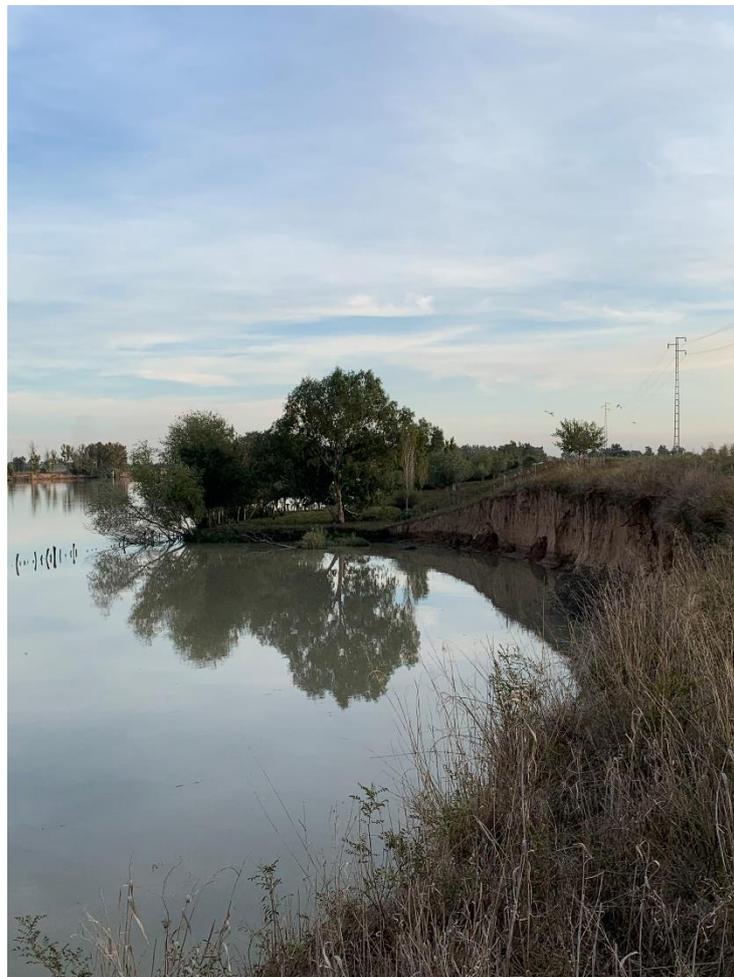


2020

ESTABILIZACIÓN Y NATURALIZACIÓN DE ORILLAS EN EL ESTUARIO DEL RIO GUADALQUIVIR: DISEÑO BÁSICO DE LA SOLUCIÓN TÉCNICA PARA ESTABILIZAR Y NATURALIZAR UN TALUD A BASE DE LA COMBINACIÓN DE BIOGAVIONES Y BIOESPIGONES.

PROYECTO DE FIN DE GRADO



AUTOR: MATEO DE HARO BONILLA
TUTOR: M^a DEL CARMEN MORÓN
COTUTOR: JULIÁN LEBRATO

Proyecto Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto

Estabilización y naturalización de orillas en el estuario del Rio Guadalquivir: Diseño básico de la solución técnica para estabilizar y naturalizar un talud a base de la combinación de biogaviones y bioespigones.

Autor:

Mateo de Haro Bonilla

Tutor:

Carmen Morón Romero

Julián Lebrato Martínez

Departamento: FÍSICA APLICADA I

Escuela Politécnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020

Resumen

El río Guadalquivir, a su paso por el estuario tiene problemas de estabilidad de las orillas y en este caso particular se estudia el problema existente en la localidad sevillana de la Puebla del Río, donde hay una zona que presenta un derrumbe cercano a un camino en la margen derecha, sentido hacia la desembocadura.

En este proyecto se plantea el diseño de una serie de elementos y actuaciones sobre el terreno afectado, destinadas a la recuperación y posterior naturalización de la ribera del río.

En primer lugar, se estabilizará el terreno afectado por el derrumbe mediante la colocación de gaviones y deposición de material procedente del dragado del río y compost de depuradora de aguas residuales urbanas, de modo que se pueda revegetar y reforestar el terreno intervenido con intención estabilizar el talud para darle consistencia y naturalizarlo y de prevenir futuros problemas de erosión, generando a la vez un aumento de biodiversidad en la zona que favorece el entorno ambiental sanitario.



*Figura 1. Fotografía derrumbe Puebla del Río.
Fuente: Elaboración propia.*

Abstract

The Guadalquivir river, as it passes through the estuary, has problems with the stability of the banks and in our particular case we studied the problem existing in the Sevillian town of Puebla del Rio, where there is an area that presents a landslide near a road in the right bank, direction towards the river mouth.

This project proposes the design of a series of elements and actions on the affected land, aimed at the recovery and subsequent naturalization of the river bank.

In the first place, the land affected by the landslide will be stabilized by placing gabions and deposition of material from the river dredging and compost from an urban wastewater treatment plant, so that the intervened land can be revegetated and reforested with the intention of stabilizing the slope to give consistency and naturalize it and to prevent future erosion problems, while generating an increase in biodiversity in the area that favors the sanitary environment.

ÍNDICE

1. Introducción	1
Objetivos	3
2. Hipótesis inicial	4
Definición de la propuesta de actuación	5
3. Memoria descriptiva	9
3.1 – Delimitación de la zona de actuación	9
3.2 – Adecuación del terreno a intervenir	10
3.3 – Colocación espigón doble	11
3.3.1 – Espigón longitudinal de marea baja	12
3.3.2 – Espigón de marea alta	14
3.3.3 – Espacio Inter espigones	15
3.4 – Colocación primera y segunda línea de gaviones	16
3.4.1 – Implementación de gaviones	16
3.4.2 – Elección del tipo de gaviones según normativa	19
3.4.3 – Proceso de montaje y relleno de gaviones	23
3.4.4 – Beneficio de utilización de gaviones	26
3.5 – Relleno de cavidades	27
3.5.1 – Relleno de espacios gavión-gavión y gavión escollera	28
3.6 – Naturalización del nuevo talud creado	29
4. Mediciones y cálculos	35
Anexo 1	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. Fotografía derrumbe Puebla del Río.	s/n
Figura 2. Ejemplo de gaviones. Fuente: UNE-EN 10223-3 2014	s/n
Figura 3 – Fotografía aérea zona del derrumbe 37°14'35.6"N 6°03'53.1"W.	1
Figura 4. Designaciones partes de un barco.	7
Figura 5 - Recreación digital cauce rio.	8
Figura 3. Representación de longitudes.	9
Figura 7. Cálculo de la pendiente.	9
Figura 8. Vista aérea recreación digital de la zona del derrumbe.	10
Figura 9. Vista en perspectiva recreación digital de la zona del derrumbe.	10
Figura 10. Vista aérea recreación digital. Colocación doble espigón.	11
Figura 4. Vista en perspectiva recreación digital. Colocación doble espigón.	11
Figura 5. Escollera estanque Torreblanca / Geolit.	12
Figura 13. Detalle pez escondido entre las rocas. Estanque Gustavo en Oreña.	13
Figura 14. Camarón habitando las rocas.	13
Figura 6 - Detalle tubos cerámica en espigón. Dispositivo naturalizador.	14
Figura 16. Detalle espacio intergaviones. Recreación digital.	16
Figura 7. Vista aérea recreación digital. Colocación primer línea de gaviones.	17
Figura 8. Vista en perspectiva recreación digital. Colocación primera línea de gaviones.	17
Figura 9. Vista aérea recreación digital. Colocación segunda línea de gaviones.	18
Figura 10. Vista en perspectiva colocación segunda línea de gaviones.	18
Figura 11. Detalle alambre de refuerzo o cosido.	21
Figura 12. Detalle grapas de atado.	22
Figura 23. Recreación digital caja gavión.	23
Figura 24. Disposición de los tirantes.	24
Figura 13. Detalle de relleno y tirantes.	24
Figura 26. Muros de gaviones tipo en función de su altura H y anchura B. Cotas en cm.	25
Figura 27. Disposición espacial de los gaviones.	26
Figura 14. Detalle ejemplo de material de relleno para gaviones.	27
Figura 29. Detalle espacios creados.	28
Figura 30. Detalle diferencia de nivel entre gavión y talud.	29

Figura 31. Juncos y eneas.	30
Figura 15. Efectos hidrológicos de la vegetación.	32
Figura 16. Hoja de cálculos coste de m ³ gavión 4x1x1,2.	36
Figura 17. Hoja de cálculos coste de m ³ gavión 3x1,5x1,2.	37
Figura 18. Distribución primera línea de gaviones.	37
Figura 36. Distribución segunda línea de gaviones.	38
Figura 37. Área zona A.	39
Figura 38. Área zona B.	40
Figura 39 - Ilustración final. Recreación digital del perfil del terreno.	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla resumen elementos estructurales de un gavión.	22
Tabla 2. Tabla de gaviones en función de su altura H y anchura B.	25
Tabla 3. Distribución especies vegetales. Fuente: Elaboración propia.	41

GLOSARIO

gavión: Estructura de forma prismática confeccionada mediante una caja paralelepípedica de enrejado de triple torsión de malla hexagonal de alambre de acero galvanizado con recubrimiento de aleación Zn95Al5 (opcionalmente recubierto de PVC), incluyendo los elementos estructurales para su instalación (alambres de cosido, grapas y tirantes) y rellena a pie de obra con piedra de cantera o canto rodado. Pueden ser de distintos tamaños y, unidos entre sí, forman estructuras flexibles, permeables y monolíticas tales como: muros de contención del terreno, protección de taludes contra la erosión superficial, defensas fluviales y marítimas, encauzamientos de canales y ríos, revestimientos y diques para el control de la erosión en los torrentes.

caja de gavión: Caja paralelepípedica de enrejado de triple torsión de malla hexagonal de alambre de acero galvanizado con recubrimiento de aleación Zn95Al5, opcionalmente recubierto de PVC. Está dividida interiormente en células por uno o más diafragmas colocados generalmente cada metro.

diafragma: Panel rectangular fabricado con enrejado de triple torsión de malla hexagonal de alambre de acero galvanizado con recubrimiento de aleación Zn95Al5 (opcionalmente recubierto de PVC), de las mismas características de la caja de gavión, utilizado para dividir interiormente de forma uniforme la caja de gavión o gavión recubrimiento en células.

gavión recubrimiento: Estructura de forma prismática de pequeña altura en relación a las dimensiones laterales, tipo colchón, confeccionada mediante una caja paralelepípedica de enrejado de triple torsión de malla hexagonal de alambre de acero galvanizado con recubrimiento de aleación Zn95Al5 (opcionalmente recubierto de PVC), incluyendo los elementos estructurales para su instalación (alambres de cosido, grapas y tirantes) y rellena a pie de obra con piedra de cantera o canto rodado. Está dividida interiormente en células por uno o más diafragmas colocados generalmente cada metro.

Se usa habitualmente para el revestimiento de márgenes de ríos, canales, protección de estribos de puentes, plataformas de cimentación y protección contra la erosión en taludes.

enrejado de triple torsión de malla hexagonal: Es un enrejado constituido por una serie de alambres de acero galvanizado con recubrimiento de aleación Zn95Al5 (opcionalmente recubiertos de PVC), que después de tejidos en torsiones, formadas por cordoneado de alambres adyacentes dos a dos, toman la forma de un hexágono alargado en el sentido de una de las diagonales. Esta malla, con la que se fabrican todos los gaviones objeto de esta norma, está regulada por la Norma UNE-EN 10223-3. Se entiende como torsión el enrollamiento helicoidal tirante de dos alambres, el uno alrededor del otro, con rotación de los dos alambres de 180°. Los alambres se enrollan en un solo sentido. El número mínimo de torsiones es tres.

encofrados de montaje: Paneles de madera o estructuras de acero utilizados para el encofrado provisional de los paramentos exteriores de las cajas de gaviones durante su relleno, para limitar su deformación durante el relleno con piedra.

malla hexagonal de doble trenzado: Tela metálica constituida por mallas de forma hexagonal, formada por el trenzado de dos alambres adyacentes, efectuándose alternativamente un giro hacia la derecha y otro hacia la izquierda.

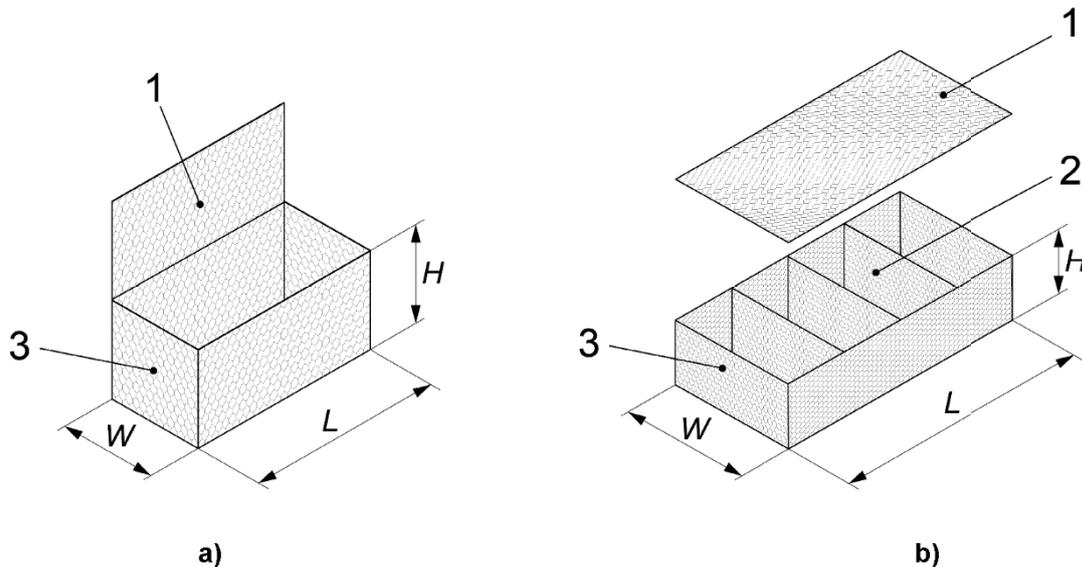


Figura 19. Ejemplo de gaviones. Fuente: UNE-EN 10223-3 2014

Ejemplo de gavión sin diafragma a), y ejemplo de gavión con diafragma b)

Leyenda

- 1 Tapa
- 2 Diafragmas
- 3 Paneles de extremo
- H Altura
- L Longitud
- W Anchura

Biogavión: se dice del gavión montado de modo y forma que pueda sustentar vegetación de ribera que de oportunidad al desarrollo de vida vegetal y animal.

Espigón: estructura de piedra en escollera que estabiliza y da consistencia frente al oleaje y problemas mecánicos en la orilla del río o estuario.

Bioespigón: espigón que sustenta vegetación de ribera que de oportunidad al desarrollo de vida animal y vegetal.

Muro: Toda estructura continua que de forma activa o pasiva produce un efecto estabilizador sobre una masa de terreno (Ministerio de Fomento, 1999)

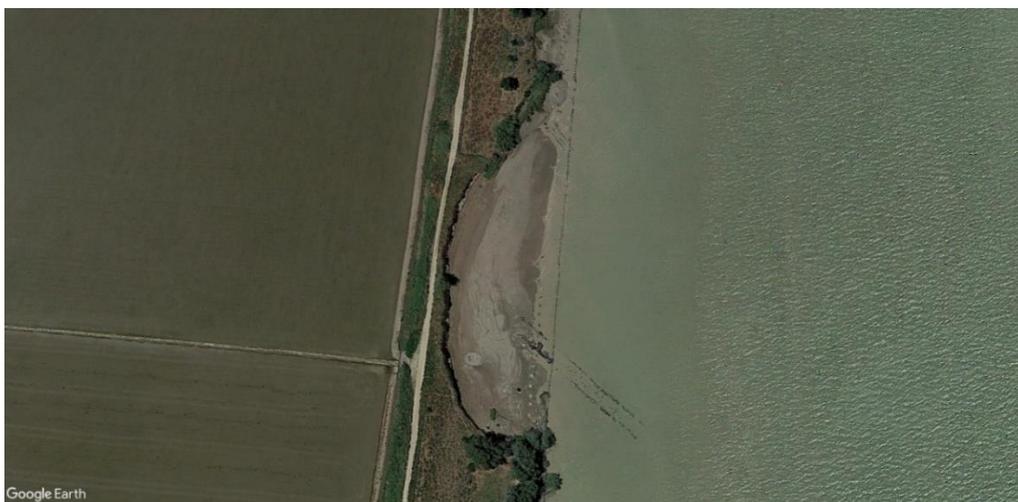
1 INTRODUCCIÓN

El río Guadalquivir, nace a 1400 metros sobre el nivel del mar, en la Cañada de las Fuentes, Sierra de Cazorla provincia de Jaén. Sus aguas recorren 657 km hasta su desembocadura en el océano Atlántico, llegando a la altura de Almonte en la provincia de Huelva y Sanlúcar de Barrameda, en la provincia de Cádiz. Su cuenca hidrográfica cuenta con un área de 56978 km². Río de gran importancia en la Península, siendo el único navegable. Cuenta con el puerto fluvial de Sevilla, entrada de muchos tipos de mercancía a la Península.

Actualmente en la cuenca baja del río, concretamente en la localidad sevillana de la Puebla del Río, se encuentra un derrumbe cercano a un camino peatonal de dicha localidad (37°14'35.6"N 6°03'53.1"W).

Estudiando el caso del lugar donde se centra el estudio, una causa importante de la erosión de las orillas es el oleaje que se produce cuando las grandes embarcaciones pasan por el río, por lo que se debe asumir que es necesario limitar estos impactos para controlar esta perturbación del sistema. Por ello la primera actuación debe ser la estabilización de la ribera donde se va a actuar, como premisa previa a la citada naturalización. En segunda derivada debe recuperarse la biodiversidad de la zona y para ello se plantea la naturalización de la ribera generada en la estabilización de la orilla, Hay que aclarar que el concepto de naturalización de la ribera consiste en propiciar entornos que permitan el desarrollo de la flora, fauna y población humana, preferentemente autóctona, de forma **compensada** para recuperar un estado lo más naturalizado posible.

Esta situación de peligro es propiciada y agravada, como ya se ha dicho, por el constante **oleaje** producido por el paso de embarcaciones, sobre todo comerciales de gran envergadura. Esto unido a la **desertización del terreno**, ha dado lugar a una **reducción de la estabilidad**, desembocando en un derrumbamiento de tierra que deja una pared de aproximadamente 7 metros de altura en la cota más alta.



*Figura 20 – Fotografía aérea zona del derrumbe 37°14'35.6"N 6°03'53.1"W.
Fuente: Google Earth.*

Además de este derrumbe se ha podido observar varias situaciones parecidas a lo largo del tiempo en la cuenca baja del río.

Para solventar dicha situación se propone un proyecto piloto de estabilización del terreno y naturalización de la ribera del río, mediante la utilización de gaviones y posterior tratamiento del terreno (revegetación y reforestación) que podrá ser aplicado en los distintos tramos del río.

Para una apreciación mejor tanto de la localización de la zona estudiada, como del modelo digital de la solución propuesta, se realizará un anexo con las imágenes a mayor tamaño y calidad.

Objetivos

Los principales **objetivos** de esta intervención son:

- Estabilizar la zona del talud
- Reducir la erosión hídrica por oleaje en la orilla.
- Naturalizar a base de revegetar y reforestar la zona intervenida.
- Propiciar la fauna y flora del río y recuperar el ecosistema naturalizado.
- Recuperar el paseo peatonal adyacente.

2 HIPÓTESIS INICIAL

Se plantea el diseño básico piloto de la solución técnica para estabilizar el talud a base de la combinación de biogaviones y bioespigones diseñados por el grupo Tar, que dé lugar a los proyectos de construcción correspondientes para su implementación posterior en los diferentes entornos del estuario donde se considere oportuna su implementación.

Desarrollo posterior de la Hipótesis:

Se trata de definir el diseño real de lo que será el proyecto posterior de aplicación en la situación escogida, donde serán necesarios una serie de estudios previos del terreno a intervenir. En general se requerirá de la intervención de diferentes profesionales técnicos, como por ejemplo paisajistas, geotécnicos o ingenieros civiles.

Para el diseño de las actuaciones de control de desprendimientos se realizará un estudio en el cual se analizarán los siguientes factores:

- **Topográficos:**

- Localización.
- Orientación.
- Exposición.
- Pendiente.
- Longitud de ladera.

- **Edafológicos:**

- Pedregosidad y erosionabilidad.
- Estado de conservación del suelo superficial.

- **Geotécnicos:**

- Presencia de procesos activos naturales (erosión, desprendimientos, deslizamientos, etc.).
- Altura del talud y superficie.
- Inclinación del talud.
- Cohesión del suelo, peligro de corrimientos y de desprendimientos de parte del suelo.

- **Climatológicos:**

- Altitud.
- Pluviometría media y distribución.
- Precipitaciones máximas.

- **Hidrológicos:**

- Presencia de cursos de agua.

- **Paisajísticos:**

- Análisis del entorno.

Definición de la propuesta de actuación en el presente estudio piloto:

- Zona de aplicación de la experiencia piloto:

En este documento se presenta el diseño del sistema estabilizador y naturalizador que se propone usar en el tipo de intervenciones que sea adecuada esta solución, ya que, dependiendo de los resultados de los estudios previos, es aconsejable usar una u otra solución de estabilización dependiendo de las relaciones encontradas entre el terreno y el sistema estabilizador.

Al tratarse del diseño de unas bases para la construcción de un sistema de estabilización y naturalización de taludes basado en la utilización conjunta de biogaviones y bioespigones se ha elegido un terreno específico, en el cual se encuentra un derrumbe, para realizar una experiencia piloto en condiciones reales que permita un estudio más detallado del proceso y sacar conclusiones para su implementación futura.

La zona elegida es la del derrumbe situado en la localidad sevillana de la Puebla del Rio, situado en las siguientes coordenadas: 37°14'35.6"N 6°03'53.1"W.

Analizando el lugar en el que se produce el corrimiento de tierra encontramos diversos factores que han sido determinantes para que se produzca esta situación, factores que se repetirán en la mayoría de casos estudiados:

- Vegetación escasa o inexistente
- Erosión natural por morfogénesis fluvial
- Aumento del oleaje por paso de embarcaciones de gran calado

Vegetación escasa o inexistente:

El tramo del rio estudiado tiene partes de su ribera altamente degradadas y con poca e incluso inexistente vegetación riparia.

El volumen, densidad y tipo de vegetación tanto en el talud como en el área arriba del talud son parámetros importantes para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales: en primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y además da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces, que actúan como las varillas de hierro en el hormigón armado.

Como controlador de infiltraciones tiene efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir.

Factores más importantes

- Intercepta la lluvia

- Aumenta la capacidad de infiltración
- Extrae la humedad del suelo
- Grietas por desecación
- Raíces refuerzan el suelo, aumentando resistencia al cortante
- Anclan el suelo superficial a mantos más profundos
- Aumentan el peso sobre el talud
- Transmiten al suelo fuerza del viento
- Retienen las partículas del suelo, disminuyendo susceptibilidad a la erosión

La deforestación puede afectar la estabilidad de un talud de varias formas:

- Disminuyen las tensiones capilares de la humedad superficial
- Se elimina el factor de refuerzo de las raíces
- Se facilita la infiltración masiva de agua

El efecto más importante de la vegetación, universalmente aceptado, es la protección contra la erosión en todos los casos y con todo tipo de vegetación.

La vegetación con mayor densidad de follaje amortigua más eficientemente el golpe de la lluvia y disminuye la erosión.

En hierbas y pastos la densidad y volumen del follaje actúan como un colchón protector contra los efectos erosivos del agua de escorrentía.

Se concluye que la mejor protección contra la erosión y los deslizamientos, se obtiene estableciendo conjuntamente todos los sistemas de vegetación, incluyendo los musgos y demás variedades tapizantes.

Erosión natural por morfogénesis fluvial:

La morfogénesis fluvial del río Guadalquivir es muy activa y está asociada a las corrientes de agua que discurren desde las partes altas de la cuenca hasta la desembocadura. La energía del sistema depende de la situación topográfica con respecto al nivel base, desembocadura.

Las acciones que realiza una corriente de agua son erosión, transporte y sedimentación.

- Erosión: Esta actividad se realiza sobre todo en los tramos más altos de la cuenca. En ellos se produce el desgaste y arranque del sustrato. La intensidad con la que se lleva a cabo este proceso depende de factores como la velocidad del flujo, la pendiente y la litología de los materiales por los que atraviesa el sistema fluvial.

- Transporte: El material que lleva incorporado una corriente de agua se llama carga. La carga se compone de material sólido arrastrado, en suspensión y disuelto. En el tramo intermedio de los ríos, en el que suele producirse un descenso importante de la pendiente, es el proceso más importante.
- Sedimentación: Al final del tramo intermedio y, sobre todo, en el tramo inferior, la disminución de la velocidad de la corriente del río provoca el depósito de los sedimentos que transporta. Los primeros en depositarse son las partículas sólidas más pesadas. Buena parte de los sedimentos de los ríos se acumulan en las llanuras que rodean el cauce durante las avenidas. El río desborda sus márgenes y, fuera del cauce principal, el agua pierde velocidad y deposita la arena y el limo que transporta y parte de la carga en suspensión. Las partículas arenosas que siguen en el cauce y las que permanecen en suspensión acaban en el mar, donde, según las condiciones se acumulan en un delta o son arrastradas por las corrientes costeras para acabar en algún punto del fondo marino.

Aumento del oleaje por paso de embarcaciones de gran calado:

El impacto causado por las actividades humanas sobre el medio ambiente se conoce como presión antrópica.

El río Guadalquivir está bajo constante presión, al contar con el único puerto marítimo interior de la Península. Esto supone el tránsito de embarcaciones de gran calado que provocan pequeños desbordes debido a la sucesión de olas que se crean durante la navegación.

El calado medio del río es de 6,5 metros lo que permitiría entrar a embarcaciones de hasta 183 metros de **eslora** y 30 metros de **manga**, con una capacidad máxima de carga de 35000 toneladas.

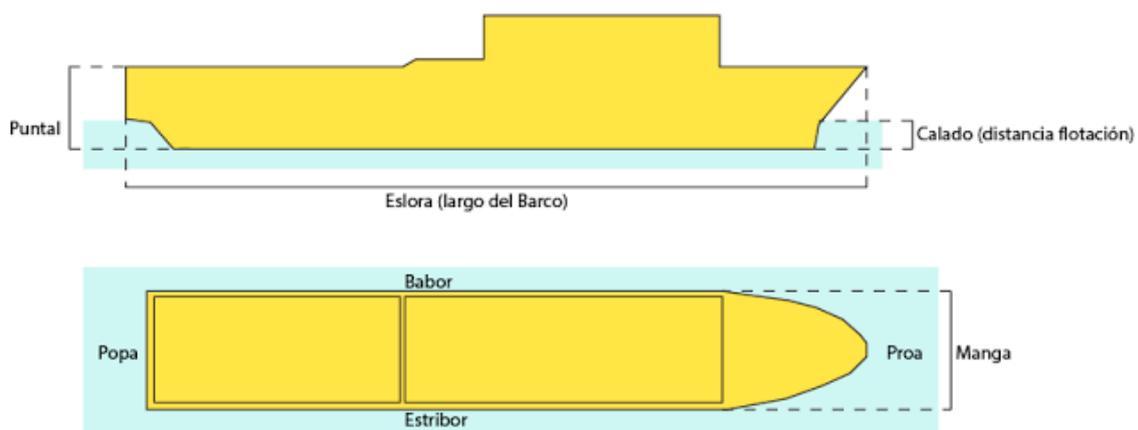


Figura 21. Designaciones partes de un barco.
Fuente: Google.

Este tipo de perturbaciones afecta directamente a la estabilidad de la ribera provocando pequeños desprendimientos de tierra, hundimientos locales y

provocando mayor colmatación de los detritos y consiguiente sedimentación y ensanchamiento del cauce del río.

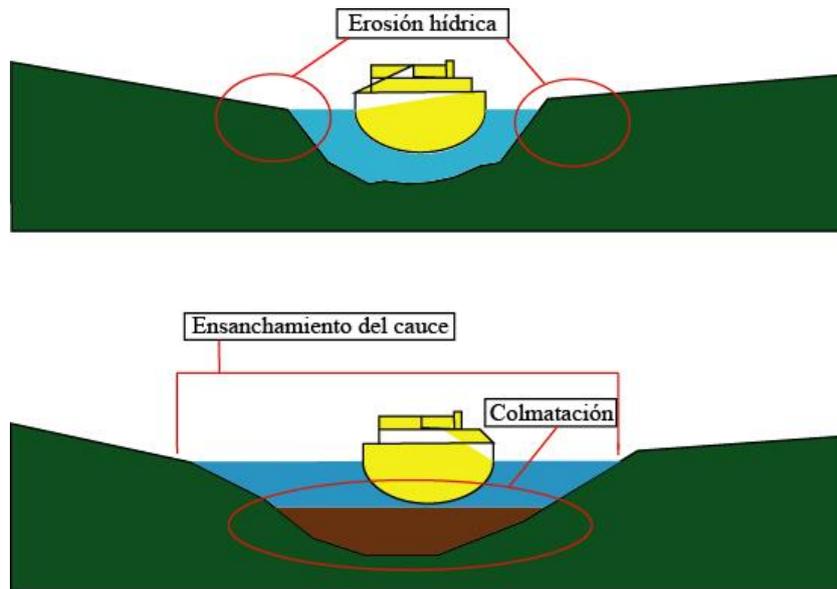


Figura 22 - Recreación digital cauce río.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de solución

En el proyecto de estabilización de taludes que se plantea, se va a definir una solución estructural tipo, que trata de la creación de un entramado de gaviones, los cuales estarán posicionados en la pared formada tras el derrumbe y que realizarán la función de muros de carga, dando estabilidad a la zona intervenida. Estará cerrado, en la zona más próxima al agua, por un espigón doble cuya función más importante es la de reducir el impacto del oleaje en la ribera del río. Esta zona cerrada será posteriormente rellena de material dragado y pequeñas cantidades de compost de depuradora, consiguiendo así crear una zona propicia para la revegetación y reforestación del tramo de ribera y con ello su estabilización y renaturalización y recuperación del camino natural afectado.

Consta de varias fases:

- 0- Estudios previos
- 1- Delimitación de la zona de actuación
- 2- Adecuamiento del terreno a intervenir
- 3- Colocación de espigón doble
- 4- Colocación primera y segunda línea de gaviones
- 5- Relleno de cavidades
- 6- Revegetación y reforestación

3 MEMORIA DESCRIPTIVA

3.1- Delimitación de la zona de actuación

Para la acometida del proyecto, se tomará en consideración un tramo de 170 metros, delimitado por la naturaleza del derrumbe de tierra.



Figura 23. Representación de longitudes.
Fuente: Google Earth / Elaboración propia.

La pared del derrumbe cuenta con 7 metros de altura en su cota central más alta, con una pendiente de aproximadamente el 14%, llegando así a unos 50 metros de longitud, referencia tomada con marea baja entre la pared del talud y la que sería la posición del espigón de marea baja. El ancho medido desde su zona central (aprox. 20 m desde el camino) es de aproximadamente 120 metros y la zona más próxima al agua mide unos 170 metros. El perímetro total delimitado es de aproximadamente 195 metros y el perímetro estabilizado por la colocación de gaviones será de 125 metros. Estas medidas se han tomado en la aplicación Google Earth, a excepción de la dimensión altura que se ha tomado en campo y el cálculo de la pendiente, mostrado en el apartado de mediciones y cálculos.

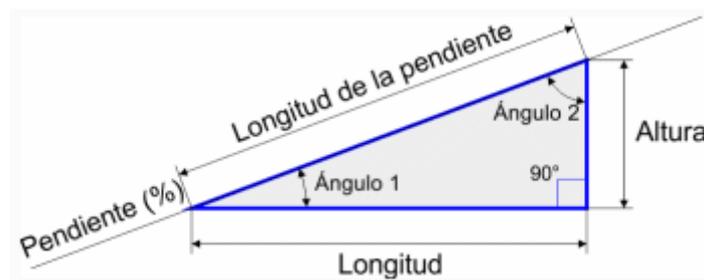
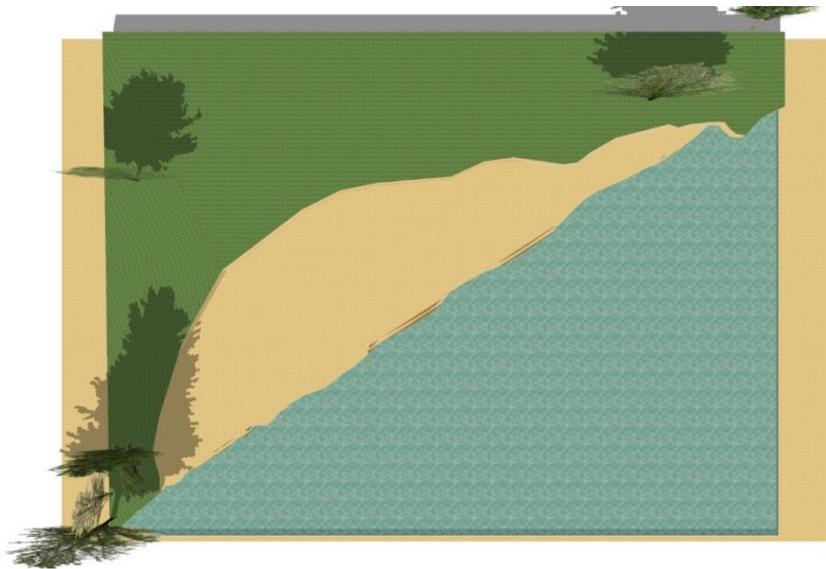


Figura 24. Cálculo de la pendiente.
Fuente: Google.

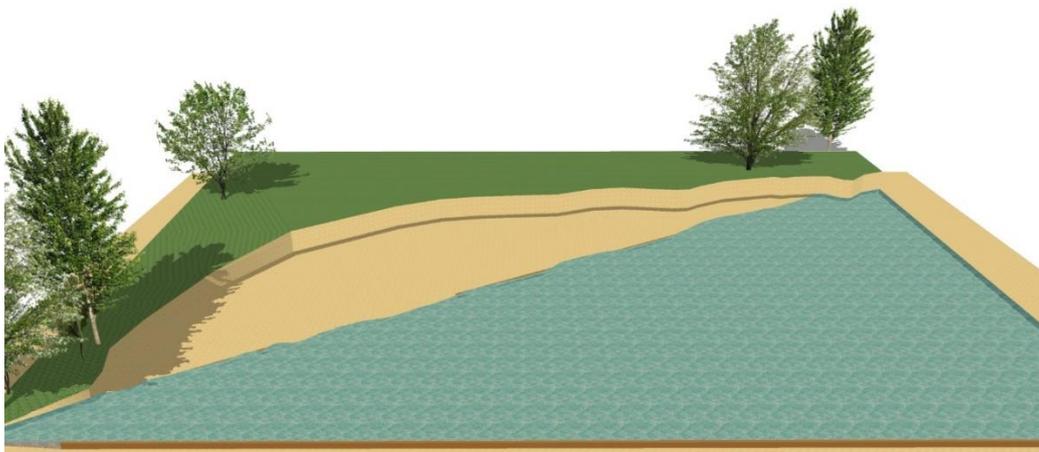
3.2 - Adecuación del terreno a intervenir:

En primer lugar, se realizará el dragado para nivelar la zona para el posterior tratamiento del suelo. Cabe destacar que el uso de gaviones no requiere de una cimentación previa, ya que estos se adaptan con facilidad a la superficie de apoyo. Este se llevará a cabo por una empresa externa en colaboración con la Autoridad portuaria de Sevilla, si se llega al acuerdo oportuno. Del material dragado se seleccionarán piedras que cumplan los requisitos para ser material para relleno de gaviones, en su caso.

Tras el dragado se procederá al vaciado de agua del suelo intervenido si procede, a través de la utilización de una bomba de agua. Esta agua puede ir directamente al río de nuevo. Esta actuación se realizará en colaboración de la Autoridad portuaria de Sevilla.



*Figura 25. Vista aérea recreación digital de la zona del derrumbe.
Fuente: Elaboración propia. Sketchup 2020.*

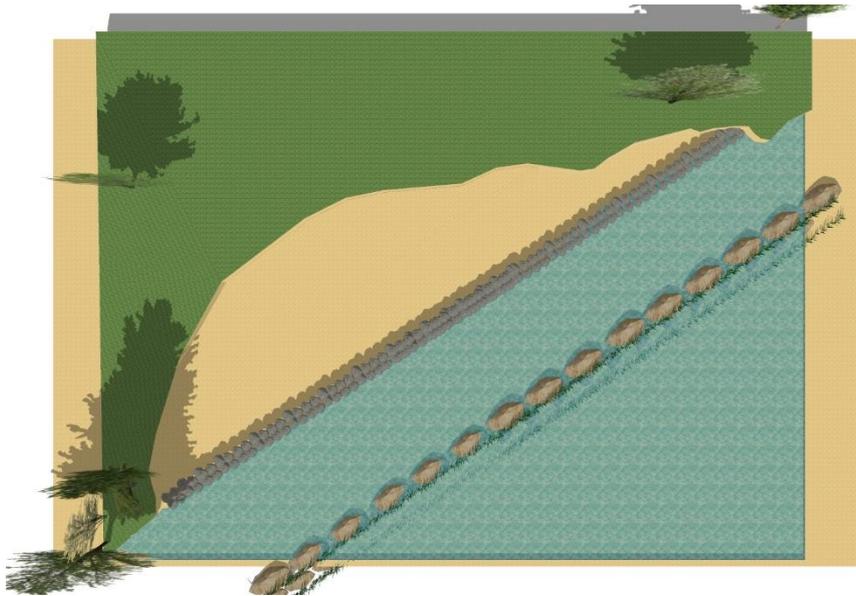


*Figura 26. Vista en perspectiva recreación digital de la zona del derrumbe.
Fuente: Elaboración propia. Sketchup 2020.*

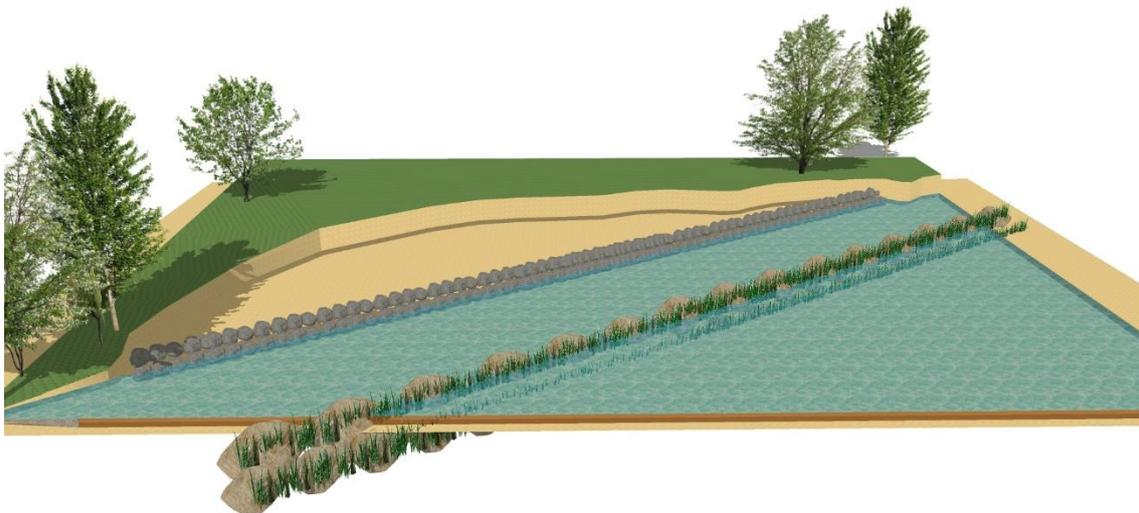
3.3- Colocación espigón doble

Para poder realizar las tareas restantes se plantea la colocación del espigón doble al comienzo de la obra para que, debido a las subidas y bajadas de marea no se acumule mucha agua en la zona de trabajo y no sea necesario el vaciado de agua continuo.

El espigón doble está formado por un primer espigón situado en la posición del agua en marea alta y el segundo espigón, más retirado de la orilla, situado en la posición del agua en marea baja.



*Figura 27. Vista aérea recreación digital. Colocación doble espigón.
Fuente: Elaboración propia. Sketchup 2020.*



*Figura 28. Vista en perspectiva recreación digital. Colocación doble espigón.
Fuente: Elaboración propia. Sketchup 2020.*

La función principal del sistema doble espigón, será la de amortiguar el impacto del oleaje y de las mareas, cada vez más afectados por el paso de embarcaciones de gran envergadura. También tendrá una función

naturalizadora, al tener instalados una red de tubos cerámicos que crearan oquedades en las cuales se propiciara un espacio natural para el desarrollo de distintos animales marinos, tales como peces o calamares, y de especies vegetales como juncos o eneas. Por tanto, se aboga por recuperar el ecosistema propio y aumentar la riqueza medioambiental como solución para combatir, por ejemplo, el reciente problema del mosquito del Nilo o la pérdida de estabilidad de las riberas.

A continuación, se explica con detalle este sistema del doble espigón y los beneficios que despliega.

- Sistema del doble espigón - escollera longitudinal, cueva, teja refugio:

3.3.1.- Espigón longitudinal de marea baja: Piedras de 20 / 30 cm colocadas en la línea de marea baja del río, para minimizar el impacto de este oleaje sobre el tramo piloto de ribera estudiado

Este espigón - escollera longitudinal en paralelo a la línea de costa, formado de piedras de tamaño mediano, donde se plantará entre las piedras una primera línea de eneas, lirios amarillos junco, eneas y plantas de ribera autóctonas tomadas del entorno cercano.

Este entramado dará estabilidad a la biomasa vegetal plantada, que poco a poco ira colonizando el espigón y aterrándolo con los fangos de la actividad bacteriana propiciada en sus raíces con el oxígeno liberado a la masa acuática.

Resultados excelentes pueden verse en escolleras realizadas en el estanque de Torreblanca (Sevilla) y el de Geolit en Mengibar (Jaén).



*Figura 29. Escollera estanque Torreblanca / Geolit.
Fuente: Grupo TAR*

Aquí se va estudiar ahora el efecto sobre la cría y la colonización de peces al instalar un espigón / escollera de piedras, cuevas y refugios teja en la ribera:

Desde el punto de vista de la reproducción de peces, poner una escollera de piedras en la orilla modifica y crea unas condiciones beneficiosas para este fin, debido a:

- Aparición de nuevas posibilidades de sostén de las puestas debido a que muchas especies desovan y viven sobre piedras.

- Los huecos de mayor tamaño formados entre las rocas más voluminosas, y las cuevas instaladas proporcionan escondites para que distintas especies vivan y críen en su interior.
- Los huecos de menor tamaño formados entre las rocas menos voluminosas serán el refugio de los alevines de las especies cuyos adultos que no cuidan a su prole, e incluso se los comen, o de los peces jóvenes ya emancipados de las especies que si lo hacen.



*Figura 30. Detalle pez escondido entre las rocas. Estanque Gustavo en Oreña.
Fuente: Grupo TAR.*

- Estos dispositivos posibilitan la creación de nichos ecológicos que ocuparán especies más pequeñas que de otra forma están permanentemente expuestas a depredadores y no pueden desarrollarse en la orilla.
- Facilitan la proliferación de microorganismos, crustáceos e invertebrados que sirven de alimento tanto a peces adultos como a alevines, por ejemplo, el camarón poblará este tipo de escollera, ya que es justamente su medio ideal.



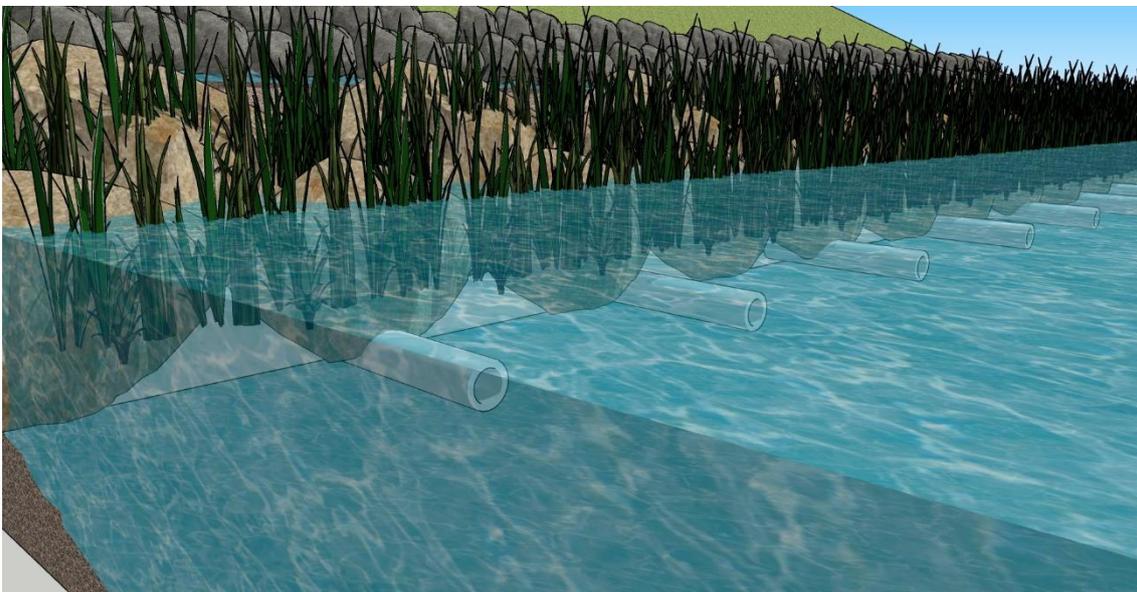
*Figura 31. Camarón habitando las rocas.
Fuente: Google.*

Como se puede comprobar las formaciones rocosas no solo provocan mejoras directas en la vida y reproducción de los peces, sino que también lo harán indirectamente. Ya que servirá de hábitat y medio de reproducción de otros seres como crustáceos que servirán de alimento, además de contribuir a crear un ecosistema más completo cubriendo el máximo de nichos ecológicos.

Otro refugio para los peces son las cuevas diseñadas para estos. Se trata de tubos de cerámica, o de tubería corrugada, de 20 / 30 cm de diámetro y unos 3 m de largo que se instalarán como un desagüe entre espigones, perpendiculares al espigón que los sujeta, de forma que permita a los peces entrar por un lado y salir por el otro y esquivar la presión de sus depredadores, aves acuáticas y rapaces que incrementarán su presencia en la zona con la naturalización emprendida.

Otro dispositivo que se implementara son tejas grandes dispuestas sobre el suelo de la orilla, de forma que los peces puedan tener refugios instantáneos para protegerse de los depredadores.

Con esta variedad de dispositivos introducidos en la orilla, se propiciará una colonización razonable de peces para que puedan crecer de acuerdo a las posibilidades de alimentación, en base a las larvas de mosquitos existentes en la masa acuática y otra materia orgánica disponible.



*Figura 32 - Detalle tubos cerámica en espigón. Dispositivo naturalizador.
Fuente: Elaboración propia. Sketchup 2020.*

3.3.2- Espigón de marea alta: construido por una escollera de piedras de 40 cm en línea de marea alta, también sembrado de plantas de ribera, cuevas y tejas refugio, de forma similar al espigón de marea baja.

La función de este espigón de marea alta es dar estabilidad al talud de la ribera ofreciendo resistencia a los choques producidos con las olas al amortiguar su fuerza y por otro lado ofrecer consistencia al talud dándole soporte mecánico para retener bien los sólidos dándole consistencia al sistema.

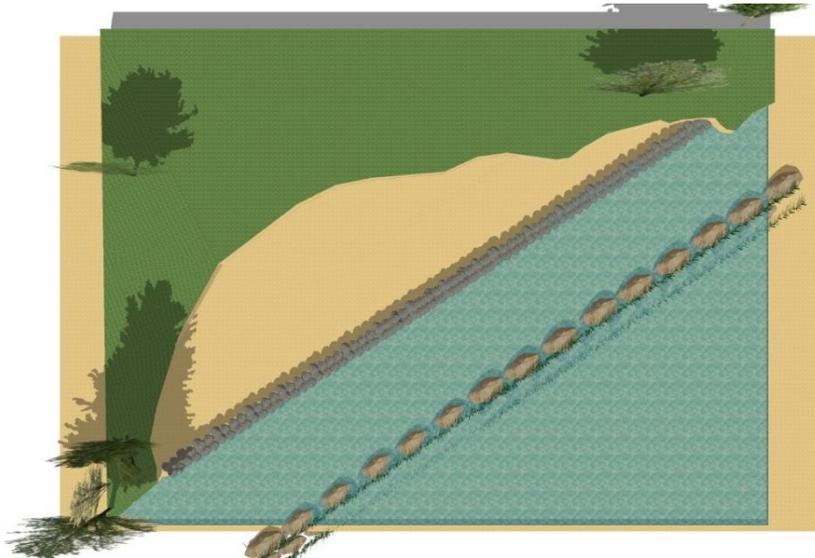


Figura 10.

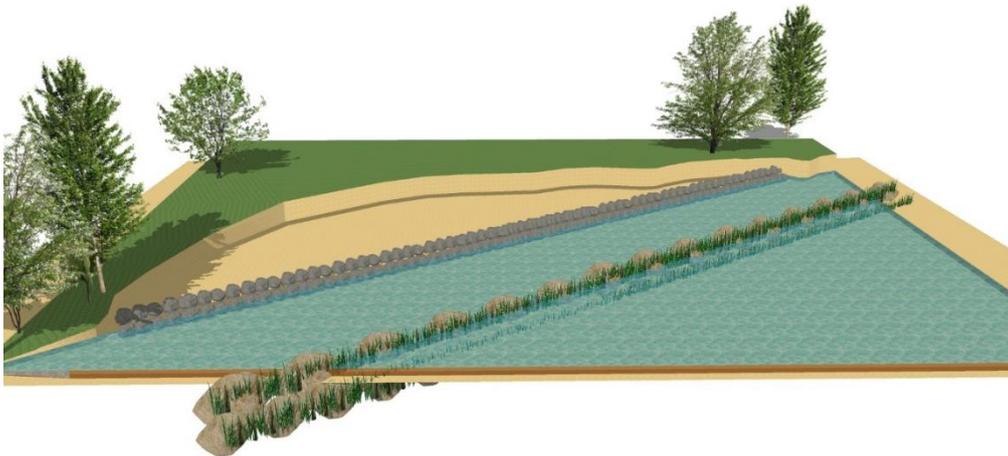


Figura 11.

3.3.3- Espacio inter espigón: En el espacio entre los dos espigones tendremos un espacio sembrado de forma intensiva de plantas de ribera, que fundamentalmente propicien resistencia contra el oleaje y, también, sustento para la vida de los peces, especies acuáticas y para las aves de la marisma.

Se espera que este espacio inter espigones se configure como un “pseudo manglar” que acondicione y atempere la fuerza del oleaje y se vaya colmatando haciendo playa en la orilla, de manera que el efecto de todo el sistema pueda ser una efectiva defensa frente a la erosión existente en las orillas del Guadalquivir desde que se comenzaron las modificaciones sobre su cauce y caudal.

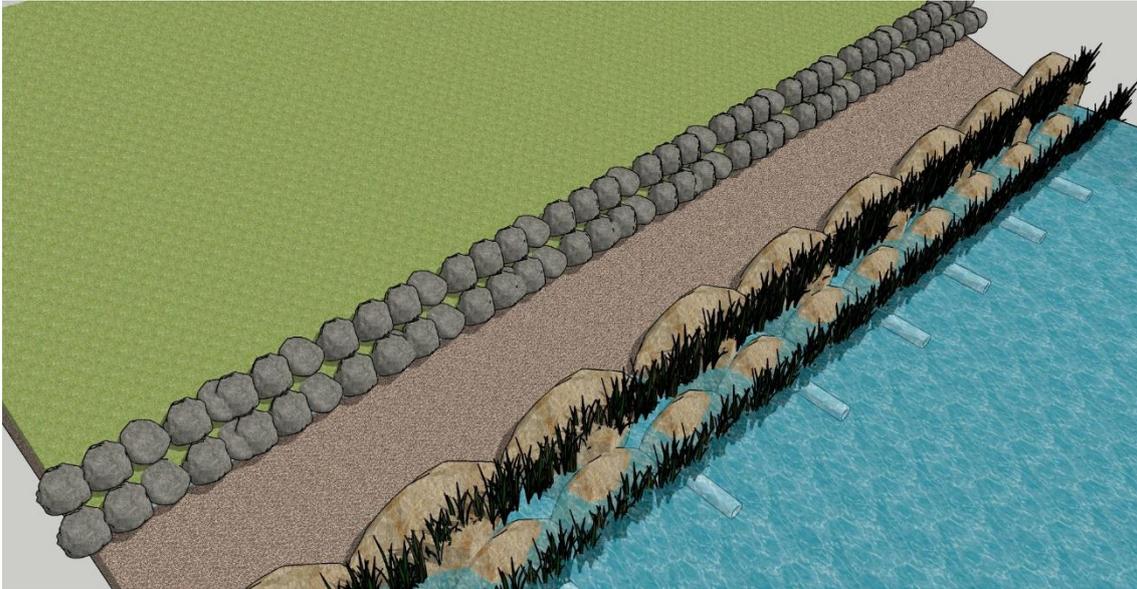


Figura 33. Detalle espacio intergaviones. Recreación digital.
Fuente: Elaboración propia. Sketchup 2020.

3.4 - Colocación primera y segunda línea de gaviones

Gavión (del italiano gabbione que significa "jaula grande"; del italiano gabbia y del latín cavea que significa "jaula") es una jaula, cilindro o caja llena de rocas, hormigón o, a veces, arena y tierra para su uso en ingeniería civil, construcción de carreteras, aplicaciones militares y paisajismo. También utilizado para el control de inundaciones y protección de taludes, para el control de la erosión en cursos de agua, riberas etc.

Las cajas de gaviones se dividen en varias celdas o diafragmas de dimensiones acordes a la normativa. La división más usual es con diafragmas rectangulares de dimensiones 1x1x1. Los bordes de todas las cajas, así como los alambres de refuerzo u orillos serán alambres de mayor diámetro que los alambres de la malla para fortalecer y marcar la estructura de la caja. Estos alambres serán de iguales características y especificaciones en lo que se refiere a la protección contra la corrosión, siguiendo también la normativa vigente. Más adelante se detallan sus características.

Las cajas de gaviones no solo protegen las riberas de los daños causados por la corrosión que se produce, sino que también logran un intercambio de sustancias naturales entre las aguas y la masa de suelo de la pendiente descendente para el equilibrio ecológico.

3.4.1.-Implementación de gaviones: Sistema de contención y estabilización.

El sistema de contención y estabilización estará formado por dos líneas de gaviones.

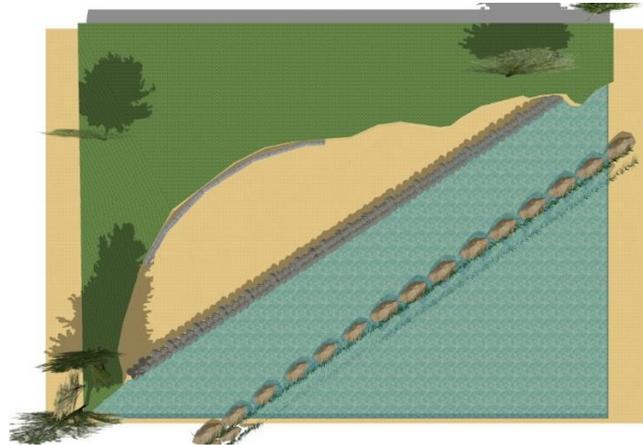
La primera de ellas estará situada en la pared del derrumbamiento, sirviendo como muro de contención proporcionando rigidez a la pared del derrumbe de tierra. Se dispondrán en la zona más alejada de la orilla, en este caso, cubriendo

120 metros de perímetro como se puede observar en la siguiente recreación digital.

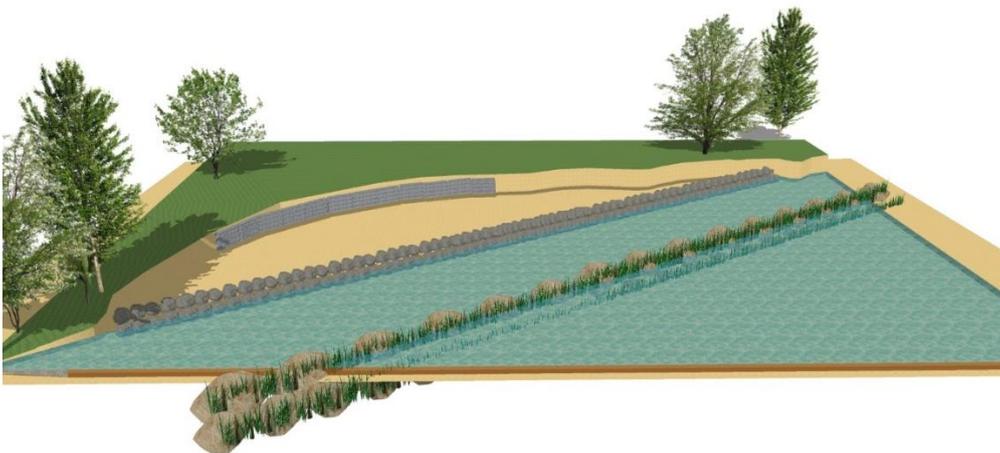
Para realizar la función de muros de contención, estos deben cumplir ciertos requisitos en cuanto a estabilidad estructural:

- Comprobación a deslizamiento.
- Comprobación a vuelco.
- Comprobación a núcleo central.
- Cálculo de la puntera.
- Cálculo del talón.

Por ello la disposición espacial que tendrán estos, vendrá dada de estructuras monolíticas estandarizadas que cumplen estos requisitos de estabilidad estructural. Esta será mostrada más adelante (Figura 28).



*Figura 34. Vista aérea recreación digital. Colocación primer línea de gaviones.
Fuente: Elaboración propia. Sketchup 2020.*



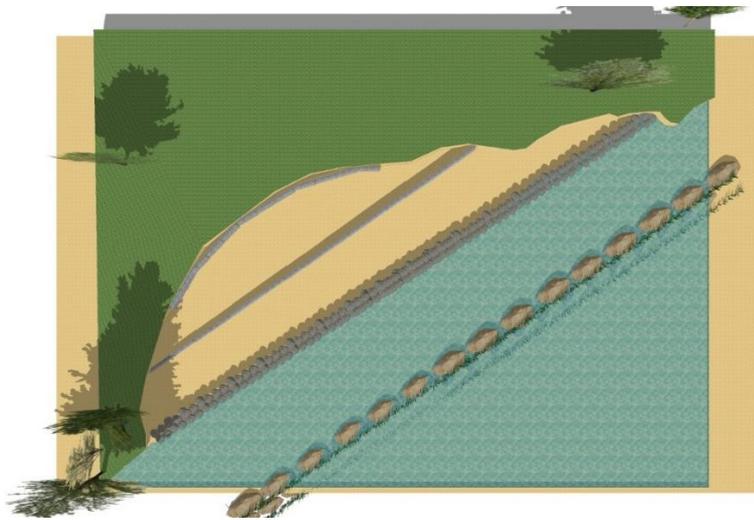
*Figura 35. Vista en perspectiva recreación digital. Colocación primera línea de gaviones.
Fuente: Elaboración propia. Sketchup 2020.*

La segunda línea de gaviones proporcionará estabilidad al sistema, al verse los espacios inter gaviones rellenos de draga y compost por lo que habrá que contener dicho material. Su función es de refuerzo al sistema completo sirviendo como elemento estabilizador.

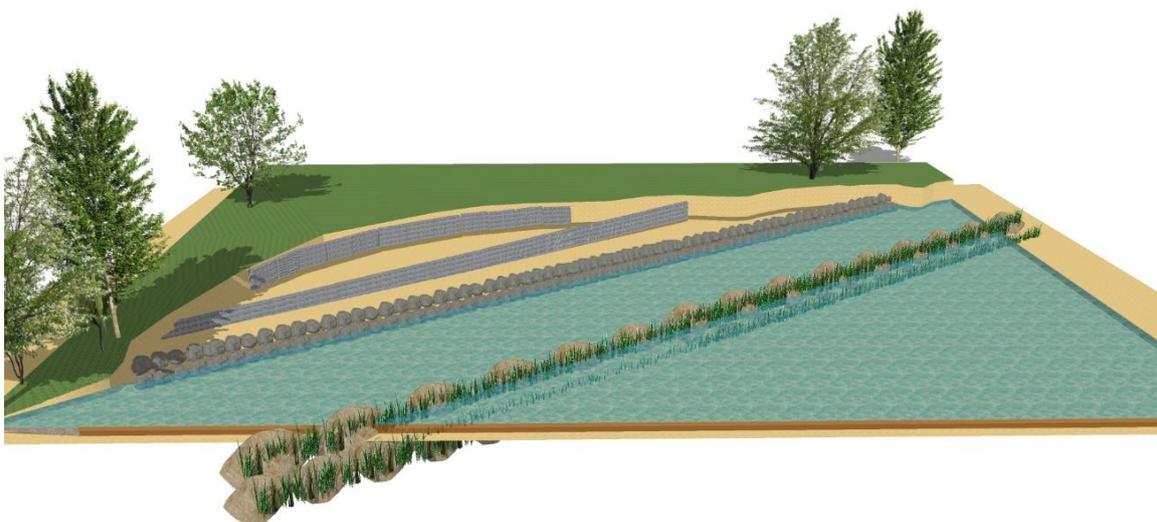
Se colocará en la mitad del derrumbe, aproximadamente a 20 metros de la zona más alejada de la orilla, formando una pared central paralela a la línea de costa de altura acorde a la pendiente teórica calculada, 14%. Cubrirá 120 metros paralelos a la línea de costa.

Realizando un simple cálculo se llega a la conclusión de que la altura aproximada que tendrá la segunda línea de gaviones es de 4 metros

Las disposiciones espaciales de estos se añadirán más adelante.



*Figura 36. Vista aérea recreación digital. Colocación segunda línea de gaviones.
Fuente: Elaboración propia. Sketchup 2020.*



*Figura 37. Vista en perspectiva colocación segunda línea de gaviones.
Fuente: Elaboración propia. Sketchup 2020.*

3.4.2 -Elección del tipo de gaviones a utilizar y sus características según UNE 36730:2006 y UNE-EN 10223-3:2014.

La designación según **UNE 36730:2006 Gaviones y gaviones recubrimiento de enrejado de malla hexagonal de alambre de acero galvanizado o galvanizado y recubierto de PVC**, es la siguiente:

5 DESIGNACIÓN

Los gaviones y gaviones recubrimiento se designarán mediante los conceptos siguientes:

- a) Número de esta norma.
- b) Tipo de gavión o gavión recubrimiento.
- c) Tipo de malla y diámetro del alambre.
- d) Tipo de recubrimiento superficial.

La designación de los gaviones que se utilizarán es:

UNE 36730:2006 Gavión 4x1x1,2 malla 8 x 10-2,70 mm. Galvanizado Zn95Al5

UNE 36730:2006 Gavión 3x1,5x1,2 malla 8 x 10-2,70 mm. Galvanizado Zn95Al5

En primer lugar, se elige el tipo de alambre más idóneo para las características del gavión, del lugar de instalación y función.

Seguendo la UNE-EN 10223-3:2014, se utilizarán tipos de alambre:

Alambre de malla. Alambre de acero de bajo contenido en carbono con recubrimiento anticorrosivo.

El diámetro del alambre viene dado por el tipo de malla que se va a utilizar y al tipo de producto final.

Tabla 2 – Dimensiones de la malla, dimensiones del alambre, tolerancias y aplicaciones

Designación de la malla	Dimensión de la malla <i>M</i>	Tolerancias en la dimensión de la malla	Diámetro del alambre <i>d</i>	Tipo de producto
	(mm)	(mm)	(mm)	
5x7	50	- 0/+6	2,0	Malla en rollo
6x8	60	- 0/+8	2,0 ^a	Malla en rollo; Colchón
			2,2 ^a	
			2,4	Malla en rollo
			2,7	Malla en rollo; Gaviones

8x10	80	- 0/+10	2,2	Unidades de refuerzo del terreno para estructuras de retención ^b
			2,4	-
			2,7 ^a	Unidades de refuerzo del terreno para estructuras de retención ^b Gaviones; Malla en rollo
			3,0 3,4 3,9	Malla en rollo; Gaviones
10x12	100	- 4/+12	2,7	Malla en rollo
			3,0	
^a Con o sin revestimiento plástico. ^b Con revestimiento plástico para productos para refuerzo del terreno.				

Extracto UNE-EN 10223-3:2014. Tabla 2. Página 15.

En este caso se elige una malla **8x10-2,70 mm**.

Siguiendo las recomendaciones de la **Tabla 1 – Descripción del medio ambiente del lugar de instalación relativos al revestimiento del alambre**, se elige el tipo de revestimiento.

Agresividad media: (C3) Condiciones secas Zona templada, entorno atmosférico medianamente contaminado o con algunos efectos de cloruros, por ejemplo, zonas urbanas, zonas costeras con bajo sedimento de cloruros, por ejemplo, zonas subtropicales y tropicales, atmósfera con baja contaminación		Cinc	A
		Aleación Zn95%/Al5%	A
		Aleación Zn90%/Al10%	A
	Cloruro de polivinilo (PVC)	Aleación Zn95%/Al5%	A
	Poliamida (PA6)		E
	Cloruro de polivinilo (PVC)	Aleación Zn90%/Al10%	A
	Poliamida (PA6)		E

Extracto UNE-EN 10223-3:2014. Tabla 1. Página 13.

El tipo de revestimiento elegido es **Zn95Al5** por inmersión en baño de cinc fundido.

Las mallas que se especifican deben tener un **alambre de refuerzo o cosido** (alambres de borde lateral (2) y alambres transversales de refuerzo (1) a lo largo

de los bordes longitudinales, de un diámetro superior al del alambre utilizado en la malla. Deben ser alambre de la misma calidad.

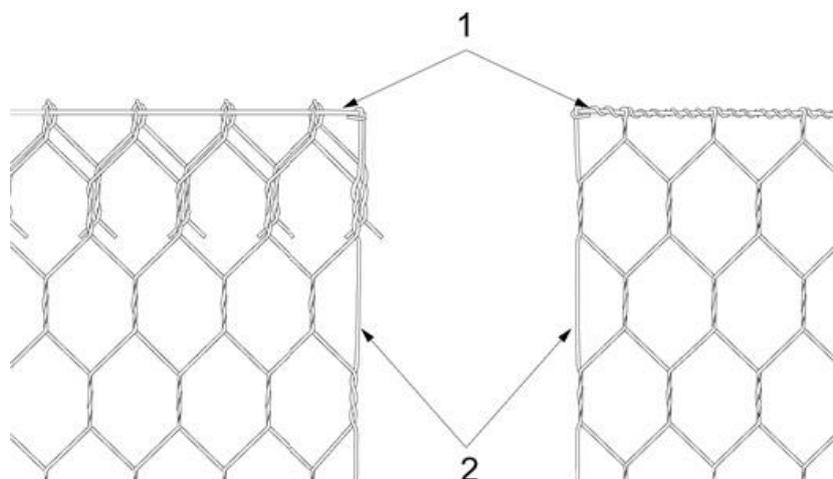


Figura 38. Detalle alambre de refuerzo o cosido. Fuente: UNE-EN 10223-3:2014

Acorde a la **UNE-EN 10223-3:2014**:

Tabla 3 – Diámetros del alambre de la malla, del alambre de refuerzo y del alambre de borde lateral

Diámetro del alambre de la malla	Diámetro de los alambres de refuerzo y de borde lateral
mm	mm
2,0	2,4
2,2	2,7
2,4	3,0
2,7	3,4
3,0	3,9
3,4	4,4
3,9	4,9

Las uniones entre gaviones se realizarán por medio de grapas de atado conforme a la normativa. Serán utilizadas para montar y cerrar los gaviones y sus tapas, así como para unir los gaviones con los contiguos en la obra. Estas deben colocarse cada **200 mm** en aristas comunes. Para formar una **estructura monolítica** entre los gaviones, imperativamente se deben unir entre ellos.

6.9 Grapa de atado

Las grapas de atado se deben fabricar con alambre revestido de cinc o de aleación de cinc-aluminio, de 3,00 mm de diámetro y con una masa de revestimiento mínima de 255 g/m². La resistencia mínima a la tracción del alambre del anillo de atado debe ser 1 720 MPa para el alambre revestido de cinc o de aleación de cinc-aluminio, y de 1 550 MPa para el alambre de acero inoxidable. La resistencia a la apertura de los anillos de atado debe ser de 2,0 kN como mínimo.

Extracto UNE-EN 10223-3:2014. Página.18

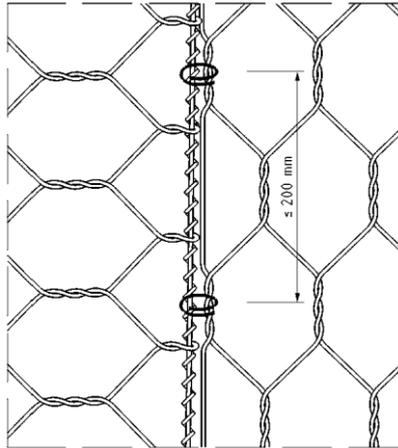


Figura 39. Detalle grapas de atado.
Fuente: UNE-EN 10223-3:2014

El último elemento estructural de un gavión que queda por presentar son los tirantes.

Estos serán fabricados con alambre metálico revestido de cinc-aluminio con protección contra la corrosión equivalente a la de los gaviones. Se utilizan para dar consistencia al gavión, limitando la deformación de las caras laterales, formando un refuerzo longitudinal en las esquinas y en el interior del gavión.

Los **tirantes** se colocarán en capas durante el llenado del gavión para evitar la deformación de la estructura en la siguiente disposición.

- 7.2.2.5** Durante el llenado, para evitar la deformación de la estructura de gaviones, es imprescindible colocar capas horizontales de tirantes que abracen dos mallas en el caso de malla 8 x 10, o tres mallas en el caso de malla 5 x 7. La distancia entre las capas de tirantes será de 0,33 m ($h/3$) en los gaviones de 1 m de altura (h) y de 0,25 m en los gaviones de 0,50 m de altura. La distancia horizontal entre ellos será de 0,33 m.

Extracto UNE 36730:2006. Página 14.

Para finalizar se mostrará una tabla resumen con las características de los distintos elementos estructurales mencionados.

CONCEPTO	DIAMETRO	RECUBRIMIENTO
Alambre de malla	2,70 mm	Zn95Al10
Alambre de refuerzo o cosido (tirantes)	3,40 mm	
Alambre grapa de unión	3,00 mm	

Tabla 1. Tabla resumen elementos estructurales de un gavión.
Fuente: Elaboración propia.

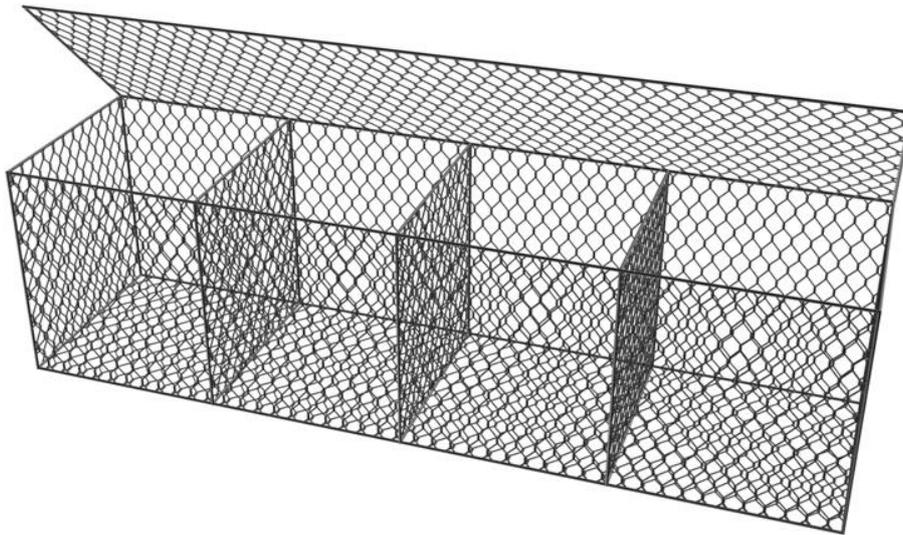


Figura 40. Recreación digital caja gavión.
Fuente: Elaboración propia.

3.4.3- Proceso de montaje y relleno de gaviones:

Generalidades:

Se necesitará adaptar una zona con dimensiones suficientes para la descarga y almacenaje de los materiales y productos entregados para la construcción de la obra de gaviones.

Las cajas de gaviones deben montarse con diafragmas a fin de rigidizar su estructura y limitar deformaciones durante las operaciones de relleno.

Se realizará el llenado por niveles.

Montaje y colocación de las cajas de gavión:

Se desplegarán los gaviones y se abatirán en el suelo. Los laterales y diafragmas serán levantados para formar la caja quedando la cubierta abierta. Juntando las aristas quedarán armados después del grapado de las mismas.

Se atarán provisionalmente los encofrados destinados a evitar la deformación de las caras vistas de los gaviones a dicha cara exterior de forma que ésta quede totalmente plana contra el encofrado. Se retirará cuando finalice el relleno y cerrado del gavión.

Durante el llenado para evitar la deformación de la estructura de gaviones, es imprescindible colocar capas horizontales de tirantes que abracen dos caras. La distancia entre las capas de tirantes será de 0.33 m ($h/3$). La distancia horizontal entre ellos será de 0.33m. Se muestra un extracto de la figura que hace referencia la norma.

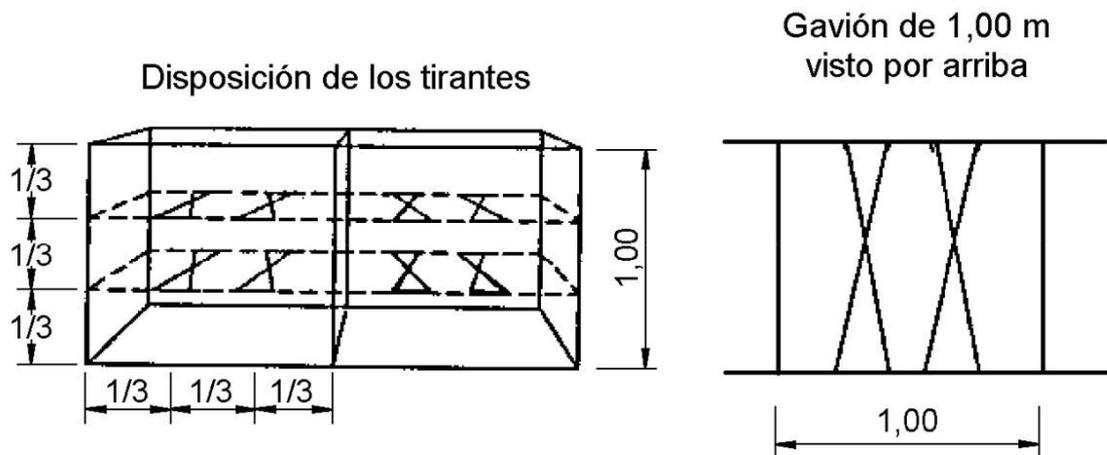


Figura 41. Disposición de los tirantes.
Fuente: UNE 36730:2006

La colocación de los tirantes se hará por niveles. Después de llenar el primer tercio de la caja, se colocarán los primeros tirantes; una vez colocados estos se procederá a rellenar otro tercio de la caja y se volverá a colocar otra capa de tirantes.

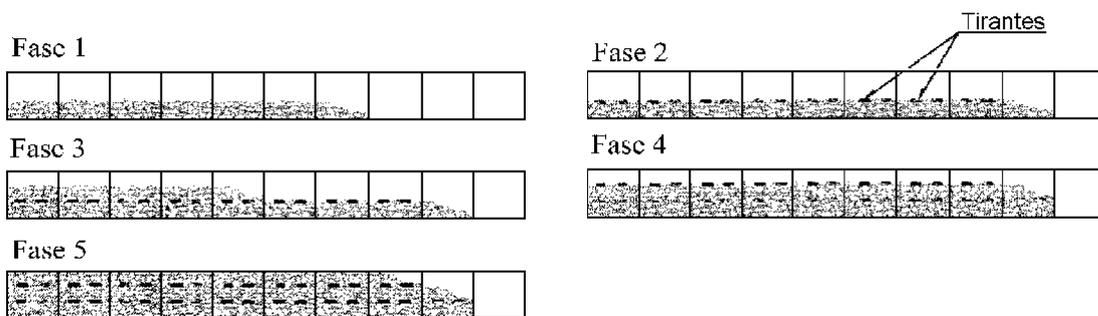


Figura 42. Detalle de relleno y tirantes.
Fuente: UNE 36730:2006

La aportación de la piedra dentro del gavión se hará, en medida de lo posible, con medios mecánicos. Será necesario la intervención manual en algunos casos para mejorar la homogeneidad del relleno.

Para el cerrado de las cajas de gavión, las aristas libres de la cubierta se alinearán con la ayuda de una palanca con las aristas libres de las cajas adyacentes para ser grapadas entre sí.

- Disposición espacial línea de gaviones:

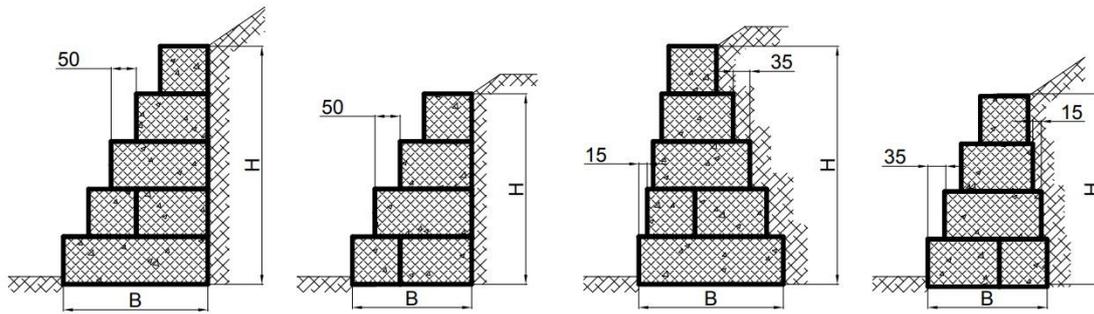


Figura 43. Muros de gaviones tipo en función de su altura H y anchura B. Cotas en cm
Fuente: Manual de estabilización y revegetación de taludes.2002.

Número de niveles	Tipo	Altura H muro (m)	Anchura B (m)
5	Fachada escalonada Relleno plano	6	3,5
4	Fachada escalonada Relleno plano	4	2,5
5	Fachada escalonada Relleno escalonado	6	3,5
4	Fachada escalonada Relleno escalonado	4	2,5

Tabla 2. Tabla de gaviones en función de su altura H y anchura B.
Fuente: Manual de estabilización y revegetación de taludes.2002.

Las filas subrayadas corresponden a las características de los muros de gaviones que se proponen construir.

Para el caso de la primera línea de gaviones en donde la pared del derrumbe se aproxima a los 7 metros, se propone construir una estructura monolítica de gaviones con 5 niveles, 6 metros de altura y 3,5 metros de anchura, alternando la utilización de los dos tipos de gaviones elegidos.

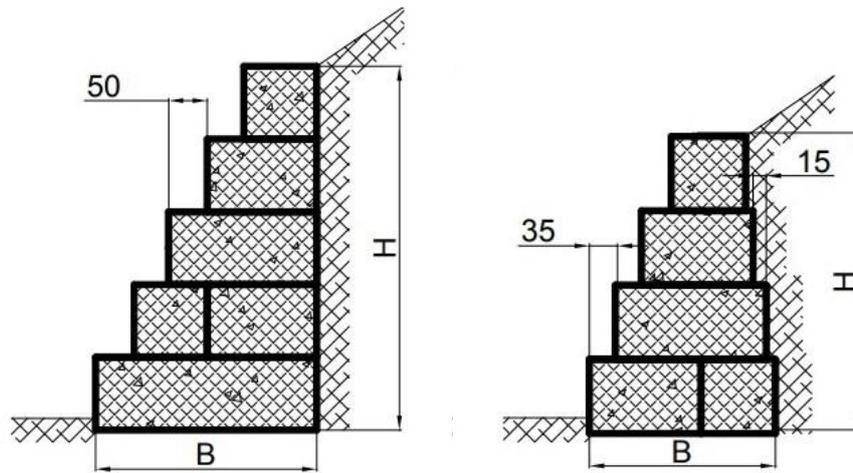


Figura 44. Disposición espacial de los gaviones.
Fuente: Manual de estabilización y revegetación de taludes.2002.

Para el caso de la segunda línea de gaviones se necesita cubrir una altura aproximada de 4 metros, por lo que se propone construir una estructura monolítica de gaviones con 4 niveles, 4 metros de altura y 2,5 metros de anchura, alternando la utilización de los dos tipos de gaviones elegidos.

3.4.4- Beneficios de utilización de gaviones

1. Estructura flexible que se adapta a los cambios de pendientes laterales y tiene una mejor seguridad y estabilidad en comparación con la estructura rígida.
2. Fuerte resistencia a la erosión de las corrientes de agua.
3. La estructura flexible aumenta la permeabilidad al agua en la naturaleza; tiene una fuerte compatibilidad con el proceso natural y la filtración de agua subterránea y permite que las materias suspendidas se depositen en las grietas de las rocas, contribuyendo al crecimiento natural de las plantas para la recuperación gradual del entorno ecológico original.

3.5 - Relleno de cavidades

Una vez se realiza la elección de los gaviones y sus elementos estructurales es necesario realizar su relleno. Generalmente se suele utilizar roca caliza, granito, cuarcita o productos procedentes de demoliciones como ladrillo u hormigón. Es aconsejable no mezclar distintos tipos de materiales en el relleno, ya que puede afectar a la uniformidad de las propiedades resistentes del muro. Los bloques deben de ser del orden de 1,5 veces mayor que la abertura de malla. Se ha elegido piedra caliza con una granulometría comprendida entre 100-200 mm.

A continuación, se muestra un extracto de la **UNE 36730:2006** Gaviones y gaviones recubrimiento de enrejado de malla hexagonal de alambre de acero galvanizado o galvanizado y recubierto de PVC relacionado con la piedra de relleno.

6.9 Piedra de relleno

6.9.1 La piedra a emplear en el relleno de gaviones será natural o procedente de machaqueo. No deberá contener en su composición agentes de tipo corrosivo y será, siempre según las especificaciones del proyecto, dura, sana, resistente a la acción del agua y a la intemperie. Se deberán evitar materiales porosos o evolutivos y elegir los de mayor densidad aparente dentro de los disponibles, preferiblemente superior a $2,2 \text{ t/m}^3$.

6.9.2 Las piedras serán de forma regular, tendrán tamaños cuyas longitudes de aristas estarán comprendidas en el intervalo de diez a veinte centímetros (10 cm a 20 cm), debiendo el material estar razonablemente graduado entre ambos límites. Los materiales deben estar limpios. En caso contrario, deberán ser lavados para eliminar arena, restos de arcillas y otros materiales asociados antes de ser colocados en el interior de la caja de gavión.

6.9.3 El coeficiente de desgaste de Los Ángeles, determinado según la Norma UNE-EN 1097-2, será inferior a cincuenta (50). La capacidad de absorción de agua deberá ser inferior al dos por ciento (2%) en peso según la Norma UNE EN 1097-6.

Extracto UNE 36730:2006. Página 13.



*Figura 45. Detalle ejemplo de material de relleno para gaviones.
Fuente: Google.*

3.5.1- Relleno de espacios gavión-gavión; gavión-escollera

Se diferencian dos espacios a rellenar.

El primero está delimitado por las líneas de gaviones y la extensión de la pared del derrumbe. El segundo se trata del espacio formado entre la segunda línea de gaviones y el primer espigón.

El llenado se realizará de material dragado en la primera etapa del proceso y de una mezcla de compost y draga, para facilitar el desarrollo de especies vegetales, en su segunda etapa.

Una vez estén los gaviones completos, se rellenará en primer lugar el espacio entre gavión-escollera al tener menor capacidad (menor altura), por lo que no ejercerá suficiente presión para poner en peligro la estabilidad de la línea central de gaviones y servirá, para cuando se realice el relleno del espacio gavión-gavión, como soporte de las fuerzas ejercidas durante dicho relleno.



*Figura 46. Detalle espacios creados.
Fuente: Elaboración propia. Sketchup 2020.*

Se realizará el relleno por partes para proporcionar seguridad y estabilidad durante el proceso. En primer lugar, se rellenará aproximadamente el 75% de la capacidad del espacio gavión-escollera. Luego se procederá a rellenar el mismo porcentaje de capacidad en el espacio gavión-gavión.

El 25% de capacidad restante de cada espacio será relleno con una mezcla de compost y draga.

Este relleno general formará una nueva superficie de apoyo, la cual estará alineada con el límite de altura de los gaviones, -50cm del nivel del talud aproximadamente (ver figura), para cubrir dicha diferencia y la parte superior de los gaviones con compost y nuevas especies vegetales. Aquí se utilizará **mantos**

orgánicos para conformar, junto con la vegetación una protección integral contra la erosión.

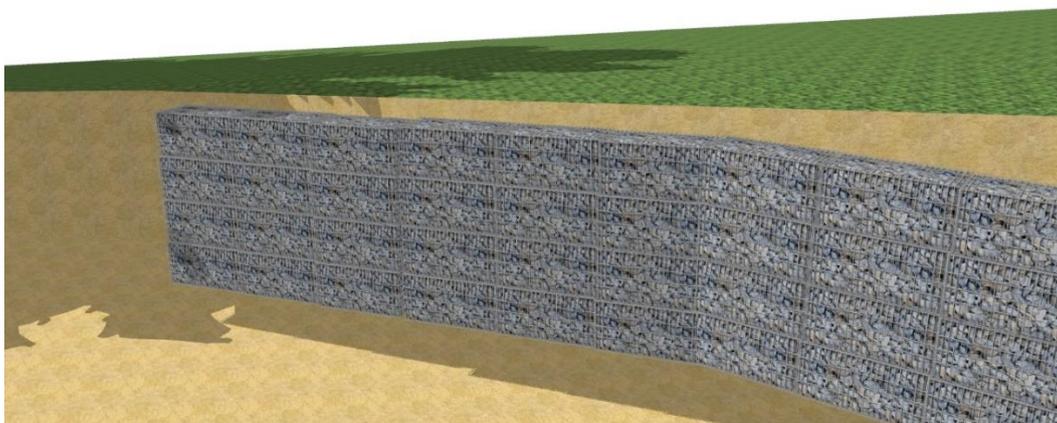


Figura 47. Detalle diferencia de nivel entre gavión y talud.
Fuente: Elaboración propia.

3.6 - Naturalización del nuevo talud creado

- Revegetación y reforestación.

Una vez estabilizada la ribera y restablecido el talud en la zona donde esto sea necesario, el siguiente paso es la naturalización de la ribera, mediante la reintroducción de especies vegetales autóctonas en el cauce, el restablecimiento de las condiciones de los taludes de la ribera en la zona de trabajo escogida y la introducción de fauna que no pueda acceder a la zona de forma natural.

La distribución de plantas y árboles está marcada por la línea del curso del río, con su humedad a diferentes alturas del sistema, entre las que se diferencian:

Doble espigón:

- Plantas de ribera: se localizan dentro del propio cauce del río, en nuestro caso soportadas en su mayor parte por las escolleras longitudinales diseñadas. Es una formación vegetal muy extensa que se encuentra sobre un par de metros en la línea de agua que suele constituir la ribera de un río. Se establecerán entre las piedras de las escolleras de los dos espigones y en el espacio inter espigones. Con respecto a la vegetación con la que se propone revegetar la ribera, cabe destacar:

La **enea, junco o carrizos** y otras plantas acuáticas, son plantas muy resistentes a las plagas, enfermedades y en este caso salinidad en los cambios de marea. Estas plantas también actúan como filtro verde: introducen oxígeno por las raíces, lo que mejora la calidad del agua ya que generan una biomasa bacteriana que degrada la materia orgánica existente en el agua, también extraen del agua muchos contaminantes como pesticidas de campos de cultivo, metales pesados, compuestos de amonio de las aguas residuales, entre otros.

Por otro lado, las eneas y juncos sirven de refugio entre sus hojas a peces pequeños, protegiéndose de los más grandes y de los pájaros pescadores que estén por esas zonas, como el martín pescador. Las hojas de las eneas también sirven para que construyan su nido algunos pájaros que están especializados en cazar mosquitos al vuelo, como es el mosquitero común (*Phylloscopus collybita*) y el carricero común (*Acrocephalus scirpaceus*).



Figura 48. Juncos y eneas.
Fuente: Google.

En segunda línea de ribera más cercanas al espigón de marea alta se dispondrán **las plantas aromáticas**: la introducción de estas en la revegetación de la ribera es un punto muy beneficioso para eliminar los insectos de la zona, que han ocasionado algunos problemas en los últimos tiempos, como ha sucedido con el mosquito del Nilo. La menta acuática es un auténtico repelente contra los mosquitos, que se alejan por su olor. Con esta, se evita que los mosquitos se mantengan cerca de la orilla, favoreciendo que disminuya su población en su entorno cercano.

Espacio inter gavión de estabilización (gavión intermedio) y doble escollera:

- Bosque de galería.

Inmediatamente después de las plantas de ribera y aromáticas se tiene el bosque de galería, que se encuentra en la siguiente línea longitudinal, árboles con el tronco en tierra, pero las raíces están en la línea de agua donde desarrollan miles de ellas en su busca y así estabilizan todos los taludes de los ríos en el mundo, por eso es muy importante recuperarlos aquí en esta ribera naturalizada. Es en estas plantaciones donde se encuentra la mayor concentración tanto animal como vegetal.

Este bosque de galería se suele dividir en tres bandas de vegetación, que en el caso del río Guadalquivir comprende: Saucedá, Chopera y Olmeda.

- Saucedá, la **sarga** (*Salix elaeagnos*) es la más característica de esta zona del Guadalquivir. La sarga es un sauce arbustivo caducifolio que puede llegar a los 6 metros de altura, que crece en los guijarrales cerca de los ríos y arroyos, de hojas lineares, estrechas y revolutas

Esta en la primera línea de vegetación de la ribera, está en contacto con el cauce del río o en una zona muy cercana a él puesto que son plantas que necesitan mucha humedad para poder sobrevivir. Normalmente la sauceda está formada por varias especies de sauces arbustivos y arbóreos que hibridan entre sí y habrá que escoger los más adaptados a esta zona del estuario del Guadalquivir.

- Chopera: a base de **Álamo blanco** (*Populus alba*) crece en toda la península ibérica. Soporta bien el frío y los calores excesivos con el hecho de contar con agua en sus raíces. Crece rápido. Además, es un árbol que no tiene grandes requerimientos en cuanto al tipo de suelo, pudiéndose adaptar, sobre todo en sitios húmedos en las proximidades de los ríos porque requiere abundante agua. Aporta mucha sombra, por lo que favorece la estancia en el paseo fluvial de las personas.
Se va a ubicar un álamo cada 10 metros para no perder la visión al río, pero para tener bastante sombra puesto que este árbol puede llegar a tener hasta 30 metros de altura.
- Olmeda: **Olmo** (*Ulmus spp.*) es un árbol con una raíz primaria o pivotante muy fuerte que actúa como estabilizante del suelo de las orillas y canales en algunos países, por lo que esto también puede aliviar otro de los problemas que presenta este lugar. Es un árbol que se suele plantar en las riberas de los ríos. Puede llegar a alcanzar hasta los 40 metros de altura.

La localización de la última línea de vegetación de la ribera se situarán los olmos de forma alternada al tresbolillo con los álamos blancos, cada 10 metros, quedando una separación de ambos de unos 5 metros. Con esto se conseguirá un mayor espacio de sombra y, de nuevo, no perder la visión del río en el camino situado en la zona superior a la intervención.

Plantas como el **taraje**, o taray, (*Tamarix africana*) son muy importantes en la orilla del Guadalquivir a esta altura del estuario y se introducirán entre los árboles nombrados anteriormente.

Es un arbusto o arbolillo de 3 ó 4 metros de altura; ramas largas y flexibles, difíciles de romper, de corteza pardo-rojizo oscuro, las más jóvenes algo lustrosas y lampiñas.

Sotobosque: conjunto de arbustos, hierbas y matorrales que están más cercanos a la superficie en el bosque de galería, configuran la zona más boscosa de la ribera.

Para finalizar cabe destacar que toda la vegetación que se ha tenido en cuenta para reforestar la ribera tiene tolerancia a la salinidad, es decir, tienen la capacidad de soportar un alto contenido de sal en el suelo donde se encuentran y sobre todo a los cambios de salinidad con las mareas diarias. Nunca debe

plantarse una sola especie, sino una sucesión de variedades de tal forma que se recupere el sistema vegetativo original.

Además de los beneficios en el ecosistema nombrados anteriormente, las especies vegetales también tienen efectos directos en la estabilidad del talud.

Efectos hidrológicos de la vegetación.

La vegetación afecta las condiciones hidrológicas de un talud de varias formas

Interceptación de la Lluvia.

Se puede decir que la lluvia se divide en dos partes, la lluvia que cae directamente sobre el suelo y la lluvia que es interceptada por el follaje de la vegetación.

$$\text{Lluvia interceptada} = \text{Lluvia} \times \% \text{área follaje}$$

Dependiendo de la intensidad de la lluvia y del cubrimiento y tipo de vegetación en el mejor de los casos puede interceptarse hasta un 60% del total de la lluvia anual. Parte de la lluvia interceptada es retenida y evaporada, y parte alcanza finalmente la tierra por goteo o por flujo sobre las hojas y troncos.

Retención de Agua.

La retención de agua en el follaje demora o modifica el ciclo hidrológico en el momento de una precipitación. Este fenómeno disminuye la cantidad de agua de escorrentía disminuyendo su poder erosivo, pero puede aumentar la ratio de infiltración.

La retención de agua en el follaje depende del tipo de vegetación, sus características y la intensidad de la lluvia. Los árboles de mayor volumen o densidad de follaje demoran más el ciclo hidrológico, en razón a que retienen por mayor tiempo las gotas de lluvia. En el caso de lluvias muy intensas la retención de agua es mínima, pero en el caso de lluvias moderadas a ligeras,

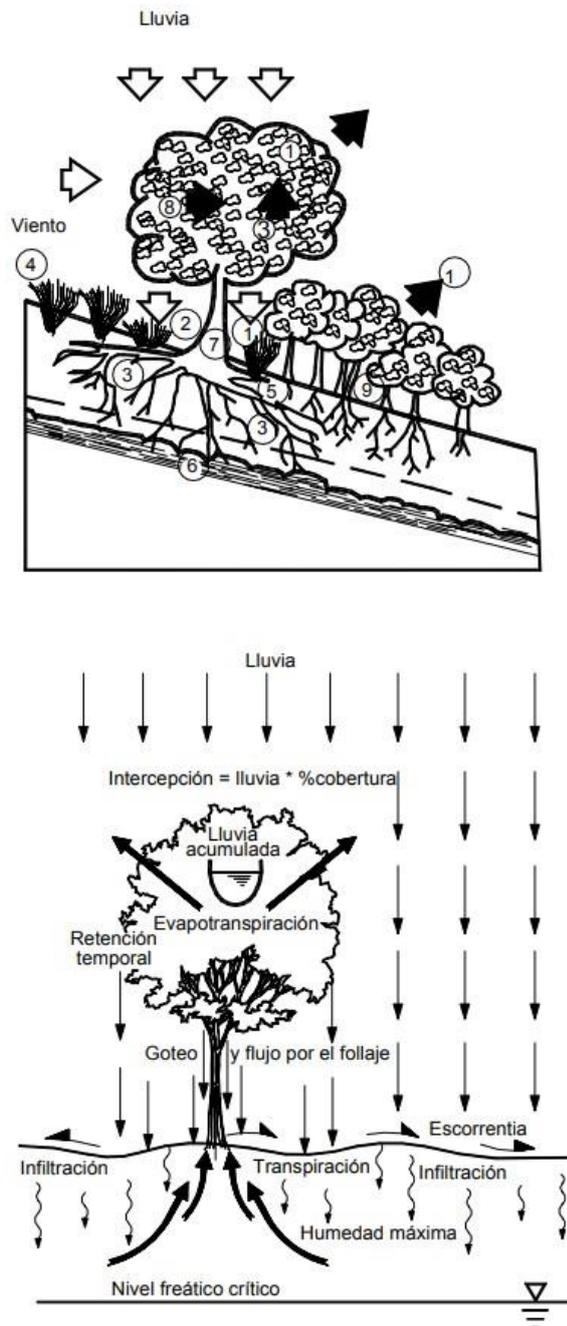


Figura 49. Efectos hidrológicos de la vegetación. Fuente: Deslizamientos: Técnicas de remediación. Jaime Suarez.

la retención puede ser hasta de un 30%, dependiendo de las características de la vegetación. En los climas para los cuales la precipitación es muy grande, el efecto de la cobertura vegetal sobre la estabilidad es mínimo y en áreas de clima árido la cobertura vegetal puede afectar en forma significativa la ocurrencia de deslizamientos.

Acumulación de Agua.

Parte del agua retenida es acumulada en el follaje para luego ser evaporada. Existe experiencia con especies vegetales, la cual permite determinar el volumen total de agua acumulada, teniendo en cuenta la densidad de área total y el volumen del follaje.

Goteo o Flujo por el Follaje.

El agua retenida no acumulada retorna a la tierra por goteo o flujo por el follaje. La rapidez de flujo depende de la aspereza de las superficies de las hojas y tronco, y los diámetros y ángulos de las hojas con la vertical.

Evapotranspiración.

La evapotranspiración es un efecto combinado de evaporación y transpiración. Su efecto es una disminución de la humedad en el suelo. Cada tipo de vegetación en un determinado tipo de suelo, tiene un determinado potencial de evapotranspiración y se obtiene generalmente una humedad de equilibrio, dependiendo de la disponibilidad de agua lluvia y nivel freático. La capacidad de una planta para consumir humedad del suelo depende del tipo y tamaño de la especie, clima, factores ambientales y características del suelo.

A medida que disminuye la humedad del suelo, la evapotranspiración disminuye. En ocasiones, la vegetación produce un efecto de mantener la humedad por debajo del límite de saturación, en el cual comienzan a disminuir las presiones que ayudan a la estabilidad del talud.

Funciones específicas de las plantas.

Las diferentes partes de una planta cumplen funciones específicas desde el punto de vista de manejo geotécnico.

Las raíces cumplen una función muy importante de absorción, pero además interactúan con el suelo y lo refuerza.

- Control de la erosión.

El efecto más importante en la vegetación es la protección contra la erosión en todos los casos. La ratio de erosión aumenta con el tiempo a medida que las raíces se descomponen.

La vegetación con mayor densidad de follaje amortigua más eficientemente el golpe de las precipitaciones y disminuye la erosión. Sucede parecido con hierbas y pastos, que forman un colchón protector contra los efectos erosivos del agua de escorrentía.

Se ha llegado a concluir que la mejor protección contra la erosión y los deslizamientos se obtiene estableciendo conjuntamente todos los sistemas de vegetación, incluyendo musgos.

- **Acción de refuerzo de las raíces**

Las raíces refuerzan la estructura del suelo y pueden actuar como anclajes en las discontinuidades.

Sirven como unión de los suelos más inestables a los mantos más estables. Esto se puede traducir en la unión de grupos de partículas que impiden la ocurrencia de pequeños deslizamientos. En conclusión, aumentan la cohesión del suelo en gran proporción.

Forman una red densa entretejida en los primeros 30-50 cm de suelo, tendiendo a reforzar la masa de suelo más superficial.

El efecto de la vegetación es una interacción compleja entre factores hidrológicos y mecánicos de difícil cuantificación.

- Reintroducción natural o artificial de especies animales.

Una vez realizada la revegetación y reforestación correspondiente, especies animales empezarán a aparecer, al haber aportado materia vegetal está atraerá nuevas especies o especies que se habían desplazado por la inexistente posibilidad de alimentación.

Finalizando la propuesta para reducir el número de mosquitos de la zona, afectada por el Virus del Nilo, además de las plantas aromáticas las aves insectívoras, que son aquellas cuya alimentación se compone en su totalidad de insectos, aumentaran el confort de las personas en el entorno de los caminos de la zona. Estas plantas aromáticas también atraerán a murciélagos, grandes consumidores de mosquitos, pudiéndose comer en el caso del murciélago común unos 1.000 mosquitos al día.

Los peces y animales acuáticos llegarán de forma natural a los parajes creados entre las oquedades y dispositivos naturalizadores desarrollados para ellos en el sistema de los espigones.

Para propiciar que haya poblaciones variadas de aves, se van a instalar cajas nido para pájaros insectívoros y murciélagos en los árboles existentes en la cercanía de la intervención y, en su momento, en los que se planten en la orilla del río

Con todo esto, llegamos al concepto de bioseguridad aplicado en la ribera del río en la zona intervenida, en la que a partir de una biodiversidad equilibrada se controlan las poblaciones existentes y se limita la difusión del virus del Nilo por los mosquitos.

4. MEDICIONES Y CÁLCULOS:

A continuación, se mostrarán las dimensiones y cálculos realizados.

- **Cálculo de la pendiente:**

Altura = 7 metros

Longitud = 50 metros

Pendiente (%) = (*Altura* / *Longitud*) x100

$$m = \frac{h}{l} \cdot 100 = \frac{7}{50} \cdot 100 = 14\%$$

- **Cálculo de altura muro gaviones central:**

$$m = \frac{h}{l}$$

$$0,14 = \frac{h}{30}$$

$$h = 0,14 \cdot 30 = 4,2 \text{ metros}$$

- **Gaviones**

UNE 36730:2006 Gavión 4x1x1,2 malla 8 x 10-2,70 mm. Galvanizado Zn95AI5

Geometría:

- *Largo* = 4 metros (m)
- *Ancho* = 1 metro (m)
- *Alto* = 1,2 metro (m)
- *Volumen* = 4,8 metros cúbicos (m³)
- *Peso aproximado con relleno* = 8,4 toneladas (t)
Peso específico roca relleno = 1,8 – 2,4 t/m³
Volumen caja = 4,8 m³

$$4,8 \text{ m}^3 \cdot 1,8 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 8,64 \text{ t}$$

UNE 36730:2006 Gavión 3x1,5x1,2 malla 8 x 10-2,70 mm. Galvanizado Zn95AI5

Geometría:

- *Largo* = 3 metros (m)
- *Ancho* = 1,5 metro (m)
- *Alto* = 1,2 metro (m)
- *Volumen* = 5,4 metros cúbicos (m³)
- *Peso aproximado con relleno* = 8,4 toneladas (t)
Peso específico roca relleno = 1,8 – 2,4 t/m³
Volumen caja = 5,4 m³

$$5,4 \text{ m}^3 \cdot 1,8 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 9,72 \text{ t}$$

- Coste de relleno

Metro cubico gavión 4x1x1,2 = 102,31 euros. 491,08 euros/gavión.

Metro cubico gavión 3x1,5x1,2 = 102,87 euros. 555,49 euros/gavión.

CCG010

m³ Muro de gaviones.

Muro de gaviones compuesto por caja de 4x1x1,2 m de malla de triple torsión, hexagonal, de 80x100 mm, de alambre de acero galvanizado de 2,70 mm de diámetro, rellena de piedra caliza de aportación de granulometría comprendida entre 100 y 200 mm, colocada con retroexcavadora sobre neumáticos. Incluso elementos de apuntalamiento necesarios para su alineación y aplomado, grapas para sujeción de la caja.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio	
				unitario	Importe
1					
Materiales					
mt07ame520l	Ud	Caja de 4x1x1,2 m de malla de triple torsión, hexagonal, de 80x100 mm, de alambre de acero galvanizado de 2,7 mm de diámetro, para gavión, según UNE 36730.	0,265	48,53	12,86
mt50spr100a	m	Cable de acero de 3,4 mm de diámetro, para sujeción de malla de triple torsión.	1,750	1,37	2,40
mt50spa052b	m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm.	0,300	5,38	1,61
mt50spa101	kg	Grapas de acero para cerramientos	0,075	1,59	0,12
mt06psm010a	m ³	Piedra caliza de granulometría comprendida entre 100 y 200 mm.	1,100	18,80	20,68
Subtotal materiales:					37,67
2					
Equipo y maquinaria					
mq01exn020a	h	Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos, de 105 kW.	0,330	47,26	15,60
mq04cab010c	h	Camión basculante de 12 t de carga, de 162 kW.	0,275	40,96	11,26
Subtotal equipo y maquinaria:					26,86
3					
Mano de obra					
mo041	h	Oficial 1ª construcción de obra civil.	0,330	18,89	6,23
mo087	h	Ayudante construcción de obra civil.	1,650	17,90	29,54
Subtotal mano de obra:					35,77
4					
Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2,000	100,30	2,01
Costes directos (1+2+3+4):					102,31
Coste de mantenimiento decenal: 15,37€ en los primeros 10 años.					

Figura 50. Hoja de cálculos coste de m³ gavión 4x1x1,2. Fuente: <http://www.generadordeprecios.info/>

Muro de gaviones compuesto por caja de 3x1,5x1,2 m de malla de triple torsión, hexagonal, de 80x100 mm, de alambre de acero galvanizado de 2,70 mm de diámetro, rellena de piedra caliza de aportación de granulometría comprendida entre 100 y 200 mm, colocada con retroexcavadora sobre neumáticos. Incluso elementos de apuntalamiento necesarios para su alineación y aplomado, grapa de acero para sujeción de la caja

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1					
Materiales					
mt07ame520h	Ud	Caja de 3x1,5x1,2 m de malla de triple torsión, hexagonal, de 80x100 mm, de alambre de acero galvanizado de 2,7 mm de diámetro, para gavión, según UNE 36730.	0,350	38,31	13,41
mt50spr100a	m	Cable de acero de 3,4 mm de diámetro, para sujeción de malla de triple torsión.	1,750	1,37	2,40
mt50spa052b	m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm.	0,300	5,38	1,61
mt50spa101	kg	Clavos de acero.	0,075	1,59	0,12
mt06psm010a	m ³	Piedra caliza de granulometría comprendida entre 100 y 200 mm.	1,100	18,80	20,68
				Subtotal materiales:	38,22
2					
Equipo y maquinaria					
mq01exn020a	h	Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos, de 105 kW.	0,330	47,26	15,60
mq04cab010c	h	Camión basculante de 12 t de carga, de 162 kW.	0,275	40,96	11,26
				Subtotal equipo y maquinaria:	26,86
3					
Mano de obra					
mo041	h	Oficial 1ª construcción de obra civil.	0,330	18,89	6,23
mo087	h	Ayudante construcción de obra civil.	1,650	17,90	29,54
				Subtotal mano de obra:	35,77
4					
Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2,000	100,85	2,02
Coste de mantenimiento decenal: 15,46€ en los primeros 10 años.				Costes directos (1+2+3+4):	102,87

Figura 51. Hoja de cálculos coste de m³ gavión 3x1,5x1,2. Fuente: <http://www.generadordeprecios.info/>

- Número de gaviones.

Primera línea de gaviones está formada por un total de **180 gaviones 4x1x1,2** y **120 gaviones 3x1,5x1,2** organizados de la siguiente manera:

DISTRIBUCION PRIMERA LINEA DE GAVIONES

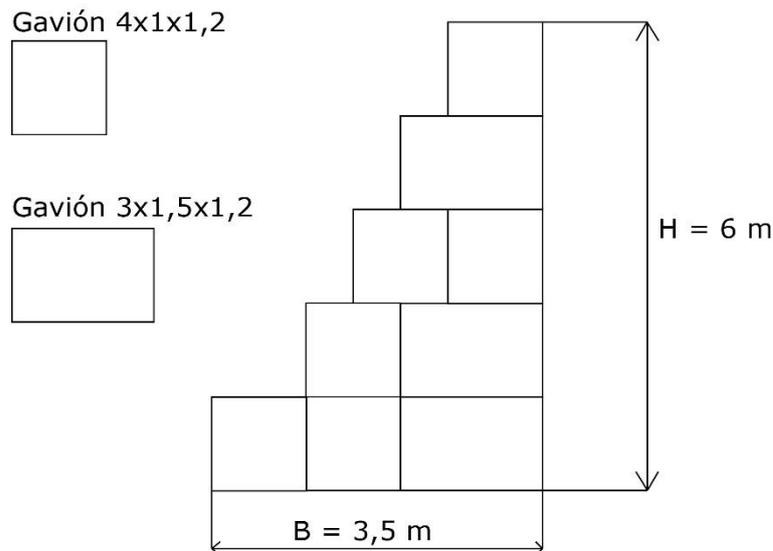


Figura 52. Distribución primera línea de gaviones. Fuente: Elaboración propia. Adobe Illustrator.

La segunda línea de gaviones está formada por un total de **120 gaviones 4x1x1,2** y **80 gaviones 3x1,5x1,2** organizados de la siguiente manera:

DISTRIBUCION SEGUNDA LINEA DE GAVIONES

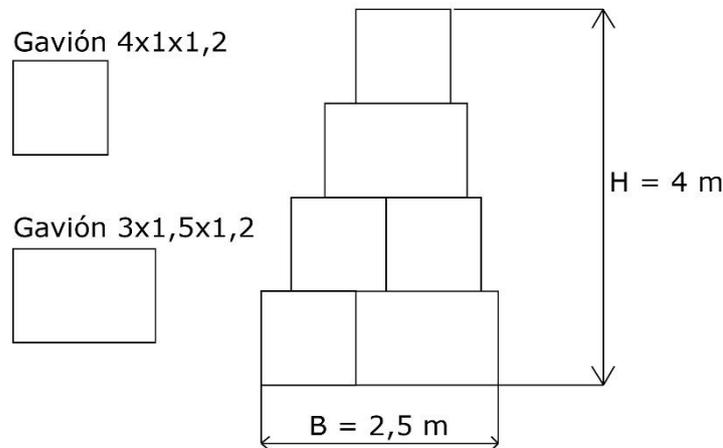


Figura 53. Distribución segunda línea de gaviones.
Fuente: Elaboración propia. Adobe Illustrator.

Número total de gaviones:

300 gaviones tipo: **UNE 36730:2006 Gavión 4x1x1,2 malla 8 x 10-2,70 mm. Galvanizado Zn95Al5.**

Coste total = 147.324 euros.

200 gaviones tipo: **UNE 36730:2006 Gavión 3x1,5x1,2 malla 8 x 10-2,70 mm. Galvanizado Zn95Al5**

Coste total = 111.098 euros.

- **Material de relleno para espacios intergaviones y espacio gavión-espigón.**

Se realizará un cálculo aproximado de los metros cúbicos de dragado y compost necesario para recuperar el talud. Para ello se calculará el volumen de secciones específicas de la rampa y se le restará el ocupado por los gaviones.

El volumen se realizará mediante la toma de datos, en concreto del área, desde la aplicación Google Earth, la cual te da áreas aproximadas de secciones de terreno que se delimiten. A estas áreas se les calculará un volumen correspondiente a la altura media en la que esté delimitada el área de terreno, ya que se trata de una zona con pendiente es algo a tener en cuenta.

En primer lugar, se ha dividido la zona en dos, por la línea longitudinal que formará la segunda línea de gaviones.

La primera zona comenzará en la pared del derrumbe finalizando a 20 metros, línea divisoria creada por la colocación de la segunda línea de gaviones. La segunda zona comenzará en la segunda línea de gaviones y avanzará 15 metros hasta la que sería la posición del primer espigón.

El área de estas zonas será tomada de la aplicación Google Earth, la cual facilita la creación de un área cerrada mostrando el valor de superficie acotada. A continuación, se añaden varias imágenes para mayor comprensión.

- Zona A



Figura 54. Área zona A.
Fuente: Google Earth.

Área zona A = 1.704 m² (Fuente: Google Earth.)

Para el cálculo del volumen se realizará una media entre los volúmenes a diferentes alturas correspondientes con las alturas máxima, media y mínima de la sección tomando como pendiente la calculada anteriormente.

Altura máxima = H_{max} = 7 metros

Volumen H_{max} = 1.704 x 7 = 11928 m³

Altura media = H_m = 5,6 metros

Volumen H_m = 1.704 x 5,6 = 9542,4 m³

Altura mínima = H_{min} = 4,2 metros

Volumen H_{min} = 1.704 x 4,2 = 7.156,8 m³

Volumen estimado zona A = (V_{max} + V_m + V_{min}) / 3 = 9542,4 m³

- Zona B



Figura 55. Área zona B.
Fuente: Google Earth.

Área zona B = 1.933,08 m² (Fuente: Google Earth.)

Se procederá de la misma manera que en la zona A.

Altura máxima = H_{max} = 4,2 metros

Volumen H_{max} = 1.704 x 4,2 = 7.156,8 m³

Altura media = H_m = 3,15 metros

Volumen H_m = 1.704 x 3,15 = 5.367,6 m³

Altura mínima = H_{min} = 2,1 metros

Volumen H_{min} = 1.704 x 2,1 = 3.578,4m³

Volumen estimado zona A = (V_{max} + V_m + V_{min}) / 3 = 5367,6 m³

Volumen total = V_A + V_B = 9.542,4 + 5.367,6 = 14910 m³

Por otro lado, tenemos 300 gaviones 4x1x1,2 y 200 gaviones 3x1,5x1,2 ocupando un total de 2520 m³ quedando un restante de 12390 metros cúbicos a rellenar.

Como se ha dicho anteriormente, se realizará el llenado de los espacios creados con draga y compost en una proporción de un 90 y 10% respectivamente.

En ese caso se tiene:

Total = 12390 m³

Draga = 11151 m³

Compost = 1239 m³

- Cálculo de plantación en ribera

Se establece la cantidad necesaria para desarrollar la ribera piloto de 150 metros. Para esta acción se tomará un rectángulo de 150 metros de longitud y 60 metros de ancho que comprende tanto el nuevo talud como terreno colindante a este que se intervendrá en esta última etapa.

Posición en talud	Clasificación	Especie	Cantidad
0-20 m (sobre espigones inclusive)	Plantas de ribera	Carrizos (<i>Phragmites australis</i>)	300
		Enea (<i>Thypha angustifolia</i>)	700*
		Juncos (<i>Juncus</i>)	700*
20-25 m (sobre segundo espigón)	Aromáticas	Menta acuática (<i>Mentha aquatica</i>)	150
25-50 m	Bosque de galería	Taraje (<i>Tamarix canariensis</i>)	7 (1 entre cada especie del bosque de galería)
		Zarza (<i>Rubus ulmifolius</i>)	7 (1 entre cada especie del bosque de galería)
		Álamo blanco (<i>Populus alba</i>)	15
		Olmo (<i>Ulmus</i>)	15
		Sauce (<i>Salix atrocinerea</i>)	15
		Fresno (<i>Fraxinus angustifolia</i>)	15

Tabla 3. Distribución especies vegetales. Fuente: Elaboración propia.

(*) Alternando variedades en la plantación.

Para finalizar se realizará la plantación de hierba tapizante para la protección del terreno frente a la erosión causada por escorrentías, vientos o paso de especies animales y el arrastre de la tierra por falta de sujeción. Además de aportar protección, aporta un valor estético dotando de un mejor aspecto al terreno.

Esta plantación se llevará acabo siguiendo una distribución en diagonal formando 45 grados con la línea de costa, tapizando una zona que cubre 170 metros de longitud y 70 metros de anchura. Se plantarán cada 20 cm dejando un espacio entre líneas de medio metro.

Para el calculo de la cantidad necesaria a plantar, al ser hierbas que tienden a colonizar el terreno gracias a su gran capacidad de crecimiento, este se ha hecho simplemente dividiendo la longitud entre el espacio entre plantas horizontal y la

anchura entre el espacio entre líneas de plantación. Estos resultados se han multiplicado obteniéndose una cantidad a plantar de 119.000 plantas.



*Figura 56 - Ilustración final. Recreación digital del perfil del terreno.
Fuente: Elaboración propia. Adobe Illustrator.*

BIBLIOGRAFIA

UNE 36730:2006 Gaviones y gaviones recubrimiento de enrejado de malla hexagonal de alambre de acero galvanizado o galvanizado y recubierto de PVC.

UNE-EN 10223-3 2014 Alambres de acero y productos de alambre para cerramientos y mallas. Parte 3: Malla hexagonal de acero para aplicaciones en ingeniería civil.

https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/caminos-naturales/6.5.%20Estabilizaci%C3%B3n%20de%20taludes_tcm30-140113.pdf

https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/ContenidosOrdenacion/red_informacion_ambiental/PDF/Geodiversidad/Geodiversidad_y_Patrimonio_Geologico_Andalucia_2006/capitulo14.pdf

Deslizamientos. Tomo II: Técnicas de Remediación – Prof. Jaime Suárez

Google Earth.

http://www.generadordeprecios.info/espacios_urbanos/Cimentaciones/Contenidos/Muros_de_gaviones/Muro_de_gaviones_0_0_2_1_0_0.html#gsc.tab=0

<https://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/agua-y-ecosistemas/la-restauracion-de-rios-y-riberas-el-territorio-fluvial/en-que-consiste-y-que-aplicaciones-tienen-las-tecnicas-y-materiales-de-bioingenieria>

<https://www.iagua.es/blogs/conoce-che-y-gestion-agua/tecnicas-bioingenieria-mejorar-estado-ecologico-y-estabilizar>

https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/ContenidosOrdenacion/red_informacion_ambiental/PDF/Geodiversidad/Geodiversidad_y_Patrimonio_Geologico_Andalucia_2006/c

https://www.researchgate.net/publication/275961929_Engineering_properties_of_vegetation

TEMA 3 ESTABILIZACIÓN DE TALUDES Juan Diego Bauzá Castelló - Obras geotécnicas – ETSI – Sevilla 2013-2014

TEMA 5 ESTABILIDAD DE TALUDES Juan Diego Bauzá Castelló - Geotecnia – ETSI – Sevilla 2013-2014

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/servicios_generales/doc_tecnicos/2012/restauracion_riberas/restauracion_de_riberas.pdf

<https://estructurando.net/2017/01/09/empujes-en-muros-sobrecarga-uniforme/>

<https://estructurando.net/2017/02/06/empujes-en-muros-sobrecarga-paralela-a-coronacion/>

<http://portal.apsevilla.com/wps/wcm/connect/ccaa2f804cce1a3f91f0d50c91117910/Balizamiento.pdf?MOD=AJPERES>

https://books.google.es/books?id=bSpiNY_nwOIC&pg=PA369&lpg=PA369&dq=Stycen+y+morgan&source=bl&ots=190DVDwPvC&sig=ACfU3U0Z9dhhH41kf_uVEyMdsE0XtHwewAw&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjcpPevvYftAhXTesAKHWPUAI0Q6AEwD3oECAIQAg#v=onepage&q=Stycen%20y%20morgan&f=false
(LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS POR EROSIÓN HÍDRICA. MÉTODOS DE ESTIMACION – J.ALMOROX ALFONSO, F.LÓPEZ BERMÚDEZ Y S.RAFAELLI)

http://www.mediodes.com/pdfs/es/cientificas/Vegetacion%20riparia%20y%20caudales_texto%20completo.pdf

www.aquapedia.org, pagina del grupo Tar, Escuela Politécnica Superior Universidad de Sevilla.

Aguapedia, Grupo Tar, Universidad de Sevilla. Naturalización urbana de ríos y riberas, <http://aula.aquapedia.org/course/index.php?categoryid=77>

https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/curso_Lucha_biologica_2013_pdf2.pdf

https://es.wikipedia.org/wiki/Bosque_en_galer%C3%ADa

https://es.wikipedia.org/wiki/Depresi%C3%B3n_del_Guadalquivir

<https://es.wikipedia.org/wiki/Hedera>

https://es.wikipedia.org/wiki/Mentha_aquatica

https://es.wikipedia.org/wiki/Populus_alba

https://es.wikipedia.org/wiki/Rubus_ultimifolius

<https://es.wikipedia.org/wiki/Sotobosque>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Typha>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Ulmus>

https://es.wikipedia.org/wiki/Virus_del_Nilo_Occidental

<https://www.iagua.es/blogs/xavi-duran-ramirez/bosque-ribera-y-beneficios-ciclo-agua-dos-caras-misma-moneda>

<https://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/agua-y-ecosistemas/la-restauracion-de-rios-y-riberas-el-territorio-fluvial?&imprimir=1#:~:text=Restaurar%20es%20restablecer%20o%20recuperar,un%20funcionamiento%20natural%20y%20autosostenible.&text=Los%20procesos%20naturales%20y%20todas,elementos%20y%20con%20otros%20sistemas.>

<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/sima/ficha.htm?mun=41034>

<https://www.chguadalquivir.es/la-demarcacion-hidrografica-del-guadalquivir>

<https://elgiraldillodesevilla.wordpress.com/2013/01/28/la-vegetacion-potencial-de-sevilla-iv-bosques-de-ribera-y-vega/>

https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/grupos-de-trabajo-y-seminarios/voluntariado-para-la-conservacion-de-la-biodiversidad/fmadaleno_principiosrestauracion_tcm30-169645.pdf

<https://fichas.infojardin.com/listas-plantas/plantas-suelo-salino.htm>

<http://www.mercadosdemedioambiente.com/actualidad/que-beneficios-aporta-la-restauracion-fluvial/>

https://www.ub.edu/web/ub/es/menu_eines/noticies/2018/05/069.html?

<https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2008/09/02/99941>

<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnnextoid=10f8a3961428a210VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=877b6fa4a465e310VgnVCM2000000624e50aRCRD>

Anexo I. Figuras.