



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PILOTES HINCADOS Y
MOLDEADOS EN MUELLE DE CONTENEDORES**

PRESENTADA POR

ANIBAL JANPIERRE DE JESÚS MONTEVERDE

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2014



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada
CC BY-NC-ND

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTIN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PILOTES HINCADOS Y
MOLDEADOS EN MUELLE DE CONTENEDORES**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR

DE JESÚS MONTEVERDE, ANIBAL JANPIERRE

LIMA – PERÚ

2014

A mi abuela Violeta y mis padres
A dos amigos y maestros,
Joaquim S. y Luis M.
y a Belissa, la cómplice de mi
vida.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	vi
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	x
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	
1.1 Definición de Muelle	1
1.2 Tipos de Muelle	2
1.3 Partes de Muelle	3
1.4 Elementos Estructurales del Muelle	3
1.5 Aplicación de Pilotes	4
1.6 Sistema de Pilotes	7
1.7 Presentación de Caso en Estudio	28
1.8 Sistema de Tablestacas	46
1.9 Cimbra Móvil Inferior	57
1.10 Estudio Batimétrico	60

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	
2.1 Material y Métodos	65
2.2 Plan de Trabajo	66
CAPÍTULO III. PRUEBAS Y RESULTADOS	
3.1 Formatos de Sistema de Pilotes Hincados	68
3.2 Formatos de Sistema de Pilotes Moldeados	77
3.3 Cuadro Comparativo Técnico	88
3.4 Presupuesto	89
3.5 Cuadro Comparativo Económico	91
3.6 Análisis de Precios Unitarios	92
3.7 Programación de Actividades de Pilotes Hincados	107
3.8 Programación de Actividades de Pilotes Moldeados	108
3.9 Curva S – Sistema de Pilotes Hincados	109
3.10 Curva S – Sistema de Pilotes Moldeados	110
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y APLICACIONES	
4.1 Diseño del Muelle	112
4.2 Enrocado de Talud	113
4.3 Sistema de Encofrado de Losa del Muelle	114
CAPÍTULO V. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	
5.1 Descripción	117
CONCLUSIONES	133
RECOMENDACIONES	135
FUENTES DE INFORMACIÓN	137
ANEXOS	139

RESUMEN

La presente investigación es un análisis comparativo entre dos sistemas constructivos portuarios, para la construcción de un muelle sea por pilotes hincados o por pilotes moldeados. Para ello se ha desarrollado estudios técnicos y económicos mediante formatos, tanto en rendimientos, recursos, tecnologías aplicables, y costos por actividad, de tal manera que finalmente se cuente con criterios válidos y opte por el sistema más económico, más rápido y el menor dependiente de recursos.

Para el desarrollo de la investigación se elaboraron formatos de trabajo y toma de datos en campo así como estudios en gabinete, en la obra “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita”, además de la búsqueda de información de obras relacionadas a la construcción de puertos, pilotes moldeados, lectura de manuales técnicos, entre otras.

El sistema constructivo de hincado de pilotes, por su flexibilidad en el hincado y el sistema de avance del muelle, ha sido el más económico, rápido y

el que ha necesitado de menor cantidad de recursos para lograr el mismo objetivo de estudio.

Los trabajos provisionales en el estudio con pilotes moldeados, han incrementado considerablemente los recursos, los plazos y han requerido de muchos recursos en la búsqueda de la construcción del muelle.

ABSTRACT

This investigation is a comparative analysis between two port construction systems for the construction of a quay either with thrust piles or shaped piles. Therefore, technical and economical studies have been developed by formats in terms of performance, resources, applicable technologies, and costs per activity, so that valid criteria are available and the most economic, fastest, and less depending system can be chosen.

For the investigation development, work formats have been elaborated and data from the field have been obtained, as well as studies in office in the Work “Construction of new port terminal of Paita” as well as data search from works related to port construction, shaped piles, reading of technical manuals, among others.

The construction system of thrust piles because of the flexibility in thrusting and the progress system of the quay has been the most economic, fast, and needed less quantity of resources to achieve the same objective of study.

The temporary works in the study with shaped piles have increased considerably the resources, times, and have required many resources to seek for the quay construction.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación, nace de un estudio preliminar referido al diseño y construcción de un muelle artesanal y en la que ahora se hará la investigación para formar criterios comparativos de dos sistemas constructivos importantes para la construcción de un muelle marginal en un patio de contenedores, con características similares a las que actualmente se tiene en el puerto del Callao y Sines en Portugal.

El criterio y análisis comparativo será tanto técnico como económico, para que de este modo se definan y aclaren procesos constructivos y costos de la construcción dependiendo de las partidas, equipos, rendimientos y tecnologías aplicadas, las cuales serán en su mayoría recopiladas y detalladas en formatos de la obra "Construcción del nuevo terminal portuario de Paita.

Los comparativos estas referidos a la construcción de un muelle, mediante sistema de pilotajes hincados y moldeados, además de algunos cambios en sistemas de encofrado, uso de relleno provisorio protegido con tablestacas, uso de perfiles metálicos para la construcción de encofrados,

sistemas de camisas metálicas, pilotes metálicos, metodologías de vaciado de concreto y tecnologías de encofrados rodantes.

La motivación de la investigación, parte en detallar criterios que no se han realizado a pesar del boom constructivo en puertos, y el interés en conocer los estudios de pilotes hincados y moldeados.

El objetivo de la investigación es elaborar un análisis técnico – económico comparativo entre dos sistemas constructivos de pilotaje para el desarrollo de un muelle. A pesar de las limitaciones tecnológicas, toda investigación es justificable si se garantiza que tendrá resultados de aporte para las siguientes investigaciones.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se desarrollará la teoría básica y suficiente para dar claridad a los procesos constructivos debido a que las obras portuarias por ser de especialización requieren de elementos y estructuras particulares que brevemente se mencionarán a continuación.

1.1 Definición de Muelle

Obra construida en la orilla del mar o en las márgenes de un río o canal navegables, destinada al atraque de los buques que han de embarcar y desembarcar mercancías o pasajeros.

Generalmente los muelles o son macizos de mampostería u concreto armado, o están formados por pilotes que soportan un tablero horizontal. La importancia de un muelle es fundamental para movilizar materiales (contenedores, minería, pescado) en el menor tiempo y con la mejor calidad.

1.2 Tipos de muelles

La tipología de los muelles está en función de su profundidad, carga y pos su estructura.

a) Por la profundidad

- Muelles de alto bordo
Cuando la zona de atraque se encuentra ubicada a una profundidad de 3 a 4 metros

- Muelles de mediano bordo
Cuando la zona de atraque se encuentra ubicada a una profundidad de 5 a 8 metros.

- Muelles de bajo bordo
Cuando la zona de atraque se encuentra ubicada a una profundidad de 8 a 15 metros.

b) Por la carga

- Muelles mineros/Contenedores
Destinados a la movilización de mineral o contenedores (como lo precisa la presente investigación)

- Muelles militares
Destinados a Bases Navales de la Marina de Guerra del Perú.

- Muelles de reparaciones

- Muelles deportivos

c) Por la estructura

- Muelle marginal
- Muelle espigón
- Muelle amarradero o pantalón

1.3 Partes de un Muelle

Se pueden distinguir las siguientes partes:

- Molón de acceso
- Puente
- Cabezo
- Defensa

1.4 Elementos Estructurales del Muelle

a) Elementos de la Infraestructura

- Pilote
- Arriostramientos

b) Elementos de la Superestructura

- Vigas Transversales
- Losas longitudinal
- Losas intermedia

Estos elementos están sujetos a cargas verticales y horizontales (carga viva, de tránsito, cargas de equipos móviles, cargas de olas, viento y sismo además de carga muerta del peso que soporta los pilotes.

Esta aplicación de cargas debe estar diseñada bajo normas peruanas E-030 o internacionales.

1.5 Aplicación de pilotes

Los pilotes son cimentaciones profundas que se utilizan en la ingeniería de la construcción para suelos de fundación blandos en edificaciones, para cimentaciones de pilares en puentes, para la construcción de muelles.

Estos usos pueden realizarse con pilotes hincados y moldeados, esto depende del criterio de selección si técnica y económicamente son evaluados. Los pilotes por hinca pueden ser posicionados vertical u horizontalmente, dependiendo del tipo de muelle.

Los muelles tipo espigón el cual se inician en la orilla y se prolonga hacia el mar, ver fig.1, poseen tanto pilotes verticales como pilotes inclinados debido a que el acoderamiento de las embarcaciones se realizan por ambos lados del muelle y el sentido inclinado de los pilotes rigidiza la estructura.

Los muelles artesanales mayores a 60 ton de capacidad de bodega y los muelles de minerales y para lanzamiento de castillos petroleros son uno de los muelles que cuentan con este sistema de pilotaje inclinado, además de contar con núcleos de pilotes para rigidizar más aun la estructura portuaria, ver fig 2.

Los muelles en los cuales sólo se encuentran pilotes verticales son en los muelles marginales, aquellos en los que el muelle se encuentra paralelo a la orilla del mar, ver fig 3 y protegiendo los pilotes con un enrocado el cual se diseña para disipar la energía de las olas y además soporta el impacto de acoderamiento de los grandes navíos, el cual se realiza en una sola dirección, ver fig 4.

Los pilotes inclinados cumplen una función importante de rigidez de cualquier infraestructura capaz de soportar cambios de movimientos, sea por oleaje, sismo, impacto de acoderamiento o movimiento de cargas vivas sobre el muelle.



Fig. 1 Muelle tipo espigón

Fuente: <http://infraestructuraperuana.blogspot.com>



Fig. 2 Sistema de pilotaje inclinado

Fuente: <http://sirve.cl/archivos/proyectos/348>



Fig. 3 Muelle margina (muelle paralelo a la orilla)

Fuente: <http://comunidad.todocomercioexterior.com.ec>.

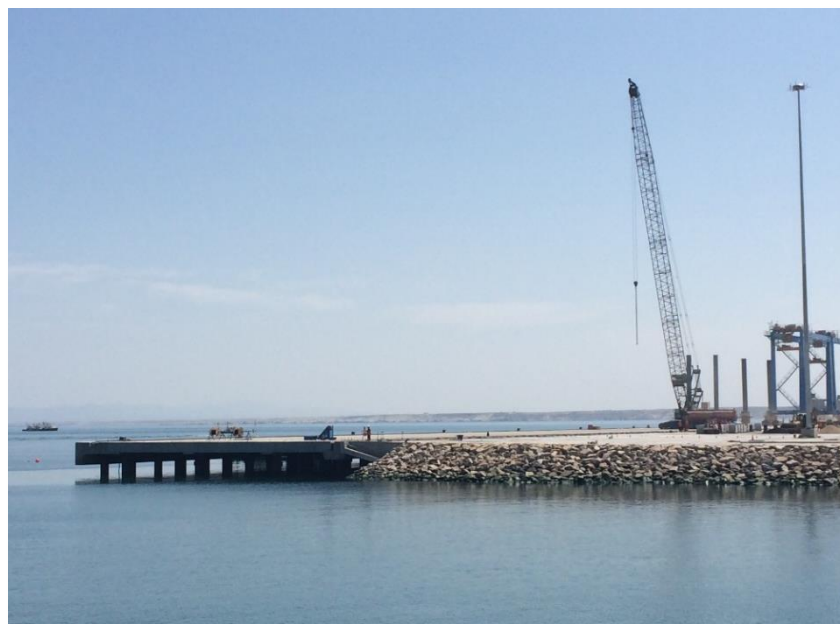


Fig. 4 Enrocado en talud de Muelle marginal

Fuente: Obra "Construcción del nuevo terminal portuario de Paita"

En la investigación desarrollada por el proyectista Royal Haskonig, el muelle de contenedores de Paita no cuenta con pilotes hincados inclinados, debido a cálculos de cargas, sismo, oleaje, impacto de acoderamiento en un solo sentido entre otros, sumados a la penetración de los pilotes y la capacidad portante del suelo, diseñaron que 269 pilotes hincados de 91.4 cm de diámetro eran suficiente para sus funcionamiento.

1.6 Sistema de Pilotes

Se denomina pilote al elemento constructivo de cimentación profunda de tipo puntual utilizado en obras, que permite transmitir las cargas de la superestructura e infraestructura a través de estratos flojos e inconsistentes, hasta estratos más profundos con la capacidad de carga suficiente para soportarlas; o bien, para repartir estas en un suelo relativamente blando de tal manera que atraviesen lo suficiente para que permita soportar la estructura con seguridad [2].

a) Principio de funcionamiento

Los pilotes trasmiten al terreno las cargas que reciben de la estructura mediante una combinación de rozamiento lateral o resistencia por fuste y resistencia a la penetración o resistencia por punta. Ambas dependen de las características del pilote y del terreno, y la combinación idónea es el objeto del proyecto.

Cabe señalar que, como en todo trabajo relacionado con la ingeniería geotécnica, existe cierto grado de incertidumbre en la capacidad final de un pilote. Es por esto que buena parte de la investigación que se viene desarrollando en este campo tiene que ver con métodos que permitan hacer un control de calidad a bajo costo del pilotaje antes de aplicar las

cargas. El método más obvio aunque el más costoso es hacer una prueba de carga.

Como métodos alternativos podemos mencionar: pruebas de resonancia, prensa hidráulica de Osterberg, pruebas de análisis de ondas, pruebas sísmicas. *[Diseño de cimentación sobre pilotes, Cuba]*

En muchos casos las teorías que permiten estimar la resistencia de fuste y la resistencia de punta son de tipo empírico. Es decir, son el resultado de un análisis estadístico del comportamiento de ciertos pilotes en determinadas condiciones de terreno. Por lo tanto, es sumamente importante conocer el origen y las condiciones bajo las cuales determinadas fórmulas de cálculo son válidas.

b) Clasificación

b.1) Según su forma de trabajo

- Pilotes rígidos de primer orden

Funcionan principalmente como una columna que al soportar una carga sobre su extremo superior, desarrollan su capacidad de carga con apoyo directo sobre un estrato resistente. El pilote trabaja por punta, clavado a gran profundidad (fig. 5). Las puntas de los pilotes se clavan en terreno firme; de manera que se confía en el apoyo en ese estrato, aún si hubiere una pequeña descarga por rozamiento del fuste al atravesar estratos menos resistentes.

Lo cual denota que las fuerzas de sustentación actúan sobre la punta del pilote, y en menor medida mediante el rozamiento de la superficie lateral del pilote. Esta acción lateral del terreno elimina el riesgo de

pandeo. Los pilotes rígidos de primer orden son el mejor apoyo y el más seguro, porque se apoya en un terreno de gran resistencia

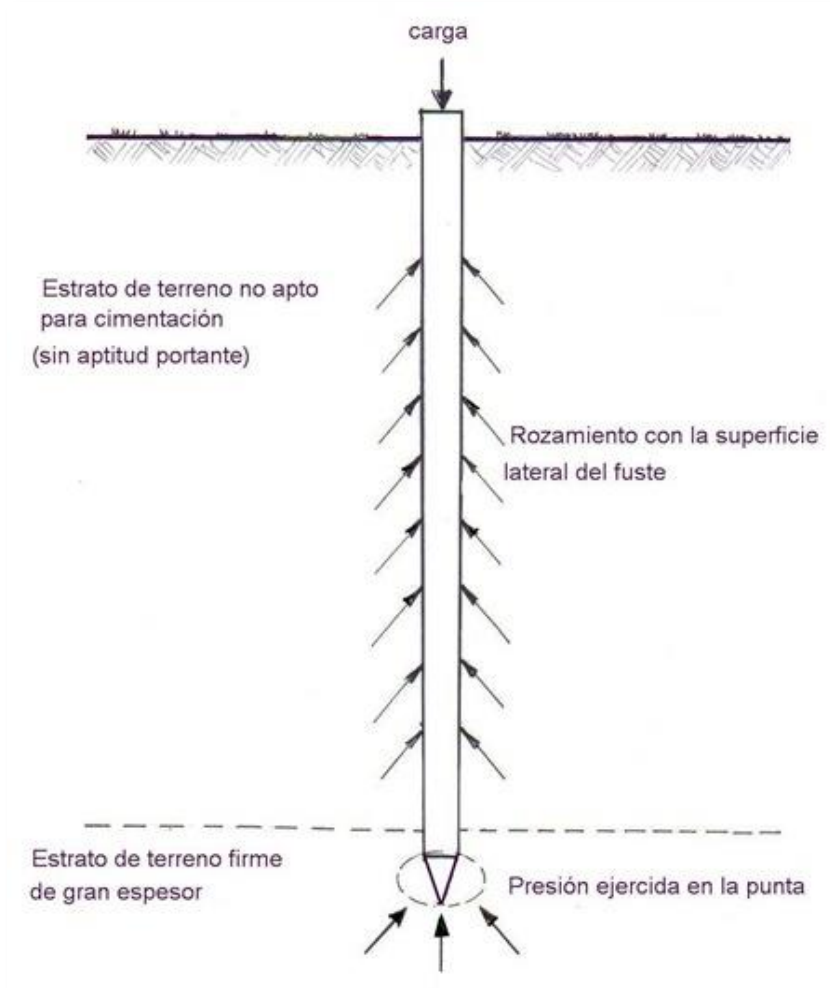


Fig. 5 Pilote rígido de primer orden, que actúa por punta

Fuente: [1] Libro de ingeniería portuaria, César Fuentes Ortiz, 2001

- **Pilotes rígidos de segundo orden**

Son aquellos que al estar soportando una carga sobre su cabeza pasan por estratos de poco espesor o estratos no firmes antes de un terreno consistente donde un pilote debe de profundizarse hasta que la punta llegue a encontrar terreno firme de mayor espesor.

Este tipo de pilote transmite su carga al terreno por punta, pero también descarga gran parte de los esfuerzos de las capas de terreno que ha atravesado por rozamiento lateral (fig. 6). La punta al perforar la primera capa firme, puede sufrir asentamientos diferenciales considerables.

Este asentamiento es debido al poco espesor de un estrato firme comparado con la longitud del pilote

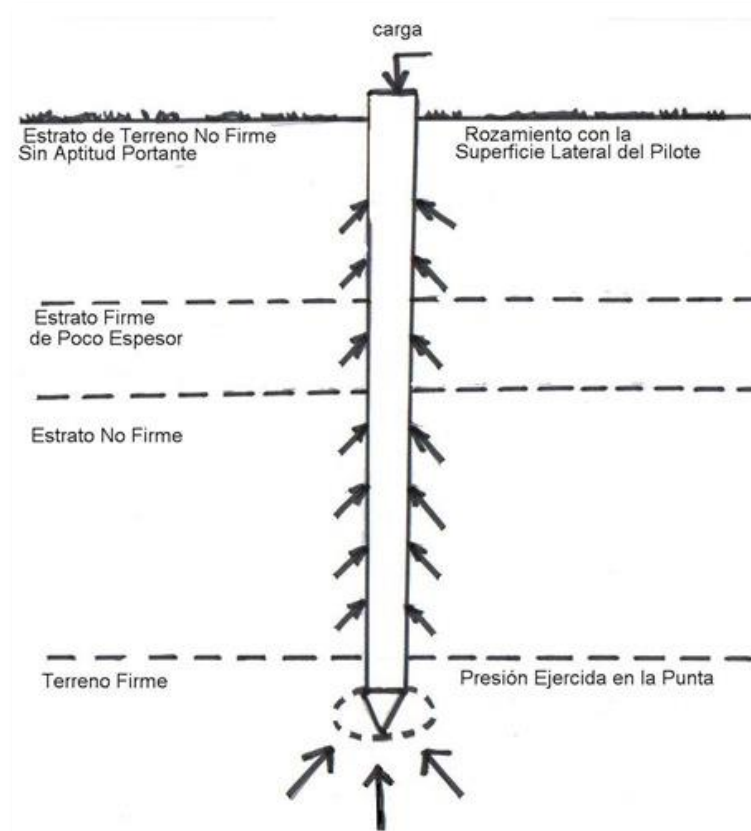


Fig. 6 Pilote rígido de segundo orden que actúa por fricción y punta
Fuente: [2] Libro de ingeniería portuaria, César Fuentes Ortiz, 2001

- **Pilotes flotantes**

Cuando el terreno donde se construye posee el estrato a gran profundidad; en este caso los pilotes están sumergidos en una capa

blanda y no apoyan en ningún estrato de terreno firme, por lo que la carga que transmite al terreno no lo hace únicamente por efecto de rozamiento del fuste del pilote, (fig. 7) su valor resistente es en función de la profundidad, diámetro y naturaleza del terreno. Se calcula la longitud del pilote en función de su resistencia.

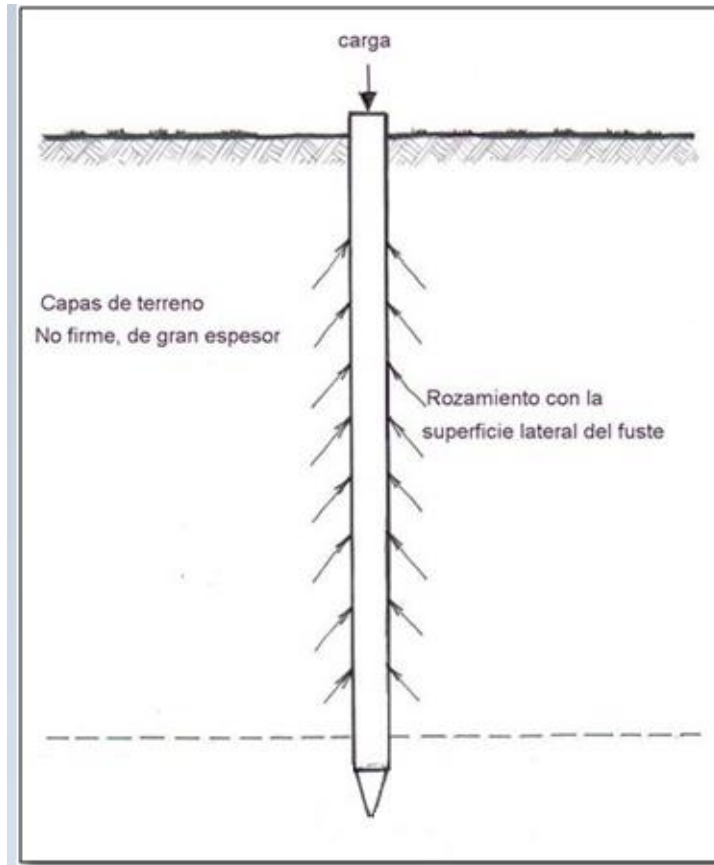


Fig. 7 Pilotes flotantes que actúa únicamente por fricción lateral
Fuente: [3] Libro de ingeniería portuaria, César Fuentes Ortiz, 2001

b.2) Según el sistema constructivo

- Pilotes prefabricados

Estos pilotes también se los conoce por el nombre de pilotes pre moldeados, estos pertenecen a la categoría de cimentaciones profundas; pueden estar contruidos con concreto armado ordinario o con concreto pretensados similares a postes de luz o secciones metálicas.

Estos pilotes se hincan o clavan verticalmente sobre la superficie del terreno por medio de golpes, esto mediante un martinete, pala metálica equipada, maquinas a golpe de masas o con martillo neumático esto hace que el elemento descienda, penetrando el terreno, tarea que se prolonga hasta que se alcanza la profundidad del estrato resistente y se produzca el "rechazo" del suelo en caso de ser un pilote que trabaje por "punta", o de llegar a la profundidad de diseño, en caso de ser un pilote que trabaje por "fricción".

Estos pilotes no están en la categoría de moldeados porque estos últimos requieren de la extracción para su conformación.

- Pilotes de desplazamiento

Son Pilotes metálicos que se construyen sin extraer las tierras del terreno y tienen dos sistemas de ejecución diferentes.

- Pilotes de desplazamiento con Azuche[☆]
- Pilotes de desplazamiento con tapón de gravas

[☆] Azuche: Punta de hierro que suele colocarse en la extremidad inferior de un pilote

- **Pilotes moldeados o con extracción de tierras**

Este sistema de Pilotaje por Extracción de Tierras requiere que las tierras de la excavación sean extraídas antes de la ejecución del hormigonado de pilotes.

La excavación se puede realizar de diferentes modos, de acuerdo a las características del terreno para lo cual se utilizan maquinarias diferentes como cucharas, trépanos, barrenas y otros.

En terrenos poco cohesivos o cuando el terreno resistente queda debajo del Nivel Freático, se pueden producir desmoronamientos o filtraciones de la napa. Para evitar estos problemas se recurre a una camisa metálica, es un tubo que tiene la misma función de un encofrado; esta camisa se va clavando al tiempo que se efectúa la excavación. Estas camisas pueden ser recuperables o perdidas si se dejan en el terreno; en este caso, el tubo metálico ha sido tratado en su cara externa con pinturas adecuadas para evitar la corrosión.

Existen otras soluciones que utilizan lodos tixotrópicos para garantizar la estabilidad de las paredes de la excavación; o por extracción de tierras con barrena helicoidal, en terrenos coherentes donde no ocurran desmoronamientos.

Dentro de la clasificación de pilotes con extracción de tierras, se puede mencionar a pilotes de Extracción con Entubación Recuperable: por lo general son pilotes de grandes dimensiones, con diámetros entre 45 y 125 cm.

Dentro de los pilotes moldeados tenemos a los siguientes:

- Pilotes vaciados “in situ”

Los Pilotes vaciados in situ son un tipo de pilotes ejecutados en obra, tal como su nombre lo indica, en el sitio, en el lugar.

La denominación se aplica cuando el método constructivo consiste en realizar una perforación en el suelo a la cual se le colocará un armado en su interior y posteriormente se rellenará con concreto.

En ocasiones, el material en el que se está cimentando, es un suelo friccionante (como son arenas, materiales gruesos y limos, los cuales pueden ser considerados como materiales friccionantes ya que al poseer una estructura cohesiva tan frágil, cualquier movimiento como el que produce la broca al perforar, hace que se rompa dicha cohesión y el material trabaje como un suelo friccionantes), es por ello que se presentan desmoronamientos en el interior de las paredes de la perforación; a este fenómeno se le denomina "derrumbes", es por ello que se recurre a diversos métodos para evitar que se presente.

Uno de los principales métodos de evitar "derrumbes", consiste en vaciar "lodo bentonítico" en el interior de la perforación, y al vaciar posteriormente el concreto dentro, el lodo saldrá por diferencia de densidades. Otro método menos empleado, es el uso de "camisas" o "ademes" de acero recuperables, los cuales no son más que secciones metálicas que se introducen en la excavación y evitan que el material de las paredes caiga.

- Pilotes vaciados “in situ” seco

Este tipo de pilotaje comprende diferentes fases como son la perforación del subsuelo con hélice o cazo, colocación de armadura de acero y vertido de concreto mediante tubo tremie que se realiza de abajo a arriba.

- Pilotaje "in situ" con camisa recuperable o perdida

Se utiliza en terrenos fangosos o cercanos al nivel del mar o cuencas de ríos. Este pilotaje comprende la introducción de camisas para sujeción de las paredes a perforar, perforación del terreno, colocación de armaduras y vertido de concreto.

- Pilotaje "in situ" con ayuda de lodos bentoníticos

Esta perforación no se realiza en seco ya que hay que suministrar el lodo bentonítico a la perforación, el cual penetra en las fisuras del terreno para crear una pequeña "costra" que impida la caída de las paredes perforadas. Así estos lodos se recuperan en un tanque en el cual se filtra y se vuelve a reutilizar en la siguiente perforación. Después de este proceso se coloca la armadura y se vierte el concreto.

- Pantalla de pilotes secantes “in situ”

Este es el método más utilizado ya que permite hacer una excavación del terreno a gran profundidad, sin preocupación de que se puedan deteriorar cimentaciones de viviendas contiguas como también de las veredas de la calle, así impide el paso del nivel freático a los sótanos. Con este método se pueden construir diferentes plantas de parking que se ha indicado y es solución inminente por el gran problema de aparcamiento que existe en la ciudad. Esta pantalla trabaja también como cimentación de la

estructura u obteniéndose así un doble aprovechamiento de este tipo de cimentación especial.

b.3) Según el diámetro del pilote

- **Micropilotes**

Diámetro menor de 200 mm. Se emplean en obras de recalce.

- **Pilotes convencionales**

De 300 a 600 mm.

- **Pilotes de gran diámetro**

Diámetro mayor de 800 mm.

c) Elaboración de pilotes moldeados

c.1) Armadura de pilotes

Las armaduras se conforman como si fuesen canastillas; las armaduras longitudinales están constituidas por barras colocadas uniformemente en el perímetro de la sección, y el armado transversal lo constituyen un zuncho en espiral.

La cantidad de barras y el diámetro de las mismas, se calcula en función de la carga que deba soportar el pilote.

c.2) Vaciado de pilotes

El concreto utilizado de acuerdo a la resistencia se ajusta a los requerimientos del proyecto.

El vaciado de pilotes por lo general se realiza con una bomba y un tubo tremie, introduciéndolo en la parte inferior del pilote y conforme este se vacía el tubo se irá retirando hasta llegar a una cota establecida.

El método tremie, de llenado por flujo inverso, se usa para verter concreto a través de agua, cuando la perforación queda inundada. El concreto se carga por tolva o es bombeado, en forma continua, dentro de una tubería llamada tremie, deslizándose hacia el fondo y desplazando el agua e impurezas hacia la superficie. Al inicio del proceso el fondo del tremie se debe cerrar con una válvula para prevenir que el concreto entre en contacto con el agua. El tremie llega hasta el fondo de la perforación antes de iniciarse el vertido del concreto. Al principio, se debe elevar algunos centímetros para iniciar el flujo del concreto y asegurar un buen contacto entre el concreto y el fondo de la perforación.

Como el tremie es elevado durante el vaciado, se debe mantener dentro del volumen del concreto, evitando el contacto con el agua. Antes de retirar el tremie completamente, se debe verter suficiente concreto para desplazar toda el agua y el concreto diluido. Cada pilote se vacía de una vez sin interrumpir la operación, no se admiten juntas de por vaciado.

c.3) Descabezado y encepado

Los pilotes se descabezan, por ello, siempre se elimina el concreto de baja calidad que queda en la parte superior. Así quedan las armaduras al descubierto que se entrelazan al encepado.

La longitud de la armadura debe permitir que posterior al descabezado, queden sobresaliendo del pilote.

Al finalizar el pilote, debe quedar vaciado a una altura superior a la definitiva; lo que excede de concreto se demuele cuando ha fraguado.

d) Sistema de pilotes hincados

El proceso constructivo de un muelle se puede ejecutarse de tierra hacia el mar mediante avance con una estructura de apoyo sobre los pilotes que se van hincando y también de mar a tierra con el uso de una estructura flotante para el hincado de pilotes.

- Construcción de mar a tierra

Conocidas las características del sitio donde se ha proyectado la construcción de muelle, se planifica la técnica de construcción, ya que de tratarse de un mar tranquilo, sin rompientes importantes, el sistema ideal sería utilizar grandes barcasas (fig.8) en movimiento o Jack up (fig.9) [4] provistas del equipo necesario para el clavado de pilotes, mezcladoras de concreto, máquinas de soldar, aire comprimido y barcasas auxiliares para el abastecimiento de materiales.

Esquemas de la construcción de mar a tierra:

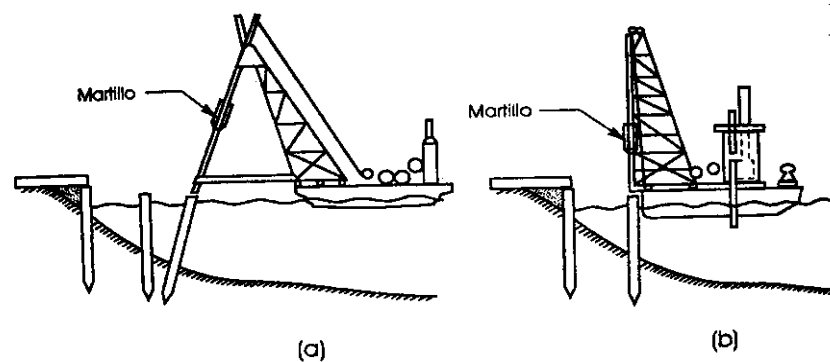


Fig.8.Construcción de Mar a tierra empleando Chata. a) Guías. b) Hinca pilotes

Fuente: Libro de ingeniería portuaria, César Fuentes Ortiz, 2001

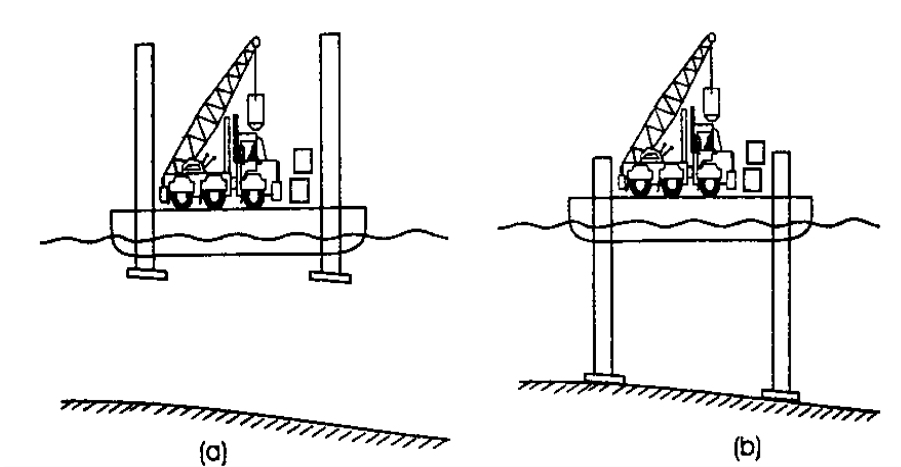
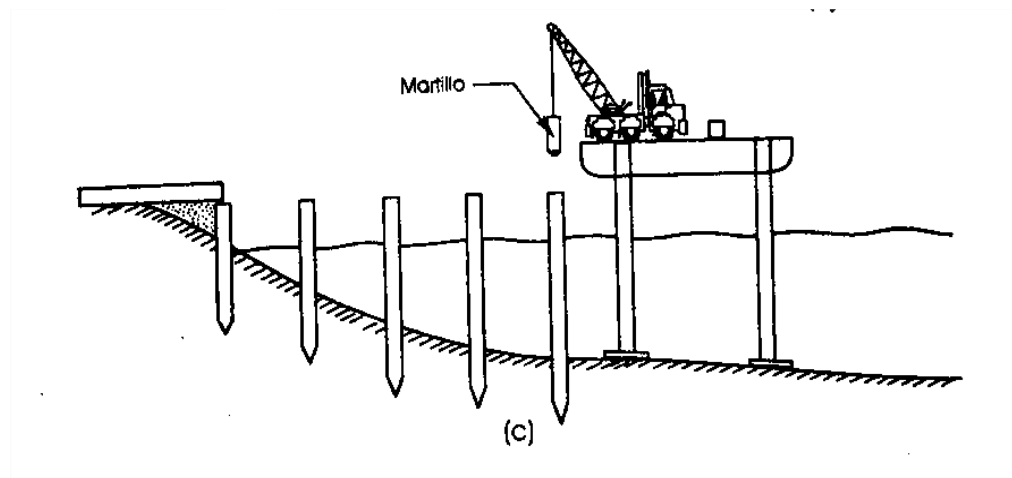


Fig 9. Construcción de mar a tierra empleando Jack up. a) Navegación.
b) Posicionamiento.

Fuente: Libro de ingeniería portuaria, César Fuentes Ortiz, 2001



c) Izaje para iniciar el hincado

Fuente: Libro de ingeniería portuaria, César Fuentes Ortiz, 2001

- **Construcción de tierra a mar**

Cuando no es posible ejecutar la construcción con el sistema anterior, debido a que las características del mar no lo permiten, sea por la variación u otras características que pudieran provocar fuertes movimientos sobre la barcaza encargada de la construcción, se ejecutará la construcción en avance hacia el mar, con una estructura de apoyo sea provisoria o definitiva al conseguir pórticos conformados por pilotes y vigas. (fig.10)

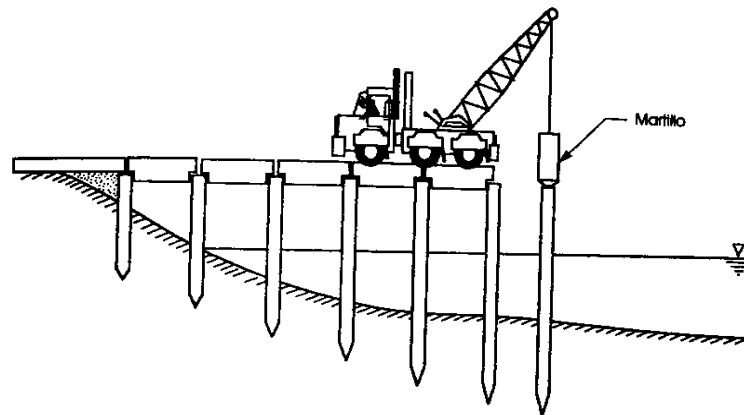


Fig.10 Construcción de Tierra a mar en avance apoyado sobre pórticos conformado por pilotes y vigas.

Fuente: [4] Libro de Ingeniería Portuaria – Ingeniero Cesar Fuentes Ortiz, 2001

e) **Sistema de pilotes moldeados**

Se define como un sistema de pilotes moldeados a la perforación del suelo y luego al vaciado del mismo, conformando un elemento vertical reforzado con acero.

Existen tres métodos constructivos que se detallan a continuación:

e.1) Con barrena continua

Este método se caracteriza por barrenar el terreno continuamente con una hélice, con una longitud variable entre 17 y 22 m dependiendo del equipo. Esta metodología es para suelos lo suficientemente estable para lo cual no requieren de revestimientos, luego de la barrenación se procederá a colocar la armadura de acero y finalmente se vaciará concreto (fig. 11).

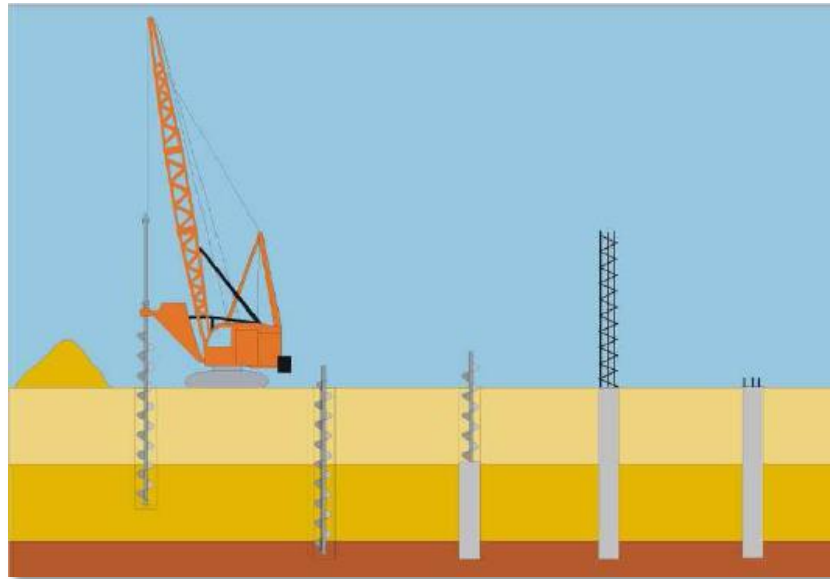


Fig.11. Proceso de barrena continuo, colocación de acero y vaciado de concreto
Fuente: Universidad de Porto 2008, FEUP, “Contención y fundación en edificios”

Inicialmente se seleccionará la barrena con longitudes y diámetros adecuados al pilote a ejecutar, así mismo se adapta una cabeza de perforación dependiendo de la geometría del pilote a perforar (fig. 12)



Fig.12 Selección de equipos y cabezales adaptados a la perforadora

Fuente: Universidad de Porto 2008, FEUP, “Contención y fundación en edificios”

Luego de la perforación se introduce la armadura de acero preparada en tierra, Dependiendo de la longitud está es izada por una grúa y colocada en fases que se irán acoplando conforme descienda la misma por dentro de la perforación (fig. 13).



Fig. 13 Izaje de armadura preparada en pilotes moldeados

Fuente: Universidad de Porto 2008, FEUP, “Contención y fundación en edificios”

El último que concretiza el sistema de pilotes moldeados es el vaciado de concreto dentro de la perforación, directamente con una bomba y manguera adaptable o con la ayuda de un tubo tremie, el cual se retira conforme el vaciado desciende por el pilote moldeado (fig. 14).



Fig. 14 Vaciado de concreto con bomba directa y con tubo tremie

Fuente: Universidad de Porto 2008, FEUP, “Contención y fundación en edificios

e.2) Con pared moldeada

Es un método que consiste en introducir un tubo metálico conforme se perfore el terreno, con la finalidad de estabilizar en material de las paredes; estas camisas metálicas pueden ser recuperables o no, dependiendo de las particularidades del tipo de suelo, si en caso fuesen recuperables estas se van retirando conforme se vacié el concreto (fig. 15).

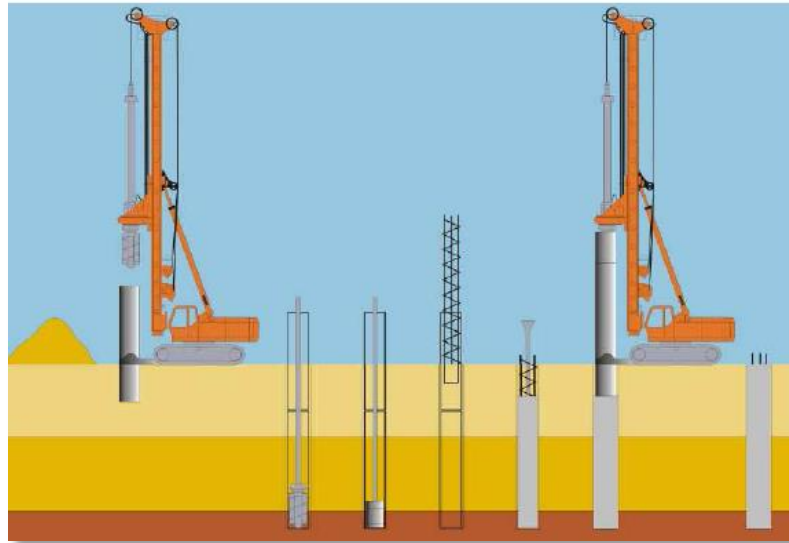


Fig. 15 Proceso de conformación de pilotes moldeados con camisa metálica
Fuente: Universidad de Porto 2008, FEUP, "Contención y fundación en edificios"

Inicialmente se perfora sólo una profundidad entre 2 y 4 metros, y un diámetro exterior y superior al del tubo moldeado, luego se coloca la primera camisa sujeta a un equipo adaptado en el cabezal de la perforadora rotatoria, el cual girará en dos sentidos de tal manera que penetrará rompiendo la fricción natural y lateral de las paredes del suelo (fig.16).



Fig. 16 Camisa metálica sujeta a cabezal adaptado a perforadora

Fuente: Universidad de Porto 2008, FEUP, "Contención y fundación en edificios"

Luego de la primera camisa, se retirará el material en su interior, esta actividad se puede realizar con una perforadora rotatoria o un balde adaptado a una grúa, ambos equipos trabajan en verticalidad garantizando la eliminación correcta de su interior (fig. 17).

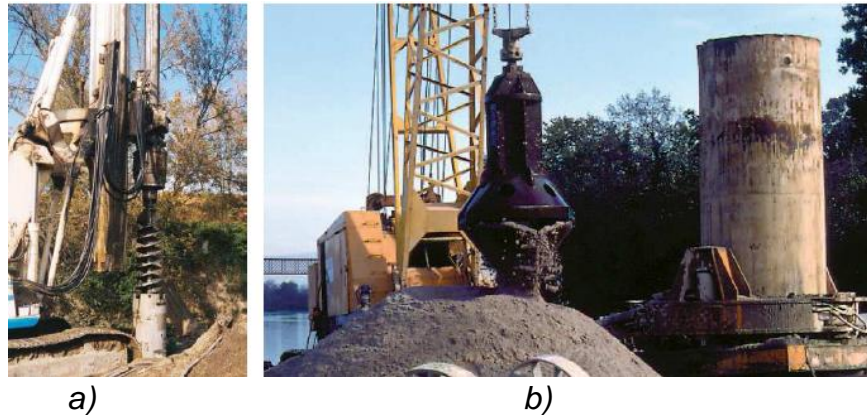


Fig.17 Eliminación: a) perforadora rotatoria b) Balde suspendido

Fuente: Universidad de Porto 2008, FEUP, "Contención y fundación en edificios"

Para conseguir la cota de pilotes moldeados, se acoplaran camisas en partes que encajaran entre sí, a través de ranuras macho y hembra para garantizar un enganche correcto y seguro. Esta actividad continuará hasta conseguir la cota requerida en el proyecto (fig.18)



Fig. 18 Acople de camisas y limpieza en fondo de perforación

Fuente: Universidad de Porto 2008, FEUP, "Contención y fundación en edificios"

Una vez terminado la colocación de camisas se introducirá la armadura en el interior del pilote moldeado, de manera que la primera parte quede apoyada en tubos transversales para garantizar el recubrimiento interior además para traslapará con la armadura siguiente (fig. 19).



Fig. 19 Colocación de canastilla de acero

Fuente: Universidad de Porto 2008, FEUP, “Contención y fundación en edificios

Finalmente se vació el concreto en forma lenta y por fases, con ayuda de un tubo tremie, el cual se extiende por toda la perforación, después de vaciar los primeros metros se elevará el tubo tremie y se retirará un pedazo del mismo, hasta conseguir el vaciado a la cota definida en el proyecto.

A medida que se vació el concreto se acumularán en la parte superior del pilote (agua, arena y tierra) que asciende conforme el concreto ingresa al pilote (fig. 20)



Fig. 20 Vaciado de pilote moldeado con tubo tremie

Fuente: Universidad de Porto 2008. FEUP. “Contención y fundación en edificios

e.3) Con lodos bentoníticos

Este método se trata de implementar mientras se perfora lodos bentoníticos de tal forma que sostenga las paredes del terreno, esta bentonita se puede reaprovecha en los siguientes pilotes (fig. 21)

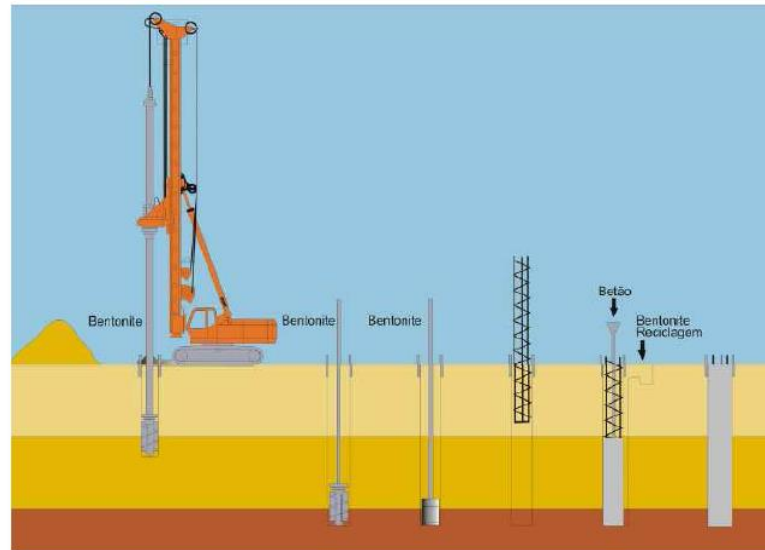


Fig. 21 Proceso de conformación de pilotes moldeados con lodos bentoníticos
Fuente: Universidad de Porto 2008, FEUP, “Contención y fundación en edificios”

La perforación se inicia y se dejan tubos en la parte superior del pilote de tal forma que el lodo ingrese conforme se vaya perforando, esta actividad es para garantizar la estabilidad sólo de las paredes del terreno, luego de esto y finalizada el forado se colocará la armadura y el concreto, en lo cual finalmente todo el lodo sube por diferencia de densidades.

Nota: Los dimensionamientos y materiales considerados con este sistema en esta investigación son adaptados al proyecto “Construcción del nuevo terminal portuario de Paíta”

1.7 Presentación de Caso en Estudio

El tema en investigación será desarrollado mediante dos sistemas constructivos distintos, los cuales mediante técnicas, uso de recursos y tecnologías serán analizados para representar teóricamente parte de la “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita” de tal forma que con menor tiempo y costo garanticen la operatividad del muelle en estudio.

A continuación la descripción de ambos sistemas

a) Sistema de pilotes hincados en caso de investigación

Este sistema como planteamiento número uno, sería mediante un hincado de 269 pilotes metálicos de 29 ms. de longitud, 36 pulgadas de diámetro y 20 mm de espesor, el cual se realizaría sobre una Jack-Up con capacidad de suficiente para el posicionamiento de la grúa sobre esta.

La estructura del muelle marginal, tendrá cinco ejes transversales A, B, C, D y E, ver fig.22. El clavado de los pilotes se realizará en una secuencia lógica de tal manera que la Jack up realice la menor cantidad de movimientos, ver fig. 23, a la vez se delimita las actividad como enrocado y vaciado para dar frente de trabajo a las actividades siguientes

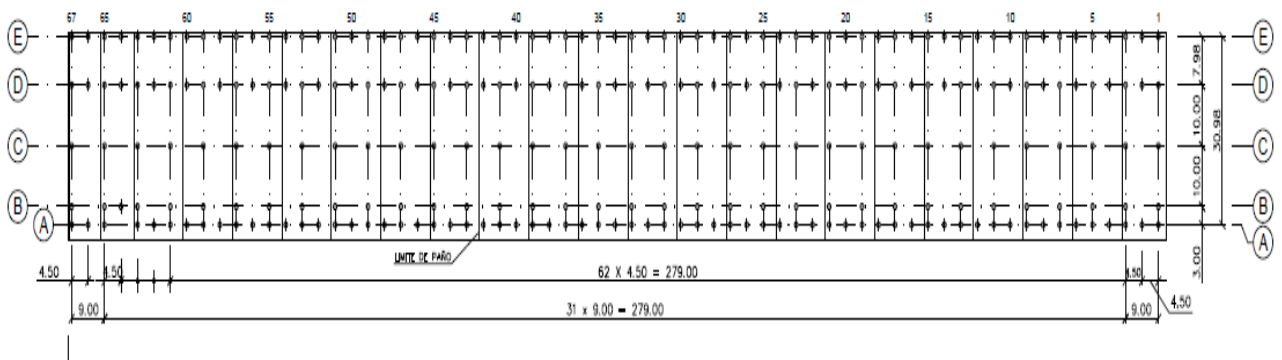


Fig. 22 Estructura de pilotes por alineamientos

Fuente: Diseño de proyecto “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita”

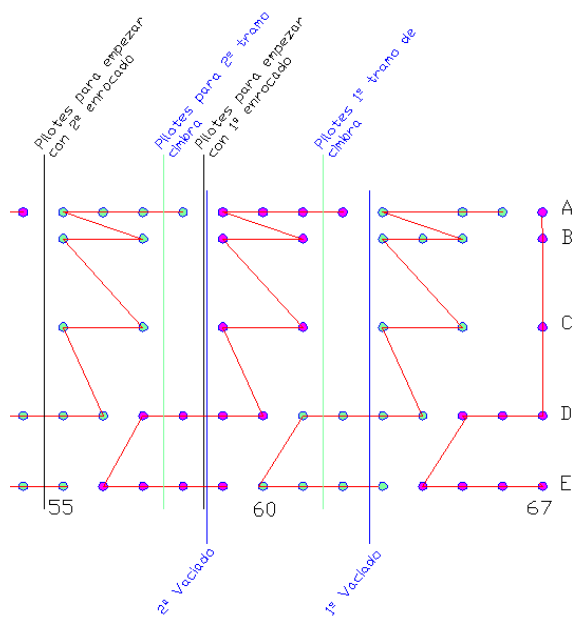


Fig. 23 Movimientos de jack-up para hincado de pilote

Fuente: Diseño de proyecto “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita”

a.1) Procedimiento constructivo

A continuación brevemente los pasos a seguir para el hincado de pilotes

- Transporte de Pilotes

El traslado de los pilotes, desde la zona de almacenamiento hacia la zona de hincado, se realizará mediante un sistema de flotación.

Para el traslado de los pilotes de acero, se colocarán balones apropiados en los extremos, para luego ser llenados de aire con ayuda de un compresor, con la finalidad de sellar el perímetro interiores de los pilotes y evitar el ingreso del agua. Posteriormente, con una grúa de capacidad adecuada, se colocarán los pilotes en el

agua y luego serán remolcados hacia la zona de hincado (fig 24) utilizando un barco de apoyo.



Fig. 24 Transporte de pilote hacia zona de hincado

Fuente: Obra “Terminal XXI de contenedores del Puerto de Sines- Portugal”

- Hincado de pilotes

Una vez posicionada la jack-up en la zona de hincado y que el pilote haya sido remolcado a su posición, se izará con el cable de la grúa y del gancho adicional de la jack-up.

Posteriormente, se pondrá el pilote en su posición vertical, acoplado al martillo suspendido por el cable principal de la grúa. Una vez que el pilote ya esté debidamente ajustado a la cabeza del martillo, se cerrará la abrazadera de la guía y se posicionará el conjunto en la ubicación de hincado del pilote, con el apoyo de un equipo de topografía láser.

La secuencia de trabajos de hincado será la siguiente:

- Se colocará el pilote hasta el nivel del fondo del mar y se hará un nuevo control topográfico de los parámetros condicionantes, ubicación y verticalidad. Fig. 25.
- El primer golpe (golpe seco) será hecho solamente con el peso del martillo. Nuevamente se verifican los alineamientos y verticalidad.
- Los siguientes golpes hechos serán con un nivel de energía 1. La periodicidad de los controles de topografía dependerá de cuanto de penetración se obtiene por golpe.
- Cuando se note el rechazo por golpe de martillo se aumentará el nivel de energía a 2 y hasta llegar al nivel 4 (energía máxima).
- Cuando se llegue al número de golpes, capacidad de carga, al punto de rechazo, garantizando y empotramiento mínimo definido en el proyecto, se procederá al retiro del martillo y a la verificación topográfica final, para aprobación del hincado del pilote en cuestión.

Simultáneamente al proceso de hincado del pilote, ya se estará procediendo al traslado del pilote siguiente, de modo a garantizar rendimientos de producción.



Fig. 25 Posicionamiento de pilote en martillo

Fuente: Diseño de proyecto “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita”

- Enrocado de talud

Se enrocará mediante una Grúa con Casamba y/o clam shell, y una excavadora de brazo largo las diferentes capas para dar la conformación al talud en la zona del muelle y del mismo modo garantizar la estabilidad en los alineamientos D y E, los cuales no serán arriostrados. Fig. 26.



Fig. 26 Enrocado con grúa y clam Shell.

Fuente: Diseño de proyecto “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita”

- Soldadura de ménsula

Se soldarán las ménsulas a una cota correspondientes en los pilotes, las cuales servirán de soporte a los apoyos de la cimbra, ver fig. 27.



Fig. 27 ménsulas

Fuente: Diseño de proyecto “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita”

- **Habilitado y colocado de acero en pilote**

Se procedería luego a colocar los aceros de refuerzo habilitados según estudios dentro de los pilotes en los niveles requeridos, con ayuda de una grúa.

- **Instalación de abrazaderas**

Las abrazaderas se colocan alrededor de los pilotes, las cuales forman circularmente una estructura de la cual se tensarán los arriostres.

- **Instalación de arriostre**

Para dar mayor estabilidad y alineamiento al conjunto de los pilotes de los alineamientos A, B y C, estos serán debidamente arriostrados con perfile metálicos (Viga HEB 200) como lo muestra la fig 28.

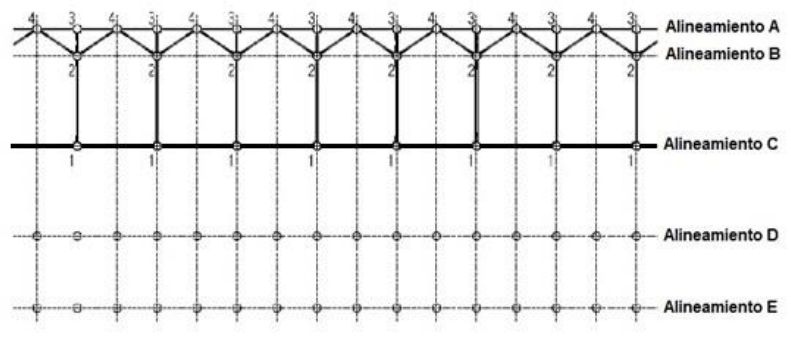


Fig.28 Esquema de arriostramiento de pilotes

Fuente: Diseño de proyecto “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita”

- **Vaciado de Pilotes**

Una vez colocado el acero correspondiente se procedería al llenado de los pilotes en su totalidad con concreto mediante una Telebelt o

Bomba telescópica tipo pluma de dimensiones suficientes que se ajusten a las necesidades del proyecto. (Ver fig 29).



Fig. 29 Vaciado de pilote con telebelt

Fuente: Foto de proyecto “Puerto de Aveiro - Portugal”

- Instalación de Cimbra

Seguidamente se instalarían las gavetas de apoyo y la mesa apoyada sobre las ménsulas para que en su totalidad se conforme la cimbra donde se vaciará el concreto para dar conformidad a las vigas y losa del muelle; la cimbra irá desplazando en dirección a la conformación del muelle (fig. 30).



Fig. 30 Instalación de fondo de cimbra

Fuente: Obra “Terminal XXI de contenedores del Puerto de Sines- Portugal”

- Colocado de acero en cimbra

Luego del primer tramo del montaje de la cimbra se iniciará la colocación del acero de refuerzo según diseño en vigas y losa del muelle, fig.31 y fig. 32 respectivamente.



Fig. 31 Colocación de acero para vigas sobre cimbra

Fuente: Diseño de proyecto “Puerto de Aveiro-Portugal”



Fig. 32 Colocación de acero para losa de muelle sobre cimbra

Fuente: Obra “Terminal XXI de contenedores del Puerto de Sines- Portugal”

- Vaciado de losa y vigas en muelle

Una vez colocado el acero correspondiente se procederá al llenado de la losa en un tramo con una telebelt o bomba telescópica. Ver fig. 33.



Fig. 33 Vaciado de vigas y losa del muelle.

Fuente: Obra “Terminal XXI de contenedores del Puerto de Sines- Portugal”

Nota:

La cimbra cuenta un sistema de rodillos el cual se moverá hacia la siguiente fase continuando con las mismas actividades hasta conseguir el vaciado total del muelle de 300 m.

b) Sistema de pilotes moldeados en caso de investigación

Este sistema se ajusta al diseño del proyecto “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita”, será conformar un relleno provisorio protegido por tablestacas creando celdas de 60 de largo y 21.m de ancho, para que sobre este relleno se formen pilotes moldeados en los mismos alineamientos A, B, C, D y E.

b.1) Procedimiento constructivo

- Construcción de retención

La construcción de la retención se hará hincando tablestacas con una grúa y un martillo de vibro-hincado desde una barcaza o jack-up, de tal manera que se conforme ensecaderas o celdas de 60 m de largo por 22 m. de ancho, (fig 34) las cuales se rellenarán de material con capacidad de cohesión, a lo cual se le denomina relleno provisorio.

El tablestacado formará una ensecadera o celda que será rellena de material provisorio, como lo muestra la fig. 35.

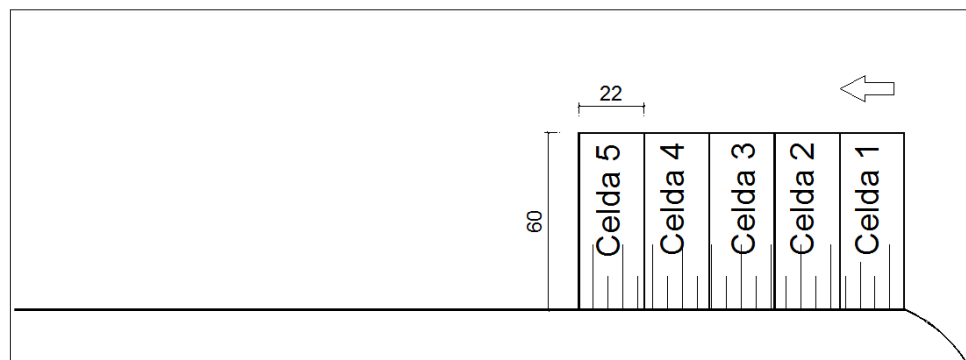


Fig 34. Celdas de retención para relleno provisorio

Elaborado por el autor



Fig 35 Construcción de ensecadera con tablestacas

Fuente: Revista “Steel foundation solutions for projects” – Arcerl Mittal

- Relleno interior

Se rellenará el interior de las celdas según numeración con material con capacidad de cohesión por facilidades en el proceso constructivo al momento de la colocación de la camisa metálica. Este relleno se hará con volquetes mediante sistema de volteo directo, empuje con tractor y compactación con rodillos lisos.

- Perforación y moldeo pilotes

Se perforará y moldearán los pilotes en el interior de las celdas rellenas de material provisorio, en los alineamientos según esquema del primer sistema (pilotes hincados), adicionalmente se conformarán 66 pilotes para dar facilidad en el proceso constructivos al encofrar la losa del muelle con una estructura metálica, reduciendo la luz entre pilotes.

La perforación y el hincado de las camisas se harán con una perforadora rotativa con acoples de cabezal para cada actividad, fig. 36.

Al finalizar la perforación del primer tramo se procederá a colocar la primera camisa metálica para estabilizar las paredes de la perforación, luego se seguirá perforando y penetrando la camisa metálica; esta actividad repetitiva se continuará hasta conseguir la altura requerida.



Fig. 36 Perforación y colocación de camisa.

Fuente: Universidad de Porto 2008, FEUP, "Contención y fundación en edificios"

- Habilitado y colocado de acero en pilotes

Una vez finalizado la perforación y colocación de camisas se procederá a montar la canastilla de acero con una grúa en tres tramos de 10 m. cada uno.

- Vaciado de pilote

El vaciado en este sistema se realizará con una bomba telescópica y una manguera suficiente para que descienda por dentro del pilote. El equipo de bombeo estará cercano al alineamiento E del pilote, con una longitud de 35 m. ver fig. 37.

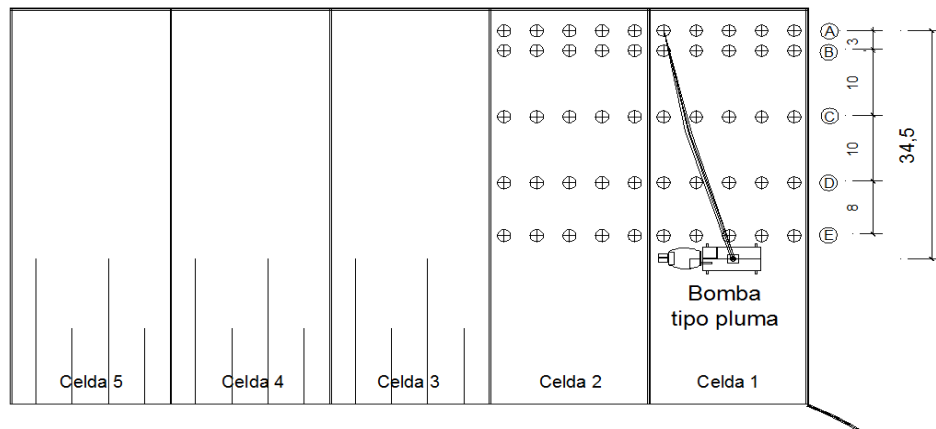


Fig. 37 Vaciado de pilotes con bomba telescópica

Elaborado por el autor

- Encofrado de vigas

Se excavará el relleno provisorio a una cota de nivel de fondo de vigas de coronamiento y en los alineamientos según fig. 38, luego se encofrarán las caras laterales y fondo de las mismas, con sistema de encofrado metálico, por facilidades constructivas y optimizar rendimientos.

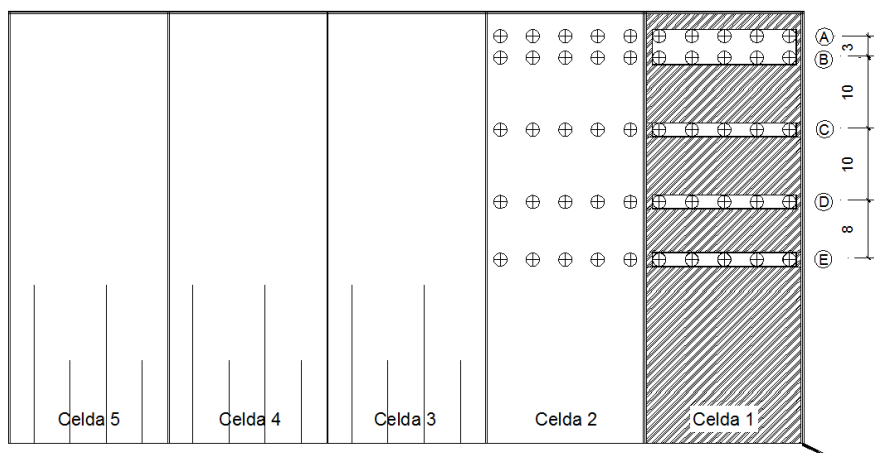


Fig. 38 Excavación a cota de fondo de viga

Elaborado por el autor

- Soldadura de mesas

Se soldará en parte de los pilotes una mesa de apoyo, fig. 39 para posar las gatas debajo del sistema de encofrado para la losa del muelle.

Previamente, en la zona de soldadura, adicionalmente se excavará para facilidades de trabajo.

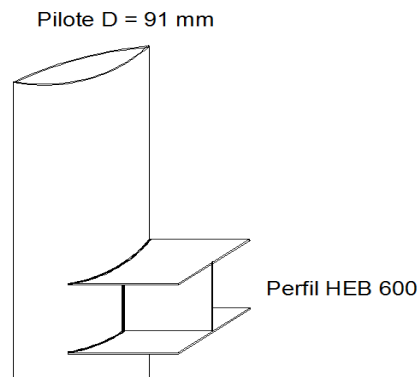


Fig. 39 Mesa de apoyo para las gatas hidráulicas

Elaborado por el autor

- Habilitado y colocado de acero en vigas

Luego de finalizado el encofrado de las vigas, se prepara la estructura de acero de las mismas, para posteriormente ser montadas con una grúa con capacidad suficiente para cargar a 40 m. 5 ton (peso aproximado de la estructura).

Se habilitará los alineamientos desde el eje A hacia el E, para luego ser vaciados en sentido contrario.

- Vaciado de vigas

Seguidamente se vaciará concreto en todas las vigas de coronamiento de 1.25x 1.20 m, por la parte posterior de la viga aún

sigue el acero del pilote que finalmente amarrará a la losa vaciada in situ de espesor 25 cm. Los alineamientos B-A serán vaciada en conjunto con la viga mandil (viga donde se montan las defensas del muelle).

En la siguiente figura 40 se muestra el esquema de la viga, el apoyo soldado y la gata que soportará el sistema de encofrado con perfiles.

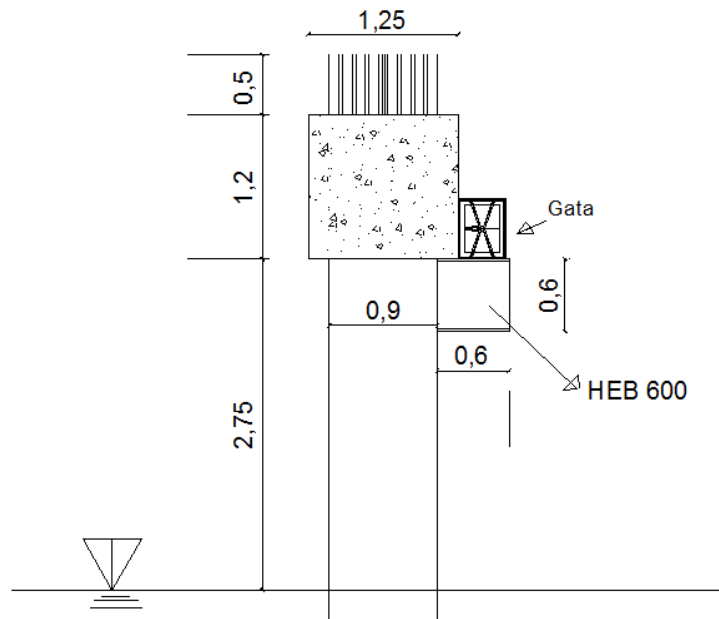


Fig. 40 Esquema de viga de coronamiento, con apoyo de perfil HEB 600

Elaborado por el autor

- Excavación de relleno provisional

Al finalizar el vaciado de todas las vigas se desencofrarán las mismas y se procederá a eliminar el material de relleno provisorio mediante una grúa, y un clam-shell (fig. 41) de alcance según requerimiento y capacidad necesaria que garantice el retiro del

relleno. Se inician en el alineamiento A, en dirección al eje E, hasta concluir con todo el relleno.

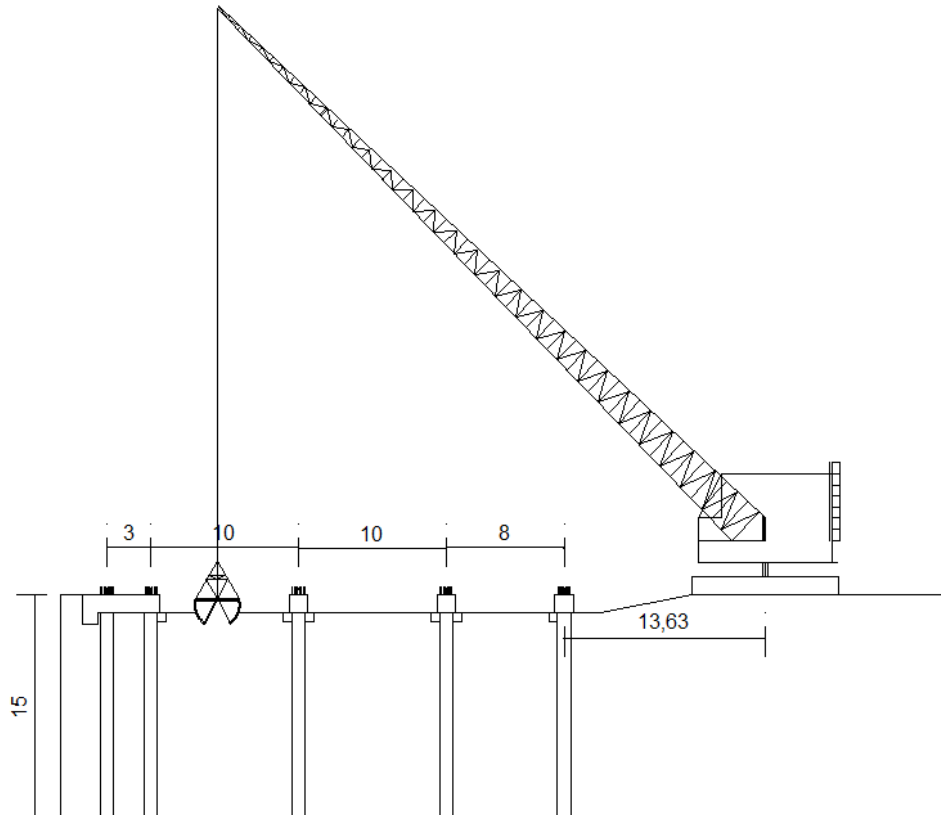


Fig. 41 Esquema de eliminación de relleno con grúa y clam-shell

Elaborado por el autor

- Enrocado de talud

El enrocado del talud en la zona del muelle, se realiza con una grúa, con casamba (cajón metálico abierto que transporta roca para depositarla en mar) y con clam Shell hasta finalizar el talud requerido, además con una excavadora de brazo largo para perfilar el talud desde la cota 0.00 hacia arriba. Ver fig. 42-43.



Fig. 42 – 43 Enrocado de talud con excavadora de brazo largo y Grúa

Fuente: Fotos de obra “Construcción del Nuevo terminal portuario”

- Montaje sistema de encofrado

Se montará los perfiles metálicos HEB 600 sobre las gatas ubicadas en los apoyos soldados, en dirección transversal a los alineamientos E-D, D-C, y C-B; a la vez sobre estos, se colocarán perfiles HEB 100 en dirección perpendicular a los HEB 600, ver fig 44.

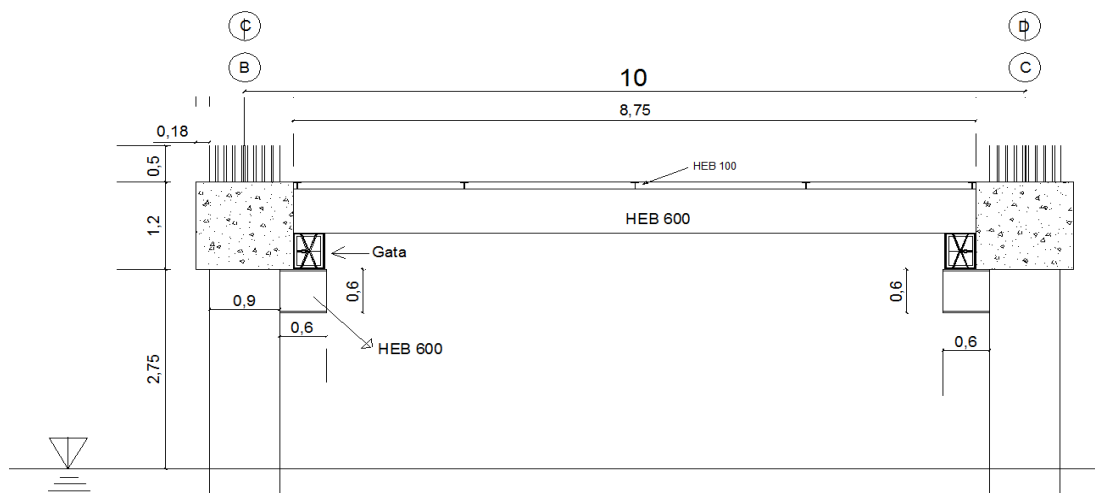


Fig. 44 Montaje de sistema de encofrado

Elaborado por el autor

- Montaje de losa prefabricada

Las losas prefabricada serán de 2.20 x 2.25 x 0.25 de altura, estas losas tendrán acero en forma de U en la parte superior la cual servirá de adherencia al concreto vaciado in situ posteriormente.

El montaje será cubriendo toda la losa de la primera celda(ver fig. 45) y sólo en los alineamientos E-D, D-C, y CB, debido a que el alineamiento B-A previamente ya ha sido vaciados con la viga mandil, la cual es la que recibe la fuerza de impacto de las embarcaciones y donde se ubican las defensas.

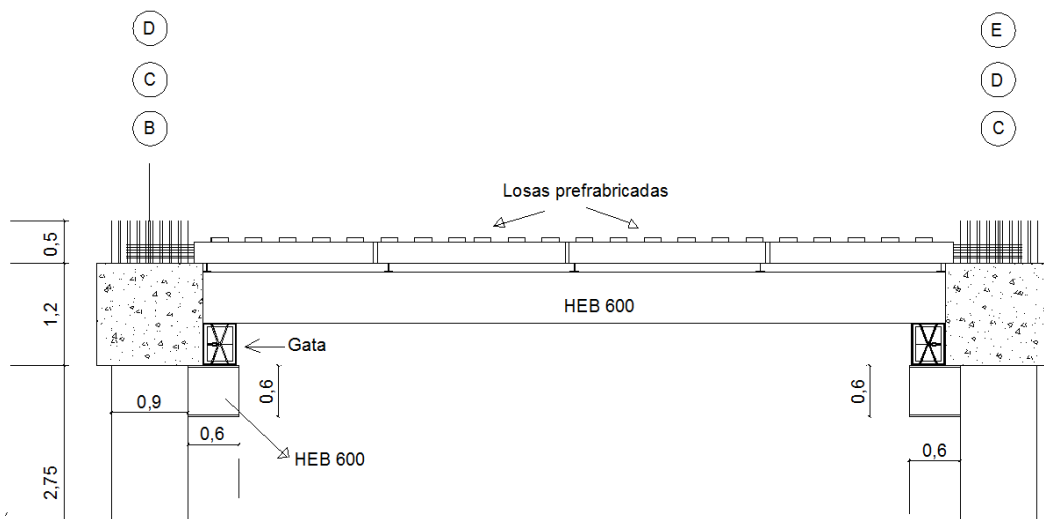


Fig. 45 Losa prefabricadas sobre apoyo de perfiles HEB 100

Elaborado por el autor

- Colocación de acero en losa

Luego del primer tramo del montaje de las losas prefabricadas se iniciará la colocación del acero de refuerzo según diseño de losa del muelle.

- **Vaciado de losa del muelle**

Finalmente se vaciará la losa in situ mediante una bomba telescópica de 36 m para vaciar 200 m³ aproximado en un solo vaciado.

Días después del fraguado del concreto el sistema de encofrado se retira y pasa a la siguiente celda, y el proceso de actividades se mantiene hasta conseguir toda la losa del muelle de 300m.

1.8 Sistema de Tablestacas

Las tablestacas de acero se han utilizado en las últimas décadas en las obras de contención en todo el mundo. La combinación de un costo competitivo con un sistema versátil acelera la ejecución de las obras, por tanto las paredes de estacas de metal han demostrado ser la solución más económica para un gran número de obras en puertos, estaciones de tren, caminos y túneles

a) Tablestacado

Cuando se está especificando unas tablestacas, la característica más importante del producto que se observa es el módulo elástico (W_x), combinado con una cierta capacidad para soportar momento de flexión de corte. El desafío en un proyecto sobre estacas de metal se somete a combinar los siguientes elementos:

- Aumento posible módulo elástico.
- Menor peso/m² posible.
- Momento de inercia más alto posible.
- Acero más adecuado para la aplicación de la Calidad.
- El aumento de ancho de trabajo de corte posible (instalación de mayor productividad)

- Para cumplir de manera eficiente y económicamente a una amplia variedad de proyectos, se tienen perfiles tipo U y Z. Pilotaje plana

b) Tipos de Tablestacas

Existen en el mercado diversos tipos de tablestacas definidos para cada trabajo específico, según características del proyecto (Ver fig.46).

- Tablestacas tipo AU/PU

La tablestaca tipo U, anchos útiles que pueden llegar a 750 mm son para tener una mejor relación de módulo elástico por Peso (kg/m²). Este tipo de corte combina ahorro en la cantidad de acero con un excelente rendimiento de la instalación, reduciendo así los costos de construcción. Estacas de tipo U se puede pedir en pares, es decir, 1.500 mm de ancho útil, contribuyendo así a un mejor rendimiento estático (conectores se pueden pedir presionado) y la productividad instalación.

- Tablestacas tipo AZ

Las tablestacas tipo Z se puede considerar una evolución en la línea de productos, que tiene como característica principal el cambio en la posición de los conectores. En este tipo de pilas, el plano de esfuerzo cortante máximo no pasa por los conectores que ayudan a aumentar la capacidad de su estructura. Por esta razón, los Tipo Z se utilizan para proyectos estructurales a gran escala expuestos a alta presión hidrostática o ejecutado en suelos de baja resistencia.

- Tablestacas tipo HZ

Debido a la gran demanda del mercado de la zona del puerto con estructuras que pueden soportar profundidades de muelles cada vez más grandes se desarrollaron paredes HZ combinados con Módulo de flexión

que pueden alcanzar los 30.000 cm³ / m. Las paredes son una combinación de HZ perfiles H y Z de doble función: pilotes H:

- Para soportar las cargas horizontales de la tierra y las presiones hidrostáticas.
- Apoyar a las cargas verticales.

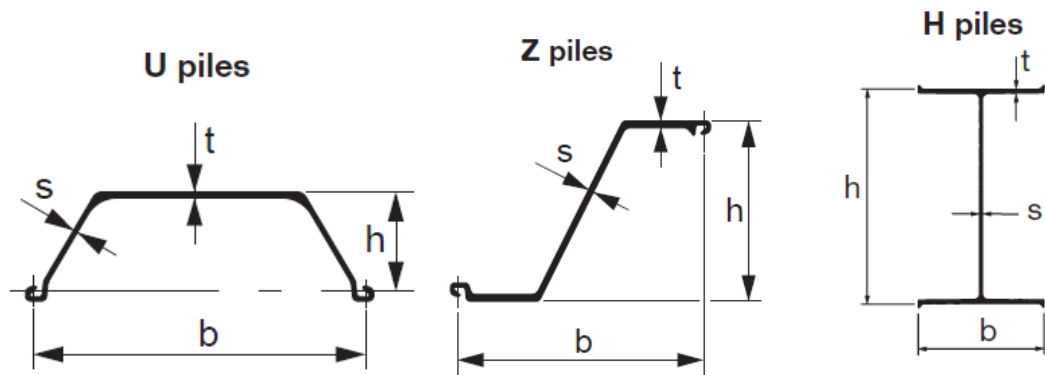


Fig. 46 Tipos de tablestacas en forma de U, Z y H

Fuente: Revista "Steel foundation solutions for projects" – Arcelor Mittal

b.1) Aplicaciones

La aplicación de las tablestacas es numerosa y puede ser provisional o final.

- Estructuras de control de inundaciones del río y de defensa

El Tablestacado de acero se utiliza tradicionalmente para el apoyo y protección de riberas de los ríos (fig.47), bloqueo y la construcción de compuerta y las inundaciones protección.

- **Contrafuertes de los puentes**

Los pilares formados a partir de tablestacas son más rentables en situaciones en las que es necesaria una base de pilares para apoyar el puente o donde la velocidad de construcción es crítica. Las Tablestacas pueden actuar como barrera (fig. 48) y de esta forma el pilar puede ser manejado en una sola operación, lo que requiere un mínimo de espacio y tiempo para construcción.

- **Puertos**

El Tablestacado de acero es un material de probada eficacia para la construcción rápida y económicamente de los muelles. Las Tablestacas de acero pueden formar ensecaderas para trabajos internos en la construcción de puertos (fig. 49)

Ejemplos de proyectos de pilotaje del laminado en caliente:

- . Construcción de pasos a nivel
- . La construcción de túneles
- . Obras de contención en y fuera del agua (fig.50)
- . Aparcamientos subterráneos
- . Los sótanos de edificios residenciales / comerciales.
- . La construcción de nuevos muelles.
- . Muelles para la expansión.
- . Aumentar puertos tranquilos.
- . Muelles de recuperación con problemas de material de contención en fuga.
- . Retención y conformación de ensecaderas.

b.2) Ventajas

Las principales ventajas de la utilización de tablestacas de acero laminadas en caliente son:

- Medio Ambiente: Bajo impacto ambiental de esta solución. No hay retirada posible de material para fuerzas de arranque, así como el uso de lodo de bentonita altamente perjudicial para el medio ambiente.
- Velocidad: Obras ejecutadas en tablestacas de acero son muy rápidas, con baja la movilización en la instalación de la obra de construcción.



Fig. 47 Tablestacas para protección de riberas de ríos

Fuente: Revista “Steel foundation solutions for projects” – Arcelor Mittal



Fig. 48 Tablestacas como protección en pilares de puentes

Fuente: Revista “Steel foundation solutions for projects” – Arcelor Mittal



Fig. 49 Tablestacas para formación de ensecaderas en obras portuarias

Fuente: Revista “Steel foundation solutions for projects” – Arcelor Mittal



Fig. 50 Tablestacas para contención de enrocado

Fuente: Revista “Steel foundation solutions for projects” – Arcelor Mittal

b.3) Proceso constructivo

El sistema de construcción de una cortina de apilamiento incluye la ejecución de las siguientes operaciones:

- **Transporte de elementos a zona de trabajo**

Comprende el transporte por tierra o mar a las secciones según el lugar de almacenamiento.

- **Colocación de los sistemas de guía**

Los sistemas de guía permiten enganchar el tablestacado, estas guías sirven de conducción al momento del clavado de los elementos. Hay dos tipos de dispositivos de orientación: a) las vigas de guía y b) guías de mástiles (fig. 51).

- **Hincado o vibro-hincado de tablestacas**

En el proceso de hincado se procede a la colocación en posición vertical de los elementos de tablestacas, conectados entre sí por ranuras formando una pared vertical.

Los actuales procesos de prensado tablestacas son de percusión y vibración, esta actividad es aplicable con martillos, vibradores y prensas hidráulicas. La elección de hincado de estacas, dependen del tipo de suelo, además de las particularidades de obra (fig.52).

La percusión con martillo. Es un proceso habitualmente utilizado en terrenos con presencia de roca. Existen tres tipos de martillo: Hidráulico, diesel y vapor. El martillo hidráulico tiene la ventaja de poder trabajar debajo del agua si es necesario. (fig. 53).

Las tablestacas clavadas mediante vibraciones son ideales en suelos arenosos y algunos cohesivos. La prensa hidráulica permite apoyarse en cinco estacas, pero sólo clava dos cada vez. (fig.54).

- **Movimiento de tierras y ejecución de refuerzos internos o anclajes**

Concluida la etapa de clavado de tablestacas se procederá a retirar todo el material interno, o rellenarlo en su totalidad, esta etapa de la particularidad de la obra. Al igual que la eliminación del material concluida la actividad (fig. 55).



a) Vigas Guías

b) Guías mástiles

Fig. 51 a) Vigas de guía, b) guías mástiles

Fuente: Universidad de Porto 2008, FEUP, “Contención y fundación en edificios”



Fig. 52 Percusión con martillo hidráulico

Fuente: Universidad de Porto 2008, FEUP, “Contención y fundación en edificios”



Fig. 53 Clavado de tablestacas por vibración

Fuente: Universidad de Porto 2008, FEUP, “Contención y fundación en edificios”



Fig. 54 Clavado de tablestacas por apoyada en cinco tablestacas

Fuente: Universidad de Porto 2008, FEUP, “Contención y fundación en edificios”



Fig. 55 Eliminación de material con Clam Shell, en interior de tablestacas

Fuente: Universidad de Porto 2008, FEUP, “Contención y fundación en edificios”

b.4) Métodos de aplicación de cortinas en tablestacas

Existen tres métodos de aplicación de cortinas en tablestacados (fig. 56):

- Tablestacas clavadas individualmente en una sola fase con una guía y enganchada a la tablestaca anterior; este método exige un control permanente en la verticalidad.
- Tablestacas clavadas apoyados desde un inicio por perfiles o tablestacas que sirven de guías entre los elementos, estos soportes pueden ir en uno o dos niveles y el clavado es en fases consecutivas escaladas
- Consiste en el clavado de estacas en paneles, apoyado por guías dobles en dos niveles

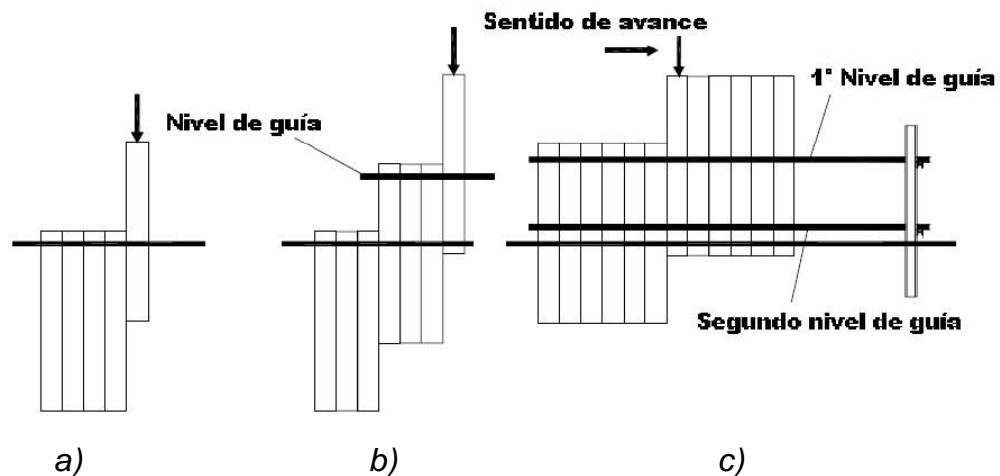


Fig. 56 Métodos de clavado de tablestacas. a) Clavado individual. b) Clavado en fases. c) Clavado en paneles

Fuente: Universidad de Porto 2008, FEUP, "Contención y fundación en edificios"

1.9) Cimbra móvil inferior

Es una armadura que se compone de seis vigas de lanzamiento, las mismas que se apoyan sobre los pilotes y estos sobre ménsulas que poseen un sistema de rodillos para permitir el rodamiento de las mesas de encofrado móvil luego de cada vaciada de concreto. Las ménsulas además de los rodillos permiten mediante un sistema hidráulico levantar la estructura para desmoldarse de la superficie de fondo del tablero del muelle.

a) Partes de cimbra

- **Gaveta:** Viga de lanzamiento metálico en forma de caja reticulada que apoya sobre los pilotes (fig.57)

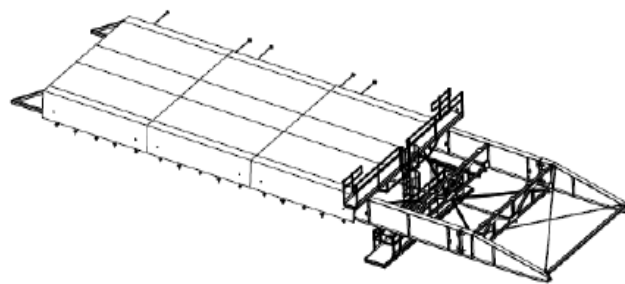


Fig 57 Gaveta en forma de caja reticulada

Fuente: Memória da Utilização do Cimbra Móvel Inferior - CPTP”

- **Apoyo:** Son varios elementos donde apoya la cimbra y que posee un rodillo que permite su desplazamiento (fig.58)

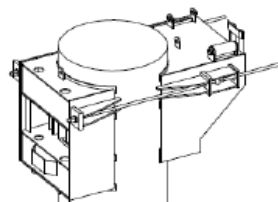


Fig. 58 Apoyo con rodillo para desplazamiento de cimbra

Fuente: Memória da Utilização do Cimbra Móvel Inferior - CPTP”

- **Ménsula:** Elemento soldado en los pilotes y en los cuales asientan los apoyos (fig.59)

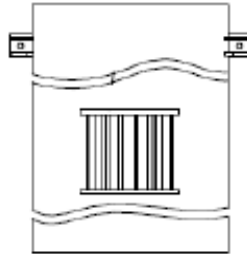


Fig. 59 Ménsulas, elemento donde se asentarán los apoyos

Fuente: Memória da Utilização do Cimbra Móvel Inferior - CPTP”

- **Panel de fondo:** Elemento que cierra y abre en el alineamiento de los pilotes para permitir el avance de la cimbra. Rueda fijado a la viga de lanzamiento (fig.60)

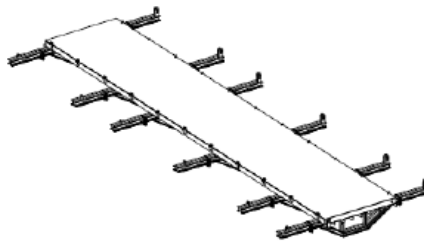


Fig. 60 Panel de fondo

Fuente: Memória da Utilização do Cimbra Móvel Inferior - CPTP”

El esquema de la cimbra en su totalidad de avance se apoya sobre los pilotes (fig 61 y 62)

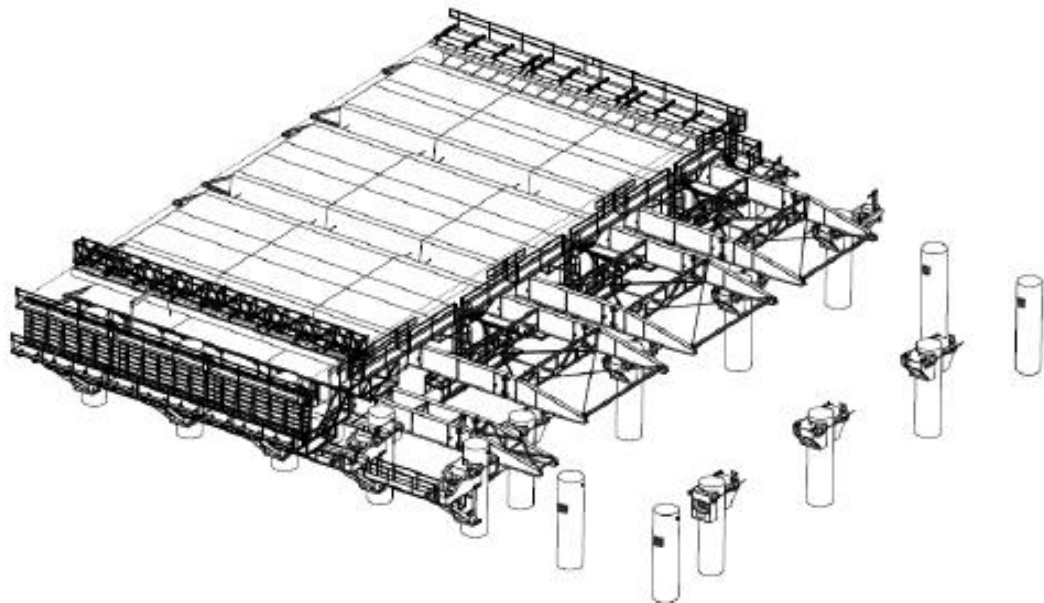


Fig.61 de cimbra

Fuente: Memória da Utilização do Cimbre Móvel Inferior - CPTP”



Fig 62 Vista de Cimbra apoyada sobre pilotes

Fuente: Memória da Utilização do Cimbre Móvel Inferior - CPTP”

1.10 Estudio batimétrico

Para el correcto funcionamiento de la terminal de contenedores e incrementar el calado de la embarcaciones se tendrá que dragar la zona de atraque frente al muelle de contenedores, el canal de acceso y dársenas de maniobras.

a) Dragado

A continuación las zonas a dragar, las misma que se muestra en la fig. 63.

- Canal de Acceso y Dársena de Maniobras El dragado del canal de acceso y la dársena de maniobra se realizará en la primera fase hasta NMBSO -13m. La profundidad actual varía entre NMBSO -6.5m hasta NMBSO -13m por lo cual se debe dragar una capa de máximo 6.5m de espesor frente al nuevo muelle. El espesor de la capa a dragar va disminuyendo a medida que se avance hacia aguas más profundas.
- Zonas de Atraque o frente al Muelle de Contenedores El dragado de la zona frente al Muelle de Contenedores, zona de atraque de las naves se realizará en la primera fase hasta NMBSO-16.0m. Esta profundidad es requerida para poder construir el pie del talud de enrocado situado debajo el Muelle.

La profundidad actual en esta zona varía entre NMBSO-5.0m hasta NMBSO-8.0m por lo cual se debe dragar una capa de 9.5m hasta 12.5m de espesor frente al nuevo muelle. El espesor de la capa a dragar es mayor en el medio del frente y menor en la esquina SO.

Adicionalmente en el proyecto debido a que se ganó 12 ha de terreno al mar se dragó el material fangoso donde se prevé que se deba eliminar todas las capas de suelos blandos que forma el fondo actual del mar en la zona de proyecto. El espesor promedio de esta capa blanda ha sido determinado en 4 metros con la cual se elimina más del noventa por ciento de los suelos blandos.

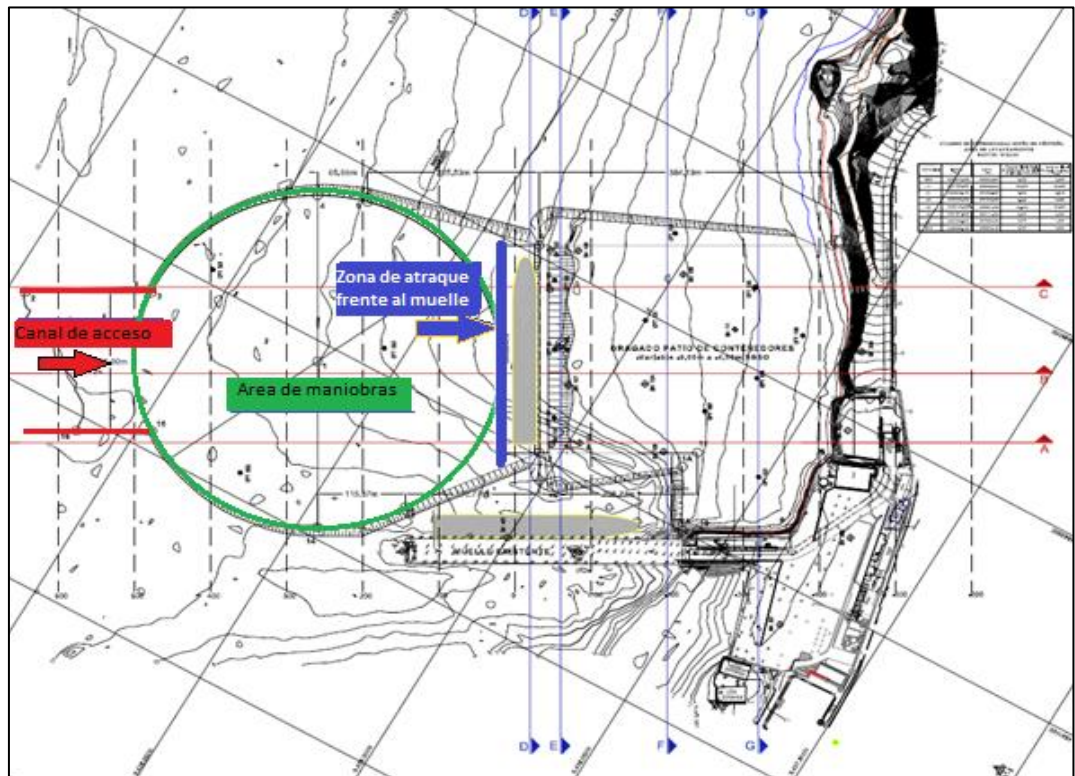


Fig. 63 Zonas a dragar, para ingreso de embarcaciones con 16 m de calado.

Fuente: Proyecto “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita” apéndice 04 – obras de dragado

b) Evaluación batimétrica

Esta evaluación se realiza al inicio del proyecto estableciendo las coordenadas apropiadas para que las estaciones costeras proporcionen un control horizontal adecuado para el dragado, relleno, eliminación y reconocimiento utilizando un sistema de posicionamiento electrónico GPS aprobado.

Cada draga y lancha de sondeo deberá estar equipada con un dispositivo electrónico GPS (Sistema de Posicionamiento Global), ver fig. 64, de fijación de la posición para poder transmitir una actualización continua abordo desde una o varias estaciones costeras remotas o, alternativamente. El estudio consiste en el levantamiento del todo el fondo marino, dentro del área de afectación del muelle, en el cual incluye el ingreso de las naves, la zona de maniobra y la zona del muelle propiamente dicho.

Este levantamiento permite medir cotas del fondo marino las cuales por lo general requieren de un dragado para incrementar el calado y así permitir el ingreso de navíos de mayor capacidad.

Del mismo modo el dragado está sometido a estudios batimétricos y levantamiento de pre dragado, levantamientos intermedios, post dragado y levantamiento final, según se indica a continuación:

b.1) Pre dragado

El sondeo de pre-dragado se llevará a cabo antes de comenzar las operaciones de dragado. Deberá incluir el sondeo batimétrico de las áreas navegables y áreas de relleno

Los levantamientos de las áreas navegables serán trazados con líneas transversales a 10m de distancia. El levantamiento de pre-

dragado se extenderá horizontalmente en todas direcciones al menos 100m más allá de las áreas que serán dragadas.

b.2) Levantamientos intermedios

Son los levantamientos que determinan la situación actual del fondo marino durante las operaciones de dragado.

b.3) Post dragado

Los levantamientos de post-dragado deberán efectuarse para confirmar que los perfiles de dragado elaborados como parte de la Obra Permanente cuentan con las cotas requeridas según proyecto. El sondeo batimétrico de post-dragado deberá efectuarse en la culminación del dragado en el área, y para confirmar que se ha alcanzado el perfil requerido entre los niveles de los taludes dragados.

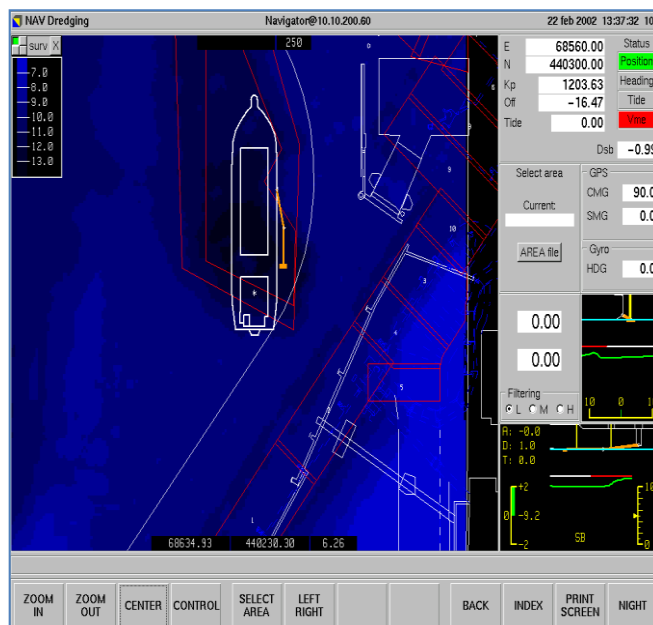


Fig.64 Lancha de sondeo batimétrico con sistema GPS

Fuente: Batimetría en "Construcción del nuevo terminal portuario de Paita"

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

La presente investigación toma como referencia la obra “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita”, realizada desde el 2012 por la empresa Mota-Engil Perú, lugar donde el autor está laborando, y está adquiriendo conocimientos, ganando experiencia en obras portuarias ejecutada por profesionales con experiencia en especialización portuaria.

Para la toma de data se desarrollarán formatos donde se detallen las actividades relacionadas a la investigación, los equipamientos, las dimensiones de los elementos (pilotes, losas, vigas), la mano de obra especializada, todo ello referente a los formatos de evaluación técnica, y rendimientos, horas hombre, horas máquinas, insumos y tiempos referido a formatos de evaluación económica.

2.1) Material y métodos

La formulación de los formatos ha sido conformada haciendo uso de los siguientes recursos:

a) Toma de datos en campo diariamente según actividad relacionada con investigación.

Esta toma real en campo fue únicamente para el sistema de pilotes hincados; en los cuales el autor participo directamente con cada uno, Cada actividad fue tomada con un seguimiento de dos semanas, algunas actividades fueron independientes y otras paralela.

b) Entrevista con ingenieros con especialización en obras portuarias y geotecnia

Estas eran esporádicas con los profesionales en campo y en oficina, y en cada momento que requería de información más detallada y teórica en sistema de pilotes moldeados.

c) Investigación bibliográfica

Esta búsqueda fue recopilada en una data borrador la cual a diario se extraía la información necesaria para ambos sistemas.

Los pilotes moldeados fueron los que se buscó mayor información y trabajo en gabinete debido a que en su mayoría se han conformado los formatos teóricamente.

Además se ha requerido de lectura de manuales técnicos de ingeniería, de proyectos relacionados en construcción de muelles y sistema de pilotes moldeados.

Luego de recopilar toda la información se realizaron cuadros borrados con descripciones sencillas y recursos utilizados para cada actividad, las

mismas que progresivamente se conformaron en formatos resumen de la investigación.

La propuesta de estos formatos son resumir los recursos necesarios para desarrollar las actividades en cada sistema y sintetizar el análisis comparativo técnico – económico.

Las herramientas para la presente están siendo un computador, office básico, Autocad, manuales de equipamientos, como medios de estudio de investigación y como desarrollo del proyecto sistemas modernos de encofrado de mesas para el muelle, arriostramientos de pilotes, equipos de hincado y perforado de pilotes, sistemas de izaje de estructuras, medios de transporte marítimo, secuencia de hincado y perforado, batimetría básica, tablas de cargas de grúas, sistema de camisas metálicas, metodología de vaciado, tabla de perfiles metálicos.

2.2) Plan de trabajo

El estudio es realizado mediante el seguimiento una serie de actividades de colocar pilotes referentes a ambos sistemas constructivos para finalmente presentar la mejor alternativa constructiva, como se muestra en la tabla 1.

a) Actividades

- Trabajos de gabinete y campo (Formatos).
- Análisis según cada proceso constructivo.
- Detallar comparativos
- Resultados
- Redacción de tesis

b) Cronograma de plan de tesis

	Abril	Mayo	Junio	Julio- Octubre	Enero
<i>1.- Trabajos de gabinete y campo (formatos)</i>					
<i>2.- Análisis según cada proceso constructivo</i>					
<i>3.- Detallar comparativos</i>					
<i>4.- Resultados</i>					
<i>5.- Redacción de tesis</i>					
<i>5.-Presentación de tesis</i>					

Tabla 1. Cronograma de actividades para el desarrollo de la tesis

Elaborado por el autor

CAPÍTULO III

PRUEBAS Y RESULTADOS

La investigación será detallada mediante formatos en los que se incluyen rendimientos y equipos involucrados en cada actividad que se describirán en cada formato. Los mismos finalmente facilitarán el trabajo para la conformación de un cuadro comparativo técnico donde se mencionan los recursos necesarios en el proceso constructivo y económico detallando los costos requeridos para dicha ejecución en ambos sistemas.

3.1 Formatos del Sistema de Pilotes Hincados

La presentación de los formatos será correlativa al **proceso Constructivo** de la construcción del muelle mediante pilotes hincados y como se presenta en la lista, desde la tabla N°2 a la tabla N° 14.

Los formatos como se señalan en el capítulo II, se refieren a los procesos constructivos de ejecución, los cuales se han considerado:

1. Hincado de pilotes
2. Enrocado de talud
3. Colocación de ménsulas
4. Habilitado de acero en pilotes
5. Montaje de armaduras en pilotes
6. Vaciado de pilotes
7. Instalación de abrazaderas
8. Instalación de arriostres
9. Instalación de cimbra
10. Habilitado de acero en vigas
11. Montaje de acero en vigas
12. Montaje y habilitado de acero en losa
13. Vaciado de losa y vigas en muelle

HINCADO DE PILOTES				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
La actividad inicia con la maniobra de enganchar el pilote amarrado con fajas al winch de la jack-up y al cable auxiliar de la grúa, luego se verticaliza el pilote para encajarlo al martillo, seguidamente se ubica en su posición y finalmente se hinca hasta la cota requerida	Equipos/Accesorios		2 horas 45'	4 Pilotes/día
	Jack-up	1		
	Grua de 275 ton	1		
	winch 25 ton	5		
	Guía berminhammer	1		
	Martillo Pileco D100	1		
	Balsa metálica	1		
	Equipo de topografía	1		
	Personal		3" horas/pil	
	jack-up master	1		
	Supervisor	1		
	Gruero	1		
	Rigger	4		
	Marinero	8		
Topografo	1			

Tabla 2: Hincado de pilotes

Elaborado por el autor

Esta actividad por pilote dura aproximadamente entre 2 hora 45 minutos y 3 horas, dependiendo de la precisión topográfica, el oleaje para el transporte y la maniobra y en el momento del hincado de los estratos en cada zona de hincado.

El trabajo se inicia en el lanzamiento del pilote hacia el mar y el transporte del mismo flotando mediante una balsa metálica por 3 marineros que son los que inician la maniobra hasta ubicar el pilote en posición lista para ser alzado con la grúa por una parte, mientras la otra está siendo sostenida por un winche que va descendiendo.

Sobre la Jack up, se encuentran 2 *rigger* (maniobristas) cuatro marineros que asisten al operador (jack up master) en cada pata (spud) de la plataforma y un octavo que se encarga de la maniobra una vez que el pilote se encuentre posado en el fondo marino y ubicado en la guía de hincado.

ENROCADO DE TALUD				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
<p>La actividad consiste en enrocar el talud del muelle, el cual tendrá una pendiente de 1:1.5, para lo cual se requiere una grúa según requerimiento la cual enrocará con una casamba y/o un clam shell, además de una excavadora de brazo largo para refinar de la cota NMBSO 0.00 hacia arriba, La capa de capa intermedia tiene (100- 300 kg), coraza (350-750 kg) y pie de talud de (1000-3000 kg).</p>	Equipos/Accesorios		15 m3/hora	135 m3/día 5 días / Capa intermedia 5 días / coraza 5 días / Pie de 15 Dias/Fase 1
	Grua de 275 ton	1		
	Clam shell (5 m3 de vol)	1		
	Casamba (6 m3 de vol)	1		
	Cargador frontal	1		
	Excavadora de brazo largo	1		
	Bote	1		
	Personal			
	Capataz	1		
	Gruero	1		
	Rigger	1		
	Op- cargador frontal	1		
	Op- excavadora	1		
Marinero	1			
Ayudante	2			

Tabla 3: Enrocado de talud

Elaborado por el autor

La fase 1 corresponde a 2015 m3 aproximadamente de enrocado para lo cual los primeros 675 m3 corresponden a capa intermedia, la cual se colocará en 5 días; del mismo modo para la coraza y el pie de talud el cual se coloca únicamente con grúa

COLOCACION DE MÉNSULA				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
<p>La ménsulas(perfil metálico HEB 600) seran soldadas a los pilotes, para que estas a la vez soporten el apoyo de la cimbra. Esta soldadura se realizará sobre una balsa metálica debidamente fijada al pilote para facilitar el trabajo</p>	Equipos/Accesorios		4 ménsulas/día	42 ménsulas / 11 días 42 ménsulas = Fase 1
	Soldadora eléctrica	2		
	Grupo electrógeno	1		
	Plataforma de trabajo	2		
	Bote de servicio	1		
	Personal			
	Soldador	2		
	Ayudante de soldador	2		
	Marinero	1		

Tabla 4: Colocación de ménsulas

Elaborado por el autor

HABILITADO DE ACERO EN PILOTES				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
Las canastillas de acero serán habilitadas en obra con varillas de 9 m/cu y estribos en forma de anillos. Estas serán preparadas en tierra para luego ser montadas con una grúa.	Equipos/Accesorios		1600 kg/ 8horas	1600 kg/día
	Herramientas manuales	2/Mo		
	Personal			
	Capataz	1		
	Operario	1		
	Oficial	1		

Tabla 5: Habilitado de acero en pilotes

Elaborado por el autor

El rendimiento de habilitado de acero es de 1600 kg/día lo cual corresponde a la armadura de un pilote, realizado por una cuadrilla (8horas) en donde los estribos son habilitados desde fábrica en forma circular.

MONTAJE DE ARMADURAS EN PILOTES				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
Las canastillas de los pilotes una vez prefabricadas serán montadas desde tierra con el apoyo de una grúa y traslapada in situ (en dos partes) antes de descender dentro del pilote	Equipos/Accesorios		1/2 hora / armadura	16 armaduras / día
	Grúa	1		
	Balsa metálica	1		
	Personal			
	Gruero	1		
	Rigger	1		
	Operario	4		

Tabla 6: Montaje de armaduras en pilotes

Elaborado por el autor

YACIADO DE PILOTES					
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento	
<p>La actividad consiste en retirar el agua del interior de los pilotes con una bomba y vaciar los mismos hasta la cota requerida (fonfo de viga), mediante una bomba telescópica la cual se extenderá 45 m desde el hombro del enrocado como máximo hasta el alineamiento A. La secuencia de vaciado será desde el alineamiento A, hacia el E. La longitud de vaciado es aproximadamente 16 m.</p>	Equipos/Accesorios		15 minutos / pilote	<p>4 pilotes/ hora (16 pilotes = Fase 1) Esto sería en un día, vaciando 152 m3 en 16 pilotes</p>	
	Bomba telescópica	1			
	Camion mixer	4			
	Planta concretera en obra, capac: 60m3/hr	1			
	Bomba se de succión	1			
	Bote	1			
	Personal				
	Operador de Bomba telescópica	1			
	Operario	4			
	Ayudante	2			
	Marinero	1			
					Vol de pilote por vaciar = 9.05 m3

Tabla 7: Vaciado de pilotes

Elaborado por el autor

En un día de trabajo de 8 horas se rellenan 16 pilotes con concreto lo cual hace un total de 152 m³, con una bomba de 45 m de alcance directo al pilote o mediante una línea suspensa a una grúa y unida a una bomba telescópica de 26 m. de alcance.

INSTALACION DE ABRAZADERAS					
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento	
<p>La actividad consiste en instalar las abrazaderas en los alineamientos A,B y C, las cuales servirán para que en ellas se fijen los arriostres</p>	Equipos/Accesorios		1/2 hora / abrazadera	<p>11 abrazaderas / día</p>	
	Bote	1			
	Balsa metálica	1			
	Personal				
	Marinero	1			
	Operario	3			
	Ayudante	2			

Tabla 8: Instalación de abrazaderas

Elaborado por el autor

INSTALACION DE ARRIOSTRES				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
Los alineamientos AB y C serán arriostros, estos arriostros consisten en perfiles enpernados los cuales garantizaran la verticalidad al momento del vaciado de la viga en voladizo donde iran las defensas del muelle modulares con pantalla	Equipos/Accesorios		30 minutos / arriostre	14 arriostros / día
	Grua	1		
	Bote	1		
	Balsa metálica	2		
	Personal			
	Gruero	1		
	Marinero	1		
	Operario	4		
	Ayudante	2		

Tabla 9: Instalación de arriostros
Elaborado por el autor

INSTALACION DE CIMBRA				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
La cimbra es el encofrado móvil, con piezas por ensamblar in situ (armazon), en los apoyos soldados en los pilotes, y paneles de fondo ensambladas en tierra. La cimbra tiene 20 largo x 35 m de ancho	Equipos/Accesorios			2 semanas / montaje cimbra
	Grúa de 275 ton	1		
	Maquina para entornillar	1		
	Bote de apoyo	1		
	Balsa metálica	2		
	Gata	2		
	Personal			
	Gruero	1		
	Operario	5		
	Marinero	1		
	Rigger	1		

Tabla 10: Instalación de cimbra
Elaborado por el autor

Parte del encofrado móvil es armado en tierra y montado sobre las ménsulas que se han soldado sobre los pilotes, lo cual permite su deslizamiento por cajones entre cada alineamiento, este trabajo se

realiza con una cuadrilla de operarios, rigger (maniobristas) un marinero de apoyo y un operador de grúa.

HABILITADO DE ACERO EN VIGAS				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
Las armaduras de la viga serán habilitadas en obra con varillas de 11 m/cu y estribos prefabricados. Estas serán preparadas en tierra para luego ser montadas con una grúa	Equipos/Accesorios		1500 kg/ 8 horas	1500 kg/día
	Herramientas manuales	%Mo		
	Personal			
	Capataz	1		
	Operario	1		
	Oficial	1		

Tabla 11: Habilitado de acero en vigas

Elaborado por el autor

El habilitado de acero para completar una armadura de viga de 18m, correspondiente a una fase se concluye en 6 días con una cuadrilla o en un día con 6 cuadrillas. Esta actividad se fabrica en tierra y es montada con una grúa con capacidad para cargar 10 ton. a 40 m.

MONTAJE DE ACERO EN VIGAS				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
La armadura de las vigas serán prefabricadas en tierra para ser montadas luego en cada alieamiento. Estas vigas serán de 18 m por cada Fase	Equipos/Accesorios			5 vigas/día
	Grúa	1		
	Herramientas manuales	%MO		
	Personal			5 Vigas = 5 Ejes
	Gruero	1		
	Rigger	1		
	Capataz	1		
	Operario	5		
				5 vigas =Fase 1

Tabla 12: Montaje de acero en vigas

Elaborado por el autor

MONTAJE Y HABILITADO DE ACERO EN LOSA				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
Las armaduras de la losa del muelle sera habilitada in situ (sobre la Cimbra) . Esta actividad se apoyará de una grúa desde tierra.	Equipos/Accesorios		Entre AB, y C / 3 días	Entre A y E / 8 días
	Grúa	1		
	Herramientas manuales	%Mo		
			Entre C y D / 3 días	
	Personal		Entre D y E / 2 días	
	Gruero	1		
	Rigger	1		
	Capataz	1		
	Operario	5		
	Oficial	5		
				Fase 1 / 8 días

Tabla 13: Montaje y habilitado de acero en losa

Elaborado por el autor

El habilitado de acero se realiza sobre el encofrado móvil, el cual se finaliza en 8 días dejando todo listo para el vaciado del muelle.

VACIADO DE LOSA Y VIGAS DE MUELLE					
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento	
La actividad consiste en vaciar las losas y vigas del muelle en un ancho de 18 mt con unabomba telescópica de concreto la cual se extenderá 45 m desde el hombro del enrocado como máximo hasta el alineamiento A. La secuencia de vaciado será primero las vigas y luego la losa del muelle.	Equipos/Accesorios		1.5m muelle/hora =52.5 m3/hora	18 m muelle/día	
	Bomba telescópica	1			
	Camion mixer	4			
	Planta concretera en obra, capac: 60m3/hr	1			
	Personal				
	Operador de bomba telescópica	1			
	Operario	5			
	Ayudante	5			

Tabla 14: Vaciado de losa y vigas en muelle

Elaborado por el autor

3.2 Formatos del Sistema de Pilotes Moldeados

La investigación se resumirá con formatos en los cuales se incluyen rendimientos y equipos involucrados en cada actividad en el sistema de pilotes moldeados y estos son los que se mencionan a continuación:

A continuación se muestra el **Proceso Constructivo de Ejecución** y sus 19 partidas, las mismas que se reflejan desde la Tabla N° 15 hasta la Tabla N° 33.

1. Construcción de retención
2. Relleno interior
3. Perforación y moldeo de pilotes
4. Habilitado de acero en pilotes
5. Montaje de armadura de pilotes
6. Vaciado de pilotes
7. Descabezado de pilotes
8. Excavación y eliminación de material de zanjas para vigas
9. Colocación de mesas (ménsulas)
10. Encofrado de vigas
11. Habilitado de acero en vigas
12. Montaje de acero en vigas
13. Vaciado de vigas
14. Excavación y eliminación de relleno provisional
15. Enrocado de talud
16. Montaje de encofrado
17. Montaje de losa prefabricada
18. Montaje y colocado de acero en losa
19. Vaciado de losa del muelle

CONSTRUCCION DE RETENCION				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
Se construirá una retención con el sistema de tablestacas clavadas en el fondo marino, desde una embarcación(jack-up), la cual encerrará un área de 20 x 60 m. conformando celdas de trabajo sobre la cual se rellenará para conformar sobre estas pilotes moldeados.	Equipos/Accesorios		45' / tablestaca	12 tablestacas / día
	Jack-up	1		
	Grúa torre	1		
	Grúa de 150 ton	1		
	Balsa metálica	1		
	Martillo vibro-hincado	1		
	Personal			
	Jack-up master	1		
	Gruero	2		
	Rigger	3		
	Marinero	1		
Topografo	1			

Tabla 15: Construcción de retención

Elaborado por el autor

Esta actividad se realiza con un equipo en tierra conformado por un topógrafo, un rigger y un gruero y en mar por el operador de la embarcación, marinero, dos rigger y gruero en un horario de 12 horas al día.

RELLENO INTERIOR				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
Se rellenarán las celdas con material provenientes de la cantera mas cercana, la misma que debe de tener piedra de canto rodado con finos con capacidad de cohesión. Este relleno se realizará con volquetes de 18 m3 , en ambos turnos	Equipos/Accesorios		50' / volquete de 18 m3	6480 m3/ dos turnos
	Volquete de 18 m3	40		
	Tractor D6	2		
	Rodillo liso de 10 ton	2		
	Cisterna de agua	2		
	Personal			
	Operadores de volquete	40		
	Operador de tractor	2		
	Operador de rodillo	2		
	Operador de cisterna	2		
	Ayudante	5		

Tabla 16: Relleno interior

Elaborado por el autor

PERFORACION Y MOLDEO DE PILOTES				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
La actividad consiste con el uso de una perforadora rotativa moldear los pilotes, sobre el relleno provisorio. La secuencia será perforar, eliminar y poner las camisas metálicas de 36" de diámetro, 20 mm de espesor y 4 m de longitud, alrededor de 31 m de profundidad.	Equipos/Accesorios		110' / pilote	5 pilotes / día
	Perforadora rotativa	1		
	Adaptador de torsion	1		
	Estación total	1		
	Personal			
	Operador de perforadora	1		
	Mecánico	1		
	Topógrafo	1		
	Ayudante	3		

Tabla 17: Perforación y moldeo de pilotes

Elaborado por el autor

La perforación de los pilotes sobre el relleno provisorio tiene un rendimiento de casi dos horas por pilote lo cual incluye, perforación, eliminación de material y colocación de camisa en cada uno; esta actividad se realizará en un horario de 10 horas.

HABILITADO DE ACERO EN PILOTES				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
Las canastillas de acero serán habilitadas en obra con varillas de 10 m/cu y estribos en forma de anillos. Estas serán preparadas en tierra para luego ser montadas con una grúa	Equipos/Accesorios		1500 kg / 8 h	1500 kg/día
	Herramientas manua	1/2 Mo		
	Personal			
	Capataz	1		
	Operario	4		
	Ofiicial	1		

Tabla 18: Habilitado de acero en pilotes

Elaborado por el autor

MONTAJE DE ARMADURAS EN PILOTES					
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento	
Las canastillas de acero serán prefabricadas de 10 m/cu, las cuales según requerimientos se trasladarán in situ (en tres partes) hasta conseguir la cota requerida. Estas serán preparadas en tierra para luego ser montadas con una grúa torre.	Equipos/Accesorios		1 hora / 3 canastilla	25 canastillas / día	
	Grúa	1			
	Herramientas manuales	%MO			
	Personal				
	Gruero	1			
	Capataz	1			
	Operario	4			
				1 hora / pilote	3 canastilla = 1 pilote

Tabla 19: Montaje de armaduras en pilotes

Elaborado por el autor

El gruero es la persona encargada de suspender parte de la armadura que entrará al pilote y los operarios de empalmarla conforme esta requiera altura hasta llegar al fondo del pilote.

VACIADO DE PILOTES					
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento	
La actividad consiste en vaciar los pilotes hasta la cota requerida (fondo de viga), mediante una bomba telescópica de concreto la cual se extenderá 35 m desde el alineamiento A hasta el E. Debido a la perforación el vaciado de los pilotes será alrededor de 31 m.	Equipos/Accesorios		1 hora / 3 pilotes	25 pilotes/ 9 horas (25 pilotes = Fase 1) Esto sería en un día	
	Bomba telescópica tipo pluma	1			
	Camión mixer	4			
	Planta concretadora en obra, capacidad: 60m ³ /hr	1			
	Vibradora de 1"				
	Personal				
	Operador bomba telescópica	1			
	Operador de mixer	4			
	Operario	2			

Tabla 20: Vaciado de pilotes

Elaborado por el autor

DESCABEZADO DE PILOTES				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
El descabezado consiste en retirar 1 Diámetro de altura como mínimo, debido a que la parte alta del pilote está contaminada con impurezas propias del terreno. Esta actividad se realiza taladrando la altura a descabezar y con la darda desprender el cabezal por eliminar	Equipos/Accesorios		1 hora/pilote	9 pilotes/día
	Equipo de oxicorte	1		
	Taladrador	1		
	Darda o splitter	1		
	Personal			
	Soldador	1		
	Operario	1		
			25 pilotes/3 días	
			25 pilotes= Fase 1	

Tabla 21: Descabezado de pilotes

Elaborado por el autor

Los pilotes serán cortados del tope 0.91 cm con un taladro y una darda, lo cual se logra un rendimiento de 9 pilotes /día de 8 horas.

EXCAVACION Y ELIMINACION DE MATERIAL DE ZANJAS PARA VIGAS				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
Se excavará el relleno provisorio por las zonas donde iran las vigas de cada alineamiento, con una excavadora la cual eliminará directamente el material hacia los volquetes.	Equipos/Accesorios		2 hora/viga	5 vigas/día
	Volquete de 18 m3	3		
	Excavadora	1		
	Equipo de topografía	1		
	Herramientas manuales			
	Personal			
	Capataz	1		
	Operador de Volquete	1		
	Operador de excavadora	1		
	Topografo	1		
	Ayudante	1		
			Viga (1.25 x1.20x18 m) = 27 m3	5 vigas =A,B,C,D y E
				5 Vigas = Fase 1

Tabla 22: Excavación y eliminación de material de zanjas para vigas

Elaborado por el autor

COLOCACION DE MESAS (MÉNSULAS)				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
Se soldarán a una de las caras de pilotes (perpendicular a las vigas) perfiles HEB 600, sobre la cual se apoyará las gatas mecánicas. Estas mesas son la base para el sistema de encofrado de la losa del muelle	Equipos/Accesorios		8 mesas día	50 mesas / 7 días
	Soldadora eléctrica	2		
	Grupo electrógeno	1		
	Personal			
	Soldador	2		
	Ayudante de soldador	2		
			50 mesas = Celda 1	

Tabla 23: Colocación de mesas (ménsulas)

Elaborado por el autor

La soldadura de las ménsulas en este sistema se obtiene mayor rendimiento debido a que los soldadores no están dependientes de la marea, debido a que todo su trabajo es sobre el relleno provisorio, en un horario de 8 horas diarias.

ENCOFRADO DE VIGAS				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
La actividad consiste en encofrar fondos y paneles laterales de las vigas en los alienamientos A,B,C,D,y E,	Equipos/Accesorios		50 m2 / día	5 vigas / 5 días
	Encofrado metálico (Juego para celda 1)	1		
	Personal			
	Operador de excavadora	1		
	Topógrafo	1		
	Ayudante de topografía	1		
	Operario	4		
	Oficial	1		
				45 m2 x viga

Tabla 24: Encofrado de vigas

Elaborado por el autor

HABILITADO DE ACERO EN VIGAS				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
Las armaduras de la viga serán habilitadas en obra con varillas de 11 m/cu y estribos prefabricados. Estas serán preparadas en tierra para luego ser montadas con una grúa	Equipos/Accesorios		1600 kg/ 8 h	1600 kg/día
	Herramientas manuales	%Mo		
	Personal			
	Capataz	1		
	Operario	4		
	Oficial	1		

Tabla 25: Habilitado de acero en vigas

Elaborado por el autor

MONTAJE DE ACERO EN VIGAS				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
La armadura de las vigas serán prefabricadas en tierra para ser montadas luego en cada alieamiento. Estas vigas serán de 18 m por cada Fase	Equipos/Accesorios			5 vigas/día
	Grúa	1		
	Herramientas manuales	%MO		
	Personal			5 Vigas = 5 Ejes
	Gruero	1		
	Rigger	1		
	Capataz	1		
	Operario	5		
				5 vigas =Fase 1

Tabla 26: Montaje de acero en vigas

Elaborado por el autor

Las cinco armaduras de las vigas se fabricarán en campo y serán montadas por una grúa sobre el encofrado habilitado por los operarios orientados por un capataz en un día de trabajo

VACIADO DE VIGAS				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
La actividad consiste en vaciar las vigas de la celda 1 del muelle en un ancho de 18 mt con una bomba telescópica la cual se extenderá 35 m desde el hombro del enrocado como máximo hasta el alineamiento A. La secuencia de vaciado será primero las vigas desde el alineamiento A hacia el E.	Equipos/Accesorios		2 vigas/ hora	5 vigas / 2.5 horas
	Bomba telescópica tipo pluma	1		
	Camion mixer	4		
	Planta concretera en obra, capac: 60m3/hr	1		
	Vibrador de 1"	4		
	Personal			
	Operador bomba telescópica	1		
	Operador de mixer	4		
	Operario	5		
			Vigas A,B,C,D Y E = Celda 1	

Tabla 27: Vaciado de vigas
Elaborado por el autor

EXCAVACION Y ELIMINACION DE RELLENO PROVISIONAL				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
Finalizado el vaciado se procederá a la excavación y eliminación del relleno provisorio, hasta conseguir el conjunto estructural Pilotes-Vigas. Esta actividad se hará con una grúa y un Clam shell adaptado en Iso cables de la misma.	Equipos/Accesorios		90 m3 / hora	720 m3/día
	Grúa	1		
	Clam shell	1		
	Excavadora	1		
	Volquete	3		
	Personal			
	Gruero	1		
	Operador de excavadora	1		
	Ayudante	2		
	Operador de volquete	3		

Tabla 28: Excavación y eliminación de relleno provisional
Elaborado por el autor

La excavación es tal vez la actividad más crítica de este sistema debido al volumen a retirar por cada fase (16,675 m³), es por ello que esto se realiza a doble turno de 12 horas.

ENROCADO DE TALUD				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
La actividad consiste en enrocar el talud del muelle, el cual tendrá una pendiente de 1:1.5, para lo cual se requiere una grúa según requerimiento la cual enrocará con una casamba y/o un clam shell, además de una excavadora de brazo largo para refinar de la cota NMBSO 0.00 hacia arriba, La coraza (350-750 kg) y pie de talud de (1000-3000 kg).	Equipos/Accesorios		15 m3/hora	135 m3/día
	Grúa de 275 ton	1		
	Clam shell (5 m3 de vol)	1		
	Casamba (6 m3 de vol)	1		
	Cargador frontal	1		
	Excavadora de brazo largo	1		
	Bote	1		
	Personal			
	Capataz	1		
	Gruero	1		
	Rigger	1		
	Op- cargador frontal	1		
	Op- excavadora	1		
	Marinero	1		
Peon	2			
			5 días / coraza	
			5 días / Pie de talud	
			10 Días/Fase 1	

Tabla 29: Enrocado de talud

Elaborado por el autor

MONTAJE DE ENCOFRADO				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
Se montarán los perfiles HEB 600 (longitudinales) y HEB 100 (transversales), la cual conformaran el encofrado del fondo de la losa del muelle. Toda esta estructura estará apoyada sobre cuatro gatas mecánicas, uno en cada pilotes del paño.	Equipos/Accesorios		94 m2/día ó 2 paños / día	14 paños / 7 días
	Grúa	1		
	%MO			
	Personal			
	Gruero	1		
	Operario	5		
	Rigger	1		
	Marinero	1		
	Ayudante	2		
			14 paños = Fase 1	

Tabla 30: Montaje de encofrado

Elaborado por el autor

El montaje de encofrado metálico será empernado en todas las vigas para facilidades de montaje y desmontaje sobre gatas mecánicas, para que esto se logre se formó una cuadrilla de gruero, rigger, operarios montajistas, marineros y ayudantes.

MONTAJE DE LOSA PREFABRICADA					
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento	
La actividad consiste en montar losas prefabricadas para los paños entre todos los alineamientos, las cuales se apoyarán sobre el encofrado metálico colocado anteriormente. Esta actividad se realizará con una grúa desde tierra.	Equipos/Accesorios		4 losas/hora	40 losas/día	
	Grúa	1			
	Personal			240 losas /	6 días
	Gruero	1			
	Rigger	2			
	Operario	5			
					240 losas = Fase 1

Tabla 31: Montaje de losa prefabricada

Elaborado por el autor

En un día de trabajo se montarán 40 losas en un horario extendido de 10 horas, es decir en 6 días se logra completar todo el montaje de una fase.

MONTAJE Y HABILITADO DE ACERO EN LOSA				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
La habilitación del acero en la losa será armada sobre la losa prefabricada previamente montada, esta actividad se realizará con el apoyo de una grúa para facilitar el transporte de acero.	Equipos/Accesorios		Entre AB, y C /	Entre A y E / 5 días
	Grúa	1	2 días	
	Personal		Entre D y E /	
	Gruero	1	1 día	
	Capataz	1		
	Operario	5		
	Oficial	5		
	Rigger	1		Fase 1 / 5 días

Tabla 32: Montaje y habilitado de acero en losa

Elaborado por el autor

VACIADO DE LOSA DEL MUELLE				
Descripción	Recursos	Cantidad	Tiempo	Rendimiento
La actividad consiste en vaciar la losa del muelle en un ancho de 18 mt con una bomba telescópica de 36 m de extensión desde el hombro del enrocado hasta el alineamiento A .	Equipos/Accesorios		3 m muelle/hora	18 m muelle/día
	Bomba telescópica de concreto	1		
	Camión mixer	4		
	Planta concretera en obra, capac: 60m ³ /hr	1		
	Personal		3 m muelle = 51 m ³ de concreto	
	Operador bomba telescópica	1		
	Operario	5		
	Ayudante	5		

Tabla 33: Vaciado de losa del muelle

Elaborado por el autor

El vaciado de concreto sobre el tablero del muelle, con este sistema es menor, debido a que las losas prefabricadas corresponde una porción del mismo, pero se mantiene el avance de los 18 m de muelle, en un horario de 8 horas cada día de vaciado de concreto.

Esta actividad se realiza con la mitad del personal que en pilotes hincados pero con el mismo sistema de bombeo.

3.3 Cuadro comparativo técnico

A continuación se presenta un cuadro comparativo técnico de las actividades más representativas que distinguen entre ambos sistemas de pilotaje.

Análisis comparativo técnico		
Actividades	Pilotes Hincados	Pilotes moldeados
Uso de equipamiento	Jack Up Martillo hinca pilote Guía de hincado Grúa de 275 ton Grúa de 230 ton Excavadora de brazo largo Cimbra móvil	Jack Up Perforadora rotativa Adaptador de torsión Grúa torre Grúa de 275 ton Grúa de 230 ton Excavadora de brazo largo
Tiempo de ejecución	20 meses	27 meses
Uso de tecnología	Cimbra móvil	Ninguna
Partidas a ejecutar	Hincado de pilotes Enrocado de talud Colocación de ménsulas Habilitado de canastillas para pilotes Montaje de armadura para pilotes Vaciado de pilotes Instalación de abrazaderas Instalación de arriostres Instalación de cimbra Habilitado de acero en vigas Montaje de acero en vigas Montaje y habilitado de acero en losa Vaciado de losa y vigas de muelle	Construcción de retención Relleno interior Perforación y moldeo de pilotes Habilitado de acero en pilotes Montaje de acero en pilotes Vaciado de pilotes Descabezado de pilotes Excavación y eliminación de material de zanjas para vigas Colocación de mesas Encofrado de vigas Habilitado de acero en vigas Montaje de acero en vigas Vaciado de vigas Excavación y eliminación de relleno provisional Enrocado de talud Montaje de encofrado Montaje de losa prefabricada Montaje y habilitado de acero en losa Vaciado de losa del muelle
Variación entre sistemas	269 pilotes hincados	335 pilotes moldeados
Investigación	Real tomada del campo	Elaborada en gabinete

3.4 Presupuesto

Los presupuestos a presentar son producto de un previo estudio de análisis de precios unitarios y el metraje del tema de investigación. Los Análisis de precios unitarios se presentarán donde corresponde según estructura del estudio.

A continuación el presupuesto correspondiente al sistema de pilotes hincados (tabla 34) en un monto sub total sin considerar porcentajes de utilidades e IGV.

SISTEMA DE PILOTES HINCADOS					
N°	Descripción	Unidad	P. Unitario	Metrado	Precio Parcial
1	Hincado de pilotes	Pilote	59,215.05	269.00	15,928,848.45
2	Enrocado de talud	m3	112.37	24,750.00	2,781,157.50
3	Colocación de ménsulas	ménsula	1,694.64	538.00	911,716.32
4	Habilitado de acero en pilotes	kg	3.64	807,000.00	2,937,480.00
5	Montaje de acero en pilotes	pilote	112.86	269.00	30,359.34
6	Vaciado de pilotes	m3	485.83	2,434.45	1,182,728.84
7	Instalación de abrazadera	Unidad	1,296.57	135.00	175,036.95
8	Instalación de arriostre	Arriostre	3,501.89	224.00	784,423.36
9	Instalación de cimbra	m2	2,340.79	10,500.00	24,578,295.00
10	Habilitado de acero en vigas	kg	3.64	833,333.33	3,033,333.32
11	Montaje de acero en vigas L=18m	Vigas	1,067.72	85.00	90,756.20
12	Habilitado de acero en losa	kg	7.05	575,000.00	4,053,750.00
13	Vaciado de vigas y losa	m3	476.05	9,000.00	4,284,450.00
	Total				S/. 60,772,335.28
					\$21,704,405.46

Tabla 34: Presupuesto de sistema de pilotes hincados

Elaborado por el autor

El sistema de pilotes moldeados también cuenta con un presupuesto de precios parciales que superan al primer sistema, debido a las partidas de construcción de retención, relleno y excavación del material provisorio.

A continuación se presentan el presupuesto de un conjunto de 19 partidas (tabla 35) que del mismo modo se han procesado debido a la ejecución de análisis de precios unitarios, que del mismo modo se presentarán más adelante.

SISTEMA DE PILOTES MOLDEADOS					
N°	Descripción	Unidad	P. Unitario	Metrado	Precio Parcial
1	Construcción de retención	Unidad	8884.82	913.00	8,111,840.66
2	Relleno interior	m3	22.04	266,800.00	5,880,272.00
3	Perforacion y moldeo de pilotes	Pilote	56255.83	335.00	18,845,703.05
4	Habilitado de acero en pilotes	Kg	3.64	1,889,400.00	6,877,416.00
5	Montaje de acero en pilotes	Unidad	236.67	335.00	79,284.45
6	Vaciado de pilotes	m3	475.56	6,030.00	2,867,626.80
7	Descabezado de pilotes	Unidad	48.99	335.00	16,411.65
8	Excavacion y eliminacion de material de zanjas para vigas	m3	33.13	2,250.00	74,542.50
9	Colocación de mesas	Unidad	1342.9	670.00	899,743.00
10	Encofrado de vigas	m2	20.71	3,600.00	74,556.00
11	Habilitado de acero en vigas	kg	3.64	833,333.33	3,033,333.32
12	Montaje de acero en vigas L=18 m	Unidad	1067.72	85.00	90,756.20
13	Vaciado de vigas	m3	484.38	2,250.00	1,089,855.00
14	Excavación y eliminación de relleno provisional	m3	13.17	266,800.00	3,513,756.00
15	Enrocado de talud	m3	112.37	24,750.00	2,781,157.50
16	Montaje de encofrado	m2	1012.82	9,000.00	9,115,380.00
17	Montaje de losa prefabricada	Unidad	1027.53	1,876.00	1,927,646.28
18	Montaje y habilitado de acero en losa	kg	7.05	288,000.00	2,030,400.00
19	Vaciado de losa del muelle	m3	479.41	4,500.00	2,157,345.00
	Total				S/. 69,467,025.41

Tabla 35: Presupuesto de sistema de pilotes moldeados

Elaborado por el autor

3.5 Cuadro Comparativo Económico

A continuación un cuadro comparativo económico de las actividades más representativas que distinguen entre ambos sistemas de pilotaje. Este comparativo proviene de un presupuesto previo e independiente de cada sistema, realizado mediante un análisis de precios unitarios.

Actividades	Pilotes Hincados	pilotes moldeados	Diferencia
Hincado de pilotes	15,928,848.45		
Construcción de retención		8,111,840.66	
Relleno interior		5,880,272.00	
Perforación y moldeo de pilotes		18,845,703.05	
Enrocado de talud	2,781,157.50	2,781,157.50	
Colocación de ménsulas	911,716.32	899,743.00	
Habilitado de acero en pilotes	2,937,480.00	6,877,416.00	
Montaje de acero en pilotes	30,359.34	79,284.45	
Vaciado de pilotes	1,182,728.84	2,867,626.80	
Descabezado de pilotes		16,411.65	
Excavación y eliminación de material de zanjas para vigas		74,542.50	
Encofrado de vigas		74,556.00	
Instalación de abrazadera	175,036.95		
Instalación de arriostre	784,423.36		
Instalación de cimbra	24,578,295.00		
Habilitado de acero en vigas	3,033,333.32	3,033,333.32	
Montaje de acero en vigas L=18m	90,756.20	90,756.20	
Excavación y eliminación de relleno provisional		3,513,756.00	
Montaje de encofrado		9,115,380.00	
Montaje de losa prefabricada		1,927,646.28	
Montaje y habilitado de acero en losa	4,053,750.00	2,030,400.00	
Vaciado de vigas y losa	4,284,450.00		
Vaciado de vigas		1,089,855.00	
Vaciado de losa del muelle		2,157,345.00	
Total - Soles	S/. 60,772,335.3	S/. 69,467,025.4	S/. 8,694,690.15
Total - Dólares	\$21,704,405.5	\$24,809,651.93	\$3,105,246.48

3.6 Análisis de precios unitarios

A continuación se presentan el análisis de precios unitarios para ambos sistemas en el cual se detallan el estudio económico por unidad de cada una de las actividades según requiera cada sistema, la unidad del valor es el nuevo sol.

Todos los análisis de precios unitarios son de elaboración propia desarrollados en la obra “construcción del nuevo terminal portuario de Paita”

a) Sistema de pilotes hincados

Este sistema cuenta con 13 actividades a las cuales se le desarrolló un análisis económico de precios unitarios como se muestra a continuación:

Partida	1.00	Hincado de pilote				
				Costo Unitario directo por pilote		59,215.05
Rendimiento	unid/día	MO	4.00	EQU	4.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	jack-up master (Operador)	hh	1	2	48.07	96.14
2	Gruero	hh	1	2	43.26	86.52
3	Supervisor	hh	1	2	33.65	67.3
4	Rigger	hh	4	8	18.27	146.152
5	Marinero	hh	8	16	14.42	230.72
6	Topografo	hh	1	2	28.84	57.68
	Materiales					
1	Tubo de acero D:36", e:20mm	Unid		1	56000	56000
	Equipos					
2	Grua 275 ton	h	1	2	512.68	1025.36
3	Jack Up	h	1	2	435.96	871.92
4	Winch	h	5	10	26.65	266.5
5	Martillo hincapilote	h	1	2	66.33	132.66
6	Guía	h	1	2	74.55	149.1
7	Bote de servicio	h	1	2	30.00	60.00
8	Equipo de topografía	h	1	1	25.00	25.00

Tabla 36: APU – Hincado de pilotes

Elaborado por el autor

Partida	2.00	Enrocado de talud				
				Costo Unitario directo por m3		112.37
Rendimiento	m3/día	MO	135.00	EQU	135.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Gruero	hh	1	0.059	43.26	2.56
2	Capataz	hh	1	0.059	22.3	1.32
3	Operario	hh	1	0.059	13.46	0.80
4	Marinero	hh	1	0.059	14.42	0.85
5	Ayudante	hh	2	0.119	8.99	1.07
6	Operador de cargador frontal	hh	1	0.0593	13.22	0.783
7	Operador de excavadora de brazo largo	hh	1	0.059	18.27	1.08
	Materiales					
1	Roca seleccionada	m3		1	47.6	47.6
	Equipos					
1	Grua 275 ton	h	1	0.059	512.68	30.38
2	Cargador frontal	h	1	0.059	169.41	10.04
3	Excavadora de brazo largo	h	1	0.059	238	14.10
4	Bote de servicio	h	1	0.059	30.00	1.78

Tabla 37: APU – Enrocado de talud

Elaborado por el autor

Partida	3.00	Colocación de ménsula				
				Costo Unitario directo por Unid		1,694.64
Rendimiento	Unid/día	MO	4.00	EQU	4.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Soldador	hh	2	4.000	31.25	125.00
2	Ayudante de soldador	hh	2	4.000	11.00	44.00
3	Marinero	hh	1	2.000	14.42	28.84
	Materiales					
1	Mensulas	Unid		1	1200	1200
	Equipos					
1	Soldadora eléctrica	h	2	4.000	21	84.00
2	Grupo electrógeno	h	1	2.000	16.402	32.80
3	Bote de servicio	h	1	2.000	30	60.00
4	Plataforma de trabajo	h	2	4.000	30	120.00

Tabla 38: APU – Colocación de ménsula

Elaborado por el autor

Partida	4.00	Habilitado de acero en pilotes				
				Costo Unitario directo por kg		3.61
Rendimiento	kg/día	MO	1600.00	EQU	1500.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Capataz	hh	1	0.005	22.3	0.11
2	Operario	hh	4	0.020	13.46	0.27
3	Oficial	hh	1	0.005	11.3	0.06
	Materiales					
1	Acero dimensionado	Kg		1.05	3	3.15
	Equipos					
1	Herramientas manuales	h		5%MO	0.022	0.02186

Tabla 39: APU – Habilitado de acero en pilotes

Elaborado por el autor

Partida	5.00	Montaje de armadura en pilotes				
				Costo Unitario directo por Unid		112.86
Rendimiento	Unid/día	MO	21.00	EQU	21.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Gruero	hh	1	0.381	43.26	16.48
2	Rigger	hh	1	0.381	18.27	6.96
3	Operario	hh	4	1.524	13.46	20.51
	Materiales					
	Equipos					
1	Grua	h	1	0.381	145.120	55.28
2	Herramientas manuales	5%MO			2.20	2.20
3	Balsa metálica	h	1	0.381	30	11.43

Tabla 40: APU – Montaje de armadura en pilotes

Elaborado por el autor

	6.00	Vaciado de pilotes				
				Costo Unitario directo por m3		485.83
Rendimiento	m3/día	MO	190.00	EQU	190.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Operador de Bomba telescópica	hh	1	0.042	26.44	1.11
2	Operario	hh	4	0.168	13.46	2.27
3	Marinero	hh	1	0.042	14.42	0.61
4	Ayudante	hh	2	0.084	8.99	0.76
	Materiales					
1	Concreto	m3		1.05	450	472.5
	Equipos					
1	Bomba telescópica movil	h	1	0.042	129.000	5.43
2	Bote de servicio	h	1	0.042	30	1.26
3	Bomba de succión	h	1	0.042	45	1.89

Tabla 41: APU – Vaciado de pilotes

Elaborado por el autor

Partida	7.00	Instalación de abrazaderas				
				Costo Unitario directo por Unid		1,296.57
Rendimiento	Unid/día	MO	11.00	EQU	11.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Operario	hh	3	2.182	13.46	29.37
2	Marinero	hh	1	0.727	14.42	10.49
3	Ayudante	hh	2	1.455	8.99	13.08
	Materiales					
1	Abrazadera	Unid		1	1200	1200
	Equipos					
1	Balsa metálica	h	1	0.727	30.00	21.82
	Bote de servicio	h	1	0.727	30.00	21.82

Tabla 42: APU – Instalación de abrazaderas

Elaborado por el autor

Partida	8.00	Instalación de arriostre				
				Costo Unitario directo por Unid		3,501.89
Rendimiento	Unid/día	MO	14.00	EQU	14.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Gruero	hh	1	0.571	43.26	24.72
2	Operario	hh	4	2.286	13.46	30.77
3	Marinero	hh	1	0.571	14.42	8.24
4	Ayudante	hh	2	1.143	8.99	10.27
	Materiales					
1	Arriostre	Unid		1	3200	3200
	Equipos					
1	Grua	h	1	0.571	308.813	176.46
	Bote de servicio	h	1	0.571	30	17.14
	Balsa metálica	h	2	1.143	30	34.29

Tabla 43: APU – Instalación de arriostre
Elaborado por el autor

Partida	9.00	Instalación de Cimbra				
				Costo Unitario directo por m2		2,340.79
Codigo	m2/día	MO	52.50	EQU	52.50	
	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	Gruero	hh	1	0.15	43.26	6.59
	Operario	hh	5	0.76	13.46	10.26
	Rigger	hh	1	0.15	18.26	2.78
	Marinero	hh	1	0.15	14.42	2.20
	Materiales					
	Cimbra	m2		1	2270	2270
	Equipos					
	Grua	h	1	0.15	145.12	22.11
	Maquina para atornillar	h	1	0.15	15.80	2.41
	Gata	h	2	0.30	35.2	10.73
	Bote de servicio	h	1	0.15	30.00	4.57
	Balsa metálica	h	2	0.30	30.00	9.14

Tabla 44: APU – Instalación de cimbra
Elaborado por el autor

10.00		Habilitado de acero en Vigas				
				Costo Unitario directo por kg		3.64
Rendimiento	Kg/día	MO	1500.00	EQU	1500.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Capataz	hh	1	0.005	22.3	0.12
2	Operario	hh	4	0.021	13.46	0.29
3	Oficial	hh	1	0.005	11.3	0.06
	Materiales					
1	Acero corrugado dimensionado	kg		1.050	3.0	3.15
	Equipos					
1	Herramientas manuales	%MO			0.023	0.02

Tabla 45: APU – Habilitado de acero en viga

Elaborado por el autor

11.00		Montaje de acero en vigas				
				Costo Unitario directo por Unid		1,067.72
Rendimiento	Unid/día	MO	5.00	EQU	3.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Capataz	hh	1	1.600	22.3	35.68
2	Gruero	hh	1	1.600	43.26	69.22
3	Rigger	hh	1	1.600	14.42	23.07
4	Operario	hh	5	8.000	13.46	107.68
	Equipos					
1	Grua	h	1	1.600	512.680	820.29
2	Herramientas manuales	%MO		0.05	11.78	11.78

Tabla 46: APU – Montaje de acero en viga

Elaborado por el autor

12.00		Habilitado de acero en losa				
				Costo Unitario directo por kg		7.05
Rendimiento	kg/día	MO	1500.00	EQU	1500.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Capataz	hh	1	0.005	22.3	0.12
2	Operario	hh	5	0.027	13.46	0.36
3	Oficial	hh	5	0.027	11.3	0.30
4	Gruero	hh	1	0.005	43.27	0.23
5	Rigger	hh	1	0.005	18.27	0.10
	Materiales					
1	Acero corrugado	Kg		1.05	3.0	3.15
	Equipos					
1	Herramientas manuales	h		5%MO	0.055	0.055
2	Grua	h	1	0.005333333	512.680	2.734

Tabla 47: APU – Habilitado de acero en losa

Elaborado por el autor

13.00		Vaciado de vigas y losa del muelle				
				Costo Unitario directo por m3		476.05
	m3/día	MO	630.00	EQU	630.00	
	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Operador de Bomba telescópica	hh	1	0.013	26.44	0.34
2	Operario	hh	5	0.063	13.46	0.85
3	Oficial	hh	5	0.063	11.30	0.72
	Materiales					
1	Concreto	m3		1.05	450	472.5
	Equipos					
1	Bomba telescópica móvil	h	1	0.013	129.000	1.64

Tabla 48: APU – Vaciado de vigas y losa en muelle

Elaborado por el autor

b) Sistema de pilotes moldeados

Este sistema cuenta con 19 actividades a las cuales se le desarrolló un análisis económico de precios unitarios como se muestra a continuación:

Partida	1.00	Construcción de retención(hincado de tablestacas)				
				Costo Unitario directo por tablestaca		8,884.82
Rendimiento	un/día	MO	12.00	EQU	12.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1	Jack up master	hh	1	0.67	48.07	32.05
2	Gruero	hh	2	1.33	43.26	57.68
3	Rigger	hh	3	2	33.65	67.30
4	Marinero	hh	1	0.67	18.27	12.18
5	Topografo	hh	1	2	28.84	57.68
Materiales						
1	Tablestacas	Unid		1	7929	7929
Equipos						
1	Grua 275 ton	h	1	0.667	512.68	341.79
2	Grúa torre	h	1	0.667	63.91	42.61
3	Jack up	h	1	0.667	435.96	290.64
4	Winch	h	1	0.667	6.3	4.20
5	Martillo de vibrohincado	h	1	0.667	74.55	49.70
6	Equipo de topografía	h	1	0.667	25.00	16.67
7	Balsa metálica	h	1	0.667	30	20.00

Tabla 49: APU – Construcción de retención

Elaborado por el autor

Partida	2.00	Relleno interior				
				Costo Unitario directo por m3		22.04
Rendimiento	m3/día (doble turno)	MO	6480.00	EQU	6480.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1	Operador Volquete	hh	40	0.049	18.99	0.938
2	Operador de tractor	hh	2	0.002	14.42	0.036
3	Operador de rodillo	hh	2	0.002	12.02	0.030
4	Operador de cisterna de agua	hh	1	0.001	18.99	0.023
5	Ayudante	hh	5	0.006	8.99	0.055
Materiales						
1	Material de cantera	m3		1	18.00	18.00
Equipos						
1	Volquete de 18 m3	hh	40	0.0494	48.0700	2.3738
2	Tractor D6	hh	2	0.0025	134.9000	0.3331
3	Rodillo liso	hh	2	0.0025	84.9000	0.2096
4	Cisterna de agua	hh	2	0.0025	17.2200	0.0425

Tabla 50: APU – Relleno interior

Elaborado por el autor

Partida	3.00	Perforación y moldeo de pilotes				
				Costo Unitario directo por Unidad		56,576.90
Rendimiento	unid/día	Fuente: Elaboración propia				5.00
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1	Operador de perforadora	hh	1	1.6	43.26	69.216
2	Mecánico	hh	1	1.6	16.82	26.912
3	Topógrafo	hh	1	1.6	28.84	46.144
4	Ayudante	hh	3	4.8	8.99	43.152
Materiales						
1	Tubo metálico D=36", e=20mm	Unid		1	56000	56000
Equipos						
1	Perforadora rotativa	h	1	1.6	145.12	232.192
2	Adaptador de torsión	h	1	1.6	74.55	119.28
3	Equipo de topografía (Estación total)	h	1	1.6	25.00	40

Tabla 51: APU – Perforación y moldeo de pilotes

Elaborado por el autor

Partida	4.00	Habilitado de acero en pilotes				
				Costo Unitario directo por kg		3.64
Rendimiento	kg/día	MO	1500.00	EQU	1500.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1	Capataz	hh	1	0.005	22.3	0.12
2	Operario	hh	4	0.021	13.46	0.29
3	Oficial	hh	1	0.005	11.3	0.06
Materiales						
1	Acero dimensionado	Kg		1.05	3	3.15
Equipos						
1	Herramientas manuales	h		5%MO	0.023	0.0233

Tabla 52: APU – Habilitado de acero en pilotes

Elaborado por el autor

Partida	5.00	Montaje de acero en pilotes				
				Costo Unitario directo por Unid		236.67
Rendimiento	Unid/día	MO	9.00	EQU	9.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Gruero	hh	1	0.889	43.26	38.45
2	Rigger	hh	1	0.889	18.27	16.24
3	Operario	hh	4	3.556	13.46	47.86
	Materiales					
	Equipos					
1	Grua	h	1	0.889	145.120	129.00
2	Herramientas manuales	5%MO			5.13	5.13

Tabla 53: APU – Montaje de acero en pilotes
Elaborado por el autor

Partida	6.00	Vaciado de pilotes				
				Costo Unitario directo por m3		487.12
Rendimiento	m3/día	MO	108.00	EQU	500.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Operador de bomba telescópica	hh	1	0.074	26.44	1.96
2	Operario	hh	2	0.148	13.46	1.99
3	Ayudante	hh	1	0.074	8.99	0.67
	Materiales					
1	Concreto	m3		1.05	450	472.5
	Equipos					
1	Bomba telescópica de concreto	hm	1	0.07	129.000	9.56
2	Vibradora de 1" 4Hp	hm	1	0.07	5.96	0.44

Tabla 54: APU – Vaciado de pilotes
Elaborado por el autor

Partida	7.00	Descabezado de pilotes				
				Costo Unitario directo por Unid		48.99
Rendimiento	Unid/día	MO	9.00	EQU	9.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Operario	hh	1	0.889	13.46	11.96
2	Soldador	hh	1	0.889	31.25	27.78
	Equipos					
1	Equipo de oxicorte	h	1	0.889	3.000	2.67
2	Darda (Spliter)	h	1	0.889	2.800	2.49
3	Taladro, broca 1 1/2"	h	1	0.889	4.60	4.09

Tabla 55: APU – Descabezado de pilotes

Elaborado por el autor

Partida	8.00	Excavación y eliminación de material de zanja para vigas				
				Costo Unitario directo por m3		33.13
Rendimiento	m3/día	MO	150.00	EQU	150.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Capataz	hh	0.1	0.005	22.3	0.119
2	Operador de Volquete	hh	3	0.160	18.99	3.038
3	Operador de excavadora	hh	1	0.053	16.82	0.897
4	Topografo	hh	1	0.053	28.84	1.538
5	Ayudante	hh	2	0.107	8.99	0.959
	Materiales					
	Equipos					
1	Volquete de 18 m3	hm	3	0.16	106.37	17.019
2	Excavadora	hm	1	0.053	148.15	7.901
3	Equipo de topografía	hm	1	0.053	25.00	1.333
4	Herramientas manuales	%MO	5%		0.3276	0.3276

Tabla 56: APU – Excavación y eliminación de material de zanja para vigas

Elaborado por el autor

Partida	9.00	Colocación de mesa (ménsulas)				
				Costo Unitario directo por Unid		1,342.90
Rendimiento	Unid/día	MO	8.00	EQU	8.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Soldador	hh	2	2.000	31.25	62.50
2	Ayudante de soldador	hh	2	2.000	11.00	22.00
	Materiales					
1	Ménsulas	Unid		1	1200	1200
	Equipos					
1	Soldadora eléctrica	h	2	2.000	21	42.00
2	Grupo electrógeno	h	1	1.000	16.402	16.40

Tabla 57: APU – Colocación de mesa (ménsulas)

Elaborado por el autor

Partida	10.00	Encofrado de Vigas				
				Costo Unitario directo por m2		20.71
Rendimiento	m2/día	MO	50.00	EQU	50.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Capataz	hh	0.1	0.016	22.3	0.357
2	Operario	hh	4	0.640	13.46	8.614
3	Oficial	hh	1	0.160	11.3	1.808
	Materiales					
1	Encofrado metálico	m2		1.00	9.39	9.3900
	Equipos					
1	Herramientas manuales	hm	5%MO		0.539	0.539

Tabla 58: APU – Encofrado de vigas

Elaborado por el autor

Partida	11.00	Habilitado de acero en Vigas				
				Costo Unitario directo por kg		3.64
Rendimiento	Kg/día	MO	1500.00	EQU	1500.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Capataz	hh	1	0.005	22.3	0.12
2	Operario	hh	4	0.021	13.46	0.29
3	Oficial	hh	1	0.005	11.3	0.06
	Materiales					
1	Acero corrugado dimensionado	kg		1.050	3.0	3.15
	Equipos					
1	Herramientas manuales	%MO			0.023	0.02

Tabla 59: APU – Habilitado de acero en vigas

Elaborado por el autor

Partida	12.00	Montaje de acero en vigas				
				Costo Unitario directo por Unid		1,067.72
Rendimiento	Unid/día	MO	5.00	EQU	5.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Capataz	hh	1	1.600	22.3	35.68
2	Gruero	hh	1	1.600	43.26	69.22
3	Rigger	hh	1	1.600	14.42	23.07
4	Operario	hh	5	8.000	13.46	107.68
	Equipos					
1	Grua	h	1	1.600	512.680	820.29
2	Herramientas manuales	%MO		5.00	11.78	11.78

Tabla 60: APU – Montaje de acero en vigas

Elaborado por el autor

Partida	13.00	Vaciado de vigas				
				Costo Unitario directo por m3		484.38
	m3/día	MO	150.00	EQU	150.00	
	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Operador de bomba telescópica	hh	1	0.053	26.44	1.41
2	Operario	hh	5	0.267	13.46	3.59
	Materiales					
1	Concreto	m3		1.05	450	472.5
	Equipos					
1	Bomba telescópica	h	1	0.053	129.000	6.88

Tabla 61: APU – Vaciado de vigas

Elaborado por el autor

Partida	14.00	Excavación y eliminación de material del relleno provisional				
				Costo Unitario directo por m3		13.17
	m3/día	MO	720.00	EQU	720.00	
	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Operador de Grúa	hh	1	0.011	43.27	0.48
2	Operador de excavadora	hh	1	0.011	16.83	0.19
3	Operador de Volquete	hh	3	0.033	18.99	0.63
4	Ayudante	hh	2	0.022	8.99	0.20
	Materiales					
	Equipos					
1	Grúa	hm	1	0.011	512.680	5.70
2	Excavadora	hm	1	0.011	148.15	1.65
3	Clam shell	hm	1	0.011	70.0	0.78
4	Volquete	hm	3	0.033	106.37	3.55

Tabla 62: APU – Excavación y eliminación de material de relleno provisorio

Elaborado por el autor

Partida	15.00	Enrocado de talud				
					Costo Unitario directo por m3	
Rendimiento	m3/día	MO	135.00	EQU	135.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1	Gruero	hh	1	0.059	43.26	2.56
2	Capataz	hh	1	0.059	22.3	1.32
3	Operado de excavadora de brazo largo	hh	1	0.059	18.27	1.08
4	Operador de cargador frontal	hh	1	0.059	13.22	0.78
5	Operario	hh	1	0.059	13.46	0.80
6	Marinero	hh	1	0.059	14.42	0.85
7	Ayudante	hh	2	0.119	8.99	1.07
Materiales						
1	Roca seleccionada	m3		1	47.6	47.6
Equipos						
1	Grua 275 ton	hm	1	0.059	512.68	30.38
2	Cargador frontal	hm	1	0.059	169.41	10.04
3	Excavadora de brazo largo	hm	1	0.059	238.00	14.10
4	Bote de servicio	hm	1	0.059	30.00	1.78

Tabla 63: APU – Enrocado de talud

Elaborado por el autor

Partida	16.00	Montaje de encofrado metálico				
					Costo Unitario directo por m2	
Rendimiento	m2/día	MO	94.00	EQU	94.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1	Gruero	hh	1	0.085	43.26	3.68
2	Rigger	hh	1	0.085	14.42	1.23
3	Operario	hh	5	0.426	13.46	5.73
4	Marinero	hh	1	0.085	14.42	1.23
5	Ayudante	hh	2	0.170	8.99	1.53
Materiales						
1	Perfil HEB 100	ml		1	69	69
2	Perfil HEB 600	ml		1	871	871
3	Pernos	Un		1	5.6	5.6
Equipos						
1	Grua	h	1	0.085	512.680	43.63
2	Bote de servicio	h	1	0.085	30	2.55
3	Balsa metálica	h	2	0.170	30	5.11
4	Herramientas manuales	%MO		5.00	0.53	0.53

Tabla 64: APU – Montaje de encofrado metálico

Elaborado por el autor

Partida	17.00	Montaje de losa prefabricada				
				Costo Unitario directo por unidad		1,027.53
Rendimiento	Unid/día	MO	40.00	EQU	40.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Gruero	hh	1	0.200	43.26	8.65
2	Rigger	hh	1	0.200	14.42	2.88
3	Operario	hh	5	1.000	13.46	13.46
	Materiales					
1	Losa prefabricada 1.35 x 1.80 x 0.25	Unid		1	900	900
	Equipos					
1	Grua	h	1	0.200	512.680	102.54

Tabla 65: APU – Montaje de losa prefabricada

Elaborado por el autor

Partida	18.00	Habilitado de acero en losa				
				Costo Unitario directo por kg		7.05
Rendimiento	kg/día	MO	1500.00	EQU	1500.00	
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Capataz	hh	1	0.005	22.3	0.12
2	Operario	hh	5	0.027	13.46	0.36
3	Oficial	hh	5	0.027	11.3	0.30
4	Gruero	hh	1	0.005	43.27	0.23
5	Rigger	hh	1	0.005	18.27	0.10
	Materiales					
1	Acero corrugado	Kg		1.05	3.0	3.15
	Equipos					
1	Herramientas manuales	h		5%MO	0.055	0.055
2	Grua	h	1	0.005	512.680	2.734

Tabla 66: APU – Habilitado de acero en losa

Elaborado por el autor

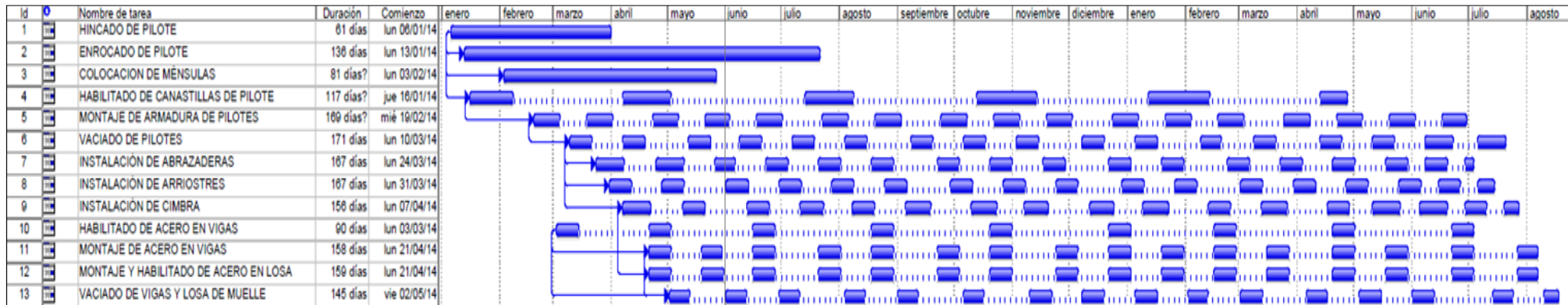
Partida	19.00	Vaciado de vigas y losa del muelle				
				Costo Unitario directo por m3		479.41
	m3/día	MO	310.00	EQU	310.00	
	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Operador de Bomba telescópica	hh	1	0.026	26.44	0.68
2	Operario	hh	5	0.129	13.46	1.74
3	Ayudante	hh	5	0.129	8.99	1.16
	Materiales					
1	Concreto	m3		1.05	450	472.5
	Equipos					
1	Bomba telescópica	h	1	0.026	129.000	3.33

Tabla 67: APU – Vaciado de vigas y losa del muelle

Elaborado por el autor

Con estos análisis de precios unitarios se desarrolló el presupuesto independiente de cada sistema constructivo, los cuales a la vez permitieron resumir el cuadro comparativo económico entre ambos sistemas

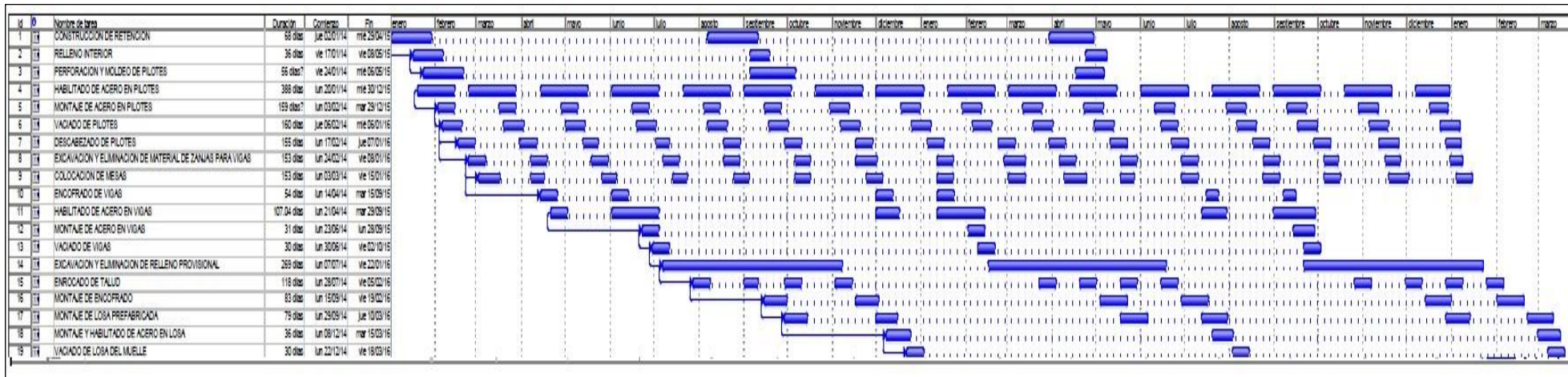
3.7 Programación de Actividades de Pilotes Hincados



Este cronograma tiene las actividades divididas debido a que la construcción del muelle se realizará en 17 fases, según avance de la cimbra (encofrado móvil).

Las actividades en su mayoría están vinculadas a actividades antecesoras como por ejemplo la instalación de arriostres, depende de la instalación de abrazaderas y esta misma se debe de ejecutar para la instalación de la cimbra. Todas las actividades deberán realizarse en 20 meses según cronograma desde Enero a Agosto del año próximo.

3.8 Programación de Actividades de Pilotes Moldeados



Este cronograma tiene las actividades divididas debido a que la construcción del muelle se realizará también en 17 fases según avance de celdas provisionales, conformadas por tablestacas.

Además de actividades antecesoras existen actividades que se pueden realizar a paralela mientras se conforman las celdas provisionales.

Como se puede notar las actividades son repetitivas en cada una de las fases de avance de la construcción del muelle

Todas las actividades deberán realizarse en 27 meses según cronograma de Enero a Marzo pasado dos años.

3.9 Curva S – Sistema de Pilotes Hincados

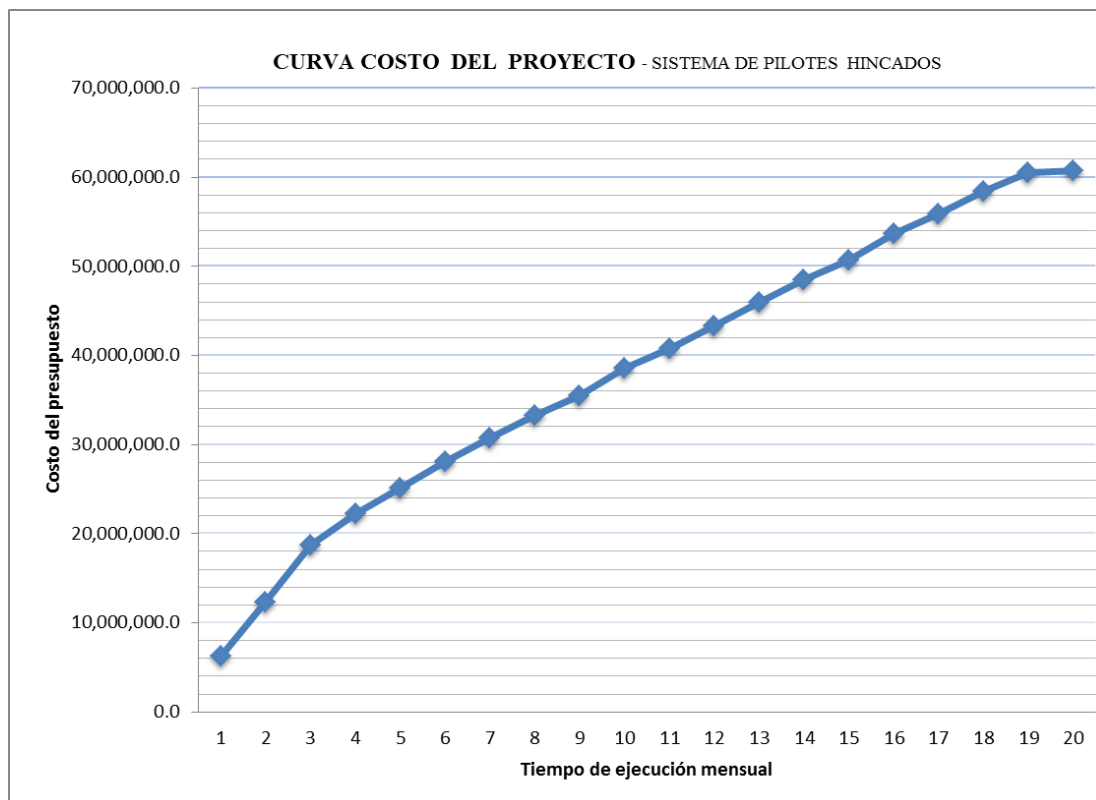


Fig. 65. Curva S – Sistema de Pilotes Hincados

Elaborado por el autor

En la figura sólo se muestra el costo presupuestal del trabajo programado.

La tendencia de la curva de costo del proyecto presenta un crecimiento inicial dentro de los cuatro primeros meses, lo cual está relacionado a la etapa de hincado de pilote, lo cual corresponde a gran parte del presupuesto total del proyecto.

El periodo total del proyecto es de 20 meses y el presupuesto es de 60'772,335.3 nuevos soles los cuales se acumularon en la ordenada para el análisis respectivo. Debido a que es un estudio de investigación y no un seguimiento de un proyecto no se ha fijado una fecha a reportar para establecer las desviaciones del proyecto.

3.10 Curva S – Sistema de Pilotes Moldeados

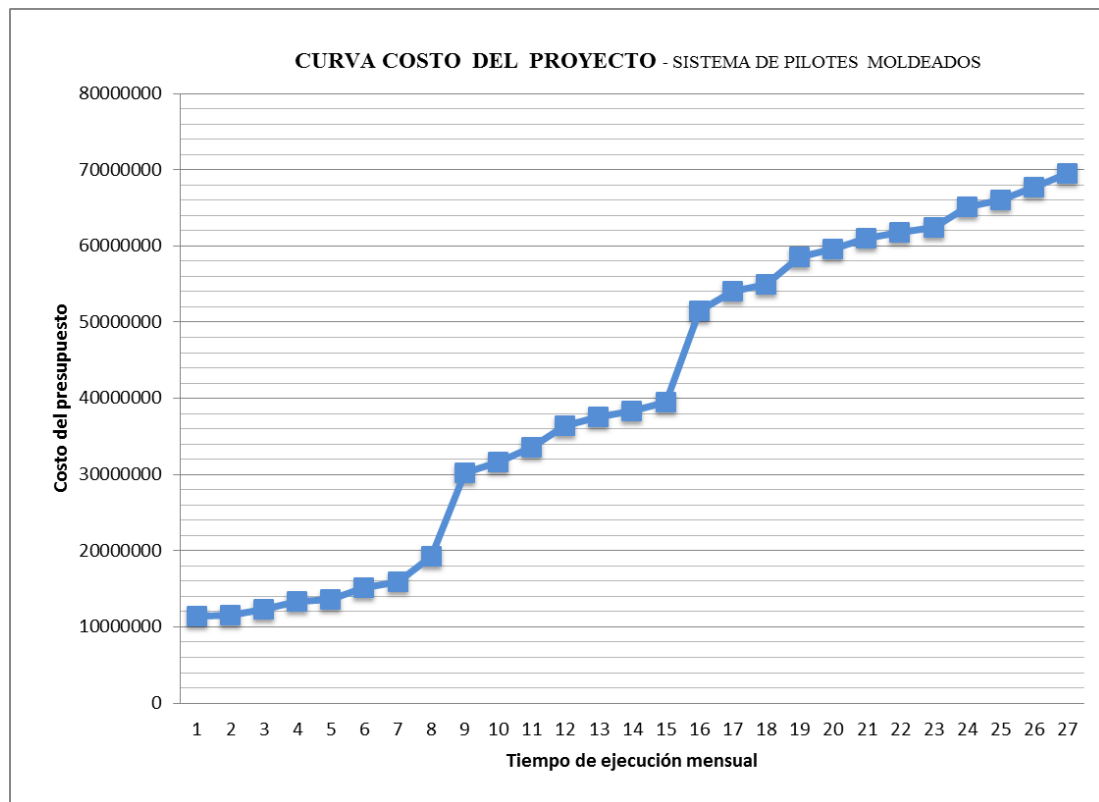


Fig. 66. Curva S – Sistema de Pilotes Moldeados

Elaborado por el autor

La curva de el sistema de pilotes moldeados, presentar una tendencia típica de la curva S, debido a que el costo de su partidas son similares.

Los quiebres que se presentan entre los meses 10 y 17, estan referidos a incrementos considerable en habilitado de acero para vigas y en montaje de losas prefabricadas respectivmanente.

El periodo total del proyecto es de 27 meses y el presupuesto es de 69'467,025.41 nuevos soles los cuales se acumularon en la ordenada para el análisis respectivo.

CAPITULO IV

DISCUSIÓN Y APLICACIONES

Los resultados en investigación tienen algunas variaciones a las bases teóricas, debido a que la construcción de un muelle marginal típico (aquel que se extiende paralelo a la orilla); en el Perú se construian y construyen con vigas metálicas de avance (sistema cantitravel), vigas y losas prefabricadas.

En el año 2009 en la construcción del muelle sur del Callao aplicaron este sistema, sin embargo en la construcción del muelle de contenedores de Paita se utilizo una embarcacion “ jack up” la cual reemplazaba este sistema de avance al igual que los elementos prefabricados fueron sustituidos por el encofrado móvil.

4.1 Diseño del Muelle

El muelle en estudio se mantiene sobre un sistema de pilotaje, ver fig. 67, el cual soportará el peso de la grúa pórtico de muelle que transitará por el mismo, la misma que se soporta sobre pilotes, aquellos que están protegidos con enrocado, ripio de contera, bloques de concreto o tablestacas en la parte frontal del muelle, ver fig. 68.

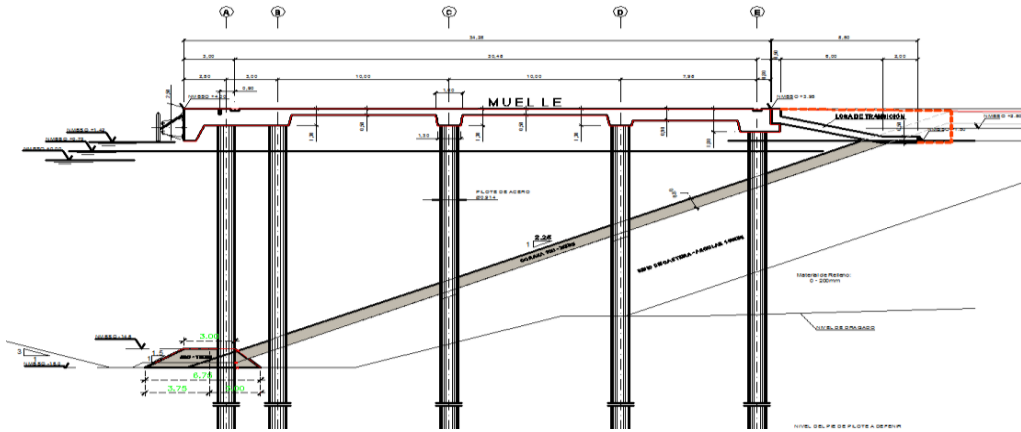


Fig. 67. Diseño de muelle marginal en investigación

Fuente: Diseño de proyecto “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita

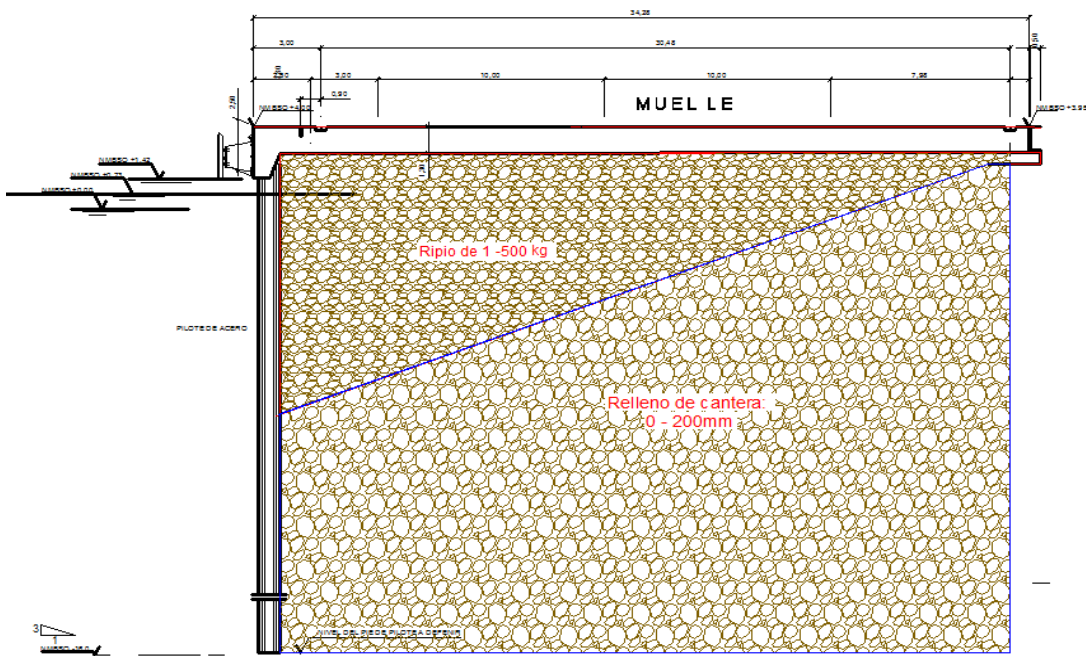


Fig. 68. Diseño de muelle marginal en bases teóricas

Elaborado por el autor

Entre ambos diseños de pilotaje se discute que técnicamente el desarrollado en la investigación teórica de pilotes moldeados presenta un costo mayor que aquel presentado en el proyecto real de pilotes hincados, sin embargo un sistema de pilotaje el cual se penetra en el fondo marino y un enrocado como medio de protección permite que se disipe la energía de las olas, en comparación a una pantalla donde las olas impactan directamente con todo el muelle directamente.

4.2 Enrocado de talud

El diseño de enrocado en estudio está conformado por dos capas, capa intermedia de 100 a 300 kg, coraza de 350 a 750 kg y un pie de talud de 1000 a 3000 kg el cual tiene la función de soporte a las capas mencionadas para evitar futuros deslizamientos, ver fig.69.

Sin embargo en la teoría acerca de enrocados y escolleras no se detallan pie de talud en ninguno de los diseños, ver fig.70.

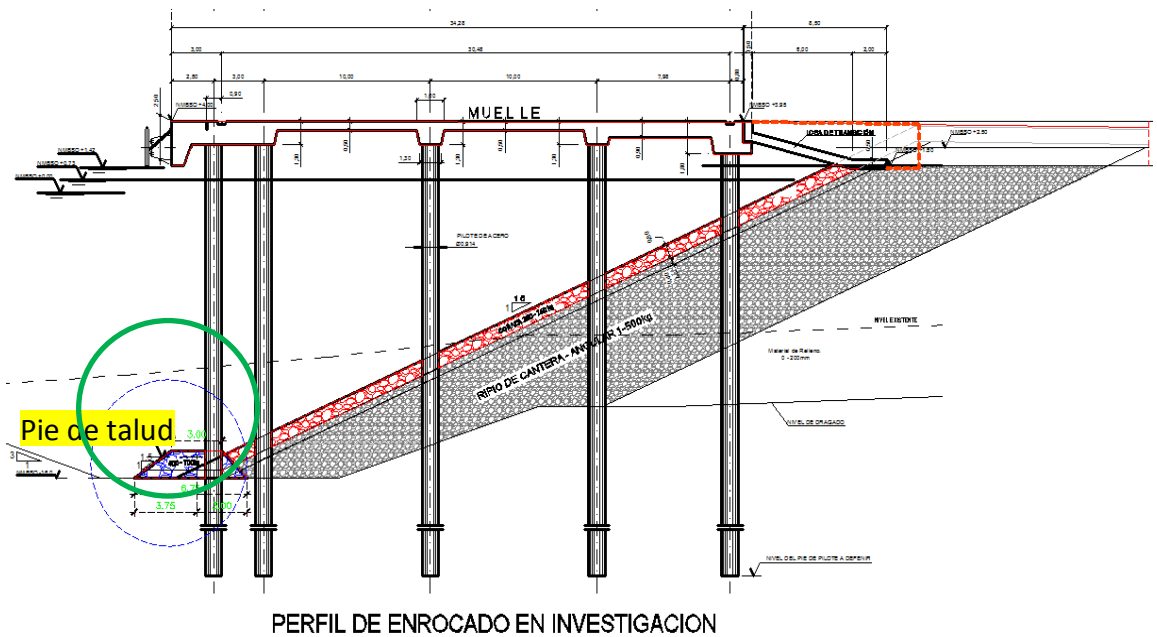


Fig. 69 Perfil de enrocado en investigación, notar el pie del talud

Fuente: Diseño de proyecto “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita

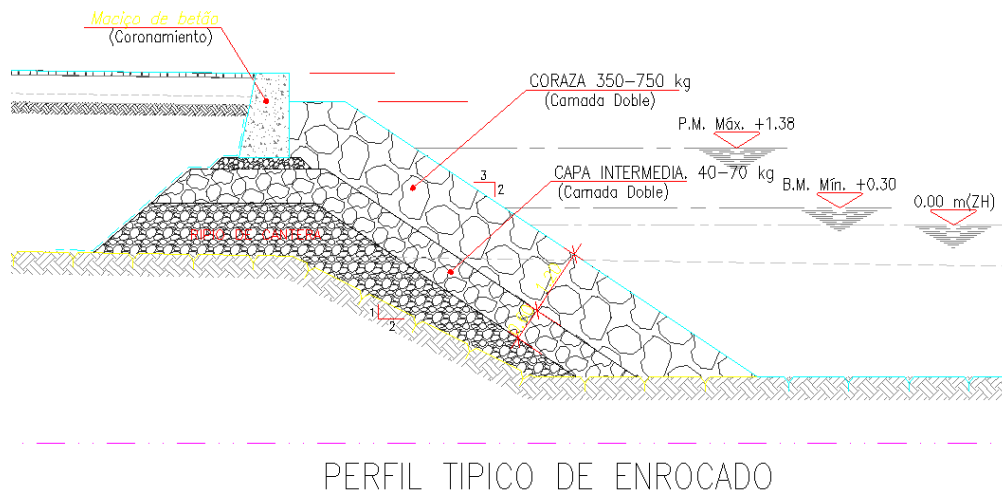


Fig. 70 Perfil de enrocado teórico

Fuente: Diseño de proyecto portuario - CPTP

4.3 Sistema de encofrado de losa de muelle

La losa de un muelle en la teoría, cuando está apoyado sobre un relleno, no necesita de encofrado, sólo nivelación y compactación del relleno; y si fuera el caso de un muelle tipo espigón sobre pilotes el sistema de encofrado sería mediante losas prefabricadas (ver fig. 71- Muelle sur del Callao, 2009), lo cual en uno de los sistemas de la investigación coinciden. Sin embargo existe en la actualidad un sistema de encofrado metálico móvil llamado Cimbra (ver fig. 72 y 73), que se está utilizando en el proyecto del Muelle de contenedores de Paita donde el autor participa y en la cual se ha aplicado a la investigación, dando resultados óptimos en avance de vaciados del muelle.

El sistema móvil de encofrado, se suspende sobre gatas mecánicas las mismas que desciendes una vez que el concreto haya alcanzado resistencia lo suficientemente para autosoportarse, y es ahí donde sobre los rodillos se desliza el encofrado para continuar con el avance.

Los resultados obtenidos en avance de la construcción son los que han reducido el plazo de ejecución significativa en la programación de la investigación.



Fig. 71 Encofrado con losas prefabricadas en muelle sur del Callao

Fuente: <http://peru21.pe/noticia/469725/muelle-sur>



Fig. 72 Encofrado de losa con Cimbra móvil

Fuente: Memória da Utilização do Cimbri Móvel Inferior - CPTP



Fig. 73 Vista panorâmica de cimbra

Fuente: Memória da Utilização do Cimbre Móvel Inferior - CPTP

CAPÍTULO V

PRESENTACION DEL PROYECTO

5.1 Descripción

Este proyecto portuario realizado por la empresa Mota Engil, consiste en la construcción de un patio de contenedores de 12 ha, con relleno de cantera ganado al mar y un muelle de 300 m de longitud que se describirán a detalle a continuación:

a) Situación actual

El puerto de Paita se encuentra en el norte del Perú a unos 60km al Oeste de la ciudad de Piura, capital de la Provincia del mismo nombre (ver fig. 74).

Es el principal puerto para la zona norte del Perú para la importación y exportación en contenedores y carga general incluyendo exportación de verduras y frutas frescas en contenedores refrigerados y productos de la pesca. El puerto es un eslabón del proyecto IIRSA que se encuentra en ejecución y contempla la construcción de un corredor de transporte multimodal Oeste.

Este que conecta la costa norte del Perú con Brasil, a través de una carretera que se encuentra en construcción, hasta la ciudad peruana de Yurimaguas, y luego por vía fluvial.

El terminal marítimo actual consiste de un muelle espigón de unos 365m de longitud y aproximadamente 36m de ancho, y una zona portuaria adyacente en tierra para el almacenamiento temporal de carga y otras actividades portuarias.

Por tal motivo, y en vista del crecimiento rápido del volumen de contenedores, se ha concesionado el terminal a Terminales Portuarios Euroandinos (TPE) para operar las facilidades existentes y construir un terminal especializado para el manejo eficiente de contenedores en el área del terminal de Paita.



Figura 74 -Ubicación del proyecto

Fuente: Diseño de proyecto “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita

b) Dragado

Para la operación apropiada del Nuevo Terminal de Contenedores se deberá dragar áreas específicas donde estarán ubicadas las instalaciones del terminal de contenedores y otras zonas portuarias marítimas para permitir el correcto acceso y maniobras de los buques portacontenedores, ver fig. 75.

En principio, dichas áreas son:

- Canal de Acceso;
- Dársena de Maniobras;
- Futuro Muelle de Contenedores con el Puesto de Atraque frente al muelle.
- Área del Patio de Contenedores, relacionado directamente con el Nuevo Terminal de Contenedores.

Los tipos de draga serán Dragas de succión y draga de balde (Clam Shell), ver fig 76 y 77

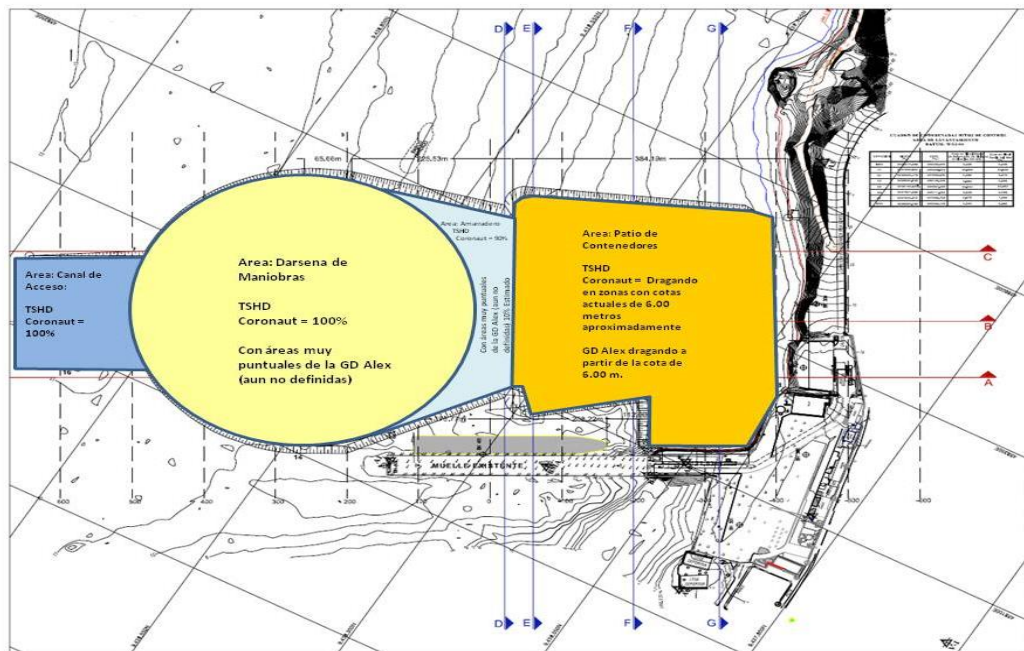


Fig. 75. Zonas de dragado

Fuente: Diseño de proyecto "Construcción del nuevo terminal portuario de Paita"

A continuación se muestra un cálculo típico de un ciclo normal de dragado para una Dragadora de Succión (tabla. 68) y Arrastre con capacidad de tolva de 4,000 m³, el depósito de sedimentos está ubicado a 2.8km del puerto

Actividad [Draga de Succión por arrastre en marcha]	Tiempo [minutos]
Succión	25
Navegar con carga al depósito a 2.8km	15
Descargar la tolva	15
Retomar al puerto sin carga	10
Ciclo total = 25+15+15+10 =	65 min

Tabla 68 – Ciclo de dragado

Fuente: Proyecto “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita

El dragado del canal de acceso, dársena de maniobras, zona de muelles y material de la zona del patio de contenedores, se ejecutara durante 6 días a la semana, 24 horas por día y se dedica el 7° día al mantenimiento. Dragar 6 días por semana a 20 hrs/día neto, resulta redondeando aproximadamente 20 cargas tolva por día. Asumiendo un 25% de concentración de material en la tolva (sedimento) resulta en 1000m³ de material por ciclo, luego la producción diaria (medida en la tolva) estará en el orden de 20 x 1,000 = 20,000 m³.

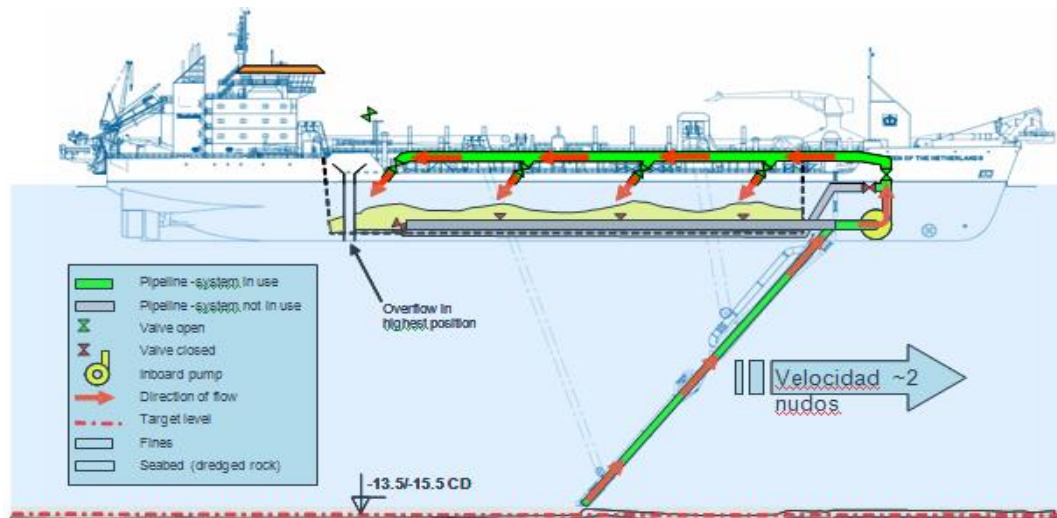


Fig. 76. Dragadora de succión

Fuente: Procedimiento de dragado -Boskalis



Fig. 77. Draga con balde Clam Shell
Fuente: Procedimiento de dragado -Boskalis

c) Obras de relleno y protección de taludes

La operación apropiada del Nuevo Terminal de Contenedores requiere que se tenga espacios adecuados para el manipuleo, almacenamiento y despacho de contenedores.

Para tal propósito se tiene previsto ganar un terreno al mar por etapas (ver fig. 78) donde se localizará el terminal de contenedores. Para ganar el terreno primero se debe dragar el material blando del fondo de las áreas específicas y luego realizar obras de relleno.

En principio, las áreas de relleno son:

- Área del Patio de Contenedores, relacionado directamente con el Nuevo Terminal de Contenedores, ver fig. 79.
- Área de Inversiones Adicionales entre el patio de contenedores y la zona portuaria actual de tierra, que servirá para la atención y acomodos de

contenedores refrigerados, carga general, y servicios y edificaciones de apoyo a operaciones.

El relleno de la zona para Contenedores está ubicado desde el enrocado del inicio del muelle existente y hacia el norte desde la zona adyacente al nuevo Muelle hasta la línea de playa norte. En dicha zona se dragará el material blando del fondo del mar actual y hasta unos 4m de profundidad.

El área del relleno principal del Terminal de Contenedores está definida en el Contrato de Concesión y es 12 ha, a saber 300 m paralelo a la dirección del muelle y 400m de profundidad del terminal de contenedores. El área de Inversiones Adicionales que comunica el Patio de Contenedores con el puerto existente es de unos 2.5ha.

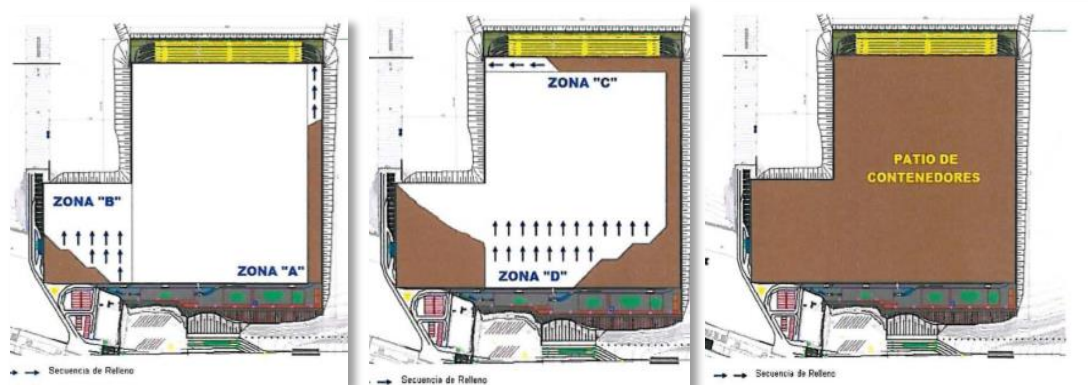


Fig. 78. Etapas de relleno

Fuente: Obra "Construcción del nuevo terminal portuario de Paita"



Fig. 79. Inicio de relleno en patio de contenedores

Fuente: Obra "Construcción del nuevo terminal portuario de Paita"

La protección de taludes, se refiere a la construcción y colocación de capas especiales de material rocoso clasificado con el propósito de evitar el corrimiento, fuga y arrastre de los materiales componentes del relleno por acciones de corrientes, oleaje, fallas de deslizamiento por sismo y efectos de la operación de naves; estos funcionarán como filtros y estabilizadores de los taludes hacia el mar de los rellenos a construirse.

Vistas de enrocado en obra con grúa y excavadora de brazo largo. (fig. 80 y 81)

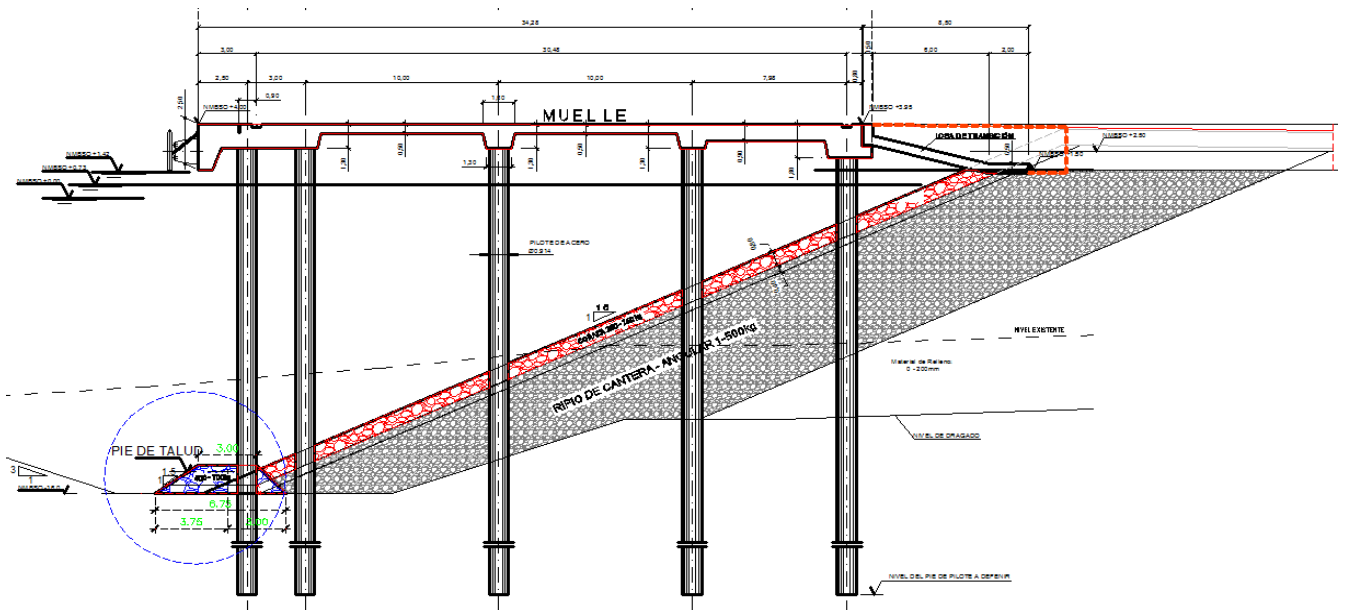


Fig. 80. Protección de talud

Fuente: Obra "Construcción del nuevo terminal portuario de Paita"



Fig. 81. Enrocado con grúa y excavadora de brazo largo

Fuente: Obra “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita

d) Hincado de pilotes

Se ha considerado hincar los pilotes con un martillo hidráulico o a diesel, de capacidad adecuada (fig. 82). El hincado se realizará utilizando equipo específico, con una guía fija o una guía con grúa, localizada sobre el pontón. Se fijará la posición del pontón por medio de malacates y anclas. Se estima que el ritmo medio de hincado será de 4 pilotes/día.

La capacidad de carga de cada pilote será controlada considerando el “rechazo” del martillo; también se realizará un monitoreo de los pilotes hincados por medio del sistema dinámico para ensayo de pilotes (Dynamic Pile Testing).

Después de haber hincado los pilotes, los mismos serán cortados mediante oxicorte a la cota establecida y después serán llenados hasta la cota NMBSO-2.50m con arena o grava con una faja transportadora (telebelt) para después vaciarlo con concreto formando un tapón armado. En forma paralela, se soldarán las piezas metálicas que permitirán fijar las mesas de apoyo de la cimbra.

Todos los pilotes tendrán por lo menos 8 anillos dentro del mismo de 1cm x 1cm por la longitud interna del pilote. Los primeros pilotes tendrán más anillo en vista de que aún no se sabe con exactitud a qué nivel llegará la punta del pilote y a qué nivel llegarán los anillos.



Fig. 82 Hincado de pilote

Fuente: Obra “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita

e) Adoquinado

Todo el patio de contenedores será adoquinado con bloques de concreto tienen 200mm de longitud, 100mm de ancho y 100mm de espesor.

La tolerancia de la longitud y el ancho no excederá de $\pm 1\text{mm}$ ($\pm 0.5\text{mm}$ por cada lado del bloque). El espesor del bloque no debe variar más de $\pm 1\text{mm}$.

Los bloques de concreto son colocados según el patrón de espina de pescado (ver fig 83) en la dirección correcta colocación manual, con rendimiento promedio de 1600 m²/día con 4 cuadrillas de 10 operarios cada una.

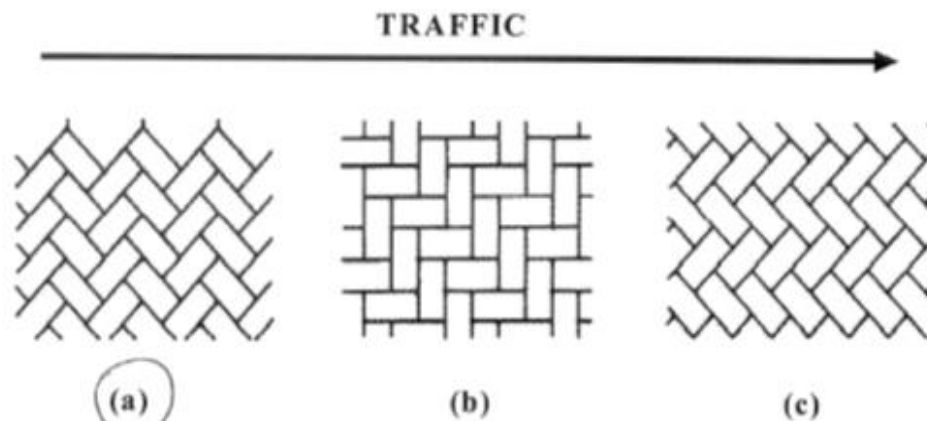


Fig. 83 Patrón de espina de pescado con orientación relativa al tráfico

Fuente: Obra "Construcción del nuevo terminal portuario de Paita"

Durante la instalación, la arena debe estar bien seca como para rellenar las juntas. La compactación es importante para lograr que se entrelace y reduzca la infiltración en la arena del fondo. El porcentaje que pasa por el tamiz 0,063 (μm) no es más del 1% (categoría 1B). La junta debe ser revisada si está completamente rellena.

Vista de colocación de adoquines en patio de contenedores (fig.84)



Fig. 84. Colocación de adoquines en patio de contenedores

Fuente: Obra "Construcción del nuevo terminal portuario de Paita"

f) Vaciado de tablero

Para ejecutar el tablero, se utilizará una cimbra deslizante, apoyada sobre soportes metálicos fijados en los pilotes. Esta cimbra está constituida por una estructura metálica de apoyo, rodillos para trasladar la pieza en dirección horizontal y un sistema sincronizado de izado con gatos hidráulicos, que funcionará por debajo del tablero a construir. Los encofrados estarán formados por paneles metálicos (fig. 85). La cimbra y los encofrados permitirán ejecutar tramos de 18.0 m de extensión del tablero. La productividad prevista, y que ya hemos logrado implementar en otras obras de naturaleza similar, es de un tramo por semana.

El ciclo semanal de ejecución de cada tramo del tablero será el siguiente:

Día 1: Arriado de la cimbra; traslado y posicionamiento en el tramo siguiente.

Día 2 ,3 ,4 y 5: Montaje de las armaduras; fijación de los anclajes, espacios, cajas y encofrados de galerías, etc.

Día 6: Vaciado del tablero (aprox. 540 m³).

Día 7 y 8: Curado del concreto.

Las armaduras necesarias serán trasladadas hasta el frente de obra las cuales serán habilitadas (especialmente las vigas) en el taller central de la obra y seguido a esto la grúa de orugas posicionada sobre el terraplén adyacente, las colocará sobre la cimbra. También se dispondrá de una grúa torre con un brazo de 40 m que se ubicará sobre el tablero existente para dar apoyo a los diferentes procesos de montaje. Esta grúa torre se trasladará sobre las guías constituidas por carriles fijados a perfiles metálicos, que a su vez, se apoyarán sobre el tablero.

Para colocar el concreto, se utilizará la cinta transportadora telescópica instalada sobre el camión (Telebelt) o Bomba telescópica, ver fig. 86. Para compactar el concreto, se utilizarán vibradores neumáticos

y/o eléctricos. Durante las dos semanas posteriores al hormigonado, durante la fase de curado del mismo, toda la superficie del tablero será regada con agua para mantener su humedad y temperatura.

Para trasladar la cimbra se utilizarán un malacate eléctrico y tirefords. En obra se realizó con una polea tirada por una excavadora, cargador frontal y embarcación autopropulsada (multicat)



Fig. 85. Encofrado móvil -cimbra

Fuente: Obra “Terminal XXI de contenedores del Puerto de Sines -Portugal

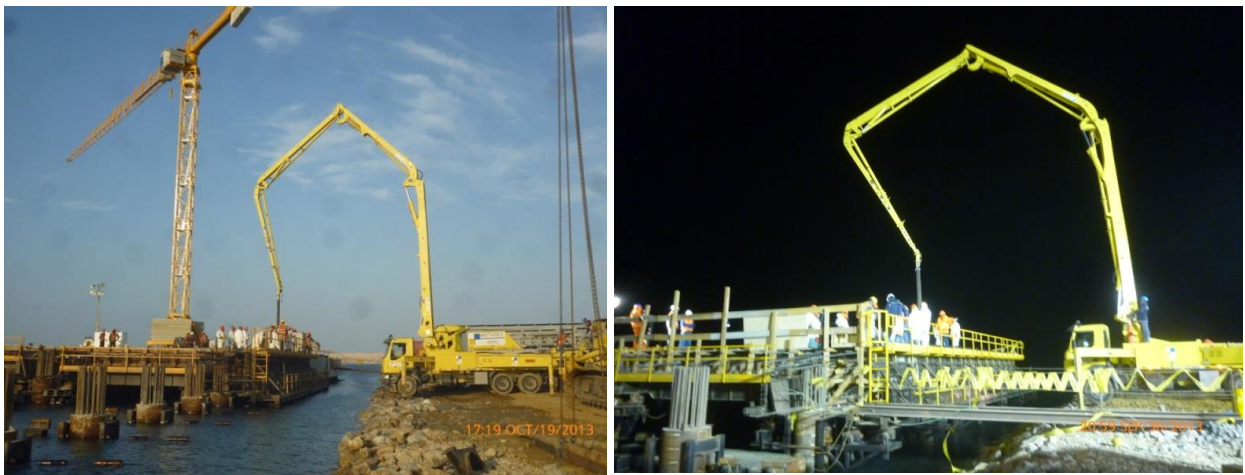


Fig. 86. Vaciado de losa del muelle con bomba telescópica

Fuente: Obra “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita

g) Obras menores

Las obras menores comprenden lo siguiente:

- Lavadero Rtg
- Oficinas operativas
- Subestaciones
- Canal pluvial
- Muro de albañilería.
- Pre praking

Para garantizar la operatividad del patio de contenedores, y del muelle, se requirió de instalaciones básicas como red de agua, red contraincendios, y redes eléctricas.

Los mismos que se indicarán el plano de la fig. 87

h) Red de agua potable

Esta sección de la Especificación contiene Requerimientos Particulares para las obras de instalación de la Tubería Principal de Agua Potable que se realizarán en virtud del

Contrato. Los Requerimientos Particulares tienen prioridad sobre la especificación general de la Tubería Principal de Agua Potable incluida en esta Especificación y en adelante.

Se debe proveer una nueva tubería de agua potable que deberá estar conectada a las tuberías existentes entre el nuevo tanque de almacenamiento de agua y el muelle actual. Se prevé que habrá suficiente presión de agua disponible en la tubería principal del servicio público y que no se requerirá ninguna bomba elevadora de presión.

La nueva tubería debe proveer el servicio de distribución de agua potable para el nuevo terminal de contenedores en Paita.

Elementos del Sistema

La instalación comprende los siguientes elementos, a saber, la tubería de agua para:

- Obras de habilitación;
- Conexión al Lavado de RTG;
- Conexiones al edificio de oficinas;
- Conexiones para el aprovisionamiento de las embarcaciones.

i) Red contraincendios

Se proveerá una nueva tubería de agua salada contra incendios. El nuevo sistema de lucha contra incendios con agua salada proveerá las instalaciones de lucha contra incendios para la fase 1 y la futura fase 2 para el Nuevo terminal de contenedores.

- Elementos del Sistema

La instalación del sistema de tubería de agua salada comprenderá:

- Disposición de Bomba de Agua Salada contra Incendios;
- Trabajos de Habilitación;
- Tubería contra incendios, tomas de agua, válvulas, etc., para el Área de Apilamiento de Contenedores/Frente de Atraque/Entrada.

- Sistema eléctrico

La energía eléctrica para el nuevo terminal será despachada de la red pública. La calidad y disponibilidad de la red de energía es confirmada por el cliente como aceptable para las operaciones del terminal de

contenedores. Para consumos de energía críticos tales como el alumbrado, la comunicación de datos y reefers se instalarán generadores de energía eléctrica de emergencia.

Se requiere energía eléctrica para las siguientes operaciones en el terminal de contenedores:

- 1 Grúa STS;
- 18 Reefer racks cada uno con 28 posiciones reefer
- Opción de ampliación futura con posiciones reefer.
- 11 postes de alumbrado de 40m de alto;
- 14 postes para el alumbrado de pistas (10m de alto);
- Escáner para revisar los contenedores por Aduanas;
- Bombas de lucha contra incendios;
- Puntos de conexión para equipo móvil:
 - 4 Tomacorrientes de servicio en cajas en el muelle para uso temporal;
 - 8 Tomacorrientes de servicio en cajas cerca a de parqueo RTG
 - Suministro eléctrico para el área de limpieza de RTG;
 - Suministro eléctrico para el área de inspección de reefer.

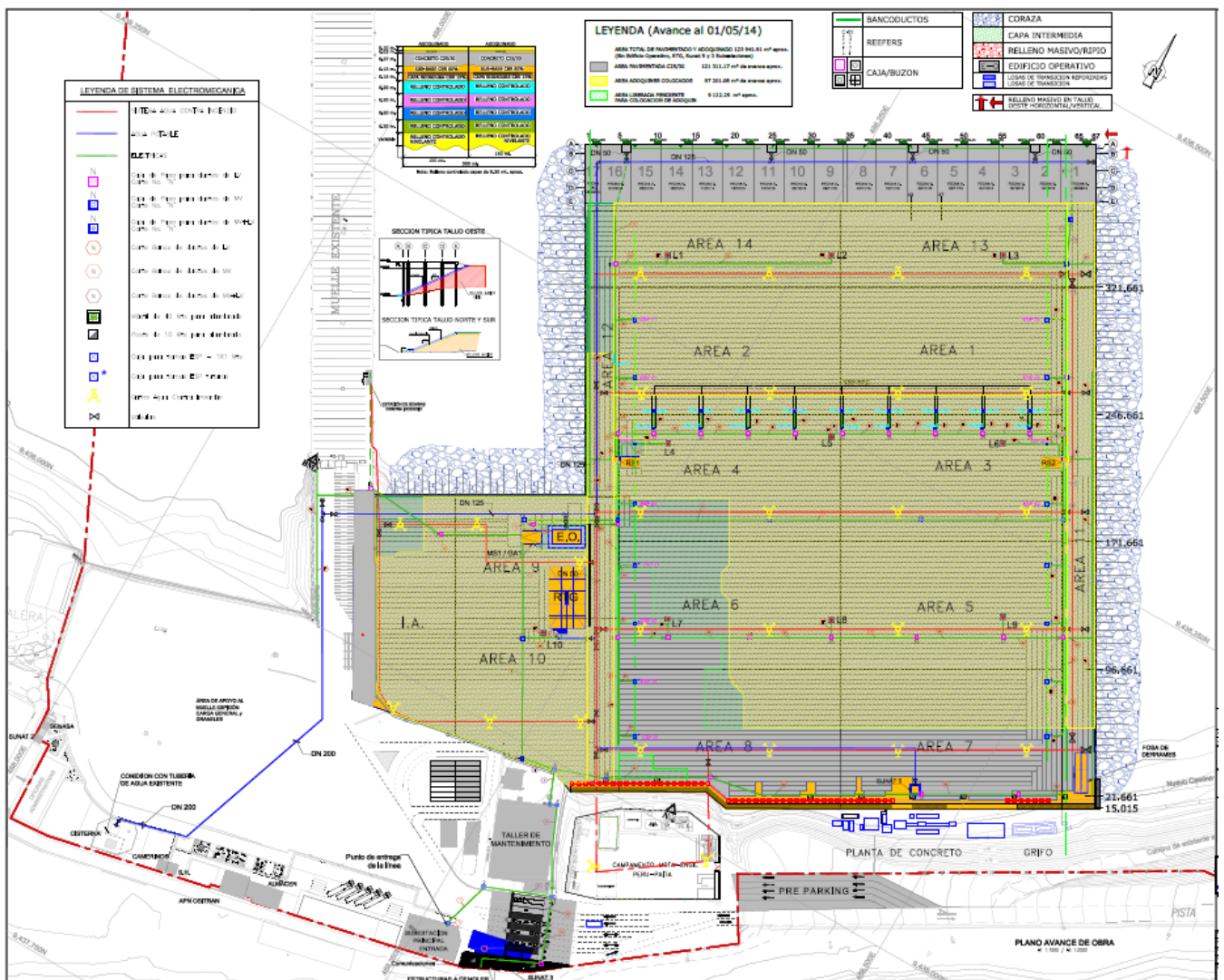


Fig. 87. Plano general con redes de agua, red eléctrica y red contraincendios

Fuente: Obra “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita

CONCLUSIONES

Finalizada la investigación, se logró cumplir con el objetivo general, elaborando un análisis técnico – económico comparativo entre dos sistemas de pilotaje para el desarrollo de un muelle de contenedores, para lo cual se eligió el sistema de pilotes hincados y para ellos las nueve conclusiones siguientes constituyen el aporte más importante de este trabajo.

1. La formación de criterios comparativos en obras portuarias, ha permitido desarrollar un análisis minucioso de cada actividad.
2. El análisis comparativo entre sistemas constructivos de pilotes hincados y moldeados representan un aporte académico para quienes están interesados en desarrollar comparativos entre otros sistemas de pilotaje, partiendo de esta investigación, con formatos tipos de actividades.
3. El sistema de pilotes hincado presenta un dinamismo constructivo más económico que pilotes moldeados, debido a que el hincado no depende de otras actividades.

4. La construcción de ensecaderas (retención) con tablestacas ha marcado una gran diferencia económica y constructiva entre ambas propuestas.
5. Se concluye que el sistema de pilotes hincados sobre una jack-up (embarcación) presenta un rendimiento menor que pilotes moldeados, pero que a largo plazo por ser una actividad que no para ni espera otras actividades supera al rendimiento de pilotes moldeados.
6. El proceso constructivo de pilotes moldeados, está sujeto a actividades antecesoras y críticas como la construcción de la retención y el relleno provisorio, lo cual incrementa el plazo de ejecución y los costos, en comparación a pilotes hincados.
7. El uso de sistema de encofrado móvil (Cimbra), es de fácil montaje y alto rendimiento de avance en comparación al encofrado con losas prefabricadas, además del menor uso de equipamiento en su ejecución. El rendimiento de la cimbra es de 3 días/ 650 m² (encofrado total), lo cual incluye avance y fijación de compuertas (gavetas) listas para la colocación de acero.
8. Con el sistema de pilotes moldeados se incrementaron 66 pilotes para reducir la luz entre los alineamientos de los pilotes por facilidades constructivas (encofrados de losa del muelle); lo cual representa un incremento de costo y plazo de ejecución. Los pilotes adicionales fueron colocados en los alineamientos B y C.

RECOMENDACIONES

Después de analizar profundamente las conclusiones a las que se llegó en el presente estudio, se procedió a dar las siguientes ocho recomendaciones.

1. Se deben dar continuidad a la investigación de formatos y análisis comparativos de obras portuarias.
2. Desarrollar un análisis comparativo cualitativo de las actividades entre ambos sistemas.
3. Académicamente se debe optar por el uso de sistemas constructivos tecnológicos al desarrollar otros comparativos de obras portuarias.
4. Considerar el material de uso provisorio en ampliaciones o variaciones de proyecto de tal modo que se mejore el proyecto, como por ejemplo las tablestacas utilizadas en la retención.

5. Hacer análisis comparativos con datos reales tomados en campo, debido a que en esta investigación fueron comparados datos reales en el sistema de pilotes hincados y algunos datos teóricos en el sistema de pilotes moldeados.
6. Realizar investigaciones con partidas iniciales desde dragado hasta operatividad del muelle.
7. Presentar además del análisis comparativo un estudio económico por operación al finalizar el proyecto.
8. Desarrollar un comparativo entre sistema de pilotes hincados mediante una embarcación (jack up) y montando una estructuras de avance sobre el mar (cantitravel), para la construcción de un muelle de contenedores.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- [1] Fuentes Ortiz, César, “Libro de ingeniería portuaria”, Lima. 2001
- [2] MOTA ENGIL PERU S.A, “Construcción del nuevo terminal portuario de Paíta”, Paíta. 2012
- [3] Universidad de Porto 2008, FEUP, “Contención y fundación en edificios” editorial FEUP, edición 2008, Portugal
- [4] Diseño de cimentación sobre pilotes, Cuba, 2010
- [5] APN (2012), Revista de la Autoridad portuaria Nacional, edición13,
- [6] COSTOS edición 225/ Dic. “Publicación mensual del grupo S10”, (2012)
- [7] Steel foundation solutions for projects- Arcelor Mittal – 2012
- [8] Memória da Utilização do Cimbre Móvel Inferior –Portugal – 2010
- [9] <http://corporate.arcelormittal.com>

[10] <http://www.construaprende.com/docs/trabajos/306-pilotaje-cimentaciones-profundas>

[11] <http://ingecivilcusco.blogspot.com> "Ingeniería civil, sistema de Pilotes"

ANEXOS

NOTAS DE AUTOR

La investigación se inicia debido a que el autor es partícipe del proyecto “Construcción del nuevo terminal portuario de Paita”, en la cual ha intervenido en todas las actividades, desde relleno masivo, hincado de pilotes, enrocado, vaciado de pilotes, montaje de arriostres, abrazaderas y cimbra, vaciados de tablero del muelle, montajes de elementos para el muelle, entre otros. Además de participar en la organización y planeamiento de los trabajos en el puerto y las canteras, supervisión de actividades directas de hincado y enrocado, trabajos a la marea, programaciones diarias y semanales para el cumplimiento del plazo

Con toda esta información práctica en obra decidí realizar la comparación entre un sistema de pilotes moldeados, de la cual se partió de las bases teóricas de libros, revistas, web y entrevistas a ingenieros especializados en la materia que elaboran en la obra.

La complejidad de comparar estos sistemas, permitió que el autor aporte una serie de posibilidades de tal forma que sean competitivas a los pilotes hincados, para lo cual se reemplazó el trabajo sobre una Jack up, por el trabajo sobre un relleno provisorio mediante un sistema de tablestacados, en donde el autor optimizó la cantidad de piezas para reaprovecharlas en las siguientes fases, así como diseñar un sistema de encofrado de fácil montaje y desmontaje con perfiles metálicos, el cual sustituía al encofrado móvil.

Otro de los aportes fue desarrollar el análisis de precios unitarios de ambos sistemas, para lo cual el autor luego de participar en todas las actividades del proyecto y sobre todo las relacionadas a la construcción del muelle, tenía conocimiento de costos y recursos involucrados en cada partida; del mismo modo gracias a ingenieros experimentados de la obra y el

aprendizaje teórico sobre pilotes moldeados, se desarrolló los análisis para el sistema comparativo de pilotaje moldeado.

El autor hizo algunas variaciones del proyecto para la investigación como: el vaciado de pilotes al llenarlos en su totalidad con concreto, debido a que el proyecto contempla rellenarlos con arena desde el fondo hasta los 6m, antes del tope del pilote y lo restante sólo con concreto, otra de las variaciones es el dimensionamiento de las capas del enrocado del proyecto, de capa intermedia de 10 a 100 kg por entre 100 a 300 kg, coraza de 100 a 300 kg, por entre 350 a 750 kg y un pie de talud de 500 kg por entre 1000 a 3000 kg.

Lecciones aprendidas

- Control de hincado de pilotes.
- Construcción de tablas de enrocado y control de la actividad.
- Inicio de explotación de cantera.
- Control de dragado con equipo pesado (grúa y cucharón de almeja).
- Instalaciones de arriostres y abrazaderas en pilotes.
- Aprendizaje en control de avance de encofrado móvil (cimbra).
- Elaboración de programación de actividades diarias y semanales.
- Aprendizaje en trabajos portuarios como vaciado de pilotes, enrocado y montaje de estructuras del muelle.
- Aprendizaje y control de relleno masivo hacia el mar y controlado en plataforma.
- Organización en recursos necesarios para vaciados en fases del muelle.
- Montaje de elementos prefabricados en general.
- Instalación de accesorios para el muelle como defensas, bitas y rieles.
- Aprendizaje en organización y planificación de trabajos a la marea.
- Lectura de tabla de marea para trabajar en bajamar o pleamar.
- Aprendizaje en sistema de pilotes moldeados.
- Aprendizaje de uso de equipos adecuados para cada actividad.