



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

PLANIFICACIÓN EN REPARACIÓN DE OBRAS MARÍTIMAS

Francisco Javier Alfaro De Arcia

Asesorado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz

Guatemala, julio de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

PLANIFICACIÓN EN REPARACIÓN DE OBRAS MARÍTIMAS

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

FRANCISCO JAVIER ALFARO DE ARCIA

ASESORADO POR EL ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordóñez Morales
EXAMINADOR	Ing. Allan Giovani Cosillo Pinto
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PLANIFICACIÓN EN REPARACIÓN DE OBRAS MARÍTIMAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 5 de noviembre de 2014.


Francisco Javier Alfaro De Arcia

Guatemala, 10 de abril de 2018

Ingeniero

Guillermo Francisco Melini Salguero

Escuela de Ingeniería Civil

Estimado ingeniero:

Yo, **Luis Gregorio Alfaro Veliz**, guatemalteco, mayor de edad, que me identifico con numero de DPI 1644-62767-0101 extendido por el Registro Nacional de las Personas, Ciudad de Guatemala, Ingeniero Civil con número de colegiado activo **5383**, egresado de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Teniendo experiencia laboral como asesor, supervisor del EPS de la facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala entre otras, actualmente asesoro al estudiante Francisco Javier Alfaro De Arcia con su trabajo de graduación titulado:

“PLANIFICACIÓN EN REPARACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS”

Solicitando por este medio dicho trabajo de graduación sea llevado al proceso de revisión correspondiente, ya que el estudiante ha logrado concluir exitosamente su trabajo de graduación.


Luis Gregorio Alfaro Véliz

Ingeniero Civil

Colegiado No. 5383


Luis G. Alfaro Veliz
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO 5383



Guatemala,
24 de mayo de 2018

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PLANIFICACIÓN EN REPARACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Francisco Javier Alfaro De Arcia, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. civil, Guillermo Francisco Melini Salguero
Jefe Del Departamento de Planeamiento



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
PLANEAMIENTO
U S A C

/mrrm.





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz y Coordinador del Departamento de Planeamiento Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero al trabajo de graduación del estudiante Francisco Javier Alfaro De Arcia PLANIFICACIÓN EN REPARACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS da por este medio su aprobación a dicho trabajo.



Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco

Guatemala, agosto 2018
/mmm.



Universidad de San Carlos
de Guatemala

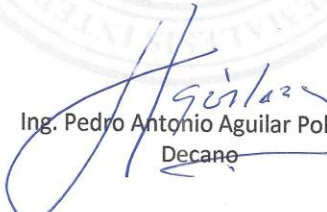


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 263.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **PLANIFICACIÓN EN REPARACIÓN DE OBRAS MARÍTIMAS**, presentado por el estudiante universitario: **Francisco Javier Alfaro De Arcia**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, julio de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Luis Gregorio Alfaro Véliz y Alma Violeta De Arcia Calderón, por darme la vida, enseñarme principios, inculcarme convicciones y darme la oportunidad de superarme siempre apoyándome en todas las dificultades.

Mis hermanos

Luis, Raquel, Diana y Karen Alfaro de Arcia, por su influencia en mi vida y el apoyo que me han dado.

Mi novia

Teresa Victoria Albizures, por estar siempre a mi lado incondicionalmente y a pesar de las dificultades y la distancia apoyarme en todo momento. Y a toda su familia por abrir las puertas de su hogar.

Mis amigos

Por su confianza, amistad y la oportunidad de conocerlos y compartir los momentos buenos de la vida.

Tecuntrac S,A.

Al ingeniero Osoy, por su confianza en mi persona y su apoyo para mi desarrollo, además por la oportunidad de desenvolverme en diferentes áreas. Así como a todo su personal por compartir su conocimiento conmigo.

Facultad de Ingeniería

Especialmente a los catedráticos conscientes de lo importante que es la academia para el desarrollo del país y compartieron su conocimiento para mi formación.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por la oportunidad de formarme a nivel superior.
Facultad de Ingeniería	Por los conocimientos compartidos para mi educación.
Mis amigos de la Facultad	Luis García, Ricardo Pelaez, Helen López y hermanos Contreras.
Amigos	Brayan Díaz, Jasson Herrera, Herbert Ramírez, Jasón Pastor e Iván Colón.
SoftSide Team	Por los viajes, sesiones, caídas y las alegrías compartidas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. HISTORIA DE LAS OBRAS MARÍTIMAS EN GUATEMALA	1
1.1. Océano Pacífico	1
1.1.1. Puerto de Iztapa	1
1.1.2. Puerto San José	2
1.1.3. Puerto Quetzal.....	5
1.2. Océano Atlántico.	6
1.2.1. Santo Tomas de Castilla y Puerto Barrios	6
1.3. ¿Qué son obras marítimas?	9
1.4. Función de las obras marítimas.....	10
1.5. Tipos de obras marítimas	11
1.5.1. Muelles	11
1.5.1.1. Muelle de contención de parámetro vertical	12
1.5.1.2. Muelles plataforma	13
1.5.1.3. Muelles mixtos	15
1.5.2. Plataformas y pantalanes	15
1.5.2.1. Cementados en pilotes o columnas.....	16
1.5.2.2. Cementados en pilas o cajones	16

1.5.3.	Duques de alba	17
1.5.4.	Estructuras flotantes.....	18
1.5.5.	Protección costera.....	19
1.5.6.	Dragados.....	23
1.6.	Evolución de las obras marítimas en Guatemala	24
2.	TRABAJOS PRELIMINARES	27
2.1.	Estudio del terreno	27
2.1.1.	Inspección visual y subacuática	29
2.1.1.1.	Documentación de daños.....	31
2.1.1.2.	Elaboración de informe y recomendación de trabajos a realizar ..	32
2.2.	Estudio topográfico.....	33
2.3.	Condiciones climáticas.....	35
2.4.	Contratación del personal.	36
2.5.	Limpieza.....	37
2.5.1.	Demolición de elementos dañados	37
2.5.1.1.	Remoción de escombros manualmente.....	37
2.5.1.2.	Remoción de escombros utilizando equipo especial	38
2.6.	Transporte.....	39
2.6.1.	Movilización de equipo pesado	40
3.	PRINCIPALES ELEMENTOS EN OBRAS MARÍTIMAS	43
3.1.	Pilotes	43
3.1.1.	Clasificación de pilotes.....	44
3.1.1.1.	Pilotes de gran desplazamiento	44
3.1.1.2.	Pilotes de poco desplazamiento.....	44

	3.1.1.3.	Pilotes de remplazo	44
	3.1.2.	Selección de pilote.....	45
3.2.		Encamisados	47
3.3.		Encepado	48
3.4.		Vigas de arrostamiento.....	50
3.5.		Concreto para uso marítimo	52
	3.5.1.	Fabricación, transporte, puesta en obra y curado del concreto	53
3.6.		Aditivos y epóxicos	56
	3.6.1.	Inhibidores de corrosión	56
	3.6.2.	Plastificantes retardantes	57
	3.6.3.	Retardantes	57
	3.6.4.	Superplastificantes	58
	3.6.5.	Epóxicos	58
4.		HINCADO DE PILOTES.....	61
	4.1.	Maquinaria.....	61
	4.1.1.	Grúas.....	61
	4.1.2.	Barcaza	62
	4.1.3.	Vibro-martillo.....	63
	4.1.4.	Martillo de impacto.....	64
	4.1.5.	Otra maquinaria	65
	4.2.	Izaje de elementos	66
	4.2.1.	Precauciones previas al izado	66
	4.2.2.	Radios de izaje.	67
	4.2.3.	Personal calificado.....	68
	4.3.	Hincado	71
	4.3.1.	Análisis de hincado PDA	75
	4.3.2.	Hincado mediante vibrador	76

4.3.3.	Hincado mediante martillo de impacto	77
4.3.4.	Otros métodos de hincado.	77
4.3.4.1.	Prensa	78
4.3.4.2.	<i>Waterjet</i>	79
4.3.4.3.	Hincado horizontal.....	79
4.4.	Trabajos Posteriores	81
5.	MANTENIMIENTO	83
5.1.1.	Protección catódica	83
5.1.1.1.	Protección catódica por corriente impresa.....	85
5.1.1.2.	Protección catódica por ánodos de sacrificio.	86
5.1.2.	Protección con cinta anticorrosiva	86
5.2.	Mantenimiento de sistema de defensas	87
5.3.	Otros	89
5.3.1.	Concreto reforzado.....	89
5.3.2.	Losas de rodadura o cintas asfálticas.	90
5.3.3.	Bolardos y escaleras metálicas	90
	CONCLUSIONES.....	91
	RECOMENDACIONES	93
	BIBLIOGRAFÍA.....	95
	ANEXOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Puerto San José, año 1930.....	3
2.	Puerto San José, año 1930.....	4
3.	Muelle de Puerto Barrios, año 1920.....	8
4.	Componentes de un muelle.....	12
5.	Muelle de contención.....	13
6.	Mulle de plataforma.....	14
7.	Muelle de pantalanes.....	16
8.	Duques de alba.....	18
9.	Sistema atraque.....	19
10.	Rompeolas y estructura de protección costera.....	20
11.	Ensayo SPT de lecho marino.....	28
12.	Choque de buque contra muelle.....	29
13.	Inspección subacuática de estructura.....	30
14.	Choque contra puerto Santo Domingo.....	32
15.	Demolición con herramientas neumáticas.....	39
16.	Pilotes de acero.....	46
17.	Encamisado en pilotes de concreto.....	48
18.	Dolphin o encepado de pilotes.....	50
19.	Fundición de losa.....	51
20.	Izaje de pilote.....	72
21.	Hincado inicial con vibrador.....	73
22.	Hincado con martillo diésel.....	74
23.	Altura final de hincado.....	75

24.	Hincado por prensa.....	78
25.	Hincado horizontal	80
26.	Diagrama funcionamiento protección catódica	85
27.	Esquema defensa de ataque	88

TABLAS

I.	Tipos, objetivos y funciones de estructuras de protección costera	19
----	---	----

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
BM	Banco de marca
h	Hora
kg	Kilogramos
km	Kilometro
KN	Kilonewtons
KPa	Kilo pascales
psi	Libras por pulgada cuadrada
mills	Medida de espesor
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
mm	Milímetro
min	Minuto
MSL	Nivel medio del mar
ft	Pie
seg	Segundo
ton	Tonelada

GLOSARIO

ACI	American Concrete Institute, Instituto Americano De Concreto.
Astillero	Instalación destinada a la construcción y reparación de embarcaciones.
Atraque	Acercamiento y amarre de una embarcación a otra, a la costa o a un muelle.
Bahía	Entrada de mar en la tierra que forma una concavidad amplia donde pueden fondear los barcos para abrigarse del viento; es de menores dimensiones que un golfo y mayor que una ensenada.
Batimetría	Conjunto de técnicas para la medición de las profundidades del mar, ríos, entre otros, y el estudio de la distribución de las plantas y animales en sus diversas capas o zonas.
Booster	Aumentador de presión o flujo.
Cantil	Terreno que forma escalón en la costa o en el fondo del mar.

Duna	Acumulación de arena en forma redondeada o de media luna que forma y empuja el viento en la playa o en el desierto.
Erosión	Desgaste producido en la superficie de un cuerpo por el roce o frotamiento de otro.
Eslinga	Cincha utilizada como herramienta para izaje.
Granel	En gran cantidad o abundancia.
<i>In-situ</i>	En el sitio.
Izaje	Acción de levantar.
<i>Jack-up</i>	Levantar, subir, elevar.
<i>Low-boy</i>	Remolque de plataforma baja.
Neumático	Funciona con aire.
PDA	<i>Pile driving analysis</i> , análisis de hincado de pilote.
<i>Pile Jetting</i>	Hincado por chorro de agua.
Pontón	Embarcación utilizada para transporte de mercancías o equipos, también utilizada como plataforma para diferentes trabajos.

Prefabricado	Fabricado en serie en otro lugar para que luego solo haya que colocarla o acoplarla en el lugar correspondiente.
Pretensado	Técnica consistente en someter un material a un sistema de compresiones permanentes, por lo general de sentido opuesto a las que producirán las cargas que se apliquen ulteriormente.
<i>Rigger</i>	Persona que utiliza guinches y poleas.
<i>Shackles</i>	Grilletes.
<i>Splash</i>	Chapoteo, salpicadura.
<i>Spot wells</i>	Pozo para anclaje.
<i>SPT</i>	Ensayo penetración estándar.
<i>Waterjet</i>	Chorro de agua.

RESUMEN

El fin primordial es dar a conocer los tipos de estructuras marítimas, al igual que las causas por las que se ven dañadas en la integridad de su estructura y las principales recomendaciones para su reparación y mantenimiento; tomando en cuenta primero la infraestructura de los puertos y la historia de cada uno de los mismos, ya que a partir de ello se han desarrollado según la necesidad en cada una de sus ubicaciones geográficas.

Además, se hace una breve introducción a cada uno de los procesos que se deben seguir en las reparaciones de estas obras, desde los trabajos preliminares como lo son los estudios, hasta trabajos de manteamiento que se deben de aplicar a todo trabajo, asimismo, se expone los principales equipos y su función en las obras de esta índole, el personal que se ve involucrado y los alcances que debe tener cada uno de ellos.

OBJETIVOS

General

Proporcionar un punto de referencia para consultar los diferentes elementos y áreas comunes de daño en las obras marítimas, así como los equipos, precauciones y las formas más comunes de reparar los daños.

Específicos

1. Facilitar la identificación de elementos.
2. Evidenciar los daños y sus causas.
3. Conocer las precauciones en las maniobras en obra.
4. Ampliar el conocimiento y las opciones para reparar daños.

INTRODUCCIÓN

Guatemala cuenta en la actualidad con cinco puertos marítimos, de los cuales dos se localizan en el litoral del Atlántico: Santo Tomás de Castilla y Puerto Barrios los otros tres están sobre el océano Pacífico y son: Puerto Quetzal, San José y Champerico, y los cinco puertos se comunican entre sí por la red vial nacional. Durante el 2017 Guatemala atendió un total de 3 324 buques, dentro de los cuales fueron 269 convencionales, 149 frigoríficos, 1 836 portacontenedor, 104 Ro-ro, 408 granel líquido, 346 granel sólido, 10 petrolero, 14 gasero, 18 barcazas, 99 cruceros, 71 varios. De los 5 puertos que tiene el país, únicamente 4 reciben cargas, por lo que la cantidad total de buques es atendida únicamente por San José, Quetzal, Puerto Barrios y Santo Tomás de Castilla.

Al ver estas cifras es evidente que cada atraque es un constante riesgo para la infraestructura, una maniobra errónea, un problema de funcionamiento o algo tan natural como una ventisca o una corriente marítima pueden producir un daño de grandes magnitudes. Por lo mismo se observa la necesidad de tener métodos ya establecidos que cumplan con la calidad y las necesidades para reparar este tipo de daños. Los daños evidentes en las estructuras marítimas son los choques o sobreesfuerzos en estructuras, pero sin embargo, no significa que sean la única forma que puedan ser dañados, aun más común que los choques se tiene la corrosión, que es un agente dañino que sin importar que tanto se intente erradicar siempre estará presente en cualquier obra marítima.

Aparentemente una obra marítima no es más que concreto y acero como cualquier obra civil común, pero sin embargo, el hecho de las condiciones

ambientales, las variaciones de marea, corrientes, vientos, entre otros Agregan una dificultad considerable a los trabajos, además que en muchas ocasiones las reparaciones marítimas exigen la realización de trabajos bajo el agua y la utilización de equipos pesados, lo cual complica actividades sin mayor complicación en otro tipo de obras como la movilización o la topografía muchas veces en otros trabajos los estudios complementarios son algo cotidiano o ya establecido, en obras marítimas incluso este tipo de estudios o trabajos se ven afectados, ya que no es posible realizarlos con equipos convencionales.

Se expone inicialmente los tipos de estructuras y sus funciones, dado que la infraestructura marítima de Guatemala está en constante crecimiento es importante conocer las estructuras que pueden ser de utilidad y los elementos que los componen, de igual manera se logra comprender el tipo de infraestructura actual y al mismo tiempo da una idea del equipo necesario para trabajar en las instalaciones. También se explican los procedimientos de transporte, selección de personal, de equipos y demás, siempre con énfasis en las obras marítimas.

1. HISTORIA DE LAS OBRAS MARÍTIMAS EN GUATEMALA

1.1. Océano Pacífico

A continuación se hace una descripción de la historia de las obras marítimas en Guatemala.

1.1.1. Puerto de Iztapa

Es el primer puerto de Guatemala descubierto en 1527 por el capitán Moscoso, por orden de Pedro de Alvarado para ubicar un lugar donde construir más embarcaciones, planeando una expedición al Perú. El puerto de Iztapa no fue solo el primer puerto de Guatemala, sino de Centro América. En 1534 se convierte en el primer astillero naval de Centro América.

En 1590 se aprueba el inicio de trabajos formales para habilitar el puerto para comercializar con el lejano Oriente, estando a cargo Pedro Mellen de Rueda, presidente de la Real Audiencia.

En 1824 rehabilitado, cambia de nombre a Puerto Independencia, la primera embarcación que llegó al puerto de Iztapa o Independencia fue el barco Francés Melanie en 1836, del cual no se pudo descargar toda la mercadería que trasportaba por no tener las condiciones adecuadas el puerto.

El 12 de marzo de 1852 se emitió el decreto 69 que dictó se trasladara el puerto de Iztapa al punto llamado El zapote, conocido ahora como Puerto San José. Las condiciones de humedad e inundación fueron las causas del traslado.

El puerto se habilitó al comercio el 1 de enero de 1853, quedando decretado su nombre como Puerto San José de Guatemala, en esa fecha también se habilitaron almacenes y oficinas, se arreglaron las vías de comunicación y el abastecimiento de agua potable.

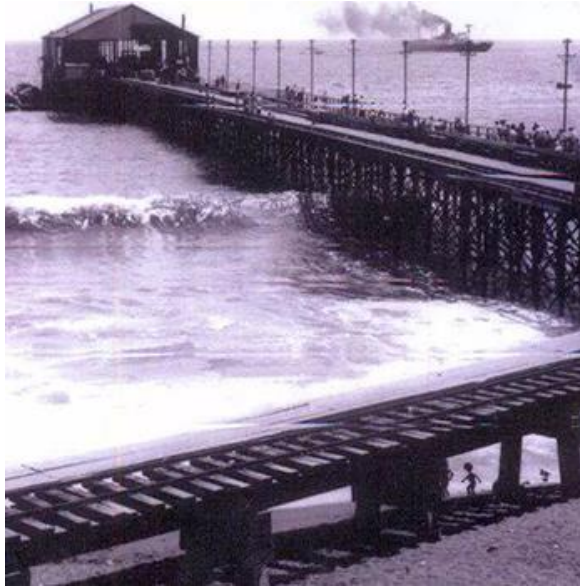
1.1.2. Puerto San José

En 1862 el Estado de Guatemala encargó a la compañía Thomas Greenhill, de Londres, la construcción de dos muelles de hierro tipo espigón, uno para el puerto de San José y otro para Tálate, en Suchitepéquez. El costo del primero ascendía a 35 500 libras esterlinas y el segundo a 21 500. La compañía británica entregó e instaló el primero, pero por falta de fondos para el segundo, ya no se envió el muelle de Tálate.

Una vez instalado el muelle y concluida la obra portuaria en San José en 1868, se formó la compañía de Muelles de Guatemala, que al año cambio su nombre a Compañía de Agencias. Esta era una empresa privada encargada del funcionamiento y regulación de las operaciones de embarque y desembarque de las importaciones y exportaciones que se efectuaban por medio de lanchones, en el muelle de San José.

En el caso de Guatemala dado que el gobierno no posee los recursos económicos para la construcción o realización de un proyecto de esta magnitud, le es práctico ofrecer a cambio las concesiones que en su tiempo se consideraba se podían otorgar a cambio de un beneficio general para el país, por lo que Guatemala otorgo una concesión por cincuenta y dos años que prescribieron el 31 de mayo de 1918 a la compañía de agencias.

Figura 1. **Puerto de San José**



Fuente: Puerto San José, año 1930

<https://aprende.guatemala.com/cultura-guatemalteca/general/historia-del-cafe-en-guatemala/>. Consulta: 10 de enero de 2018.

Indudablemente la construcción de los muelles representaba para Guatemala un gran adelanto para exportar los productos, el café comenzaba a tener su auge y crecimiento productivo el cual comenzó a tomar ventaja sobre el añil que antes de esos años era el mayor producto de exportación para Guatemala, sin embargo a estos productores de café, de muy poco les servía la construcción de los dos primeros muelles de hierro, si no contaban con vías férreas, carreteras o caminos que les sirviera para transportar hasta los puertos las cosechas de sus productos, ésta misma necesidad principalmente de los productores de café que tomaba un fuerte auge, despertó el interés para que se construyera una línea de ferrocarril, la cual comenzó a gestarse dentro de los círculos de los productores de café, y fue precisamente esto lo que llevó a planificar la misma y plantearse al gobierno, sin embargo, ni el gobierno ni el

Estado de Guatemala para esos años contaba con los recursos económicos necesarios no solo para pensar, sino para planificar o construir una línea del ferrocarril.

Figura 2. **Puerto de San José 1930**



Fuente: Puerto de San José. <https://aprende.guatemala.com/cultura-guatemalteca/general/historia-del-cafe-en-guatemala/>. Consulta: 10 de enero de 2018.

El muelle de San José estuvo en operación por alrededor de 100 años. Para ese tiempo, el puerto no contaba con la tecnología moderna, los buques descargaban la mercadería en embarcaciones menores como lanchones y eran jalados por un pequeño remolcador.

El 8 de noviembre de 1979, se declara de emergencia nacional, la situación prevaleciente, por la falta de un puerto moderno que cubriera los

requerimientos mínimos de importación y exportación a través de las rutas del Océano Pacífico.

En 1982 pasó un huracán por el territorio nacional y el barco Oriental Argose encallo en el puerto, chocando contra él y dejándolo inhabilitado.

1.1.3. Puerto Quetzal

Fue construido a partir de la emergencia nacional declarada en 1979, su construcción inicio en 1980 y el 18 de marzo de 1983 se inauguraron los servicios portuarios, que comienzan a funcionar en condiciones limitadas, dado que el complejo portuario se encontraba aún en construcción. En noviembre de 1985 se concluye la primera fase constructiva del puerto y fue creada la entidad autónoma Empresa Portuaria Quetzal.

El avance tecnológico de este puerto permite dar servicios a distintas compañías navieras y buques de carga, así como de pasajeros. Proporciona abastecimiento de combustibles, agua potable y alimentación.

Las instalaciones de atraque están conformadas por:

- Un muelle comercial marginal: consta de 4 atracaderos para manipular carga general, gráneles sólidos y contenedores.
- Un muelle auxiliar de espigón: en su parte norte se atracan buques de carga general de poco calado y en la parte sur del mismo se ubican 3 barcasas de generación de energía eléctrica.
- Un muelle de servicios o enlace: es una extensión del muelle comercial que lo conecta al muelle auxiliar de espigón, este muelle se utiliza para dar mantenimiento a barcos pequeños

- Una terminal de cruceros: cuenta con 1 atracadero de 285 metros de longitud conformado por 6 *dolphins*, con una profundidad promedio de 12 metros.
- Una terminal de carbón: cuenta con 1 atracadero conformado por 4 duques de alba para la descarga de carbón mineral

1.2. Océano Atlántico

En los siguientes subtítulos se describen las obras.

1.2.1. Santo Tomás de Castilla y Puerto Barrios

Mientras que el atlántico guatemalteco los primeros proyectos para construir un puerto se atribuyen a Gil Gonzales Daviza, aunque los proyectos llegaron a concretarse hasta 1534 cuando por orden de Carlos V, Don Pedro de Alvarado fundó el Puerto de Veracruz que fue utilizado para comunicaciones con España y protección de los piratas.

Posteriormente el 7 de marzo de 1604 Francisco Navarro y el alcalde mayor de Guatemala Esteban de Alvarado fundan el Puerto de Santo Tomás de Castilla, nombre dado ya que se fundó el día de Santo Tomas de Aquino.

En 1883 Justo Rufino Barrios ideó unir la ciudad de Guatemala con un puerto en el atlántico mediante un ferrocarril para exportar la producción de café del país, sin embargo, tras su muerte en la batalla de Chalchuapa los planes se vieron postergados hasta que su sobrino José María Reyna Barrios llegó al poder y retomó los planes suspendidos, formulando el decreto gubernativo 513, donde establece la nueva ciudad, que tomará el nombre de Puerto Barrios, ciudad que posteriormente bajo decreto gubernativo 524 es declarada como

Puerto Mayor de la República y se ordena el traslado de la aduana, de Livingston a Puerto Barrios.

A fin de establecer la infraestructura física indispensable para viabilizar el desarrollo capitalista y nacional, que permitiese deshacerse de la dependencia extrema de los Estados Unidos de América y rompiese los monopolios norteamericanos que operaban en el país, básicamente los de la economía del enclave bananero, comenzó la planificación e inició la construcción de la carretera del atlántico, la cual tenía por objeto competir en el mercado con el monopolio de los transportes terrestres ejercido por la *United Fruit Company* (UFCO), a través de una de sus subsidiarias, la *International Railways of Central America* (IRCA) y que tenían la concesión desde 1904, cuando se las otorgó el entonces presidente Manuel Estrada Cabrera.

La construcción de la carretera al atlántico se inició por parte del Departamento de Caminos del Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, colaborando el batallón de ingenieros del ejército en 1951. La forma planeada era construirla paralela a la línea férrea, en la medida de lo posible. La misma función competitiva ejercería la construcción y posterior funcionamiento de un Puerto Nacional en el Atlántico, Santo Tomás de Castilla, con Puerto Barrios también propiedad del monopolio de Nueva Orleans, ya que la gran flota blanca de la UFCO era la naviera mercante del enclave bananero, y tenía el monopolio del transporte de los productos de exportación e importación de Guatemala, utilizando la logística de las otras empresas coaligadas a la casa matriz.

Figura 3. **Muelle de Puerto Barrios, año 1920**



Fuente: Muelle de Puerto Barrios, año 1920

https://es.wikipedia.org/wiki/Puerto_Barrios#media/File:Estacionaduanapuertobarrios.jpg

En el año 1946 durante el gobierno del Dr. Juan José Arévalo, luego de la expedición presidencial realizada a Puerto Barrios, surgió la iniciativa de crear el Puerto de Santo Tomás de Castilla en vista de las condiciones que prevalecían en dicho puerto, por lo que se pensó seriamente en su traslado a Santo Tomás. En el gobierno del Coronel Jacobo Arbenz Guzmán, quien tuvo el deseo de darle un nuevo impulso a la economía nacional al establecer la construcción de la ciudad-puerto en la bahía de Santo Tomás, en el departamento de Izabal, declaró el proyecto de utilidad y necesidad pública.

El respectivo contrato se firmó con la compañía Morrinson Kundson el día 30 de junio del año 1953. Los trabajos de la construcción fueron finalizados durante el gobierno del presidente Castillo Armas, quien inauguró el 13 de septiembre de 1955 las instalaciones portuarias, como un homenaje a la patria, actividad en la que se presenció el envío del primer cargamento simbólico que

se hacía por el puerto, el cual consistió en varios quintales de minerales de las montañas de las Verapaces, puestas a bordo del Mare-Liberum de la Cía., Guatemala-Line. En el acuerdo de inauguración se indicaba que el presidente formó una empresa semiautónoma para dirigir las operaciones de importación y exportación por el ya mencionado puerto a la que denominó Empresa Portuaria Nacional Santo Tomás de Castilla, por llamarse así el puerto. El 16 de mayo de 1958 la empresa tomó el nombre de Dirección General de Puertos hasta 1962. En 1963 la Dirección General de Puertos se transformó en Empresa Portuaria Nacional Matías de Gálvez, sin embargo, cuando fue inaugurada la segunda etapa de las instalaciones portuarias en 1969, durante el Gobierno del Lic. Julio Cesar Méndez Montenegro, fue restituido su nombre original como Empresa Portuaria Nacional Santo Tomás de Castilla.

1.3. ¿Qué son obras marítimas?

Alrededor de tres cuartas partes de la superficie terrestre están cubiertas por grandes masas de agua, prácticamente es un hecho que todas las tierras habitadas por el hombre están en contacto directo o indirecto con agua de mar, por lo que son de vital importancia las obras marítimas para aprovechar estas grandes cantidades de agua que nos rodean.

Se le conoce como obra marítima a toda aquella obra que está en contacto directo o indirecto con el mar, estas obras son concebidas en su esencia para el intercambio de mercancías entre países, pero también son utilizadas para el transporte de personas, usos turísticos, deportes, protección costera, entre otros.

Desde la antigüedad se han construido obras marítimas, siendo el mar Mediterráneo una de las cunas de la historia de las mismas, a lo largo de sus

costas se construyeron algunos de los más antiguos puertos hechos por el hombre, de los que aun algunos permanecen en servicio.

La construcción de obras en el mar es siempre una batalla entre el hombre y la naturaleza, exige a sus constructores una apreciación cuidadosa y detallada de las fuerzas naturales y un conocimiento tan exacto como sea posible de las condiciones del lugar, además por el contenido salino del mar, debe tenerse cuidados especiales en selección y métodos constructivos para que el contenido salino no dañe las infraestructuras.

1.4. Función de las obras marítimas

El desarrollo de las obras marítimas tiene como núcleo el intercambio de mercancías entre dos naciones, son la puerta de comunicación entre el transporte marítimo y el transporte terrestre (carretero, ferroviario y fluvial), están al servicio del comercio, son lugar de intercambio cultural y motor del desarrollo económico, pero además se utilizan como medio para desarrollo de turismo, deportes, reparación de navíos, fines militares entre otros.

Las obras marítimas en su sentido más amplio están concebidas para:

- Servir de línea de contacto y atraque seguro al barco que la utiliza;
- Ofrecer una superficie de soporte que facilite el paso de la mercancía del medio marítimo al terrestre o viceversa;
- Proporcionar una terminal de operación y almacenamiento a los sistemas terrestres de evacuación y entrega.

Las obras marítimas pretenden mejorar las condiciones del entorno físico respecto de su estado natural, para atender mejor las exigencias de las

operaciones en los puertos, distintas en sus exigencias en función de la mercancía movida, el volumen movido, el sentido del intercambio, las condiciones ambientales del entorno marítimo y terrestre y las características de los vehículos terrestres y fundamentalmente los buques empleados en las instalaciones.

1.5. Tipos de obras marítimas

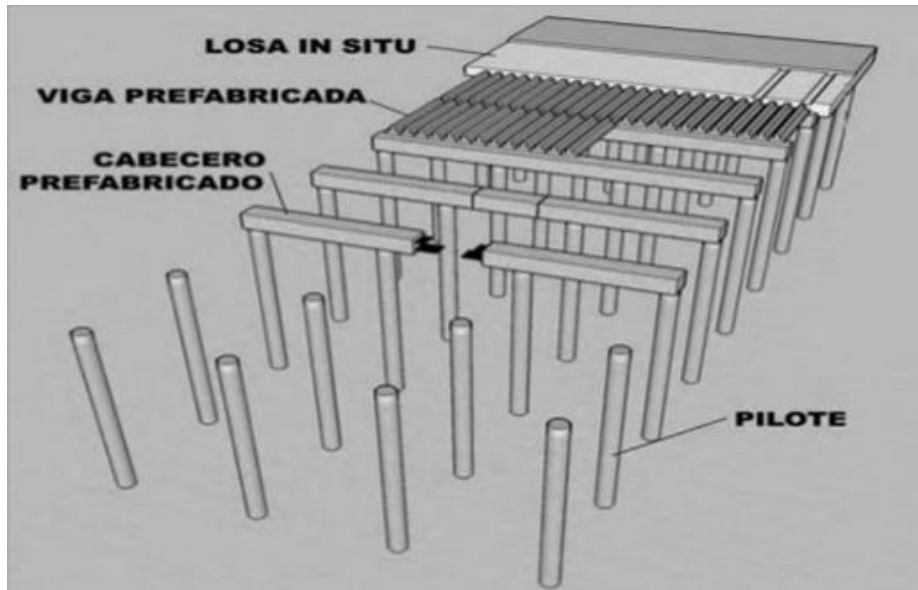
Existe una gran variedad de obras marítimas, pero las podemos subdividir básicamente en cuatro categorías que son:

- Muelles
- Plataformas y pantalanes
- Duques de alba
- Estructuras flotantes
- Protección costera
- Dragados

1.5.1. Muelles

Consisten en estructuras que deja libre un plano prácticamente vertical de agua desde su línea de borde y que permite el atraque adosado de los buques, proporcionando una superficie terrestre horizontal apta para la operación de carga-descarga y almacenamiento de mercancías. Cumple con las tres funciones citadas anteriormente. Dependiendo de su uso así es su tipo, forma y dimensiones. Los más frecuentes son: comerciales, deportivos, pesqueros, reparaciones, armamento y militares. Además, también es posible la construcción de muelles polivalentes.

Figura 4. **Componentes de un muelle**

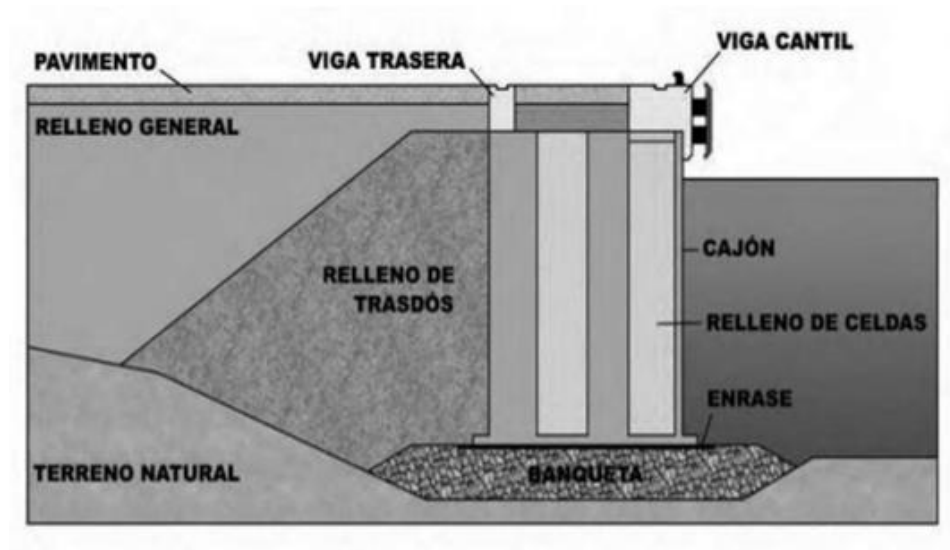


Fuente: Universidad de los Lagos. *Esquema general, componentes de un muelle.* Cátedra obras marítimas.

1.5.1.1. Muelle de contención de parámetro vertical

El muelle tiene como misión contener su relleno y su estabilidad está asegurada si consigue resistir el empuje del mismo. Puede ser de gravedad, cuando contienen el terreno por su propio peso, o de pantalla, cuando ejerce la contención del terreno posterior a razón de su empotramiento en el fondo y con ayuda de tirantes, contrafuertes u otros que aumentan su rigidez.

Figura 5. **Muelle de Contención**



Fuente: Universidad de los Lagos. *Esquema muelle de contencion*
Catedra obras marítimas.

1.5.1.2. **Muelles plataforma**

Este tipo de muelle se caracteriza por crear la geometría necesaria para el atraque mientras que la estabilidad del terreno se obtiene mediante un talud, artificial o natural, estable. La plataforma horizontal creada es practicante independiente del terreno posterior. Existen dos grupos principales de este tipo de muelle que son:

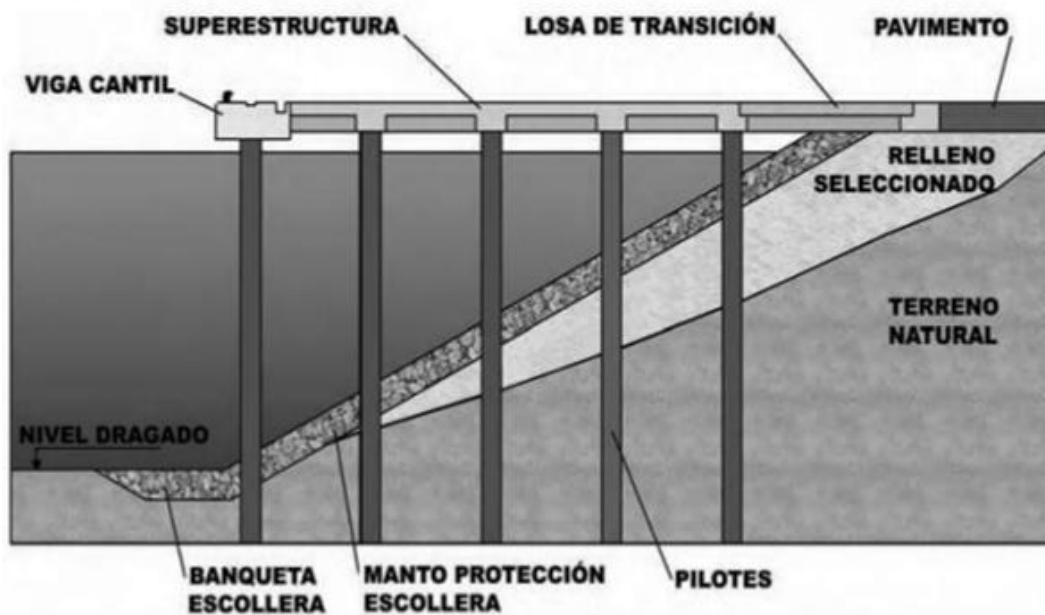
- Muelles sobre pilotes
- Muelle sobre pilas

Los primeros pueden ser muelle sobre pilotes verticales, inclinados, mixtos, prefabricados o colocados in situ. Los muelles plataforma pueden estar

cerrados en su cantil o abiertos dejando que bajo la plataforma se forme un talud natural o reforzado con una escollera, esta última solución absorbe la agitación de la dársena. El muelle de pilotes tiene gran aplicación cuando se trate de plataformas en zonas de grandes profundidades o terrenos poco resistentes.

Mientras que los muelles sobre pilas consisten en un tablero apoyado sobre pilas de planta rectangular dispuestas en dirección perpendicular al cantil.

Figura 6. **Muelle de plataforma**



Fuente: Universidad de los Lagos. *Esquema muelle de plataforma.*
Cátedra obras marítimas.

1.5.1.3. Muelles mixtos

Este tipo de muelles confía su estabilidad a la acción combinada de un muro de contención y una plataforma semi-independiente a este. Las combinaciones más conocidas son los muelles de pilas con pantalla, donde el terreno posterior es contenido por una pantalla continua de hormigón, mientras que la plataforma es sostenida con pilas.

1.5.2. Plataformas y pantalanés

Consisten en estructuras ligadas al espacio general terrestre por vías de tránsito lineales, algunos casos, se limitan a la instalación de evacuación de mercancía. Básicamente son los medios por los que se transporta las mercancías, personas u otros desde o hacia la terminal portuaria.

Los pantalanés son estructuras emergidas en las que la dimensión de longitud predomina muy claramente sobre la anchura, y están unidas a tierra por un estrecho puente de acceso, considerando los pantalanés que mantienen en su sección espacios abiertos al paso del agua de uno al otro lado pueden ser cimentados en pilotes/columnas o cimentados en pilas o cajones.

Figura 7: **Muelle de pantalanes**



Fuente: ejemplo muelle de pantalanes

<http://www.ronauticamarinas.com/es/noticias.php>. Consulta febrero 2016.

1.5.2.1. Cimentados en pilotes o columnas

Indicados en terrenos de cimentación de tipo suelto o blando. Junto a los pilotes verticales de trasmisión de cargas se suelen disponer otros inclinados que absorban los esfuerzos horizontales del atraque.

1.5.2.2. Cimentados en pilas o cajones

Adecuados para terrenos duros o compactos. Las cargas horizontales son absorbidas en función de la propia anchura de las pilas.

Los pantalanes macizos son muy similares a los muelles de gravedad, con la diferencia que poseen dos líneas de atraque en vez de tener una línea posterior de terreno. En puertos deportivos el pantalán puede ser flotante y se limita a cumplir funciones de amarre y acceso. En las terminales de gránulos líquidos el pantalán se reduce a una línea de soporte de conducciones y circulación peatonal o de vehículos.

1.5.3. Duques de alba

Consisten en estructuras aisladas cuya única función es la de permitir el atraque seguro del barco, suelen estar combinados con las plataformas en los casos de operación en los que no sea precisa una línea continua de atraque. La construcción de los duques de alba suele hacerse con base de pilotes con una losa como cabezal. Se disponen por lo general de forma adjunta a pantanales o terminales exentas, en número variable. Los duques de alba pueden ser flexibles o rígidos, con numerosas variedades dentro de cada uno de los dos tipos.

El uso de estructuras flexibles es indicado para barcos de tonelaje inferior a 5 000 ton. Estas estructuras están formadas por uno o varios tubos o pilotes empotrados en el fondo, estos pilotes pueden ser de madera o metálicos. Si se destinan al atraque suelen disponer de una defensa que absorba parte de la energía de impacto.

Para buques con capacidades superiores a las 5 000 toneladas, es mucho más recomendable la utilización de estructuras rígidas, ya que son las adecuadas por el tipo de esfuerzos que se producen al momento de atraque.

Figura 8. **Duques de alba**



Fuente: Sistema de duques de alba, *Harvest Caye, Belice*.

1.5.4. Estructuras flotantes

Existen diversas formas aunque la más común son las boyas de amarre. Tanto aisladas como en agrupaciones, se utilizan como puntos de fijación del buque en las operaciones en mar abierto con gráneles líquidos, incluso existen muelles flotantes, que no son más que sistemas de pontones diseñados especialmente para el atraque, carga y descarga de buques, tal es el caso del muelle flotante de Santo Tomas de Castilla.

Figura 9. **Sistema de atraque**



Fuente: Santo Tomas de Castilla. Puente y sistema atraque.

1.5.5. Protección costera

Los cambios en los niveles del mar en todo el mundo son visibles, causando impactos sobre los índices de erosión costera, además, las recientes catástrofes (huracanes, tsunamis y tifones) causan daños masivos más allá de la interrupción de los procesos productivos de la sociedad. Es evidente que la planificación y la ejecución correcta de las obras de protección costera se están convirtiendo en algo cada vez más importante para las comunidades, ciudades y la infraestructura costera en todo el mundo.

Se destacan como soluciones para la protección costera: la reconstrucción de dunas, espigones, rompeolas, muros de pantalla, y los sistemas de protección de los márgenes. La solución apropiada se seleccionará teniendo en cuenta las características de la región costera estudiada, junto con las

soluciones pertinentes. También es importante minimizar los efectos adversos causados por la ejecución de las construcciones costeras: sin que las consecuencias más amplias de la intervención puedan perjudicar los beneficios locales.

Figura 10. **Rompeolas y estructura de protección costera**



Fuente: Rompeolas y estructuras de protección costera

<https://www.maccaferri.com/ro/solutii/ziduri-de-aparare-marine-si-structuri-costiere/>. Consulta: febrero 2018.

Tabla I. **Tipos, objetivos y funciones de estructuras de protección costera**

Tipo de estructura	Objetivo	Funcion principal
Dique	Prevenir o mitigar inundaciones de zonas costeras bajas	Separación entre la línea de costa y las zonas bajas en tierra a través de
Muro vertical (espaldones)	Proteger tierra y estructuras contra inundaciones y rebalse	Refuerzo de parte del perfil de playa.
Revestimiento	Proteger la línea de costa contra erosiones	Refuerzo de parte del perfil de la playa
Malecón de retención	Retener suelo y evitar deslizamiento de tierra al mar	Refuerzo y relleno del banco de tierra costero
Espigón	Prevenir erosión playera	Reducción de transporte longitudinal a la playa
Rompeolas no ligado a la playa	Prevenir erosión playera	Reducción de la altura de ola en la sombra de la estructura.
Dique o rompeolas arrecife	Prevenir erosión playera	Reduccion de la altura de ola en la playa
Dique sumergido	Prevenir erosión playera	Retardar el movimiento del sedimento mar adentro
Rompeolas	Proteger puertos y obras de toma contra oleaje y corrientes	Disipación de energía de oleaje y reflexión del oleaje hacia mar adentro
Dren de playa	Prevenir erosión playera	Acumulación de material playero en la porción drenada de la playa

Continuación de la tabla I.

Relleno artificial de playa y dunas	Prevenir erosión playera y proteger contra inundaciones	Relleno artificial de la playa y duna para que sea erosionado en lugar del material naturalmente depositado
Rompeolas flotante	Proteger puertos y zonas de atraque contra oleaje de alta frecuencia	Reducción de alturas de ola por reflexión y atenuación
Espigón de escollera	Estabilizar canales de navegación en desembocadura y bocas	Confinar corrientes y flujos de marea. Proteger contra aguas pluviales y corrientes cruzadas.
Muro de conducción	Prevenir azolve o erosión no deseados y proteger atraques contra corrientes	Direccionamiento de corrientes forzando el flujo a lo largo de las estructuras.
Barreras para marea de tormenta	Proteger estuarios contra mareas de tormenta	Separación del estuario y el mar por medio de compuertas móviles.
Protección contra socavación	Proteger estructuras costeras contra inestabilidad producida por erosión de fondo marino adyacente	Aumento de la resistencia contra erosión causada por oleaje y corrientes.

Fuente: Instituto de ingeniería, UNAM

Tipos, objetivos y funciones de estructuras de protección costera.

1.5.6. Dragados

Un dragado es una serie de actividades que tienen como fin la limpieza de rocas, sedimentos y otros materiales situados bajo el agua, ya sea en medio marino, fluvial o lacustre. Estos trabajos comprenden la extracción, el transporte y el vertido del material. En Guatemala se realizan estos trabajos comúnmente en: a) Mantenimiento de canales y áreas de maniobra de buques, b) Aumentar profundidad en áreas de atraque nuevas o c) Aumentar capacidad de transporte de agua en ríos para evitar inundaciones aguas abajo.

El trabajo es realizado por una embarcación llamada draga, que consta de *spots* en su parte trasera, una grúa al centro y un brazo con una broca en su punta que va realizando el corte, el brazo es manejado desde cabina donde se regula la profundidad y se controla el barrido del mismo, realizando cortes hasta la profundidad deseada, el brazo en su centro es hueco, y transporta el material cortado hasta el cuarto de máquinas de la draga, donde mediante una bomba impulsa el material, a través de una tubería que se dirige al punto de vaciado, es común que estas tuberías tengan longitudes exorbitantes, por lo que se colocan en puntos intermedios embarcaciones con *boosters*, o potenciadores, para darle más impulso al material que fluye dentro de la tubería junto al agua.

Las operaciones de dragado requieren de altas inversiones en maquinaria, por lo que la elección del equipo para cada caso determinado resulta crítica. Una primera clasificación de los equipos atendería a los métodos de excavación, forma de operación y desalojo del material (subida del material a la superficie). De esta forma tendríamos dragas mecánicas, dragas hidráulicas y dragas especiales. Las primeras utilizan medios mecánicos para la excavación y el desalojo, mientras las segundas lo hacen con medios hidráulicos (succión o inyección). Los medios especiales son muy diversos y de usos muy específicos.

Antes de realizar un dragado se necesitan conocer una serie de aspectos sobre las zonas de extracción y de vertido como son la batimetría, las características geotécnicas y geológicas del material a dragar y las condiciones medioambientales de las zonas de dragado, transporte y vertido. Estos datos servirán para reducir al máximo posible los costes ambientales y económicos asociados.

1.6. Evolución de las obras marítimas en Guatemala

En Guatemala la evolución de la infraestructura marítima ha sido lenta y tardía hasta cierto punto, y va directamente ligada con el desarrollo de las terminales portuarias en el país, siendo las primeras terminales portuarias pensadas para satisfacer la necesidad de exportar el café producido.

Los primeros puertos en el país carecían de obra marítima alguna, y eran utilizados puramente para el atraque de barcos provenientes de Europa en los tiempos de conquista y colonización, posteriormente los primeros puertos se construyeron en hierro y estuvieron en funcionamiento por muchos años, hasta que comenzaron a ser desplazados por los muelles de concreto hidráulico.

Actualmente el transporte marítimo de Guatemala se desarrolla en los litorales del Pacífico y del Atlántico, se cuenta con cinco puertos marítimos de los cuales dos están en el litoral del Atlántico donde por la topografía del lugar se ha podido establecer dos puertos naturales destinados al atraque de embarcaciones, estos son el Puerto de Santo Tomás de Castilla y Puerto Barrios, y sobre el océano pacífico se encuentra Puerto Quetzal, San José y Champerico.

La infraestructura de los muelles en Guatemala es del tipo Muelles sobre pilotes de los que ya se habló anteriormente, incluyendo también obras auxiliares como los son los duques de alba y estructuras flotantes. Los puertos en la actualidad están dotados de grúas para la carga y descarga de mercancías y maquinaria como los *port loaders* para el almacenamiento y transporte dentro de la terminal portuaria.

Cabe destacar que el área donde más desarrollo se ha notado en las obras marítimas es el Pacífico, dado que está en constante ampliación y creación de áreas nuevas, tal es el ejemplo de Cobigua, que en el 2014 amplió su muelle de atraque casi triplicando su productividad. Posteriormente comercializadora Pahame y sus afiliados construyeron un muelle tipo pontón específicamente para la exportación de minerales, y así consecutivamente ha habido una serie de mejoras en esta área del país, siendo casi en su totalidad ejecutados por empresas guatemaltecas.

2. TRABAJOS PRELIMINARES

Los trabajos preliminares son todos aquellos estudios, observaciones, exploraciones o trabajos que se realizan para obtener toda la información necesaria, bien sea para la ejecución de un proyecto, su diseño, o el estudio del programa de trabajo. Los trabajos preliminares para una obra marítima y una obra tradicional no son tan distintos, básicamente son los siguientes:

- Estudio del terreno
- Estudio topográfico
- Condiciones climáticas
- Obtención del personal
- Condiciones económicas
- Servicios sociales
- Relaciones públicas

2.1. Estudio del terreno

El terreno es una materia prima al momento de realizar una obra, por lo que se necesita saber sus características al mayor detalle posible. Para lograr tal cometido lo más recomendable es la realización de estudios de suelo, los cuales se realizan mediante la perforación de pozos de exploración para extraer muestras, las cuales posteriormente son llevadas a laboratorio y ensayadas para obtener las características del lugar.

En las obras marítimas este estudio es vital, ya que de ello depende las capacidades de carga para las que se diseñan los elementos y la cantidad,

dimensiones y longitudes de los pilotes, si en caso se fueran a utilizar para lograr el cometido. Los estudios de suelos en entornos marinos normalmente son realizados con sistemas de pontones *Jack-up*, dicho sistema consiste en pontones con *spot wells* con sistema auto elevable sobre spots, para lograr sacar la plataforma de trabajo del agua y así lograr tener una superficie estable para trabajar, sobre dicha plataforma se instala el sistema para el ensayo de penetración estándar, SPT, y se realiza el estudio de igual manera que en otros entornos. Además del estudio de suelos, también se debe realizar inspecciones visuales y subacuáticas, para determinar la vida marítima y evaluar el impacto que tendrán los trabajos a realizarse en la misma, en las áreas donde se ha desarrollado las obras marítimas en el país, es muy escasa la vida marítima en sus alrededores, sin embargo, eso no quiere decir que se deba obviar dichos estudios.

Figura 11. **Ensayo SPT de lecho marino**



Fuente: Ensayo SPT de lecho marino.

<http://www.myanmargeoconsultant.com>. Consulta: febrero 2018

2.1.1. Inspección visual y subacuática

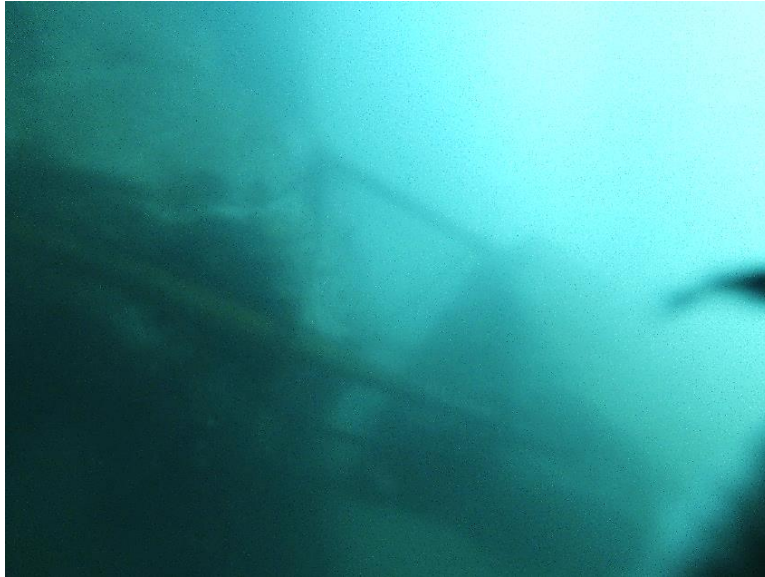
Esta parte de los trabajos preliminares es de particular importancia en las obras marítimas, especialmente cuando se trata de una reparación, ya que mediante buzos certificados se hace una inmersión para localizar los posibles daños en las estructuras, para lo mismo se utiliza equipo de buceo tradicional y equipo para iluminar y documentar los daños.

Figura 12. Choque de buque contra muelle



Fuente: Inspección visual de daños, choque de buque contra muelle.

Figura 13. **Inspección subacuática de estructura**



Fuente: Inspección subacuática de estructura.

Se debe recordar que muchas veces a pesar que aparentemente no se aprecien daños, se debe observar detalles, tales como desprendimiento de vida marítima del rostro del pilote, ya que esto significa que el mismo fue sometido a un esfuerzo excesivo que produjo una flexión sobre el elemento. Posterior se debe requerir una limpieza de todo el ostión que pueda tener adherido el pilote, ya que se debe inspeccionar posibles grietas en los recubrimientos epoxicos, que también son un indicador de daños en el elemento. Los pilotes sufren de mayor estrés en la parte superior, donde está unido al cabezal, y en la parte inferior, donde esta empotrado al suelo, y dado que en el suelo normalmente se tiene una capa de materia orgánica o suelos lodosos, es difícil observar en detalle el área de empotramiento y por lo tanto, observar daños, por lo que se debe de ser muy observador y tratar de identificar daños mayores mediante el estado del resto del elemento. La ausencia de cualquier tipo de flexión o deformación es un buen indicio que el elemento está en buenas condiciones.

2.1.1.1. Documentación de daños

La documentación de daños consiste en la utilización de equipo de filmación subacuática para fotografiar y, de ser posible, video documentar los daños provocados por percances en alguna obra marítima, para realizar una documentación adecuada es recomendable ingresar a hacerla en horarios de marea baja, ya que normalmente la visibilidad es mayor y permite hacer una mejor inspección visual. Además, es recomendable el uso de espátulas u objetos punzantes para escarificar en los daños para saber la profundidad de los mismos, ya que los procedimientos para repararlos varían. La documentación debe hacerse en base a la cantidad de pilotes, numerando cada uno dándole una identificación, y localizando las alturas aproximadas de los hallazgos encontrados, de igual manera con vigas, cabezales u otras estructuras.

Además de identificar y documentar daños en los elementos se debe documentar toda la información posible de cómo ocurrieron los daños, es decir, en caso sea ocasionado el daño por una colisión con un barco, se debe tratar de determinar la dirección en la que se aproximó, y la velocidad del mismo, esto con el fin de lograr entender mejor los posibles daños y ayudar en la inspección de los elementos.

Figura 14. **Choque contra puerto Santo Domingo**



Fuente: Buque "Kydo", choque contra puerto Santo Domingo
www.tourinews.com. Consulta febrero 2018

2.1.1.2. Elaboración de informe y recomendación de trabajos a realizar

Con la documentación de daños de debe elaborar el informe de los mismos y los trabajos que se recomienda se realicen para subsanar, reparar o reemplazar los elementos dañados, en el informe se debe indicar: a) En que segmento de la obra se ocasionaron los daños b) Que elementos fueron dañados, c) Gravedad, d) Profundidad y e) Magnitud de los daños; si se cuenta con registro fotográfico y/o video de los mismos se deberán adjuntar.

Las recomendaciones de los trabajos a realizar serán en base a los daños, cuando en los daños ocasionados haya elementos con separación parcial o total en algún elemento se debe proponer la elaboración de elementos nuevos

que cubran totalmente las prestaciones estructurales del elemento original, comúnmente las reparaciones marítimas son producidas por choque de navíos en la estructura principal, generalmente producidos por velocidades de aproximación poco adecuadas que pueden ser generadas por mareas, oleaje, vientos, o una mala práctica del capitán del navío. Cuando el daño es producido por un choque de navío, lo que comúnmente recibe los mayores esfuerzos son los pilotes, bien sea el pilote de acero o concreto, el daño principal generalmente se manifiesta en las camisas de los pilotes y vigas, si el daño es demasiado, entiéndase que hay desprendimiento, pérdida de volumen, acero de refuerzo con falla por separación o corrosión excesiva, se recomienda buscar alternativas para la instalación y fabricación de elementos que sustituyan los dañados.

En caso contrario se puede demoler los segmentos que estén dañados para volverlos a fabricar con los métodos que sean adecuados.

2.2. Estudio topográfico

Para ejecutar un proyecto es necesario previamente realizar diversos trabajos topográficos en la zona donde se elaborará la obra, este estudio ofrecerá información verídica sobre la mejor zona para ubicar los campamentos que servirán para oficinas, bodegas, habitación, entre otros.

Por otra parte, también es necesario tener información de las áreas adyacentes, esto para elegir las rutas de acceso más adecuadas para el ingreso de equipo, maquinaria, materiales, u otras necesidades que se puedan tener, al igual que es necesario ubicar los puntos de depósitos de excedentes de las excavaciones, líneas de transmisión de energía, teléfono, entre otros.

Cuando se realiza un trabajo de topografía se obtienen datos importantes de lo que significa todo el terreno de la obra y también terrenos adyacentes, pero siempre es recomendable complementar toda esta información con una inspección visual de la zona.

En las obras marítimas los trabajos de topografía deben ser de primer grado, de ser posible todos los puntos deben estar georreferenciados, ya que las cotas de los elementos deben ser respetadas a cabalidad para no tener complicaciones en caso se trabaje con elementos prefabricados. El equipo que se debe utilizar en trabajos de esta naturaleza debe estar calibrado adecuadamente y tener la certeza de su correcto funcionamiento.

Además de lo anteriormente expuesto, se debe tener un especial cuidado en el manejo de alturas, ya que, en las obras marítimas, por la variación de marea, se debe de respetar a almenos lo requerido en el diseño, por lo que se debe de contar siempre con almenos tres bancos de marca principales georreferenciados y debidamente corregidos según el nivel de marea media, el cual se corrige periódicamente por el Instituto Geográfico Nacional y aun ya corregido debe de realizarse un doble chequeo con un valor estadístico propio, basado en la observación de variación de las mareas en un periodo determinado o bien con algún punto ya conocido de alguna estación cercana.

En las zonas marítimas es común que el calor y la humedad pueda afectar al equipo que se está utilizando para realizar las mediciones, por lo que se debe de considerar realizar una caseta o algún tipo de artefacto que pueda proveer de sombra para controlar un poco la temperatura en el equipo, además de planificar chequeos periódicos para establecer la exactitud del equipo.

2.3. Condiciones climáticas

Previo al inicio de la obra es importante obtener la mayor cantidad posible de información respecto al clima, ya que las condiciones climáticas pueden impedir el trabajo en ciertas épocas del año, o en otros casos puede impedirnos realizar ciertas actividades en horas determinadas del día.

El clima también influye en la selección del equipo de construcción, tanto en el tipo de maquinaria como en las características de ella. La ubicación de campamentos, bodegas, talleres y demás elementos necesarios para la obra, así como el tipo de materiales que se utilizarán.

El agua potable también es un punto esencial para la obra, tanto para el consumo, higiene personal y la construcción en sí; si es que no existe provisión de agua potable deben preverse instalaciones de depuración.

En las obras marítimas las condiciones climáticas afectan en gran manera el avance del proyecto especialmente las mareas. A grandes rasgos, las corrientes oceánicas son producidas por la diferencia de temperaturas en el océano, y por la fuerza de atracción que ejercen el sol y la Luna sobre la Tierra, principalmente la Luna, estas diferencias de temperatura y las fuerzas de atracción es ejercida sobre todo el planeta, tanto en su parte sólida como en su parte líquida y gaseosa. Sin embargo, los cambios que suceden en la litosfera son insignificantes comparados con los que suceden en los mares y océanos, en los mares y océanos dichos cambios pueden causar cambios periódicos de varios metros. Dicha variación en la altura de la marea puede ocasionar que sea problemático realizar ciertas actividades en el proceso de ejecución de la obra, y haya que programar dichas actividades en horarios donde la marea es

baja. Por lo mismo es importante estudiar las mareas y climas propios del lugar donde se realizará la obra.

2.4. Contratación del personal

El movilizar personal de otras regiones, siempre significa dificultades e inversiones, lo cual únicamente es justificado cuando es personal de confianza, especializados u operadores de equipos.

Lo más recomendable es contratar la mayor cantidad de personal en la zona del proyecto, siempre y cuando sus habilidades estén de acuerdo a lo requerido para realizar satisfactoriamente la obra.

En las obras marítimas es común el requerir de personal especializado como lo son los buzos, los cuales, recomendablemente deben estar certificados por alguna escuela de buceo. Inclusive cuando se requiere realizar reparaciones de mayor magnitud que puedan producir la necesidad de hincar desde el mar, se debe pensar también en personal que tenga la experiencia de hacer dicho trabajo, ya que, aunque sea una actividad que muchas personas hayan hecho antes, al momento de estarla realizando en el mar cambian todas las condiciones y por lo mismo es preferible trabajar con persona que tenga experiencia en el entorno marítimo. Incluso se debe considerar que el ingeniero a cargo tenga la experiencia necesaria para poder hacer el trabajo, ya que como se mencionó antes no es un trabajo que deba tomarse a la ligera.

2.5. Limpieza

La limpieza consiste en la extracción de los materiales o volúmenes dañados del elemento, además de todo material externo que pudo haberse incrustado o adherido y que pueda interferir con el proceso de reparación.

2.5.1. Demolición de elementos dañados

Previo a la reparación se debe extraer todos los segmentos que fueron dañados al momento de la colisión o evento, para este proceso podemos utilizar equipo manual, neumático, hidráulico, eléctrico o inclusive utilizar maquinaria pesada. El equipo a utilizar depende directamente de que tan grande es la magnitud del trabajo a realizar

Lo comúnmente usado son los martillos neumáticos que no son más que un cilindro movido por aire que acciona una punta, la cual va fisurando el material para lograrlo desprenderlo y posteriormente extraerlo del lugar de demolición.

2.5.1.1. Remoción de escombros manualmente

Los escombros son normalmente parte de los elementos dañados que se han desprendido totalmente y han caído en el lecho marino, bien sea de estructuras nuevas o estructuras viejas, tal es el caso de los muelles en la zona del pacifico, durante el terremoto de 1976 muchos de estos muelles quedaron completamente destruidos desprendiéndose grandes fragmentos y precipitándose al fondo marino. Generalmente el objetivo principal de remover escombros en el lecho marítimo es el poder abrir paso para los nuevos elementos, esto se realiza mediante el ingreso de un equipo de buzos para

inspeccionar que escombros están en el camino de las estructuras y hacer un estudio previo de cómo moverlos, si son escombros de pequeña magnitud el mismo equipo de buzos los mueve de posición de tal manera que no tenga obstáculo el elemento nuevo y de ser necesario, se utiliza equipo especial para removerlos.

2.5.1.2. Remoción de escombros utilizando equipo especial

Cuando los escombros ya no son manipulables por el equipo de buzos, es necesario recurrir a herramientas y equipos especiales para realizar la tarea. Entre estos equipos se encuentra:

- **Martillos neumáticos:** el martillo neumático es una herramienta de perforación accionada por presión de aire, trabaja sobre superficies horizontales o verticales, en cuyo caso la forma se adapta para que un solo operario pueda aplicar la fuerza necesaria para remover los materiales que impiden colocar los nuevos elementos. El martillo neumático admite la incorporación de herramientas accesorias tales como punteros, barrenas, barrenas huecas; la unidad de poder, que es un compresor de aire accionado a gasolina o diésel se encuentra en la superficie montado sobre una armazón metálica sobre ruedas.
- **Cucharón de almejas:** se utiliza para extraer escombros, en si es una embarcación con una grúa a bordo y en su extremo un cucharón mecánico que tiene la función de abrir para rodear los escombros y cerrar para extraerlos, en su operación se debe de tener el cuidado de no atrapar en sus mandíbulas ningún objeto fijo o que no pueda extraer, ya que al tratar de extraerlo puede ocasionar ruptura de algún elemento de la grúa, e

incluso que la misma vuelque; esta actividad debe realizarse por un operador experimentado.

- Eslingas: las eslingas o cinchas son una herramienta de elevación, no son más que un elemento intermedio que permite enganchar una carga a un gancho de izado o de tracción, aunque muchas veces se utilizan únicamente las eslingas con amarres específicos para el izado de elementos.

Figura 15. **Demolición con herramientas neumáticas**



Fuente: Demolición con herramientas neumáticas.

2.6. Transporte

Otro de los trabajos preliminares importantes es la movilización de maquinaria, equipo y personal desde las bases de la empresa hacia el lugar

donde se desarrollará el proyecto. En esta actividad se suele buscar personas para servicios específicos, o contratar servicios varios y en muchas ocasiones personal con conocimiento de tramites en aduanas para realizar importaciones y/o exportaciones según sea el caso.

También es necesario conocer previamente las leyes de transporte de los lugares por los que se transitará ya que puede afectar en los métodos de trabajo, haciendo tomar decisiones de transportar elementos completos, por fracciones, o transportar únicamente las materias primas.

Finalmente, pero no menos importante, según las necesidades y dimensiones de lo que se vaya a transportar se consideran medios marítimos, aéreos o terrestres para movilizar los equipos, tomando en cuenta para estas decisiones, estado de carreteras, costos de transporte, costo de arme y desarme de equipo y el tiempo.

2.6.1. Movilización de equipo pesado

La movilización del equipo pesado, comúnmente se considera una actividad de poca prioridad y baja dificultad, sin embargo, suele complicarse para poder cumplir con las normas y regulaciones de los lugares a transitar. Normalmente para la reparación de obras marítimas tendrá que ser utilizado equipo pesado para el hincado de pilotes secundarios, para reemplazar los pilotes dañados de la obra a reparar, dicho equipo consta básicamente de una grúa, guías auxiliares y un martillo de hincado; según sean las dimensiones del pilote a hincar, será la forma en que debemos seleccionar el equipo a utilizar, por lo tanto, la complejidad del movimiento.

Para movilizar equipo de hincado, es normal que se sobrepase los límites de carga permitidos en Guatemala, por lo que previo a realizar la operación se debe de tramitar un permiso especial en la unidad de transito de la municipalidad, dicho permiso puede dar como resolución que se transite solo a ciertas horas, o que se tenga que dividir la carga o distribuir en varias plataformas para disminuir el deterioro de las zonas viales. En la ciudad capital se tramita el permiso en la dirección general de caminos, ubicada en Finca Nacional La Aurora, Zona 13, para ello se utiliza la forma 1-83, dicha forma nos requiere los datos de la persona que solicita el permiso, descripción del vehículo que realizara el movimiento, descripción del transporte, entiéndase furgón, plataforma, low-boy u otro, y descripción, peso y dimensiones de la carga; Luego de entregado se espera una resolución en un plazo no mayor a 3 días y en caso de ser aprobado se entrega una resolución en la que se indica las condiciones bajo las que debe ser transportada la carga.

Ya resuelta la parte de los permisos, la movilización en si tiene que ser escoltada con un automotor antes, y uno después de la caravana del equipo, esto para advertir a los automovilistas el paso del equipo y evitar producir accidentes, además es aconsejable que cada vez que se realice una movilización de gran envergadura cubrir los equipos con el seguro correspondiente ya que son equipos de valores elevados los que se moverán.

3. PRINCIPALES ELEMENTOS EN OBRAS MARÍTIMAS

Al igual que todo proceso constructivo el resultado final es el conjunto de una serie de elementos con una función específica, y en las obras marítimas no es la diferencia. Normalmente lo que se aprecia es la conclusión de un proceso, sin embargo, procesos tan básicos como un simple chapeo o procesos complejos como el hincado de un pilote son los que nos acercan a esa meta de construir algo con un fin específico.

Las obras marítimas también se componen de elementos utilizados en obras en tierra, como pilotes, vigas, encamisados, entre otros. Sin embargo, el hecho de estar trabajando en el mar le agrega un grado de dificultad considerable a la obra, ya que se está expuesto constantemente a factores externos variables, como lo son las mareas, lluvias, viento y oleaje, siendo allí donde radica la importancia que las personas involucradas en el proyecto tengan la capacidad técnica y experiencia adecuada para poder lidiar con dichos factores y ajustarse constantemente a los cambios a los que sin dudar se verán expuestos.

3.1. Pilotes

Los pilotes son elementos verticales que tienen la función de transferir cargas desde la superestructura a través de estratos débiles o agua, a estratos más compactos y suelos menos comprimibles o rocas. Los pilotes utilizados en obras marítimas están sujetos a cargas laterales consecuencia del impacto del atraque de barcos y de las olas. Comúnmente están siendo afectados por cargas tanto verticales como horizontales.

3.1.1. Clasificación de pilotes

El *British Standard Code of Practice for Foundations* (bs 8004:1986) clasifica los pilotes en tres categorías:

3.1.1.1. Pilotes de gran desplazamiento

En esta categoría se pueden clasificar todos los pilotes de sección sólida o los de sección hueca con el final cerrado, los cuales son hincados en el suelo desplazando grandes masas de suelo o bien los fundidos en sitio.

3.1.1.2. Pilotes de poco desplazamiento

Al igual que los pilotes de gran desplazamiento son hincados o *jacked into the ground* pero con la diferencia que su sección transversal es relativamente pequeña. En esta categoría se incluyen los perfiles H o I y tubos circulares o cuadrados con el final abierto, donde el suelo entra en la sección hueca.

3.1.1.3. Pilotes de remplazo

Estos pilotes se caracterizan por la remoción del suelo utilizando brocas o técnicas de perforación, comúnmente también son conocidos como pilotes fundidos in situ, estos pilotes se caracterizan por la colocación de concreto en una perforación lineal colocando previamente una armadura de acero en el área que se retiró el suelo, por ello se llaman pilotes de remplazo, ya que reemplazan el suelo con concreto y acero, que es lo que forma el pilote.

3.1.2. Selección de pilote

La apropiada selección del tipo de pilote de cualquiera de las categorías anteriores depende de tres factores principales:

- Localización de la estructura
- Condiciones del suelo
- Durabilidad

Considerando el primer factor: algunas formas de pilotes de desplazamiento son la primera opción en las obras marítimas. Un pilote sólido de concreto pretensado, o un elemento prefabricado en las costas o lugares donde se puede trabajar desde tierra, pero en aguas profundas, un pilote sólido es demasiado pesado para manipularlo, por lo que se debe de usar un pilote de acero tubular o incluso un pilote tubular prefabricado en concreto, los pilotes tubulares de acero son preferibles a los de sección H para condición de exposición marítima por las fuerzas producidas por marea y corrientes. Los tubos de acero de gran diámetro son una solución económica al problema de lidiar con fuerzas de impacto producida por el oleaje y el atraque de cruceros, los pilotes de madera son usados para trabajos temporales en aguas poco profundas, los pilotes fundidos en sitio no son considerados para ninguna obra marítima.

El segundo factor, las condiciones de suelo, en obras marítimas las condiciones de suelo más que decirnos el tipo de pilote a utilizar, indicará las dimensiones del pilote indicado, como anteriormente se expuso, lo idóneo en obras marítimas son los pilotes tubulares de acero. El tipo de suelo indicará también que equipo será necesario para el hincado del pilote, el espesor del tubo, la longitud, el diámetro, entre otros.

Tercer factor, durabilidad, como se mencionó, el uso de pilotes de madera es únicamente para obras temporales, estos pilotes tienen una durabilidad relativamente baja ya que sufre daños destructivos por organismos que se forman en el agua. Los pilotes de concreto son de larga duración, ya que no sufren corrosión en agua salada debajo de la zona de *splash* y un concreto rico y bien compactado puede soportar el ataque de altas concentraciones de sulfatos en suelos y en aguas subterráneas. Los pilotes de acero pueden tener una muy larga duración, si ellos están completamente sumergidos en suelos no alterados, pero la porción del pilote expuesta al agua de mar o a suelos alterados debe ser protegida contra la corrosión mediante métodos de protección catódica, si es requerida una larga duración.

Figura 16. **Pilotes de acero**



Fuente: Pilotes de acero

3.2. Encamisados

Los encamisados son estructuras secundarias que su función principal es la de proteger el elemento principal. Un ejemplo de estos elementos es el sistema de pilotes utilizados en la Empresa Portuaria Nacional, EMPORNAC, en Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal. Los encamisados de EMPORNAC son de concreto con una armadura de acero liviana, su función es proteger la armadura del pilote de concreto principal, básicamente en la zona de splash, que es el área mayormente propensa a la abrasión producida por los sulfuros presentes por el mar.

El encamisado debe cubrir el área suficiente para asegurarse de resguardar la estructura, estos encamisados pueden sufrir daños con el tiempo, y especialmente en caso de colisiones o fuerzas no convencionales en la estructura. Al ser sometida la estructura a fuerzas de este tipo, se debe revisar la integridad de los elementos, y en caso de estar dañados proceder a demoler y a construir nuevamente los encamisados

Normalmente cuando son reparaciones marítimas, los elementos estarán sumergidos o parcialmente sumergidos en los cuerpos de agua, por lo que las técnicas de construcción son poco convencionales, se requiere de equipos de buceo, equipo hidráulico en vez de eléctrico, y elementos de soporte secundarios para que sirvan de apoyo para la construcción.

Es de especial importancia el recubrimiento mínimo en los encamisados, como el ACI lo expone, como mínimo se debe de considerar 3" de recubrimiento para garantizar la protección del acero, además del agregado grueso debe tener una granulometría apropiada, ya que en las condiciones a

las que estará expuesto cualquier grieta, ranura, o defecto, permitirá el ingreso de los sulfuros al acero, deteriorándolo hasta destruirlo completamente.

Figura 17. **Encamisado en pilotes de concreto**



Fuente: Encamisado en pilotes de concreto.

3.3. **Encepado**

Un encepado es un elemento prismático de concreto armado que trasmite y reparte las cargas en un conjunto de pilotes, el límite de pilotes en un encepado dependen directamente de la carga a transmitir y el límite estructural del pilote, en la actualidad se prefiere utilizar pilotes de diámetro grande y por lo tanto, pocos pilotes por pilar, se utilizan normalmente encepados con pilotes de uno a cuatro. Conviene arriostrar los encepados de una cimentación, tal es el caso del muelle de la Empresa Portuaria Nacional, EMPORNAC.

Un ejemplo muy notable de encepado son las estructuras utilizadas para el atraque de buques y amarre de cabos, conocidas como *Dolphin* o Duque de

Alba, estas estructuras arriostran un conjunto de pilotes que pueden estar a diferentes inclinaciones, según sea necesario para aportar soporte a fuerzas horizontales, con un elemento sólido de concreto armado, al momento de estar en funcionamiento, el encepado recibe todas las cargas dinámicas y estáticas y las transmite uniformemente a los pilotes, los cuales posteriormente se encargan de transmitir las fuerzas a los estratos sólidos. El encepado puede ser de concreto, acero o una combinación de ambos, según el tipo de pilote con el que se esté trabajando.

Otro elemento que comúnmente se ve en obras marítimas y se le considera como un elemento independiente, aunque en realidad es un encepado, son los cabezales, estos elementos normalmente son utilizados en los muelles, y sobre ellos se colocan las losas principales, donde posteriormente se transita, bien sea con equipo pesado o peatones, dependiendo el diseño y el uso del muelle. Su función, como la de cualquier encepado, es recibir y transmitir las cargas del área tributaria que le corresponda de la losa a los pilotes.

Figura 18. **Dolphin o encepado de pilotes**



Fuente: Dolphin o encepado de pilotes.

3.4. Vigas de arrostramiento

Los encepados se atan comúnmente entre ellos con vigas de arrostramiento, la función de estas vigas es el absorber momentos debidos a pequeñas excentricidades, como la no coincidencia entre eje del pilar y el centro geométrico de los pilotes, este atado se debe colocar en la dirección estructuralmente más débil en los encepados. estas vigas son de especial utilidad en zonas sísmicas, como lo es Guatemala, ya que hacen que las flexiones que llegan a los pilotes se reduzcan a valores despreciables y hace que toda la estructura trabaje en conjunto, estas vigas también se pueden diseñar para que además de arriostrar tenga la capacidad de soportar cargas y las pueda transmitir a los encepados.

Cabe mencionar que el proceso de reparación de las obras marítimas o bien, de cualquier trabajo en el mar, no puede ser exacto al 100 %, ya que los trabajos de hincado en su mayoría son realizados con martillos de impacto, y cada impacto de estos martillos puede desviar el pilote, siendo una cantidad incontable de factores a contar, estando desde la marea o viento, hasta una roca que pueda estar en la trayectoria del pilote. Por lo mismo estas vigas de arrostramiento ayudan a que la estructura absorba las excentricidades que normalmente van desde los 5 cm cuando es un control intenso y riguroso, hasta los 15 cm cuando no es un trabajo que requiera gran exactitud.

En algunas ocasiones el trabajo de las vigas de arrostramiento es remplazado fácilmente por la losa, ya que en la misma se pueden incorporar los elementos estructurales inferiores e incorporarlos como uno solo luego de la fundición de la losa, es decir, se logra que trabajen en conjunto.

Figura 19. **Fundición de losa**



Fuente: Fundición de losa.

3.5. Concreto para uso marítimo

El concreto armado siempre se ha presentado como la respuesta más sostenible y eficiente para todo tipo de construcción marítima, ya que presenta la mejor relación economía-sostenibilidad-durabilidad.

El agua de mar contiene muchas sales disueltas, varias de ellas afectan directamente la durabilidad del concreto. Las concentraciones varían de un mar a otro, aunque la cantidad una cantidad habitual es de unos 35 gramos por litro, exceptuando el mar Báltico que contiene solamente la quinta parte de sales disueltas.

El concreto es una estructura uniformemente heterogénea, lo cual dificulta la elaboración de modelos que predigan su comportamiento. En general en ambientes marinos, está compuesto por cemento, agua, arena, áridos y reductores de agua, el tamaño nominal de los áridos varía según la estructura, pero suelen estar alrededor de los 40 mm.

En general, la característica más importante para un concreto en zonas marinas es la permeabilidad, si tienen muy alta permeabilidad corren un gran riesgo de sufrir problemas de corrosión en el armado, por lo que se reduce drásticamente las propiedades mecánicas de los materiales.

La impermeabilidad está directamente relacionada con la durabilidad y esta con el concepto de sostenibilidad. Para que un concreto sea lo más impermeable posible debe tener el menor tamaño y continuidad posible entre los poros.

La permeabilidad de un concreto no es fácil de medir y especificar, no solo depende de una buena dosificación y fabricación, sino también de un buen vibrado y un proceso de fraguado debidamente controlado.

En Guatemala las normas vigentes son basadas en el American Concrete Institute también conocido como ACI, y en su sección sobre construcción de plataformas *offshore específica en función de las zonas de exposición marina*:

Zona	Máxima relación A/C	Mínimo contenido de cemento
Sumergida	0,45	356
Salpicadura	0,40	356
Atmosférica	0,40	356

A pesar de estar ya normado los parámetros básicos para concretos en zonas marinas, siempre es conveniente realizar estudios específicos cuando se encuentra en algún lugar con condiciones extremas, ya que cabe recordar que la presencia de sales y otros agentes químicos que pueden afectar al concreto depende mucho de las condiciones climáticas propias de la localización del proyecto. Los parámetros presentados en las normas normalmente cumplen para la mayoría de condiciones, sin embargo, no son normas universales.

3.5.1. Fabricación, transporte, puesta en obra y curado del concreto

Luego de realizada una correcta dosificación se debe de tener especial cuidado al momento de fabricarlo ya que las primeras 24 horas desde que se fabrica el concreto son muy importantes para el comportamiento futuro del elemento.

En la fabricación se debe de pesar cada agregado para realizar la dosificación previamente diseñada, la dosificación no se recomienda que sea volumétrica, ya que en el diseño del concreto se consideran factores como los pesos específicos de los materiales. El mezclado de los elementos debe de hacerse con una amasadora para garantizar un grado mínimo de homogeneidad y es recomendable hacerlo por al menos 45 segundos, además se debe de considerar las distancias desde el punto de fabricación al punto de vertido, ya que en zonas marítimas normalmente las temperaturas son elevadas, por lo que se debe de considerar que el tiempo de colocación baja drásticamente, antes de que inicie el fraguado.

Según ACI318-14 en su sección 26,5, el concreto debe colocarse de acuerdo a:

- A una velocidad que entregue un suministro adecuado de concreto en el sitio de colocación.
- A una velocidad tal que el concreto conserve su estado plástico en todo momento y mediante los métodos requeridos.
- Sin segregación o pérdida del material
- Sin interrupciones que pudieran causar pérdidas de plasticidad entre capas sucesivas de colocación.
- Depositado lo más cerca posible de su ubicación final para evitar la segregación debida a su manipulación o desplazamiento.

Esto con el fin de alcanzar un concreto lo más impermeable posible, lo que garantizará la durabilidad y la calidad del proyecto. Uno de los tantos cuidados que se debe tener al momento de colocar el concreto, es el evitar la caída libre de alturas superiores de 2 metros, esto para evitar la segregación del agregado grueso, si es necesario que la caída libre sea mayor a esto se puede realizar

siempre y cuando se realice una adecuada dosificación para que los agregados no se segreguen. Idealmente, la colocación del hormigón debe de hacerse de una sola vez cuando el espesor es reducido, o en capas si son grandes volúmenes, siempre tratando de que el tiempo entre fundiciones sea el menor posible y tomando las consideraciones necesarias para evitar la formación de juntas frías.

Además, se deben de observar las condiciones climáticas, tratando de realizar los trabajos en las horas del día donde la temperatura ambiental, y los vientos sean los más adecuados, ya que estos son dos factores que aceleran el fraguado del concreto, lo cual puede producir un cambio demasiado acelerado del gradiente de temperatura, por lo que se puede esperar fisuras superficiales en el concreto ocasionadas por la tensión en la superficie producto de la deshidratación no controlada del elemento.

La colocación de concreto bajo el agua no representa mayor reto, más que el lavado de la pasta de cemento, para evitar el lavado se debe de tener únicamente el cuidado de que el concreto no entre en contacto con corrientes de agua, lo cual se puede lograr introduciendo una tubería para colocarlo al fondo del encofrado directamente. Sin embargo, esto no impide que la parte superior o superficial del hormigón no sufra el efecto del lavado, por lo que se debe de tener en cuenta como una capa débil que habrá que eliminar posteriormente si fuera necesario

Finalmente el curado clásicamente en este medio se realiza el curado del concreto mediante el aporte de agua externa a la del concreto, es decir, se mantiene hidratada la superficie, esto tiene como fin primordial el compensar las pérdidas de líquidos del concreto por efectos de evaporación y del proceso químico que se produce al momento de fraguar el concreto, también es

acertadamente usado, el uso de componentes felógenos, especialmente cuando es escaso el agua potable, como lo es en zonas marinas, estos componentes se aplican en forma de resinas, pulverizados o líquidos, y funcionan creando una película reflectiva, que evita que aumente de temperatura el concreto y escape agua del mismo, además de ser un componente que obliga a controlar la temperatura al concreto ya que el producto puede absorber y disipar. Es recomendable el uso de aditivos en todos los morteros que se fabriquen en zonas marítimas, esto con el fin de ayudar a disminuir la velocidad de deshidratación del concreto, para evitar fisuración.

3.6. Aditivos y epóxicos

En las reparaciones de obras marítimas comúnmente se ve uno en la tarea de descifrar como lograr realizar el trabajo, ya que al ser obras existentes se verá con problemas por los reducidos espacios para trabajar, las distancias para llevar los materiales, e incluso el colocar el concreto, problemas para vibrar, entre otros.

Por lo mismo no solo en reparaciones sino en obras marinas en general es de gran utilidad auxiliarse del uso de agentes aditivos en la obra, como lo pueden ser los plastificantes, retardantes, reductores de agua entre otros.

3.6.1. Inhibidores de corrosión

Realmente no son inhibidores, son solamente retardantes, pero por cuestiones de ventas le han denominado inhibidores, su función es retardar la iniciación de la corrosión en tasas que permiten duplicar o triplicar la vida útil de una estructura de concreto reforzado, una estructura expuesta a las sales minerales del mar es mucho más propensa que ninguna otra a la corrosión. Por

lo que este tipo de aditivos pueden representar un ahorro bastante alto en temas de durabilidad y mantenimiento

3.6.2. Plastificantes retardantes

Su función es optimizar los diseños de concreto disminuyendo el uso de agua y cemento para alcanzar las propiedades exigidas en el diseño del proyecto.

El plastificante funciona haciendo más líquida la pasta del cemento, para que esta fluya, lo logra recubriendo a nivel de partículas las moléculas de cemento provocando repulsión entre ellas, cuando se repelen entre si existe menos resistencia al flujo del conjunto, menos fricción, dando lugar a la mejor distribución del agua, permitiendo que sea más fácil la colocación del concreto.

En este medio también son conocidos como reductores de agua, la disminución de la pasta de cemento en el concreto además de ser un beneficio económico implica la disminución de la retracción del concreto, disminución de la permeabilidad a los líquidos y un aumento a la resistencia a la abrasión, en general una mayor durabilidad del material

3.6.3. Retardantes

Los aditivos exclusivamente retardantes son realmente poco usados en la construcción, sin embargo, en obras marinas pueden ser de gran utilidad, ya que el simple hecho de llevar el concreto a su punto de colocación puede conllevar una serie de movimientos, tanto en mar como en tierra, y el uso de más de un equipo, como camiones mezcladores, pontones, barcas, e incluso grúas para el vaciado.

El uso de retardantes puede proporcionar valioso tiempo para transportar y colocar debidamente el concreto antes de que el mismo comience su proceso de fraguado, permitiéndonos la posibilidad de mezclar en sitios fuera de obra, donde se pueda llevar un control de calidad más minucioso, sin embargo, esto no significa que en el proyecto no se deba de realizar los chequeos básicos de control de calidad.

3.6.4. Superplastificantes

Como su nombre lo indica, cumplen una función similar a los plastificantes, es decir aumentan la manejabilidad de las pastas de cemento y por lo tanto la manejabilidad del concreto. Estos se utilizan cuando se ha llegado al límite del uso de los plastificantes, incluso en obras marítimas su uso en el país es escaso, pero siempre es acertado tener presente su existencia y su utilidad en dado momento.

3.6.5. Epóxicos

El epóxico en las obras marinas tienen una amplia gama de usos, desde como recubrimiento para evitar corrosión en elementos, hasta como métodos de anclaje en reparaciones marinas.

Es de frecuente uso el anclaje de varillas para amarrar la estructura existente con la reparación a realizar, esto se realiza con el fin de no demoler el elemento completo, ya que al lograr realizar un anclaje adecuado se puede trabajar únicamente el área dañada, siempre recordando que se deben usar los aditivos adecuados para mejorar la adhesión entre concretos antiguos y nuevos.

Las pinturas epóxicas también son muy usadas para cubrir los pilotes circulares de acero, estas pinturas les dotan de una gran resistencia a la corrosión, aunque en varias ocasiones hay que usar más de un producto para garantizar la durabilidad del trabajo. Estas pinturas epóxicas incluso se han utilizado como una alternativa a las protecciones catódicas tradicionales, y han mostrado muy buenos resultados en los elementos que se ha aplicado, siendo una opción económica frente a otras alternativas como el galvanizado. Además, otra gran ventaja frente a otros materiales es que no se necesita mayor preparación al personal para ser aplicada y se puede aplicar en obra sin problema alguno

4. HINCADO DE PILOTES

Como se ha mencionado en repetidas ocasiones, en obras marinas, sean nuevas o reparaciones, va a ser de utilidad el uso de elementos como los pilotes. El hincado de pilotes es un tema de gran amplitud donde se debe de tener conocimiento no solo de los equipos a usar, sino de métodos de izaje, formas de transporte, tipos de pilotes, capacidades de los elementos, capacidades de equipo, etcétera.

4.1. Maquinaria

A continuación se describen las distintas maquinas utilizadas para el proceso de reparaciones marítimas.

4.1.1. Grúas

Aunque no lo parezca, en las reparaciones marítimas es esencial la utilización de maquinaria de este tipo, su función es para el levantamiento y el manejo de objetos pesados, logrando esto con un sistema de poleas que acciona uno o varios cables, montados sobre una pluma y cuyos extremos terminan en un gancho mejor conocido como pasteca.

Las grúas pueden ser fijas o móviles, cuando la grúa es móvil, puede trasladarse por sí misma, sobre orugas o ruedas dispuestas para tal fin.

Las plumas de las grúas pueden ser rígidas cuando están formadas por estructuras modulares o bien telescópicas cuando están formadas por elementos prismáticos que deslizan unos dentro de otros.

En las obras marítimas, el uso de las grúas debe ser seleccionado con especial cuidado, cuando se trabaja desde tierra básicamente es un trabajo que se ha hecho cantidad de veces con factores mucho más predecibles que cuando se están en el mar, las cargas que soporta una grúa están especialmente limitadas por el radio en el que estas trabajan, mientras mayor sea el radio menor será la carga que pueda soportar la grúa, y hay que recordar que cuando la grúa esta sobre una barcaza en el mar estos radios pueden estar variando por el movimiento de la marea, por lo que la grúa debe seleccionarse y operarse con un factor de seguridad mayor al requerido comúnmente.

Otro factor a destacar es que en las obras marítimas el principal trabajo de la grúa es el hincado de pilotes, para lo cual se recomienda fuertemente la utilización de grúas móviles de oruga y pluma de celosía, ya que sus componentes, su construcción, y sus capacidades de cargas la hacen mucho más versátiles que otros tipos de grúas.

4.1.2. Barcaza

En las obras marítimas se utiliza este equipo para realizar los trabajos desde el agua, el equipo consiste en una serie de módulos con cubierta plana, que al unirse según sea el requerimiento del trabajo, se logra un equipo naval sin auto propulsión que proporciona una flotabilidad adecuada para montar sobre la cubierta todo el equipo de hincado, incluyendo grúa, martillo, vibrador, guías, bodegas, entre otros.

La barcaza comúnmente debe tener un sistema de anclaje, para poder fijarla al fondo del lecho marítimo y realizar los trabajos necesarios. Este sistema de sujeción puede ser de dos tipos

- *Jack-up*: o unidades de auto levantamiento, estas barcazas tienen la peculiaridad que elevan la barcaza para que esta no se vea afectada por el tema del oleaje o mareas. Su precio es mucho más elevado que la barcaza sujeta por *spots*, pero en áreas con mucha variación de mareas u oleajes demasiado altos hacen posible la realización de los trabajos con mucha mayor seguridad y en menor tiempo.
- *Spots*: los spots son muy semejantes a los pilotes, los mismos van sujetos a la barcaza mediante estructuras especialmente diseñadas llamadas *spots Wells*. El *spot* se fija normalmente por gravedad, es decir, se eleva todo lo posible y se deja caer en caída libre para que se ensarte en el lecho marino.

4.1.3. Vibro-martillo

En campo normalmente es conocido solo como vibro, el martillo vibratorio sirve para hincar pilotes mediante un sistema de pesos que transmiten vibraciones verticales hacia el pilote a hincar, el martillo se iza sobre el pilote con la grúa y se sujeta a él mediante un sistema hidráulico que prensa el tubo con unas mandíbulas colocadas en el vibrador, la amplitud de la vibración del vibro martillo ayuda a atravesar los estratos que se estén trabajando, y la misma es controlada por una fuente de poder, que no es más que una unidad hidráulica que trasmite toda la potencia necesaria para hacer trabajar el vibrador.

En las reparaciones y en las obras marítimas en sí, un punto muy importante es la exactitud en la ubicación del pilote, aunque se tengan guías, el peso de los elementos pueden provocar movimiento de todo el conjunto, por lo que siempre es recomendable la utilización del vibro martillo ya que su oscilación permite ayudar a ubicar de manera más precisa el pilote.

4.1.4. Martillo de impacto

Estos martillos pueden ser hidráulicos (con una fuente de poder sobre barcaza o tierra) o diésel (de combustión interna). Por la versatilidad en su uso se recomienda el uso de martillos de combustión interna diésel, ya que el tipo de trabajo se presta mucho a la ruptura de mangueras o fugas por deterioro y oxidación por las sales en el ambiente.

En general, los martillos son equipos que generan impactos en serie para el hincado de pilotes, su ciclo de operación inicia con la elevación de un pistón guiado dentro de un cilindro que, al comprimir el aire en el interior de la cámara de combustión, produce el encendido y explosión súbita del diésel previamente inyectado. El impacto y la explosión de la masa que golpea provocan penetración del pilote en el terreno.

Es común en el medio que empresas con poca experiencia en el área de hincado pretendan hacer trabajos con el equipo inadecuado, previo a la realización de un trabajo se deben de enviar los estudios de suelo, características del pilote a hincar y el equipo a utilizar, hay varias empresas especializadas en análisis dinámicos donde se ensaya la fuerza proporcionada por los equipos y la forma que el impacto se transmite en el pilote, esto para garantizar que no se utiliza un equipo muy grande (que puede significar daño en la integridad del pilote) o uno muy pequeño (que significa daño en el equipo y

una muy probable deficiencia en las profundidades y capacidades de carga del hincado)

4.1.5. Otra maquinaria

Lo anteriormente descrito es el equipo básico de hincado, sin embargo, eso no significa que únicamente con eso se realice el trabajo, en obras marítimas se necesita muy comúnmente de:

- Equipos de buceo: es el equipo tradicional para buceo recreativo, se utiliza principalmente para inspeccionar situaciones fortuitas que puedan irse presentando o bien para el rescate de equipo que pueda caer al agua, en casos especiales, como soldadura acuática, el equipo de buceo es especial, según sea el requerimiento al trabajo a realizar.
- Generadores: dado que todo el equipo puede estar permanentemente en una barcaza, es necesario tener fuentes de energía para dar poder a la herramienta de mano o a herramientas mayores como soldaduras, bombas, vibradores, entre otros. Se debe considerar de la suficiente potencia para activar varios equipos a la vez, y además contemplar que el equipo al estar sobre un pontón o barcaza tendrá una oscilación constante, lo cual es común que afecte los generadores, por lo que se debe de seleccionar de tal manera que estos efectos no pongan en riesgo la calidad del trabajo.
- Equipo de soldadura y corte: el equipo de soldadura aunque no parezca, es vital en el trabajo, ya que todos los trabajos prácticamente llevan soldadura o corte en los preparativos, como es el caso de las platillas o el corte final de pilotes e incluso la unión de tubería para formar los pilotes.

- Pontones: son estructuras muy similares a la barcaza, solo que, de una dimensión mucho menor, sirven para el transporte de equipo, pilotes, como plataforma para realizar diversos trabajos, entre otros.
- Platillas de hincado: si bien es cierto que no siempre son necesarias para realizar el trabajo, pueden ayudar grandemente a garantizar la calidad del trabajo.

4.2. Izaje de elementos

El izaje es la operación mediante la cual se mueven objetos de gran dimensión o pesados, los cuales no pueden ser transportados manualmente, el equipo utilizado para el izaje de cargas es cualquiera que permita elevar o bajar una carga, previamente calculada en forma segura y controlada.

En el trabajo de obras marítimas, reparaciones o construcción nueva, siempre se manipulan objetos de gran magnitud, como los pilotes, e incluso objetos pequeños, como un generador, es necesario izarlos para trasladarlos al sitio donde es necesario utilizarlos, ya que sobre la barcaza es extremadamente complicado moverlas manualmente.

4.2.1. Precauciones previas al izado

Toda persona que está involucrada en el izaje de cargas, debe de tener claro sus roles y responsabilidades, tener conocimiento, experiencia y ser competente para que exista una maniobra efectiva y segura.

Previo a iniciarse en este tipo de trabajos todo el personal debe ser debidamente instruido sobre el tema, para generar una base sólida para evitar

accidentes, además de que el personal este consiente de la complejidad y peligrosidad que conlleva un descuido en el trabajo.

Algo de vital importancia antes de realizar un izaje, es que el área donde se llevará a cabo la maniobra esté totalmente libre, es decir, en caso de una emergencia no haya nada que entorpezca la evacuación, además, una de las normas que nadie del equipo puede quebrantar, es el no transitar debajo de cargas izadas.

Otra norma a tener en cuenta, es que todo el personal debe vestir su equipo de seguridad industrial básico, es decir, casco, botas con punta de acero, lentes, y ropa acorde al trabajo, ya que, en las maniobras, especialmente en el martillado, pueden desprenderse piezas por la fuerza de los impactos y caer, de por si el personal debe estar lejos del área, pero hay situaciones fortuitas que aumentan la exposición del personal.

4.2.2. Radios de izaje

En cualquier tipo de obra donde se trabaje con maquinaria de izaje un tema elemental para saber si se puede realizar el trabajo y garantizar la seguridad del personal, es saber las capacidades del equipo.

Las grúas son la principal herramienta en las reparaciones marítimas. Las grúas al momento de adquirirlas traen consigo tablas de cargas, en estas tablas se especifica que carga es segura levantar según el radio a partir del eje central de la grúa, es decir, dice que tan lejos se puede llevar un peso ya conocido, la interpretación de estos datos debe hacerse por alguien debidamente capacitado en el tema ya que de ello depende la seguridad del movimiento, una lectura

errónea puede producir daños estructurales en la pluma, daños en la carga, volteo de la grúa e inclusive pérdidas humanas.

4.2.3. Personal calificado

- Operador: el operador del equipo es el responsable de la operación, desde el momento en que la carga está siendo enganchada y es separa del suelo, por esta responsabilidad el operador debe tener la autoridad suficiente para negarse a realizar una maniobra, si la considera insegura, el izaje procederá solamente cuando las inquietudes del operador sean aclaradas por el supervisor responsable, después de hacer una evaluación de los riesgos y asegurar las condiciones operativas.

Requisitos

- Tener certificación vigente que lo acredite como operador para el tipo y capacidad del equipo a operar.
- Tener capacidades físicas-mentales-salud favorables para la operación segura de los equipos.
- Demostrar experiencia en la manipulación de equipos de izaje.

Las certificaciones se emitirán conforme a normatividad vigente aplicable al tema de izaje de cargas por empresas reconocidas, además, el operador debe tener una normal percepción, campo de visión, tiempo de reacción, destreza manual, coordinación y no tendencias de vértigo o características similares indeseables.

- Normas de seguridad para el operador.
 - Los operadores no pueden operar equipos diferentes ni con capacidades mayores a las que se han establecido en los certificados del ente que los certifica.
 - El operador debe mantener la atención en la maniobra que ejecuta y no tener distracciones generadas por usar celular, ingerir alimentos o indicaciones diferentes al *rigger*.
 - El operador no debe operar el equipo bajo los efectos de alcohol o drogas, inclusive medicaciones, en caso este siendo medicado, debe de dar aviso para verificar los efectos de los medicamentos en las maniobras.
 - El operador no debe obedecer señales de parada de emergencia, sin importar quien las dé.
 - Cada operador es responsable de las operaciones bajo el control directo del mismo. Cualquier duda que tenga sobre la seguridad, el operador debe consultar con su supervisor inmediato antes de levantar la carga.
 - Debe de entender e interpretar las tablas de carga, determinar con precisión la capacidad del equipo.
 - Asegurarse de conocer el peso y centros de gravedad de la carga a levantar.
 - Asegurar que los aparejos a utilizar corresponden con las capacidades de carga requeridas y que se encuentran en perfectas condiciones para su uso.
 - Efectuar la lectura correspondiente de la carta de capacidades con el fin de determinar el radio, ángulo, longitud, altura de la pluma y cuadrante de operación para lograr un posicionamiento y operación segura de la grúa. No exceder el 80% de su capacidad.

- Antes de realizar el izaje, el operador debe asegurarse de que la misma no está sujeta a ninguna estructura, soldada o atornillada a otro componente que pueda ser dañado o arrastrado al iniciar el izaje.
- No pasar carga sobre personal que se encuentre en el área cercana o anexa a la operación de izaje.
- *Rigger* es la persona en tierra responsable de las maniobras desde el momento que se levanta la carga hasta que llega a su destino final, por tal motivo debe conocer las condiciones del movimiento y los procedimientos seguros aplicables para la maniobra, el *rigger* debe tener un claro conocimiento del equipo que se utiliza en el izaje, es decir, *slings, shackles, guayas*, entre otros., ya que él es el encargado de colocar los dispositivos en los puntos de sujeción para el posterior izaje. Previo al izaje el *rigger* debe darle las instrucciones al operador para que coloque la pluma de la grúa en la posición correcta para que al momento del izaje la carga no se vaya a balancear ni a comportar de manera peligrosa, y ya levantada la carga, debe de dar las indicaciones para trasladarla de forma segura; en otras palabras, el *rigger*, son los ojos del operador en tierra, por lo que deben de tener total entendimiento entre operador y *rigger*, ya que son maniobras donde un descuido puede fácilmente tener consecuencias trágicas como la pérdida de vidas humanas.
- Supervisor de izaje: es la persona encargada y responsable de programar, diseñar, ejecutar y supervisar las maniobras de levantamiento mecánico de cargas, siempre ciñéndose a procedimientos dentro de las mejores prácticas de trabajo, manteniendo la integridad de la maniobra, es decir, él es el

responsable directo de verificar que la carga se pueda mover con el equipo disponible, además de diseñar el plan de izaje, debe de indicar con que maquinaria y equipo (*slings*, *shackles*, guayas, entre otros.) además de la posición de la grúa, cantidad de pluma que debe de tener, ángulo, radio, esta posición normalmente es ocupada por el ingeniero a cargo del proyecto, ya que en muchas ocasiones es requerido calcular y planificar detenidamente las operaciones, además de coordinarlas con el resto de actividades en el proyecto para garantizar la seguridad de todos los empleados y la obra en sí.

4.3. Hincado

La actividad medular de una reparación marítima es el hincado, ya que en esta actividad se hace el cimiento del proyecto, luego del hincado el trabajo se convierte en algo más tradicional y de menor dificultad, ya que cuenta con una base sólida para trabajar.

El proceso de hincado se divide en varias fases:

- Colocación de guías: el primer paso para realizar un trabajo de hincado de calidad es colocar una estructura secundaria que sirva como guía para que el pilote se posicione en la ubicación requerida, las plantillas son de diversas formas, materiales y tamaños, no hay ninguna regla que diga cómo deben de ser, lo importante de estas estructuras es que sean lo suficientemente rígidas para que puedan guiar al pilote los primeros pies del hincado, esta guía va apoyada en pilotes secundarios o *spots*, que se hincan previamente para tener una superficie de apoyo adecuado.

- Transporte e izaje del pilote: normalmente los pilotes se trabajan en tierra, y se transportan por diversos medios hasta el punto de trabajo. En obras marítimas los pilotes se soldán, funden, o preparan, según sea el tipo de pilote, en la costa y con la ayuda de una grúa se transportan a embarcaciones o sistemas de pontones para poderlos trasladar con la ayuda de un tender boat o alguna otra embarcación hasta el punto de izaje. Ya dentro del radio de trabajo de la grúa, se procede a izar el pilote, siempre con el cuidado que la parte de atrás no vaya a chocar contra la barza, dado que son movimientos en el agua, el pilote queda flotando libre en su parte posterior mientras se completa el izaje.

Figura. 20. **Izaje de pilote**

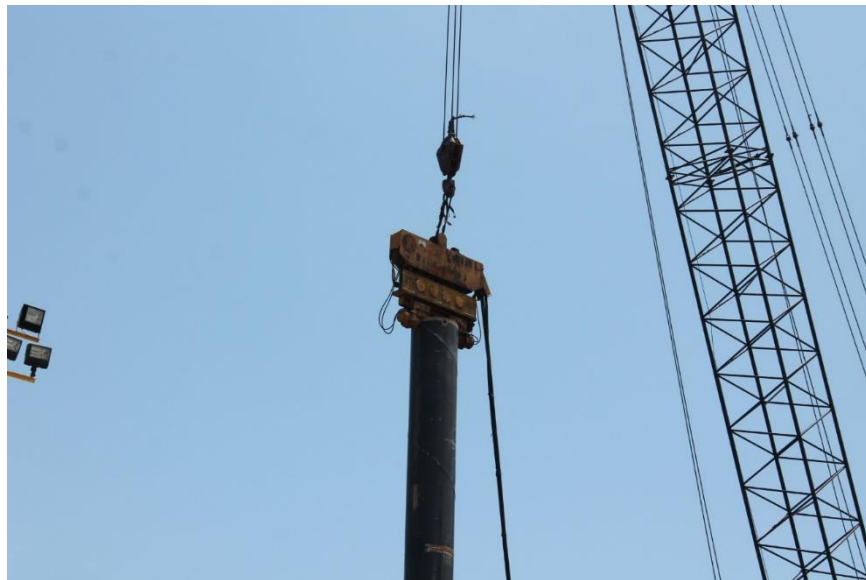


Fuente: Izaje de pilote.

- Hincado inicial: Con el pilote ya en sitio, se procede a hacer un hincado inicial, es decir, se hincan los primeros pies del elemento asegurando su posición previa a realizar el hincado principal. Esta fase se lleva a cabo

con un vibro martillo, y su intención es poder corregir cualquier falla en su colocación previo al hincado, ya que difícilmente se logrará corregir su rumbo o su posición luego de esta fase.

Figura 21. **Hincado inicial con vibrador**



Fuente: Hincado inicial con vibrador

- Hincado: el hincado se lleva a cabo con martillos de mayor capacidad que un vibrador, en algunos suelos y según el tipo de vibrador que se tenga se puede realizar el hincado completamente con el vibro martillo, pero se considera una práctica más sana el hincado con martillos de impacto, ya que se perturba en menor medida el suelo, lo que puede darnos mayores resistencias finales en el pilote. Durante el proceso de hincado se verifica constantemente la verticalidad del elemento, además de constantes chequeos en la integridad de la estructura secundaria, del martillo de impacto, y de los demás equipos que se están utilizando, ya

que las magnitudes de los impactos normalmente pueden ocasionar daños en alguno de los equipos o de la estructura.

Figura 22. **Hincado con martillo diésel**



Fuente: Hincado con martillo diésel.

- Posición y altura final: una vez terminado el hincado, se chequea nuevamente la posición, para asegurarse que se está dentro del rango de tolerancia permitido por el diseñador, además de proceder a marcar, cortar y preparar la boca del tubo según los trabajos requeridos para la superestructura.

Figura 23. **Altura final de hincado**



Fuente: Altura final de hincado

4.3.1. Análisis de hincado PDA

El análisis dinámico de hincado o mejor conocido en inglés como *Pile Driving Analysis (PDA)* es la prueba que por principio se debe de realizar en los trabajos de hincado. El PDA es el sistema más utilizado mundialmente para ensayos de carga dinámico y el monitoreo de hincado.

Este ensayo tiene como fin primordial determinar la integridad del pilote en el proceso de hincado, es decir, que el mismo no falle, pero más importante aún determinar la carga última que puede soportar el elemento. Este dato tiene especial importancia para determinar si el pilote soportara las cargas de diseño y en caso contrario determinar posibles soluciones, como lo puede ser el uso de pilotes adicionales.

En muchos tipos de suelo, la capacidad obtenida al final del hincado no es la capacidad última, ya que el hincado puede producir exceso de presión en poros alrededor del pilote lo que facilita la instalación, por lo que los resultados del PDA durante el hincado inicial serán menores a los finales, luego del golpeo, ya se obtienen los datos finales.

4.3.2. Hincado mediante vibrador

El uso de vibrador como método de hincado nos da como principal ventaja el control más exacto en la ubicación de los pilotes, sin embargo, en muchas ocasiones el uso de vibrador puede que no sea suficiente para realizar el hincado de un pilote, en especial los de gran dimensión, por lo que se hace es únicamente hacer un hincado inicial para luego concluirlo con el martillo de impacto

Un vibrador desplaza el elemento de hincado con oscilaciones longitudinales armónicas, las oscilaciones se transmiten desde el elemento de hincado al suelo inmediatamente circundante, ello hace que durante el proceso de hincado la fricción se reduzca notablemente a lo largo del elemento de hincado.

El objeto de hincado se coloca en el suelo ayudado por masa propia del vibrador o ejerciendo presión con un sistema de empuje, los elementos de hincado se pueden extraer de nuevo siguiendo el mismo principio.

El uso de vibradores de alta frecuencia con un momento estático variable apenas produce ruido y temblores, por ello, el vibrador se puede usar también en entornos con construcciones sensibles. Si se utiliza el vibrador como máquina acoplable en un mástil también se puede transmitir fuerzas de empuje,

no obstante, los vibradores también trabajan libremente en una grúa sobre cadenas.

En ocasiones se puede realizar el hincado de perfiles H, o de tubería de diámetro pequeño, según las condiciones del suelo, únicamente con el vibro martillo, pero, depende directamente de las condiciones del lugar donde se está realizando el trabajo.

4.3.3. Hincado mediante martillo de impacto

El principio de un martillo de impacto para hincar pilotes, es el equipo que se utiliza para finalizar el hincado de un pilote, o en algunos casos, para realizar el trabajo desde el inicio, consta de un pistón que se desliza a través de un cilindro, cuando el pistón está en su parte alta la cámara se llena de combustible y luego al caer el pistón el mismo comprime la mezcla a tal punto de provocar una explosión, la cual dispara nuevamente el pistón hacia arriba y transfiere la carga generada en la explosión también en sentido opuesto, produciendo el hincado del elemento.

4.3.4. Otros métodos de hincado

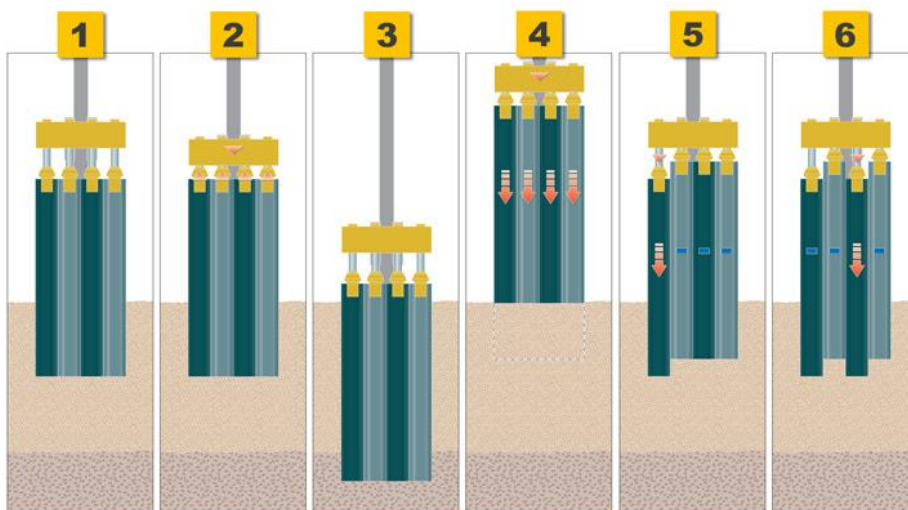
Existen métodos alternativos utilizados para hincar, normalmente para proyectos de dimensiones pequeñas, donde la movilización de equipos más especializados hace poco viable su uso. Entre estos métodos encontramos el método de prensa, *waterjet* e hincado horizontal.

4.3.4.1. Prensa

Este método es utilizado comúnmente en tablestaca, el hincado se consigue aplicando fuerzas estáticas, la prensa sirve para colocar y extraer tablestaca, se montan en una base especial, un mástil, que posteriormente es instalado a una excavadora o a una grúa, dependiendo de las dimensiones de la prensa y el trabajo a realizar, están compuestas por cuatro cilindros hidráulicos que se enganchan a cada una de las tablestacas con pinzas, al prensar, tres tablestacas absorben las fuerzas reactivas mientras que la cuarta tablestaca es introducida o se extrae.

La prensa se hace sin vibración alguna y apenas produce ruido, por ese motivo es perfecta para la creación de tablestacas en zonas urbanas.

Figura 24. Hincado por prensa



Fuente: Hincado por prensa.

<https://arpape.com/noticias/571-perforacion-horizonta-topo-de-n-120-en-belorado-burgos>.

Consulta: febrero 2018.

4.3.4.2. Waterjet

El *waterjet* en si es un sistema que comúnmente se utiliza en conjunto con los sistemas de hincado tradicionales, sin embargo, también por separado obteniendo hincados de menor profundidad, *Pile Jetting*, como también se conoce, se caracteriza por el uso de un flujo presurizado y directo para asistir el posicionamiento del pilote. La técnica de *waterjet* licuefactua el suelo al pie del pilote, produciendo que el pilote vaya descendiendo por su peso propio hasta llegar a la altura requerida, pero con una mucho menor capacidad de resistencia del suelo; *Pile Jetting*, ocasionalmente es utilizado únicamente con aire presurizado teniendo resultados muy similares.

La presión aplicada en el flujo de agua influencia directamente al volumen de subsuelo afectado, un flujo muy grande con demasiada presión puede resultar en un control pobre del alineamiento del pilote, e incluso comprometer los pilotes adyacentes, mientras que un flujo demasiado bajo produce resultados inefectivos.

Este método, como ya se mencionó, produce que la resistencia lateral del suelo se vea grandemente afectada, por lo que el método se vuelve mucho más efectivo en suelos granulares sin un coeficiente de cohesión significativa.

4.3.4.3. Hincado horizontal

El hincado horizontal es un método que actualmente es de uso prácticamente nulo en obras marítimas en nuestro medio, sin embargo, tiene una serie de aplicaciones que pueden irse desarrollando con el tiempo.

El hincado horizontal tiene como principio el mismo, una masa golpeando un pilote, la gran diferencia en este sistema es que se abre un pozo de ataque, en función del diámetro de la tubería, donde se instala el bastidor o guía del tubo y posteriormente se instala el aro de empuje o el sistema del martillo hidráulico. Los tubos se hincan y posteriormente se retira el material interior mediante una banda transportadora o un tornillo sin fin.

En hincas largas y cuando la presión de los cilindros o pilotes se acerca a su límite admisible se precisa el uso de estaciones intermedias para fraccionar los tramos de tubería respecto al empuje.

Figura 25. **Hincado horizontal**



Fuente: Hincado horizontal

<https://arpape.com/noticias/571-perforacion-horizontal-tipo-topo-de-n-120-en-belorado-burgos>.

Consulta: febrero 2018.

Para reducir el rozamiento entre el tubo y el terreno se realizan inyecciones de bentonita a través de orificios en el tubo diseñados para tal fin.

4.4. Trabajos posteriores

Luego de hincado los pilotes que son la base de toda obra marítima, debemos proceder a cortarlos a la altura requerida según la superestructura que se construirá sobre ellos.

Normalmente se debe de pensar en un sistema de anclaje entre los pilotes y los cabezales, estos anclajes pueden ser de diversos tipos según el tipo de pilote y el tipo de estructura a unir, comúnmente cuando es un pilote de concreto, el pilote se deja más alto de su altura final, ya que se demuele un segmento del mismo para exponer el acero de refuerzo e integrarlo a la estructura superior; cuando el pilote es de acero se puede fundir un segmento del pilote, utilizando el tubo como formaleta y dejando embebido acero de refuerzo según las funciones que este vaya a desempeñar para posteriormente integrarlos a la estructura superior, o bien se pueden fundir los elementos superiores como prefabricados dejando previstas placas de acero diseñadas según requerimiento que se puedan fundiciones, que serían prácticamente como columnas, pero utilizando el pilote como formaleta, o incluso pueden ser soldaduras, dejando laminas y refuerzos en los elementos superiores, para posteriormente soldar la lámina al pilote de acero y que la soldadura cumpla con la función de anclaje requerida.

Posterior al anclaje, una obra marítima comparte muchos aspectos con una obra civil común y corriente, teniendo diferencias mínimas a simple vista pero de gran importancia sino se les da el cuidado necesario, tal es el caso de la colocación de formaletas, ya que no se puede encofrar apuntalando como en

cualquier obra, se colocan sistemas auxiliares o bridas de fricción, que su función no es más que dar una base sólida para la colocación de elementos entre pilotes para colocar una formaleta lo suficientemente resistente para la fundición, es normal la colocación de bridas y sobre ellas vigas de acero provisionales conectando entre ellas para dar soporte a los tablonos o formaleta.

Luego de la colocación del encofrado se procede a fundir según la distancia que haya de tierra al punto de interés se debe de pensar en la utilización de otros recursos para realizar el trabajo, ya que por los tiempos de fraguado y las condiciones de temperatura alta que son comunes en las obras marítimas se debe pensar en los tiempos de mezclado, uso de retardantes, tiempos o ciclos de colocación, y el equipo que se utilizará, es común el uso de pontones o barcasas para realizar estos trabajos, ya que se necesita transportar el equipo o los materiales a puntos más cercanos al lugar de interés, incluso se debe considerar el uso del equipo utilizado en el hincado, como lo es la grúa, para facilitar el trabajo y disminuir costos.

Cuando se trabaja en zonas marinas, cualquier trabajo por sencillo que sea presenta un grado superior de dificultad, por lo que se debe tomar las precauciones necesarias para completar los trabajos con la calidad requerida. En Guatemala son pocas las empresas que se dedican a este tipo de trabajos y más pocas aun con la trayectoria y experiencia necesaria para la realización de los mismos, por lo que es aconsejable asesorarse debidamente antes de decidir realizar un trabajo de esta índole.

5. MANTENIMIENTO

Como en cualquier obra, el mantenimiento es parte vital de la vida útil del mismo, debe entenderse que un proyecto es funcional siempre y cuando sus propiedades físicas y mecánicas cumplan con los requerimientos para los que fue formulado inicialmente, es decir, si el proyecto no se encuentra en un estado adecuando el mismo deja de ser funcional y seguro.

En las obras marítimas el principal problema en la estructura es la corrosión, ya que por las propiedades de las zonas costeras es más propicia la generación de la corrosión, dicha corrosión afecta tanto a elementos de concreto como elementos de acero.

Además de la corrosión en la parte de mantenimiento debemos considerar la demarcación adecuada de las zonas de evacuación, puntos de reunión, áreas de circulación peatonal, en fin, toda la señalización horizontal y vertical.

5.1. Tipos de protecciones anticorrosivas

En los siguientes subtítulos se describen los tipos de protecciones anticorrosivas.

5.1.1. Protección catódica

Para entender la protección catódica, primero se debe entender el mecanismo mediante el cual se produce, el proceso de corrosión en un medio acuoso es básicamente un proceso electroquímico que sucede, tanto en el

acero como en el concreto, esto se debe a que el concreto es discontinuo, duro, de alta densidad y tiene una gran cantidad de poros, los cuales pueden estar interconectados siendo permeable a líquidos o gases, por lo que los agentes que desencadenan la corrosión en la atmosfera pueden introducirse en el concreto, formando una celda electroquímica y dar inicio a la corrosión del acero. Cuando se rompe la película pasivante por sustancias agresivas que penetran en el concreto, el óxido formado en exceso ocupa un volumen mayor que el acero sin corroer, por lo que disminuye la sección de la varilla y hace perder la adherencia inicial deseada entre el acero y el concreto. De similar forma ocurre con los pilotes de acero, únicamente que a mayor escala.

La protección catódica es una técnica que se emplea desde 1824, utilizada inicialmente por Sir Humphrey Davy para proteger los cascos de cobre de los barcos, empleando ánodos de hierro, luego en 1840 Robert Mallet produjo una aleación de zinc muy adecuada para ánodos de sacrificio.

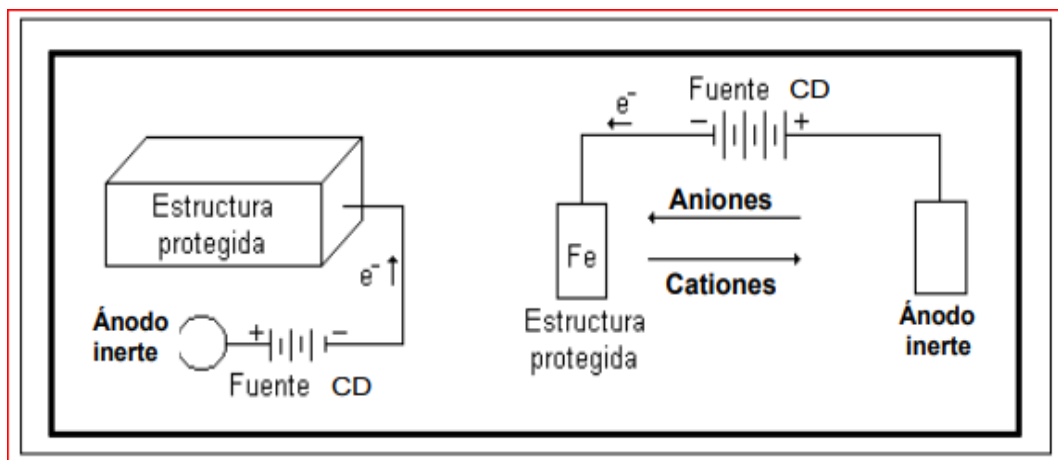
La protección catódica se considera el único sistema de verdadero control de la corrosión al permitir que la estructura se comporte como cátodo, llegando a disminuir la velocidad de la corrosión, y garantizar así la vida de servicio de la estructura. La protección catódica opera al producir un flujo de corriente directa de una fuente externa a la estructura metálica que se quiere proteger (cátodo), cuando la corriente es adecuada y propiamente distribuida, la corrosión puede ser mitigada y la estructura protegida, para que el sistema de protección catódica funcione, la corriente debe descargarse del ánodo al electrolito; al descargar la corriente, el ánodo se corroe.

Existen dos tipos de protección catódica: por corriente impresa, y por ánodos galvánicos o de sacrificio.

5.1.1.1. Protección catódica por corriente impresa

Esta protección se logra aplicando una corriente externa a partir de un rectificador que suministra corriente continua de bajo voltaje. La terminal positiva de la fuente de corriente se conecta al ánodo auxiliar localizado a cierta distancia de la estructura que se desea proteger. Es indispensable la existencia del electrolito, que completa el circuito. Este sistema tiene el beneficio de que los materiales que se utilizan como ánodos se consumen a velocidades menores, por lo que se puede aplicar mayores cantidades de corriente y mantener una vida más amplia, además de ser baratos.

Figura 26. Diagrama de funcionamiento protección catódica



Fuente: Diagrama funcionamiento protección catódica.

<http://www.proytec.com/filtro.html>. Consulta: marzo de 2018.

5.1.1.2. Protección catódica por ánodos de sacrificio

La protección por ánodos de sacrificio implica la conexión eléctrica entre el refuerzo y un material más activo que el acero, el cual actuaría como ánodo, se han empleado ánodos de magnesio, aluminio, zinc y sus aleaciones, ya que tienen un potencial muy negativo que protege a la varilla de acero, tienen poca tendencia a la polarización y además presentan una corrosión uniforme.

En los últimos años se ha incrementado la investigación en el uso de ánodos de sacrificio para la protección catódica de la armadura en estructuras de concreto armado, debido principalmente a la simplicidad de su aplicación y el bajo mantenimiento que este sistema requiere. La diferencia de potencial entre el metal anódico y la estructura a proteger es de bajo valor, por lo que este sistema se usa para pequeños requerimientos de corriente y en medios de baja resistividad

5.1.2. Protección con cinta anticorrosiva

Una de los elementos que más daño pueden sufrir en las obras marítimas son los pilotes, especialmente cuando estos son de acero. Los pilotes se ven especialmente afectados en la zona de *splash*, como comúnmente se le conoce o la zona supra mareal, es el área que se encuentra sobre la línea más alta de las mareas vivas y que se ve salpicada regularmente, pero queda sumergida por el agua del mar, esta zona se ve afectada por la exposición al aire, el agua dulce de la lluvia, el frío y el calor.

Por lo mismo en esta área se produce con gran facilidad el proceso químico de la oxidación, para proteger los elementos que se ven damnificados

por esta zona es común ver que se utilice una diversidad de métodos y productos disponibles en el mercado, uno de ellos es la protección con cinta anticorrosiva.

Estas cintas proporcionan protección en la zona de splash tanto para pilotes de concreto como para pilotes de acero. El sistema es ideal para ambientes donde las condiciones son demasiado severas como para proteger únicamente con pintura, epoxicos u otros sistemas convencionales. Estas cintas básicamente sellan afuera el oxígeno y el agua, evitando efectivamente la corrosión en las superficies metálicas. Este sistema se puede utilizar independiente a la geometría de los elementos, bien sean redondos, cuadrados, hexagonales, entre otros.

5.2. Mantenimiento de sistema de defensas

Como todo elemento de una obra marítima, el sistema de defensa necesita un mantenimiento adecuado y una observación constante de su integridad. Las defensas están diseñadas para absorber la energía cinética de los buques al interactuar con un embarcadero, un muelle u otro barco, evitan que se produzcan daños entre los buques y cualquier otra estructura de atraque.

Una defensa correctamente calculada absorbe el impacto del barco contra el muelle durante la maniobra de atraque, transformando esa energía en reacciones que transmiten tanto al buque como a la estructura de atraque.

Hay diferentes tipologías de defensas, cada una con un amplio rango de actuación, y su instalación obedece a múltiples variables, que incluyen tamaño y el desplazamiento de las embarcaciones, el máximo enfrentamiento

permisible, la especificación de la propia estructura de atraque, las variaciones en el oleaje y otras condiciones.

Figura 27. **Esquema defensa de atraque**



Fuente: Esquema defensa de atraque.

Los sistemas de defensa comúnmente son de materiales de larga durabilidad y prácticamente cero mantenimientos, sin embargo, tiene componentes como las cadenas y tornillería que es recomendable sean inspeccionadas periódicamente y reemplazadas o recubiertas con materiales epóxicos u otros productos para prolongar su vida útil.

En el mantenimiento de sistemas de defensas lo más importante es garantizar que cada una de las defensas se encuentre en óptimas condiciones, ya que en el caso de un atraque fuerte, bien sea por cambio de mareas, ondas de viento o descuidos del personal, puede excederse los parámetros de diseño

de los elementos de defensa, por lo que al producirse una aproximación precipitada se puede dañar las defensas e incluso la superestructura, entrando ya en temas más delicados como inspecciones estructurales y posibles reparaciones de mayor envergadura.

5.3. Otros

En general, independientemente de la función o ubicación del elemento, media vez sea parte de una obra marítima, el elemento va a sufrir un mayor desgaste y va a estar mucho más expuesto a condiciones que provoquen su deterioro a que si estuvieran ubicados en una obra civil normal.

5.3.1. Concreto reforzado

Todos los elementos de concreto, es especial si están en contacto directo con el agua marina. Se aconseja instalar ánodos de sacrificio en todos los elementos, los cuales tienen una vida útil de 7 años aproximadamente. Además, todas las superficies de concreto se deben de pintar con una pintura epóxica, la cual cada mes debe de ser inspeccionada y reponer en los casos de pérdida parcial de la misma.

Estas estructuras se deben de inspeccionar mensualmente y se pueden presentar dos situaciones:

- Manchas de óxido que indiquen corrosión, ante lo cual se debe de realizar una demolición selectiva para descubrir el acero dañado, se debe limpiar por métodos manuales, aplicarle un epoxico protector y reponer el concreto demolido también con epoxico. Para las demoliciones selectivas

no se debe autorizar pistolas barrenadoras de impacto porque pueden provocar micro fisuras.

- Grietas estructurales por algún sobreesfuerzo o impacto, si la grieta no presenta manchas de óxido únicamente se le debe de inyectar un epóxico siguiendo las recomendaciones del producto que se aplique.

5.3.2. Losas de rodadura o cintas asfálticas

Su mantenimiento consiste más en un control de tránsito que en una medida correctiva, se debe de evitar la circulación de equipo y maquinaria que pueda dañar la superficie de la losa. Si por accidentes en el área de trabajo la losa es agrietada por algún sobreesfuerzo o impacto, al igual que el punto anterior, se debe de aplicar un producto epoxico para el sellado de la grieta si aún no se presentan evidencias de óxido, en caso contrario una demolición selectiva y un resanado epoxico directo al acero de refuerzo.

5.3.3. Bolardos y escaleras metálicas

Se deben de realizar inspecciones periódicas a estos elementos para verificar el estado de su estructura. Si estos elementos presentan signos de oxidación se debe proceder de inmediato a cepillar y lijar para eliminar los signos de oxidación e inmediatamente aplicar dos manos de pintura anticorrosiva.

CONCLUSIONES

1. Es importante saber con qué tipo de estructura se está trabajando para determinar la forma adecuada de repararlas, además de los métodos apropiados, materiales, y equipos que se utilizarán.
2. Los trabajos de obras marítimas deben ser realizados por personal capacitado y con experiencia en el área, dado que son entornos de alto riesgo por diversos factores como equipos que se utilizan, cambios de mareas, vientos, lluvias, entre otros.
3. La protección catódica es una de las formas más eficaces para extender la vida útil de la estructura, y conjuntamente con un control de mantenimiento adecuado ayudara a mantener la estructura en óptimas condiciones
4. En Guatemala la infraestructura marina es un tema un tanto aislado y con poca fuente de información, por lo que gran cantidad de información y métodos constructivos se adquieren mediante la lectura de textos, experiencias con personal del área marítima, entre otras.

RECOMENDACIONES

1. Inspeccionar y documentar detenidamente los daños, aunque el daño no se aprecie a simple vista, el mismo existe debajo de la vida marina que se adhiere a los elementos de la estructura, y es común que el daño no sea evidente a simple vista.
2. Tener estricto control al momento de trabajar con materiales cementantes, los gradientes de temperatura mayores variaciones en zonas marítimas a causa de la rápida deshidratación del material, que muchas veces es acelerado por agentes externos como el viento y la temperatura ambiente.
3. Toda maniobra con equipo pesado, como grúas, debe ser debidamente supervisado y ejecutado únicamente por personal debidamente capacitado, dado que las posibilidades de cometer errores son muchas y un error puede significar pérdidas humanas o económicas.
4. Realizar recorridos preliminares por las rutas en las que se transitará el equipo, ya que por las dimensiones no siempre se logrará pasar por las rutas convencionales, e incluso es recomendable revisar la integridad estructural de puentes u otras estructuras por las que se transitara, teniendo en cuenta que los pesos de transporte de los equipos no son convencionales.


BIBLIOGRAFÍA

1. Ecos de la Prensa. *La Ilustración Guatemalteca*. Guatemala: Síguere, Guirola y Cía. 1997. 264 p.
2. *Artículo electrónico. Historia del café en Guatemala*. [en línea]. <<https://aprende.guatemala.com/cultura-guatemalteca/general/historia-del-cafe-en-guatemala/>>. [Consulta: febrero de 2018].
3. *Empresa Portuaria Quetzal*. [en línea]. <www.puerto-quetzal.com>. [Consulta: febrero de 2018].
4. *Artículo Escuintla y sus puertos*. [en línea]. <mundochapin.com>. [Consulta: febrero de 2018].
5. *Historia Santo tomás de Castilla*. Pagina oficial del puerto Santo Tomás de Castilla. [en línea]. <<https://santotomasport.com.gt/historia/>>. [Consulta: febrero 2018].
6. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.
7. CABRERA SEIS, Jadenón Vinicio. *Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones I*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1994. 155 p.

8. CHAPAPRÍA, Vicent Esteban. *C. Obras Marítimas*. España: Editorial Universidad Politécnica de Valencia. 43 p.
9. IRIBARREN, Ramón. NOGALES, Casto. *Obras marítimas. Oleaje y diques*. Editorial Dossat. S.A. 1964. 83 p.
10. GODA, Yoshimi. *Random seas and design of maritime structures*. University of Tokyo Press, 1985.
11. LOSADA RODRIGUEZ, M.A. *Handbook of Ocean Engineering*. Estados Unidos: J. Herbich, 1990. 416 p.

ANEXOS

Anexo 1. Solicitud de permiso



REPUBLICA DE GUATEMALA
DIRECCION GENERAL DE CAMINOS
 Finca Nacional La Aurora, Zona 13, Guatemala, C. A.
 Teléfonos: 2472-0497, 2472-0553

No. 5131377

Forma: 1-83

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO

**SOLICITUD DE PERMISOS PARA TRANSPORTAR CARGAS Y DIMENSIONES
MAYORES QUE LAS PERMITIDAS**

Yo, Ernesto Krogh-Hansen, solicito permiso para transportar de:
San Miguel Petapa, Guatemala a Frontera entre Rios, Puerto Barrios, Izabal y Viceversa
origen

durante las fechas del 2 día de enero mes al 1 día de febrero mes de 2014 año

DESCRIPCIÓN DEL VEHÍCULO QUE EFECTUARÁ EL TRANSPORTE
 Tipo: T4-S3 Peso máximo autorizado según el Reglamento: s/c tons.
 Propietario: Alquiler de Maquinaria y Construcción, Sociedad Anónima
 Dirección: 6a. Avenida 3-47, Zona 9, Edificio La Galería, Nivel 7
 Placa: C0118BMO Marca: FREIGHTLINER Modelo: 2007
 Chasis: 1FUJA6CK87LY31541 Motor: 06R0400501-6067PK60
 Teléfono: 4579-3333

DESCRIPCIÓN DEL TRANSPORTE: FURGÓN PLATAFORMA LOW-BOY OTROS

Largo (m):	<u>12.55</u>	Ancho (m):	<u>3.66</u>	Alto (m):	<u>0.85</u>
DISTANCIA ENTRE EJES (en metros) Largo total del vehículo o combinación (m): <u>21.43</u>					
<u>3.40</u>	<u>1.36</u>	<u>1.43</u>	<u>9.33</u>	<u>1.25</u>	<u>1.25</u>
<u>18.02</u>					
PESO VEHÍCULO VACÍO POR EJE (en kilogramos)					
<u>3,330</u>	<u>3,215</u>	<u>3,215</u>	<u>2,990</u>	<u>2,330</u>	<u>2,330</u>
<u>1,930</u>					
<u>19,340</u>					
PESO VEHÍCULO CARGADO POR EJE (en kilogramos)					
<u>4,500</u>	<u>9,950</u>	<u>9,950</u>	<u>9,950</u>	<u>9,970</u>	<u>9,970</u>
<u>9,970</u>					
<u>64,260</u>					

DESCRIPCIÓN, PESO Y DIMENSIONES DE LA CARGA
 Tipo de carga: Grua Manitowoc M-80W
 Peso (Kg): 44,920 Largo (m): 8.57
 Ancho (m): 3.66 Alto (m): 3.26

OBSERVACIONES: RD GUA-14A San Miguel Petapa Guatemala; Ruta CA-9 - Sur Guatemala con intersección en la Ruta CA-9 Norte, Entre Rios-Izabal, Ruta CA-13 Frontera Corinto, Honduras y Viceversa, Ruta CA-Norte, Puerto Barrios, Izabal y Viceversa. (Low-Boy Vulcan, -
NOTAS: Placa TC019BFH, Chassis: 1V9L48302E1008999).

- m = Metros, Kg = Kilogramos.
- El presente formulario deberá llenarse a máquina.
- Ajuntar fotocopia de las tarjetas de circulación vigente (según el caso).
- Las solicitudes que vengan con datos incompletos, manchones o enmiendas serán rechazadas.
- El presente permiso y control de circulación se otorga en base al Acuerdo Gubernativo No. 1084-92 y vigente el Acuerdo Gubernativo No. 379-2010

Declaro que los datos descritos en el presente formulario son fidedignos.

Guatemala, 17 de Diciembre de 2013
 Fecha: 17/12/13 Firma y sello: CONSTRUCCIONES, S.A. 19:00

Continuación anexo 1.

TRAMITE GRATUITO

PARA MAYOR INFORMACION COMUNICARSE AL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE TRANSITO
USO EXCLUSIVO DE LA DIRECCION GENERAL DE CAMINOS
TELÉFONOS: 24721001 - 24751884 EXTENSION 120

Con base en el estudio y análisis técnico del Departamento Técnico de Ingeniería de Tránsito de la solicitud No. 5131377. Se concede permiso especial solicitado para circular sobre las rutas que a continuación se detallan:

De SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA a FRONTERA ENTRE RIOS PTO. BARRIOSIZABAL Y VICEVERSA, sobre la ruta CA-9 NORTE, CA-13, por donde los pesos y las dimensiones del vehículo no afecten al libre tránsito, deberá de acomodar y sujetar adecuadamente la carga al ser esta transportada, esta unidad transitará debidamente señalizada con banderas y luces.

al vehículo PLACA: C. LUGAR DE ORIGEN: TIPO: según el Reglamento. Este Permiso Especial entra en vigencia a partir de la fecha de entrega en el Departamento de Ingeniería de Tránsito al interesado válido para viajes.

EMPRESA: Topia Contrataciones S.A. NOMBRE: Guillermo Cortez
 CED o DPI: 1899 45621 0101 FIRMA: Guillermo Malpantes Uso: **Uso**

Fecha de Entrega: 13/01/2014 PERIODO VALIDO POR: 30 días 60 días

Jefe Departamento de Ingeniería de Tránsito
 Director General de Caminos

EL TRANSPORTISTA DEBERÁ REGISTRE A LAS SIGUIENTES CONDICIONES SEÑALADAS A CONTINUA

- Este vehículo deberá verificar pesos y dimensiones en las estaciones de control.
- Este permiso no ampara responsabilidades de cualquier daño a estructuras o accidentes que se suceden en el transporte.
- Llevar DOS vehículo(s) liviano(s) ADELANTE Y ATRÁS con banderas rojas y luces intermitentes.
- Llevar ---- motoristas de la Policía Nacional Civil.
- Colocar banderas de tela roja, grandes y limpias en los extremos salientes.
- Viajar sólo de día lo más a la derecha de la carretera.
- Viajar de 10:00 p.m. a 5:00 a.m.
- Ceder el paso en puentes y partes estrechas de la carretera.
- En puentes pasar por el centro, a 10 kms. antes, no hacer cambios de velocidad ni frenar.
- No circular domingos ni días festivos.
- No circular con fugas de combustible.
- La altura máxima no debe exceder de 4.15 metros.
- No circular después de las DIEZ Y OCHO horas.
- Terminantemente prohibido transitar por puentes Bailey, recomendando el uso de vados o desvíos.
- Utilizar sobrepuentes.
- Verificar alturas previo a pasar por "Puentes de Estructura Superior".
- Transitar a una velocidad de 30 km/h.
- Prohibido circular en convoy.
- Ceder el paso en puentes y partes estrechas de la carretera, abandonando la vía asfáltica, estacionándose en lugares apropiados, donde se permita la libre circulación del flujo vehicular sin ninguna interrupción.
- OBSERVACIONES: LA MOVILIZACION DE LA CARGA DEBERA HACERSE DURANTE EL PERIODO ESTIPULADO. LOS VEHICULOS ESCOLTA DEBERAN CIRCULAR EN CONVOY POR ADELANTE, EL VEHICULO QUE TRANSPORTA LA CARGA DEBERA CIRCULAR CON LAS LUCES ENCENDIDAS EN EL PUNTO DE ENLACE CAPITAL COORDINAR CON EMETRA. EN PUENTES EVITAR QUE OTROS VEHICULOS CIRCULEN MIENTRAS LA CARGA PASA POR LOS MISMOS.

RENOVACIONES
 Del: _____ al: _____ Jefe Control de Pesos y Dimensiones Director General de Caminos

Del: _____ al: _____ Jefe Control de Pesos y Dimensiones Director General de Caminos

Del: _____ al: _____ Jefe Control de Pesos y Dimensiones Director General de Caminos

Del: _____ al: _____ Jefe Control de Pesos y Dimensiones Director General de Caminos

ORIGINAL: Interesado que efectuará el transporte.
 COPIA: Depto. de Ingeniería de Tránsito / DGC.

Continuación anexo 1.

INSPECTOR NAME: HARVEST CAYE PAGE NO. ___ OF ___
 PILE: # 20 DRIVING CONTRACTOR: TECUNTRAC
 DATUM: _____ DRIVING FOREMAN: OMAR OSOY
 Pile Diameter: 30 Wall Thickness: 1/2 Length: 82
 Batter (x:12): _____ Bearing Plate: Y/N Tip to Plate: _____
 Start Coating: 42 End Coating: 82 Mudline (MLLW): _____
 Design Mudline (NMM): _____ Measured Mudline (NMM): 2.750m
 Design: Tip Elev: _____ Cutoff Elev: 1.22.30m
 Vibratory: Reference Point: TEMPLATE Elev: 1.53 cm
 Tip Elev: 26 Butt Elev: _____
 Impact(s): Reference Point: TEMPLATE Elev: 1.53 cm
 Tip Elev: 45 Butt Elev: _____

Vibratory Hammer: JM 916
 RPM: Rated: 2,100 Observed: 1,900 rpm
 Impact Hammer: DPE 1.050
 Weight of Ram: 5,000 KG
 Cushion/Thick: _____
 Fuel Setting Level (x): 1 2 3 4
 Stroke: Rated: _____ Observed: _____

Vibe: Date: 27/7/15 Start: 10:43 Finish: 10:48 Drive Time (min): 5
 Impact: Date: 27/7/15 Start: 11:19 Finish: 11:22 Drive Time (min): 3
 Restrike: Date: _____ Start: _____ Finish: _____ Drive Time (min): _____

Pile Location (coordinates): 349999.619m 1821801.379m
 Pile Out-of-Position (inches): E/W: _____ N/S: _____
 E+/W-: _____ N+/S-: _____
349999.576 1821801.350m

- SYMBOL DENOTES POINT AT WHICH...
- (M) PILE TIP REACHES MUDLINE
 - (P) INTERNAL BEARING PLATE REACHES MUDLINE
 - (C) START OF COATING REACHES MUDLINE
 - (L) PILE EMBEDMENT REACHES 40'
 - (T) PILE TIP REACHES DESIGN TIP ELEVATION
 - (X) PILE BUTT ELEVATION REACHES CUT-OFF ELEVATION
 - (CX) TOP OF COATING REACHES CUT-OFF ELEVATION

VIBRO

ft	Time	ft	Time	ft	Time	ft	Time	ft	Time	ft	Time	ft	Time	ft	Time
260	0	0		450	5:00	0		0		0		0		0	
301	30	1		1		1		1		1		1		1	
322	1:00	2		2		2		2		2		2		2	
343	1:30	3		3		3		3		3		3		3	
364	2:00	4		4		4		4		4		4		4	
405	2:30	5		5		5		5		5		5		5	
426	3:00	6		6		6		6		6		6		6	
447	3:30	7		7		7		7		7		7		7	
448	4:00	8		8		8		8		8		8		8	
449	4:30	9		9		9		9		9		9		9	

Remarks _____

Continuación anexo 1.

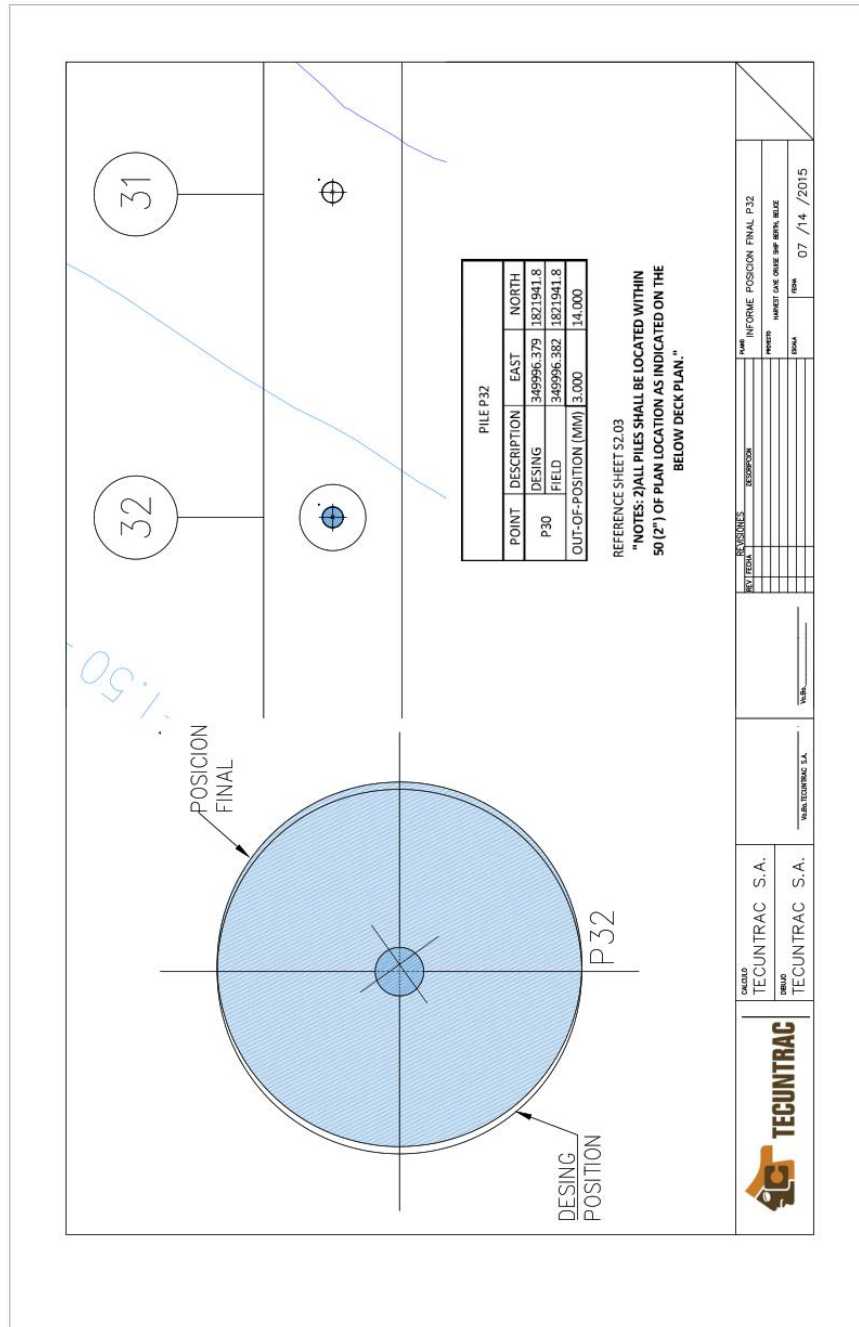
NAME: Luis GONZALEZ PILE: # 20 DATE IMPACT: _____ PAGE NO. 2 OF 2
 START TIME: 11:19 END TIME: 11:22 SOFT-START Δ: _____ TOTAL BLOWS: _____

PEN (FT)	RATE (BPF)	TIME ELAPSED	RATE (BPM)	PEN (FT)	RATE (BPF)	TIME ELAPSED	RATE (BPM)	PEN (FT)	RATE (BPF)	TIME ELAPSED	RATE (BPM)
45	0										
46	3										
47	3										
48	3										
49	3										
50	3										
51	4										
52	4										
53	4										
54	5										
55	5										
56	5										
57	5										
58	4										
59	4										
60	4										
61	4										
62	4										
63	4										
64	4										
65	4										
66	5										
67	5										
68	5										
69	5										
70	5										
71	5										
72	6										
73	6										
74	7										
75	8										
76	8										
77	9										
78	8										
79	8										
80	8										



NOTES:

Continuación anexo 1.



Fuente: Reporte de ubicación final, Tecuntrac, S. A.

