



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN DIQUE VERTICAL

ARIAS MURILLO GABRIELA MICHELLE
INGENIERA CIVIL

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN DIQUE
VERTICAL

ARIAS MURILLO GABRIELA MICHELLE
INGENIERA CIVIL

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

ANÁLISIS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN DIQUE VERTICAL

ARIAS MURILLO GABRIELA MICHELLE
INGENIERA CIVIL

BERRU CABRERA JUAN CARLOS

MACHALA, 23 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA
23 de febrero de 2022

MICHLLE ARIAS

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

2

es.scribd.com

Fuente de Internet

2%

3

oa.upm.es

Fuente de Internet

2%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, ARIAS MURILLO GABRIELA MICHELLE, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado Análisis del Proceso Constructivo de un Dique vertical, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

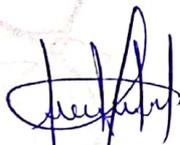
La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 23 de febrero de 2022



ARIAS MURILLO GABRIELA MICHELLE
0705726859

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme ayudado a culminar mis estudios en la carrera de Ingeniería civil.

De la misma manera agradezco a mis padres por ser un pilar fundamental en mi vida ya que sin su ayuda y apoyo no me hubiese sido posible cumplir mi meta propuesta, especialmente a mi padre Ing. Rolando Arias López ya que fue la persona quien me apoyo hasta el final con sus palabras de aliento que siga y no me rinda, que aprenda de mis errores y los haga de ellos un aprendizaje.

Y Finalmente agradezco a mis docentes de la Facultad de Ingeniería Civil por sus enseñanzas durante mi proceso de formación profesional y de manera especial a mi tutor el Ing. Juan Carlos Berrù Cabrera por brindarme su ayuda incondicional para llevar a cabo mi proceso de titulación.

DEDICATORIA

A mis Padres, Esposo y especialmente a mis hijas que han sido mi mayor motivo para alcanzar mi objetivo y a su vez me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera.

RESUMEN

Se presenta el análisis del proceso constructivo de un dique vertical mediante la realización de investigaciones bibliográficas, considerando a su vez que este tipo de trabajo son realizados especialmente en medios marítimos, con el fin de mejorar el modelado costero y la seguridad regional, considerando primeramente el impacto que ejerce los barcos sobre instalaciones marítimas con la posterior transmisión de energía cinética del buque a la estructura. [1]

El proceso constructivo de este elemento es con la finalidad de brindar abrigo (protección) contra la acción que presentan los diferentes elementos naturales como, por ejemplo: minimizar el impacto del oleaje en las obras, áreas e instalaciones portuarias y de esta manera proteger a su vez sus alrededores como lugares turísticos en donde se pueda ver afectado su desarrollo económico y social si se llegase a presentar daños en las infraestructuras. Conocer el objetivo y uso por el cual se llevan a cabo este tipo de construcciones es de vital importancia ya que mediante este podemos tener cierto conocimiento de que un dique vertical no es colocado solo por estética u otro beneficio para los contratantes sino al contrario los únicos beneficiarios serian aquellas personas que viven alrededor de ciertos puertos ya que este permitiría minimizar los fuertes impactos de los oleajes en temporadas donde las olas son muy altas y tienen mayor empuje y de esta manera ayudar a sus moradores a no presentar problemas a futuros ni en su desarrollo social ni económico.

PALABRAS CLAVES: dique vertical, obras portuarias, abrigo, oleaje, infraestructuras.

ABSTRACT

The analysis of the construction process of a vertical breakwater is presented through bibliographic research, considering in turn that this type of work is carried out especially in maritime environments, in order to improve coastal modeling and regional security, considering firstly the impact exerted by ships on maritime installations with the subsequent transmission of kinetic energy from the ship to the structure. [1]

The construction process of this element is with the purpose of providing shelter (protection) against the action presented by the different natural elements, such as, for example: minimizing the impact of waves on port works, areas and facilities and in this way protecting its turn their surroundings into tourist places where their economic and social development could be affected if there were damage to the infrastructure. Knowing the objective and use for which this type of construction is carried out is of vital importance since through this we can have certain knowledge that a vertical dam is not placed only for aesthetics or another benefit for the contractors but on the contrary the only ones The beneficiaries would be those people who live around certain ports, since this would allow minimizing the strong impacts of the waves in seasons when the waves are very high and have greater force and in this way help their inhabitants not to present problems in the future or in their social or economic development.

KEY WORDS: vertical breakwater, port works, shelter, waves, infrastructures.

INDICE DE CONTENIDO

	Pag.
AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA	II
RESUMEN	III
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
OBJETIVOS DEL PROYECTO	2
Objetivo General:	2
Objetivos Específicos:	2
OBRAS DE ABRIGO	3
1. DIQUES VERTICALES	3
1.1 Definición.....	3
1.2 Clasificación	4
1.2.1 Dique de bloques	4
1.2.2 Dique de cajones.....	4
1.2.3 Dique de pantalla.....	5
1.2 Elementos que conforman un Dique vertical.	6
2. PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN DIQUE VERTICAL	7
2.1 Dragado del terreno natural	7
2.2 Mejorar el terreno de cimentación	7
2.3 Colocación de la banqueta de cimentación.....	8
2.4 Enrase de banqueta de cimentación	8
2.5 Transporte de los cajones.....	8
2.6 Fondeo de los cajones	9
2.7 Relleno de celda de cajones	10
2.8 Manto de protección de la banqueta- bloque de guarda	10
2.9 Espaldón- Superestructura	11
3. CRITERIO DE DISEÑO GENERALES	11
3.1 Vida útil.....	11
3.2 Estados Límites.....	12
3.3 Clasificación del Oleaje Oceánico	12
3.4 Cargas sobre el terreno.....	13
4. Normativa a usarse para el procedimiento constructivo del dique vertical	13
4.1 Materiales para la banqueta de cimentación	14

4.2 Bloque de Guarda	14
4.5 Espaldón de hormigón	14
4.6 Transporte a usarse para la colocación de los cajones.....	14
4.7 Transporte para la Colocación del manto.	15
4.8 Secuencia de colocación.....	16
5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO.	16
CONCLUSIÓN	18
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	19
ANEXOS	21
Ilustración 5 Dragado del Terreno.....	21
Ilustración 6 Vertido de escollera.....	21
Ilustración 7 Enrase de grava.....	22
Ilustración 8 Remolque del cajón a su lugar de fondeo.. ¡Error! Marcador no definido.	
Ilustración 9 Fondeo de cajones	22
Ilustración 10 Relleno de los cajones y las juntas.	22
Ilustración 12 Dique vertical- acción del mar	22
Ilustración 11 Construcción del espaldón.....	22

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Dique de bloque.....	4
Ilustración 2 Dique de cajón.....	5
Ilustración 3 Dique de pantalla.....	5
Ilustración 4 Estructura de un dique vertical	6
Ilustración 5 Dragado del Terreno.....	21
Ilustración 6 Vertido de escollera.....	21
Ilustración 7 Enrase de grava.....	22
Ilustración 9 Fondeo de cajones	22
Ilustración 10 Relleno de los cajones y las juntas.	22
Ilustración 11 Construcción del espaldón.....	22

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Definición de la vida útil según ISO 2394:1998	11
Tabla 2:Clasificación de las ondas por su periodo	12
Tabla 3 Diques verticales. Resumen de actividades	16

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el medio marítimo se ha convertido en una de las vías más importantes con lo que respecta al proceso de transporte de mercancías de exportación e importación desde los diferentes lugares del mundo, convirtiéndose como un medio de comunicación importante para el mundo, ya que mediante este y junto con los puertos, muelles ayudan a mejorar la economía de todo un país. Las ondas enfocadas, fenómeno que ocurre en el océano, son responsables del fallo de estructuras localizadas costa afuera. [2]

Debido a las grandes demandas que cada día se tiene ya sea en el ámbito comercial como social se ha visto la necesidad de crear nuevas formas de proteger no tan solo a las grandes embarcaciones que llegan sino también a los moradores del sitio, por tal motivo hoy en día se ha podido observar cómo el mundo de la ingeniería ha ido dando pasos gigantescos con respecto al tema de Portuarias, creando así obras en donde se permita tener cierto control de lo que la naturaleza nos ofrece en este caso los conocidos “oleajes”. La reflexión debida a obras de abrigo es un fenómeno importante de cuantificar dado que, si no se controla, puede provocar problemas a la navegación, a la operación portuaria y, en casos extremos, a la estabilidad de la misma estructura.

En las zonas portuarias cada día aparecen nuevos productos innovadores en donde se realizan ciertas actualizaciones, ampliación y/o mejora si ese fuera el caso, siendo los conocidos diques como uno de las mejores opciones que tiene como protección ya sea para línea de atraque o muelles., por tal motivo En el siguiente proyecto se hablará específicamente de los diques vertical y como es su proceso constructivo los cuales forman parte del grupo de las obras de abrigo

Los diques verticales son estructuras construidas en el mar para proporcionar protección a la zona costera sin perturbar la economía local, el turismo, pesca artesanal y evitar de esta manera pérdidas graves en los muelles. [3]

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los grandes oleajes son fenómenos provocados por la propia naturaleza el cual puede traer daños irreversibles a aquellas estructuras que se encuentran construidas en dicha zona costera, provocando de esta manera pérdidas económicas y sociales en el país.

Por tal motivo es que se han manifestado que se lleven a cabo obras de abrigo como es el caso de un dique vertical ya que se lo considera como de suma importancia porque permite controlar de cierta manera los grandes oleajes evitando así que se presenten más daños y a su vez brindar protección a la franja costera.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo General:

Identificar las actividades que intervienen en el proceso constructivo de un dique vertical, los materiales y maquinarias que se utilizan para llevar a cabo dicha obra; mediante una recopilación bibliográfica y de esta manera fortalecer los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra carrera profesional.

Objetivos Específicos:

- ❖ Analizar el proceso de construcción de un dique vertical frente a la acción del oleaje
- ❖ Describir el proceso constructivo de un dique vertical y de cada una de sus partes.
- ❖ Conocer las ventajas y desventajas de un dique vertical.

DESARROLLO

OBRAS DE ABRIGO

La construcción de las obras de abrigo surge como necesidad de brindar protección a la infraestructura que se encuentran en el sitio, las cuales actúan como una barrera protectora del límite costero ya que para llevar a cabo este tipo de obras se necesitan grandes calados debido a las dimensiones de las embarcaciones, estos buques de gran calado, a su vez, han obligado a los proyectistas a ampliar y mejorar las instalaciones portuarias y con ellas las estructuras de abrigo.[4]

1. DIQUES VERTICALES

1.1 Definición

Los diques verticales son estructuras de abrigo que funcionan por reflexión, es decir, son aquellas en que las olas no llegan a golpear contra el dique, sino que son reflejadas por el mismo, debido a la demanda que crece día a día en la construcción de este tipo de dique han obligado a los proyectistas a ampliar y mejorar las instalaciones. Este tipo de obra requiere un sistema apto que los proteja durante los fuertes oleajes y no dañe la estructura del mismo.[5]

Los diques verticales en sus funciones se caracterizan por los siguientes aspectos:

- ❖ Son obras de fallo instantáneo, lo que puede suponer el colapso total de la estructura.
- ❖ Son más esbeltos que los diques de escollera, pues absorben menos energía al reflejarse parte de la energía del oleaje en su estructura.
- ❖ Son obras de gravedad que resisten por el peso propio de los elementos que la forman y que, a pesar de ser elementos individuales, forman una estructura monolítica.

1.2 Clasificación

Hoy en día debido a la gran demanda en las construcciones de obras de abrigo y a su vez en la construcción de diques verticales, se puede decir que se pueden clasificar en función de su comportamiento, siendo puros aquellos que nunca se han producido rotura del oleaje, y mixtos en los que puede darse rotura del oleaje sobre el paramento.

1.2.1 Dique de bloques

Debido a su sencilla forma de construirlo y la manera más antigua llevarlo a cabo, en donde consiste en colocar bloques hechos de piedra de mayor a menor tamaño, es decir uno encima de otro, los cuales se los puede rellenar con cemento a fin de brindarles mayor rigidez y seguridad. La pieza que trabaja en la parte baja trabajan por peso y trabazón y la corona está constituida de concreto en forma monolítico que impide el rebase en tormentas.



Ilustración 1 Dique de bloque
Fuente: Revista Puerto Canarias

1.2.2 Dique de cajones

También llamado dique vertical ya que su elemento principal es el hormigón armado, cada uno de estos cajones presentan una serie de huecos abiertos por la parte superior y de esta manera permitir que el cajón flote. Una vez fabricados se los transportan flotando hacia el lugar donde se los va a ubicar, concluido esto se rellenan de agua a los huecos para ser fondeados (estas celdas también pueden rellenarse con material granular para asegurar su estabilidad).

Se procede a realizar este tipo de trabajo ya que las grandes obras de abrigo requieren un sistema de desbordamiento que permite el paso de las inundaciones sin dañar su estructura



Ilustración 2 Dique de cajón

Fuente: ROVER, Grupo de tecnología y sostenibilidad.

1.2.3 Dique de pantalla

La estructura de este dique es que se formen mediante dos pantallas y se rellena el espacio existente entre ambas. Estos están indicados cuando los oleajes son de baja intensidad y en lugares con calado moderado



Ilustración 3 Dique de pantalla

Fuente: Obras marítimas.

1.2 Elementos que conforman un Dique vertical.

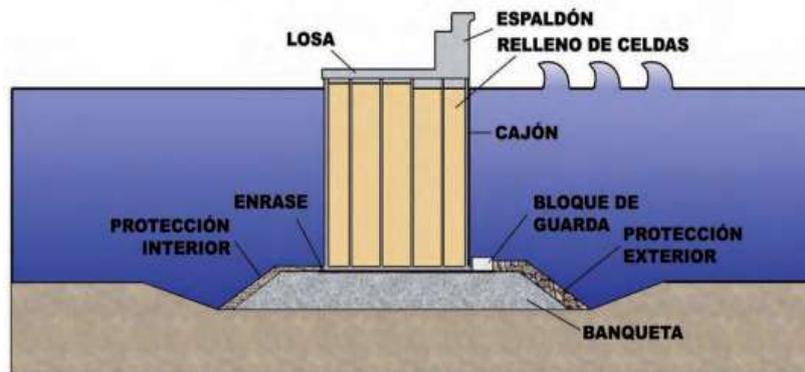


Ilustración 4 Estructura de un dique vertical

Fuente: Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas.

- ❖ **Banqueta de cimentación.** Se puede deducir que es la parte más fundamental de un dique vertical ya que esta es la encargada de reducir las tensiones y hacerlas admisibles al lecho marino. [6]
- ❖ **Enrase de grava,** es la interfaz entre el monolito y la banqueta que permite colocar de manera correcta el cajón, evitando así que se presenten inclinaciones y defectos iniciales de la estructura. . [6]
- ❖ **Bloque de guarda,** protege el pie de la estructura de manera que no haya socavación debido a las corrientes generadas en dicha zona. . [6]
- ❖ **Espaldón,** coronación de la estructura que confiere los aspectos funcionales, tales como limitar el rebase. . [6]

2. PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN DIQUE VERTICAL

2.1 Dragado del terreno natural

Este proceso se lo lleva a cabo con la finalidad de eliminar aquellos suelos que no tengan capacidad portante suficiente capaces de recibir las cargas que la banqueta transmite, para lo que se procederá de la siguiente forma.

- ❖ Se dragará hasta alcanzar los terrenos con suficiente capacidad portante.
- ❖ Se asegurará que no se han producido aterramientos (acumulación de tierra o lodos) sobre la zona dragada inmediatamente antes de verter el material de la banqueta de cimentación.

Una obra de dragado se la puede definir la extracción de materiales como (fango, arena, grava, etcétera) la disposición de estos materiales es usada para la construcción del dique, es necesario verter estos materiales ya que si se lleva a cabo dicho dique con limo o arcilla se producirá cierto tipo de daño.

Toda actuación de dragado tiene la consideración de obra marítima y requiere del correspondiente proyecto, que deberá incorporar la justificación de la necesidad de su ejecución, la caracterización de la zona, así como un estudio de la gestión del material dragado, que se realizarán de acuerdo con las normativas vigentes. [7]

2.2 Mejorar el terreno de cimentación

A partir de aquí nace la estabilidad de la futura obra de abrigo, por eso se recomienda que antes de llevar a cabo la construcción de la banqueta se debe realizar un reconocimiento del terreno y de esta manera proceder a verificar si esta necesita de algún tipo de mejoramiento de acuerdo a lo que se vaya a construir, por ejemplo se procede a verificar si en el sitio no se han producido algún tipo de aterramientos sobre el terreno tratado y que, por tanto, no se ha formado ninguna capa de material que pueda afectar a las características del mismo, construyen siempre sobre el suelo blando sumergido en el agua, y el asentamiento de la cimentación blanda juega un papel clave en la estabilidad de estos diques.

Si se trata de cimientos apoyados en el lecho marino como de recintos «flotantes» transmisión de cargas entre recinto se resuelve mediante elementos de conexión entre la solera mixta y aquellos, a través de su camisa metálica. [8]

2.3 Colocación de la banqueta de cimentación

Es importante destacar que para poder llevar a cabo la operativa fue necesario contar con un modelo de previsión de oleaje, viento y nivel del mar. Las recomendaciones Geotécnicas obtenidas para Proyecto de Obras Marítimas y Portuarias, establecen que el espesor mínimo de la banqueta de cimentación de los cajones debe ser superior a 1.00 m con el fin de garantizar que se cubran las irregularidades del terreno, así mismo el espesor de la banqueta suele estar entre 2.00 y 3.00 m, si las necesidades constructivas necesita alcanzar la cota, se puede hacerlo hasta los 12.00m y la altura del cajón debe ser suficiente para que el nivel del mar se mantenga siempre por debajo de la cota de coronación. [9]

2.4 Enrase de banqueta de cimentación

Antes de empezar este paso se debe comprobar que el enrase está en buenas condiciones. Es frecuente que la acción de oleajes moderados provoqué alteraciones de la superficie de la banqueta, especialmente en la zona contigua al último cajón fondeado.

Si no se lleva un enrase adecuado ya sea por defecto de construcción o por las acciones del oleaje o corrientes pueden traer como consecuencia la rotura del cajón que se fondea; la cual se produce con frecuencia durante el proceso de llenado de las celdas.

2.5 Transporte de los cajones

Los cajones fabricados deben ser remolcados desde el lugar de fabricación al lugar de fondeo. Ello exige tener presente las siguientes consideraciones:

- ❖ Los cajones que forman parte de diques verticales están expuestos a la acción del oleaje desde que son fondeados, por lo que su fondeo no se realizará hasta que el hormigón haya adquirido la resistencia necesaria.
- ❖ Se necesita de zonas abrigadas donde se permita resguardar los cajones si fuera necesario en las proximidades del lugar de fondeo.

2.6 Fondeo de los cajones

El fondeo permite apoyar el cajón sobre la banqueta de cimentación con la precisión requerida por el Proyecto y se realiza inundando de manera controlada las celdas mientras se mantiene el cajón a flote. [10]

- ❖ Diseño del procedimiento del fondeo
- ❖ Comprobaciones previas como por ejemplo verificar si el terreno no tiene aterramientos cuando se realiza el enrase de la banqueta
- ❖ Previsión del clima marítimo como Oleaje en el área del fondeo, periodo, dirección y altura de la ola, velocidad del viento y velocidad y dirección de la corriente.
- ❖ Instalar elementos auxiliares (escalas, plataformas, grupos hidráulicos, etc)
- ❖ Instalación de los anclajes
- ❖ Realizar maniobras de fondeo

Todo el proceso constructivo y la seguridad fueron planificados en función del sistema de predicción de oleaje, desarrollado específicamente para la obra, el cual informaba de la superación de umbrales: altura de ola significativa (H_s), periodo de pico (T_p) y velocidad del viento, condicionado por $H_s > 1.5\text{m}$ [10]

2.7 Relleno de celda de cajones

El material que se usa para rellenar las celdas puede proceder de (i) prestamos o excavaciones que se hayan dado en aquel sitio, (ii) transportar productos de alguna cantera que se encuentre cerca, (iii) productos procedentes de dragados.

- Densidad relleno para celdas: 2.10 ton/m³

• Rellenos para soportar el peso de cimentaciones superficiales:

- No deben ser plásticos.
- Deben tener una deformabilidad limitada.
- Deben cumplir con las condiciones de acuerdo a su suelo . [6]

• Rellenos de juntas entre cajones:

- Su granulometría debe ser realizada con exactitud que brinde seguridad en que no se escape el material a través de las juntas.
- Debe tener la suficiente permeabilidad. . [6]

• Superestructuras de muelles:

El material que se utilice en el relleno para las canaletas y/o huecos que forman parte de la superestructura de los muelles debe ser de fácil compactación, no ser plástico y tener limitado su tamaño máximo a 100 mm. . [6]

2.8 Manto de protección de la banquetta- bloque de guarda

Este proceso se lo debe realizar de manera inmediata una vez fondeado los cajones y de esta manera evitar socavaciones. Se recomienda que deben ir adosados al cajón para retirarlos con facilidad. Una vez realizado la colocación de los bloques de guarda se debe completar inmediato los mantos de protección de la banquetta. [6]

2.9 Espaldón- Superestructura

Para llevar a cabo la construcción del espaldón y la superestructura se debe considerar los siguientes aspectos[9]

- El espacio reducido que existe
- La acción del mar, las cuales pueden provocar rebases que impiden que el trabajo continúe con normalidad provocando daños a personas y equipos, lo cual necesita de una rigurosa planificación. (Ver Anexo)

3. CRITERIO DE DISEÑO GENERALES

3.1 Vida útil

Para determinar la vida útil de este tipo de obra se debe considerar los siguientes puntos:

- Objetivo de las instalaciones
- Condiciones de uso del entorno y otras instalaciones
- Efectos de la vida útil en la aplicación de medidas para la comprobación y selección del material, considerando a su vez los efectos ambientales.

Tabla 1 Definición de la vida útil según ISO 2394:1998

Clase	Vida útil de diseño (años)	Ejemplo
1	1-5	Estructuras Temporales
2	25	Elementos estructurales reemplazables
3	50	Estructuras y construcción públicas, que no clasifiquen en la clase 4
4	100 o mas	Estructuras de tipo: conmemorativo, especiales, alta importancia y de larga escala temporal

Fuente: Guía de Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras

3.2 Estados Límites

Es la condición en la que una estructura o parte de ella deja de cumplir su función. Existen dos tipos de estados límites:

- Estado límite de servicio: Aquellos relacionados a condiciones de funcionamiento, cuyo incumplimiento puede afectar el normal uso de la obra.
- Estados límites de resistencia: Corresponden a los vinculados con la capacidad resistente ante cargas últimas y se relacionan directamente con la seguridad estructural para prevenir el daño y el colapso.

3.3 Clasificación del Oleaje Oceánico

Las olas que componen una serie de tiempo de oleaje poseen una extensa gama de periodos, alturas y longitudes. Estas se pueden clasificar de acuerdo con su periodo, longitud, fuerza generadora y cantidad de energía de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 2: Clasificación de las ondas por su periodo

Nombre	Periodo (I)	Longitud (L)	Altura (H)	Fuerza generadora	Fuerza restauradora
Gravedad	1 a 30 s	De metros a cientos de metros	De centímetros a 15 m	Viento	Gravedad
Infragravada d	30 s a 30 min	100 a 200 m	Pequeña	Viento	Gravedad, fuerza de Coriolis
Periodo largo	5 min a 24 h	Pueden llegar a ser de escala planetaria	1 a 5 m	Sismo, derrumbes, atracción de cuerpos celestes	Gravedad, fuerza de Coriolis
Transmarca	Más de 24 h	-	0 a 12m	Oscilaciones climáticas	Gravedad, fuerza de Coriolis

Fuente: Guía de Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras

Esta información es necesaria para el estudio de las resistencias de las diferentes estructuras frente las sollicitaciones producidas por el mar, y/o funcionalidad de la solución.

3.4 Cargas sobre el terreno

En ocasiones los suelos sobre los que se construyen los diques no tienen la capacidad portante suficiente para las cargas que el dique transmite. Para solventar este problema se puede(n) emplear alguna(s) de las siguientes alternativas:

- Eliminación de las capas superficiales de suelos inadecuados.
- Tratamiento de mejora de suelos.
- Ejecución por fases

4. Normativa a usarse para el procedimiento constructivo del dique vertical

Las normativas que mayormente se usa para llevar a cabo el proceso constructivo en Europa y una parte de América Latina es la normativa española ROM, guía portuaria de Chile y la Norma Inglesa en donde se establecen bases de cálculo para las diferentes tipologías de diques de abrigo (en talud, vertical y mixtos).[11]

Especificaciones técnicas sobre materiales de canteras para la construcción de diques.

El máximo tamaño de escollera que es material principal, depende de varios factores:

Material	Dique con manto de doble capa (%)	Dique con manto de una sola capa (%)
Manto principal	10-30	5-15
Mantos secundarios y filtros	5-20	5-20
Bermas y protección anti-socavación	0-10	0-10
Núcleo	40-70	50-80

Los cuales dentro de un dique vertical puede usarse como piezas:

- del manto de protección de los taludes exteriores de la banquetta
- del filtro más externo en contacto directo con las piezas prefabricadas del manto exterior de la banquetta.[11]

4.1 Materiales para la banquetta de cimentación

Los materiales de banquetta de cimentación de diques verticales se protegen del oleaje mediante mantos exteriores de escollera a los que han de exigirse las mismas características que a las escolleras del manto principal de los diques en talud cuando están permanentemente sumergido.[11]

4.2 Bloque de Guarda

El bloque de guarda se sitúa adosado a la estructura del dique, ya sea sobre el manto principal de la protección, Suelen ser perforados para disminuir la supresión en su base.[11]

4.5 Espaldón de hormigón

En general, los espaldones de hormigón armado no resisten por peso, por lo que es necesario empotrarlos en la estructura del dique. En los cajones, empotrados en las paredes o encastrados en las celdas.[11]

4.6 Transporte a usarse para la colocación de los cajones.

- *Gánguiles con apertura de fondo*
 - o Las capacidades varían entre los 300/400 m³ para los de menor porte y más de 1000 m³ para los mayores.
 - o La amplitud de la apertura es también variable oscilando entre 1,5/2,0 m para los gánguiles de menor amplitud y 3/4 m. para los de mayor apertura.
 - o La velocidad que alcanzan se sitúa entre 2 y 4 m/s a plena carga y entre 2,5 y 6 m/s en lastre.

- o El calado a plena carga varia de unos modelos a otros oscilando entre 3,5 m y 4,5 m.
- o Habitualmente los gánguiles no admiten el impacto de escollera de más de 5kN con caídas superiores a 3 m, por lo que éstas se deben colocar en la cántara del gánguil con máquinas cargadoras, en general palas
- o grúas. No obstante, hay equipos con las cántaras protegidas con defensas que admiten el impacto de escolleras de 20 kN con una caída desde 4 m de altura.
- o Pueden trabajar con $H_s \leq 2$ m.

• ***Gánguiles de vertido lateral***

- o Tienen la cubierta sectorizada, por lo que pueden cargar materiales con distintas granulometrías y verterlos en distinto lugar.
- o Se cargan con el auxilio de palas o grúas.
- o Tienen gran precisión en la colocación.

• **Pontonas con grúas sobre cubierta**

- o Pueden ser autopropulsadas o remolcadas.
- Se utilizan para transportar y colocar los materiales de los mantos y, en particular, los grandes bloques que por su tamaño no admiten los gánguiles, así como aquellos elementos que deben ubicarse con mucha precisión [11]

4.7 Transporte para la Colocación del manto.

Se coloca el material con una bandeja accionada por una grúa o vertiéndolo desde un gánguil. Tras comprobar la correcta colocación se actúa de forma análoga con las siguientes capas del manto. Las escolleras naturales o artificiales mayores de 30kN se colocan de forma individualizada con grúa, la cual debe tener un sistema de posicionamiento por coordenadas [11]

4.8 Secuencia de colocación

1. DRAGADO	<ul style="list-style-type: none">- Alcanzar estratos competentes- Controlar y eliminar aterramientos
2. BANQUETA	<ul style="list-style-type: none">- Se usa material homogéneo- Se realiza granulometría para evitar exceso de finos- Colocado inmediato del manto de protección
3. ENRASE	<ul style="list-style-type: none">- Antes de fondear los cajones se comprueba que no existan socavaciones y aterramientos.
4. FONDEO	<ul style="list-style-type: none">- El clima marítimo debe ser apto para llevar a cabo el proceso.- Balizamiento, hitos, referencias topográficas.
5. RELLENO DE CELDAS Y JUNTAS	<ul style="list-style-type: none">- Deber ser inmediato tras el fondeo.- El llenado de las celdas es en secuencia
6. BLOQUES DE GUARDA	<ul style="list-style-type: none">- Inmediato tras el relleno de celdas y juntas- Se realiza un sistema de enganche que permita adosar bloques y prescindir de buzos
7. ESPALDON Y SUPERESTRUCTURA	<ul style="list-style-type: none">- Se la realiza con una rigurosa planificación.

Tabla 3 Diques verticales. Resumen de actividades

Fuente: Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas.

5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO.

Ventajas:

- Permiten efectuar las operaciones de tráfico portuario en condiciones satisfactorias, rápidas y seguras.
- Servicios portuarios y de ayuda a la navegación, brinda seguridad al límite costero en épocas de grandes oleajes y a las embarcaciones dándoles rapidez a los flujos

de tráfico y a todo tipo de prestaciones con ellos relacionados, hacen posible la debida capacidad operativa y comercial.

- Al ser un cuerpo de menor tamaño se necesita menos cantidad de material y por ende se reduce el costo de la obra, es decir se la puede considerar rentable a partir de los 10-15m de profundidad [11]
- La gran robustez de la pieza, superior a la del bloque cúbico convencional y muy superior a la de las piezas esbeltas, lo que permite no requerir un hormigón de tanta resistencia y garantizar la integridad estructural reduciendo los costes mantenimiento a largo plazo y la reutilización de cubípodos.[12]

Desventajas:

- La técnica de construcción de muelles mediante el uso de bloques prefabricados tiene una problemática muy exigente que es el mantenimiento continuo de la obra portuaria ya que la baja resistencia de este tipo de construcción hace que pueda sufrir ciertos tipos de falla ante fuertes oleajes.
- La técnica de pilotes in situ son recomendados en muelle que tengan poca profundidad debido a su costo elevado.
- El coeficiente de seguridad para obras de gravedad es más restrictivos en los diques verticales ya que según la hipótesis sísmica en caso de existir rellenos trasdosando los cajones resulta en muchas ocasiones más desfavorable que el oleaje extraordinario sin sismo. [13]

CONCLUSIÓN

En la presente investigación bibliográfica se ha analizado los procesos más comunes en los cuales se lleva a cabo la realización de un dique vertical, la finalidad de implementación de este tipo de estructuras es brindar aguas más tranquilas en las cuales se puedan llevar a cabo la navegación desde los barcos más pequeños hasta las enormes embarcaciones mediante las cuales se realiza actividades de comercio de puerto a puerto, además brindan mayor seguridad a la población evitando el oleaje agresivo el cual en ocasiones causa daños no solamente a los puertos, también a las estructuras habitacionales que se encuentren cercanas a la línea costera.

Para llevar a cabo este proceso constructivo en algunos países como Perú, Chile, entre otros hacen uso de la Normativa Española ROM en la cual hace referencia en sus especificaciones técnicas la calidad del material que debe ser usado para la construcción de cada parte del dique desde su Núcleo hasta su Espaldón, teniendo en cuenta que el principal material a usarse es la escollera evitando de esta manera el paso de finos hacia el núcleo; así mismo este proceso se debe llevar a cabo con la maquinaria adecuada, en la ROM nos indica que para colocación del núcleo y mantos por medios marinos se debe usar tres tipos de gánguiles(con apertura de fondo, con apertura lateral y pontonas) y para colocarlos por medios terrestres se debe hacer con tractores con capacidad apta para el transporte de la escollera.

Por tal motivo es importante conocer dichas normativas antes de llevar a cabo este proceso ya que su costo es elevado y si se presentan algún error, serían costos elevados de pérdida.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] C. COMIN and R. M. de SOUZA, “Port structures - the distribution of forces on infrastructure due to mooring and berthing of vessels,” *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, vol. 10, no. 3, pp. 626–638, Jun. 2017, doi: 10.1590/s1983-41952017000300005.
- [2] J. del-Valle, E. Mendoza, J. C. Alcérreca-Huerta, and R. Silva, “Evaluación del coeficiente de reflexión en diques rompeolas de piezas sueltas con perfil en S,” *Tecnología y ciencias del agua*, vol. 10, no. 2, pp. 128–152, Apr. 2019, doi: 10.24850/j-tyca-2019-02-05.
- [3] M. Tosic, J. D. Restrepo, S. Lonin, A. Izquierdo, and F. Martins, “Water and sediment quality in Cartagena Bay, Colombia: Seasonal variability and potential impacts of pollution,” *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 216, pp. 187–203, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.ecss.2017.08.013.
- [4] D. Ruiz, E. Mendoza, and R. Silva, “Revisión metodológica del diseño de espaldones en diques de escolleras,” *Obras y proyectos*, no. 13, pp. 58–70, 2017, doi: 10.4067/S0718-28132013000100006.
- [5] C. K. Novakoski, R. F. Hampe, E. Conterato, M. G. Marques, and E. D. Teixeira, “Longitudinal distribution of extreme pressures in a hydraulic jump downstream of a stepped spillway,” *RBRH*, vol. 22, no. 0, 2017, doi: 10.1590/2318-0331.0117160035.
- [6] “GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA EJECUCIÓN DE OBRAS MARÍTIMAS 1 a,” 2008.
- [7] J. L. Buceta, A. Lloret, M. Antequera, R. Obispo, J. Sierra, and M. Martínez-Gil, “Nuevo marco para la caracterización y clasificación del material dragado en España,” *Ribagua*, vol. 2, no. 2, pp. 105–115, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.riba.2015.11.001.
- [8] J. M. González Barcina, F. Niño Tejedor, H. Bernardo Gutiérrez, and V. M. Jiménez Aguadero, “Recintos estancos en la cimentación marítima del Puente de la Constitución de 1812 sobre la Bahía de Cádiz,” *Hormigón y Acero*, vol. 67, no. 278–279, pp. 37–42, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.hya.2015.11.002.
- [9] L. O. Ibáñez Mora, “Analysis of the influence of the foundation depth on the reduction of settlements in piled raft foundations,” *Obras y proyectos*, no. 22, pp. 42–49, Dec. 2017, doi: 10.4067/S0718-28132017000200042.
- [10] R. Gutiérrez Serret and J. M. Grassa Garridob, “Diseno, construccion y explotacion de diques de abrigo portuario en Espana desde finales del siglo XX,” *Ribagua*, vol. 2, no. 2, pp. 80–96, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.riba.2015.10.004.
- [11] “RECOMENDACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS 1.1.”

- [12] M. Santos, A. Corredor, E. Maciñeira, V. Bajo, M. E. Gómez-Martín, and J. R. Medina, “Aspectos innovadores en el diseño y construcción del dique Oeste en el puerto exterior de A Coruña en Punta Langosteira (España),” *Ribagua*, vol. 3, no. 2, pp. 89–100, Jul. 2016, doi: 10.1016/j.riba.2016.07.005.
- [13] A. Capote, A. Bayo, C. Andújar, J. M. González, D. Zamora, and J. Corral, “Nuevo Dique de Poniente del Puerto de Almería (1.a fase),” *Ribagua*, vol. 3, no. 2, pp. 76–88, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.riba.2016.06.001.

ANEXOS

Proceso constructivo



Ilustración 5 Dragado del Terreno

Fuente: Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas.

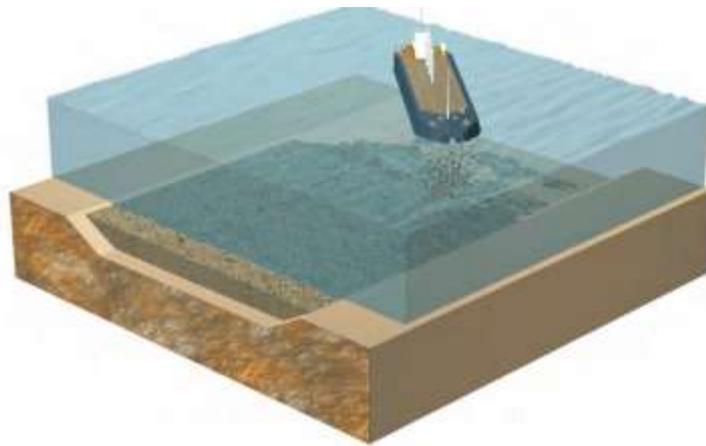


Ilustración 6 Vertido de escollera

Fuente: Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas.

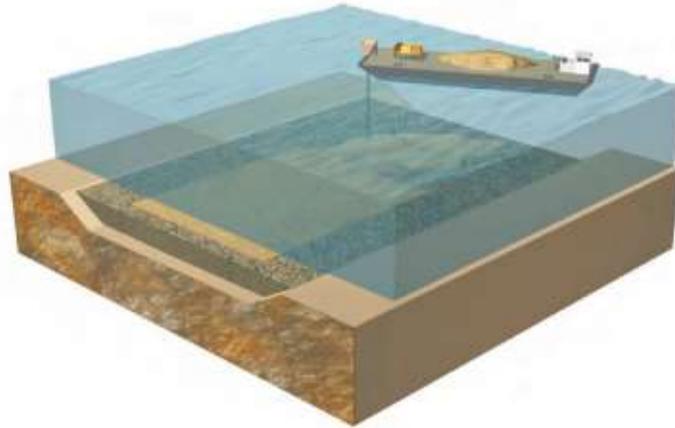
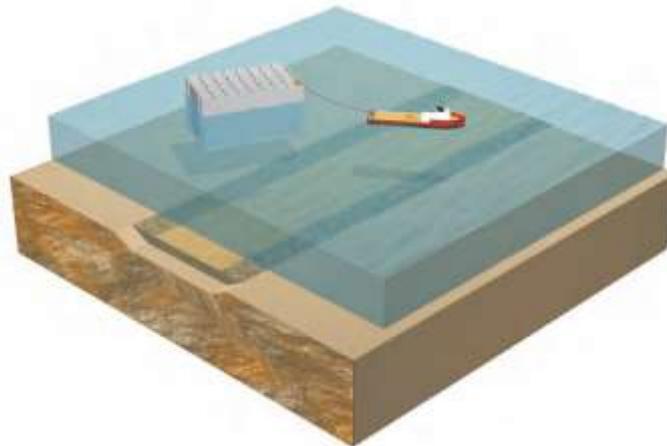


Ilustración 7 Enrase de grava

Fuente: Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas.



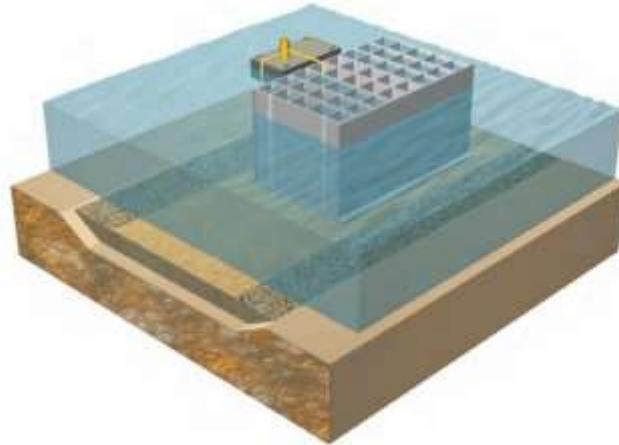


Ilustración 8 Fondeo de cajones

Fuente: Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas.

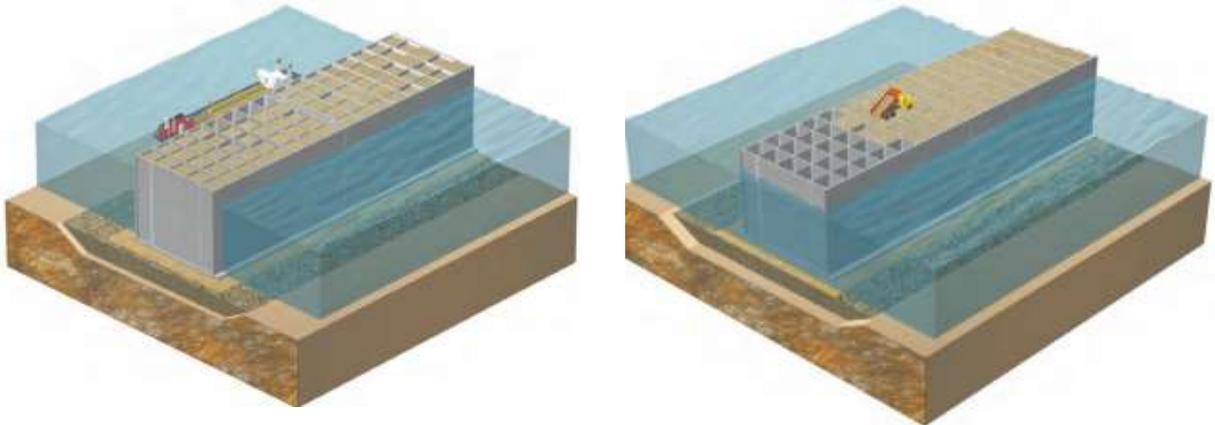


Ilustración 9 Relleno de los cajones y las juntas.

Fuente: Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas.



Ilustración 10 Construcción del espaldón

Fuente: Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas



Ilustración 12 Dique vertical- acción del mar

Fuente: Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas