Se utiliza como árbol ornamental, plantada de forma aislada, formando palmerales o en alineaciones.

Valoración de los criterios de desarrollo:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	1
Tiempo de vida	5
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	2
Resistencia a la sequía	4
Resistencia a heladas	0
Resistencia a la proximidad del mar	5
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	3
Puntuación Final	106

FICHA DE ESPECIES

PALMITO

Nombre Latino: Chamaerops Humilis
Familia: Arecaceae



Características: Palmera pequeña de 2-3 m de altura. Sin embargo, debido a las malas condiciones en las que se halla habitualmente, no suele superar el metro de altura. En general, consta de varios troncos. Sus hojas son palmeadas más o menos circulares de 50-80 cm. de diámetro, de color verde. Especie muy rústica y resistente a la sequía.

Usos: Resistente a la proximidad del mar, se usa para realizar plantaciones complementarias de poca altura. Es la única palmera autóctona europea.

Valoración de los criterios de desarrollo:

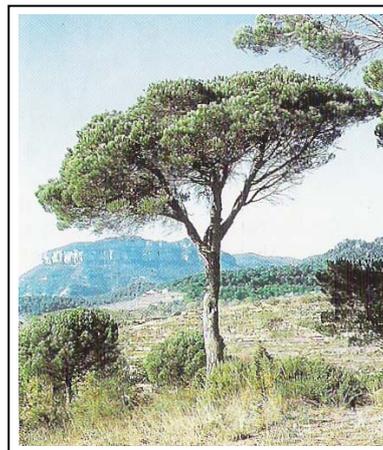
Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	1
Tiempo de vida	3
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	2
Resistencia a la sequía	5
Resistencia a heladas	0
Resistencia a la proximidad del mar	5
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	5
Puntuación Final	113

FICHA DE ESPECIES

PINO PIÑONERO

Nombre Latino: Pinus Pinea

Familia: Pinaceae



Características: Árbol que puede sobrepasar los 25 m. de altura. De hojas perennes, aciculares de 10 a 15 cm. en fascículos de dos en dos y de color verde intenso. Su copa es ancha y florece de marzo a mayo. Vive bien sobre terrenos poco consolidados o arenosos y colabora a fijarlos. Resiste bien los vientos costeros llenos de sal.

Usos: Se puede utilizar para crear barreras contra el viento. También es bueno para fijar dunas y suelos de arena fina. Es habitualmente usado como árbol ornamental, ofreciendo una gran área de sombra.

Valoración de los criterios de desarrollo:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	3
Tiempo de vida	5
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	4
Resistencia a la sequía	2
Resistencia a heladas	3
Resistencia a la proximidad del mar	5
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	5
Puntuación Final	114.03

FICHA DE ESPECIES**PINO DE PISOS**

Nombre Latino: Araucaria Heterophylla
Familia: Araucariaceae



Características: Árbol de pote cónico que puede llegar a los 70 m de altura. Sus ramificaciones primarias son horizontales dispuestas por pisos mientras que las secundarias pueden ser colgantes en ejemplares jóvenes y levantadas en los adultos. Resistente a la proximidad del mar y a todo tipo de plagas.

Usos: Se usa en zonas costeras como ejemplar aislado para poder contemplar su belleza. Utilizado como árbol ornamental en frentes marítimos.

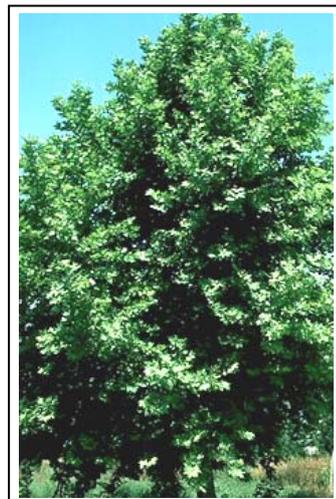
Valoración de los criterios de desarrollo:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	3
Tiempo de vida	5
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	5
Resistencia a la sequía	1
Resistencia a heladas	0
Resistencia a la proximidad del mar	5
Resistencia a la contaminación	0
Mantenimiento	5
Puntuación Final	98

FICHA DE ESPECIES

PLÁTANO DE SOMBRA

Nombre Latino: Platanus Hispanica
Familia: Platanaceae



Características: Árbol caducifolio de gran talla, pudiendo llegar a los 40m. de altura. Tiene el trono recto y alto con la corteza delgada. La copa es amplia, redondeada y densa, ideal para dar sombra. Sus hojas son grandes con 3 a 5 lóbulos dentados irregularmente. Muy resistente a la contaminación y es muy longevo.

Usos: Utilizado en parques y paseos, muy agradecido por la sombra que proporciona. Tiene un gran desarrollo por lo que es necesario plantarlo en lugares espaciosos.

Valoración de los criterios de desarrollo:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	5
Tiempo de vida	5
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	2
Resistencia a la sequía	1
Resistencia a heladas	3
Resistencia a la proximidad del mar	3
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	3
Puntuación Final	89.03

FICHA DE ESPECIES

TAMARIZ NEGRO

Nombre Latino: Tamarix africana

Familia: Tamaricaceae



Características: Árbol pequeño de hasta 6 m. de altura con la corteza agrietada y las ramas flexibles y poco colgantes. Las hojas son pequeñas y triangulares. Florece en primavera y verano, de crecimiento rápido. Es poco exigente con los suelos y soporta climas muy variados. Es una planta indicada para zonas próximas al mar, puesto que tolera muy bien los ambientes marinos.

Usos: Es utilizada para la fijación de dunas, arenales y cauces.

Valoración de los criterios de desarrollo:

Especies Autóctonas	5
Velocidad de Crecimiento	5
Tiempo de vida	1
Necesidad de suelos específicos	2
Resistencia a plagas	5
Resistencia a la sequía	2
Resistencia a heladas	0
Resistencia a la proximidad del mar	5
Resistencia a la contaminación	5
Mantenimiento	0
Puntuación Final	101

LA VEGETACIÓN EN EL DISEÑO DE LAS OBRAS PÚBLICAS

ANEXO II:

- Índice de:
- Esquemas
 - Figuras
 - Fórmulas
 - Fotografías
 - Tablas

1. ESQUEMAS:

Esquema 1. Metodología seguida.....	14
Esquema 2. Procedimiento a seguir en la Selección de Especies.....	65
Esquema 3. Procedimiento a seguir en la Selección de Especies.....	143

2. FIGURAS:

Figura 1. Esquematzación de altitudes sobre el mar.....	31
Figura 2. Curva Genérica de Crecimiento.....	36
Figura 3. Zonas Costeras.....	96

3. FÓRMULAS:

Fórmula 1. Fórmula de implantación para Autopistas y Autovías.....	55
Fórmula 2. Fórmula de implantación para Carreteras Secundarias	55
Fórmula 3. Fórmula de implantación para Carreteras de Alta Montaña.....	56
Fórmula 4. Fórmula de implantación para Ámbito Marítimo	57
Fórmula 5. Fórmula de implantación para Autopistas y Autovías.....	148
Fórmula 6. Fórmula de implantación para Carreteras Secundarias	148
Fórmula 7. Fórmula de implantación para Carreteras de Alta Montaña.....	148
Fórmula 8. Fórmula de implantación para el Ámbito Marítimo	148

4. FOTOGRAFÍAS:

Fotografía 1. Arcos decorativos. Ronda de circunvalación de Girona.....	19
Fotografía 2. Rotonda decorada con vegetación. Calella	19
Fotografía 3. Rotonda con escultura decorativa. Francia.....	20
Fotografía 4. Funcionalidad visual. Carretera Palafrugell-Calella	20
Fotografía 5. Farola. Paseo marítimo de S'Agaró.....	21
Fotografía 6. Farola. Paseo marítimo de Blanes	22
Fotografía 7. Decorado del pavimento. Paseo marítimo de Blanes.....	22
Fotografía 8. Decorado del pavimento. Paseo marítimo de Tossa de Mar	23
Fotografía 9. Pineda inclinada en primera línea de mar. Cubelles.....	45
Fotografía 10. Árboles inclinados por el viento salino. Platja d'Aro	45
Fotografía 11. Árbol afectado por la contaminación. Carretera C-31	47

Fotografía 12. Detalle de incrustaciones debidas a la contaminación. Carretera C-31	48
Fotografía 13. Poda de las plantaciones cercanas a líneas eléctricas. Riudellots	72
Fotografía 14. Integración paisajística de una carretera. Carretera C-17	74
Fotografía 15. Estabilización de taludes. Carretera C-15	75
Fotografía 16. Árboles para la estabilización de taludes. Autopista A-8. Francia	75
Fotografía 17. Plantaciones dispuestas para la protección del suelo. Carretera C-14	77
Fotografía 18. Repoblación de zonas afectadas por obras. El Prat	78
Fotografía 19. Área de servicio. Autopista A-9. Francia	79
Fotografía 20. Área de servicio. Autopista A-9. Francia	80
Fotografía 21. Señalización de carreteras mediante plantaciones. Carretera D-10. Francia	81
Fotografía 22. Ocultación de las vías del tren mediante plantaciones. Calafell .	83
Fotografía 23. Ocultación de las vías del tren mediante plantaciones. Tarragona	84
Fotografía 24. Pantalla visual. Carretera C-31 a su paso por Castelldefels.....	84
Fotografía 25. Barrera visual realizada con plantaciones. C-31 a su paso por Badalona.....	85
Fotografía 26. Mediana. Carretera C-260	86
Fotografía 27. Mediana de la N-340 a su paso por St. Carles de la Ràpita	86
Fotografía 28. Mediana. Carretera C-16	87
Fotografía 29. Creación de un "túnel" mediante plantaciones. Carretera B-402	88
Fotografía 30. Combinación de plantaciones con pantallas fonoreductoras. Aix-en-Provence	90
Fotografía 31. Barreras contra el viento. Autopista A-9. Francia.....	92
Fotografía 32. Separación de trazados. Calella.....	101
Fotografía 33. Separación carril-bici. Barcelona	102
Fotografía 34. Separación del carril bici. Vilanova i La Geltrú	102
Fotografía 35. Separación carril-bici. Barcelona	103
Fotografía 36. Separación del carril bici. L'Ampolla.....	103
Fotografía 37. Separación mediante plantaciones de las zonas infantiles. Sitges	104
Fotografía 38. Separación de las áreas. Palamós	104
Fotografía 39. Separación del tráfico rodado. Comarruga	105
Fotografía 40. Creación de espacios sombríos. Platja d'Aro.....	106
Fotografía 41. Creación de espacios sombríos. Salou	107
Fotografía 42. Fijación de dunas. Castelldefels	108
Fotografía 43. Fijación de dunas. Comarruga.....	109
Fotografía 44. Fijación de dunas. Empuriabrava	109
Fotografía 45. Integración en el paisaje. Llafranc.....	110
Fotografía 46. Integración en el paisaje y creación de zonas sombrías. Llafranc	111
Fotografía 47. Paseo marítimo de Roses.....	112

Fotografía 48. Paseo marítimo de Empuriabrava	113
Fotografía 49. Paseo marítimo de Blanes	114
Fotografía 50. Paseo marítimo de Lloret	114
Fotografía 51. Paseo marítimo de Llafranc	115
Fotografía 52. Paseo marítimo de Platja d'Aro	115
Fotografía 53. Paseo marítimo de S'Agaró	116
Fotografía 54. Paseo marítimo de Palamós	116
Fotografía 55. Paseo marítimo de St. Antoni de Calonge	117
Fotografía 56. Paseo marítimo de Pineda.....	118
Fotografía 57. Paseo marítimo de Malgrat.....	118
Fotografía 58. Paseo marítimo de Calella.....	119
Fotografía 59. Paseo marítimo de Canet de Mar	119
Fotografía 60. Barrera visual en Pineda.....	120
Fotografía 61. Paseo marítimo de Premià de Mar.....	120
Fotografía 62. Paseo marítimo de Vilassar de Mar	121
Fotografía 63. Paseo marítimo de Masnou	121
Fotografía 64. Paseo marítimo de Mataró	122
Fotografía 65. Paseo marítimo de Barcelona.....	122
Fotografía 66. Paseo marítimo de Barcelona.....	123
Fotografía 67. Paseo marítimo de Castelldefels	123
Fotografía 68. Paseo marítimo de Sitges.....	124
Fotografía 69. Paseo marítimo de Sitges.....	125
Fotografía 70. Paseo marítimo de Vilanova i la Geltrú	125
Fotografía 71. Paseo marítimo de Cunit.....	126
Fotografía 72. Paseo marítimo de Salou	126
Fotografía 73. Paseo marítimo de Salou	127
Fotografía 74. Paseo marítimo de Calafell	127
Fotografía 75. Paseo marítimo de L'Hospitalet de L'Infant.....	128
Fotografía 76. Paseo marítimo de Comarruga.....	128
Fotografía 77. Paseo marítimo de Comarruga.....	129
Fotografía 78. Paseo marítimo de Sitges.....	129
Fotografía 79. Paseo marítimo de St. Carles de la Ràpita	130
Fotografía 80. Paseo marítimo de Torredembarra	130
Fotografía 81. Paseo marítimo de Tarragona.....	131
Fotografía 82. Paseo marítimo de Malgrat.....	134
Fotografía 83. Barrera visual en Pineda.....	134
Fotografía 84. Barrera visual y acústica en Badalona	135
Fotografía 85. Barrera acústica en Castelldefels	135
Fotografía 86. Mediana de la carretera C-16	136
Fotografía 87. Mediana en la carretera C-260	136
Fotografía 88. Entrada integrada de un túnel en la carretera C-15	137
Fotografía 89. Falso túnel en la carretera C-16	137
Fotografía 90. Talud en la carretera C-16	138
Fotografía 91. Talud en la autopista A-2	138
Fotografía 92. Talud en la carretera C-15	139

5. TABLAS:

Tabla 1. Criterios de Elección.....	26
Tabla 2. Puntuación según las Especies Autóctonas	35
Tabla 3. Puntuación según la Velocidad de Crecimiento	38
Tabla 4. Puntuación según el Tiempo de Vida.....	39
Tabla 5. Puntuación según la Necesidad de Suelos Específicos	40
Tabla 6. Puntuación según Resistencia a Plagas	41
Tabla 7. Puntuación según la Resistencia a la Sequía.....	43
Tabla 8. Puntuación según la Resistencia a las Heladas	44
Tabla 9. Puntuación según la Resistencia a la Proximidad del Mar.....	46
Tabla 10. Puntuación según Resistencia a la Contaminación.....	48
Tabla 11. Puntuación según el Mantenimiento	50
Tabla 12. Puntuación del Parámetro A.....	53
Tabla 13. Puntuación del Parámetro B.....	53
Tabla 14. Puntuación del Parámetro C	53
Tabla 15. Valores de Referencia	58
Tabla 16. Puntuaciones Finales de las Especies estudiadas del Ámbito Viario..	60
Tabla 17. Puntuaciones Finales de las Especies estudiadas del Ámbito Marítimo	61
Tabla 18. Características de las plantaciones	94
Tabla 19. Criterios Climáticos	145
Tabla 20. Criterios de Desarrollo	146
Tabla 21. Puntuación del Parámetro A.....	147
Tabla 22. Puntuación del Parámetro B.....	147
Tabla 23. Puntuación del Parámetro C	147