

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil



“DESCRIPCIÓN DE LA EJECUCIÓN DE OBRAS MARÍTIMAS  
DEL PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE UN TERMINAL  
PORTUARIO EN ICA PERÚ ”

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título  
profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Gabriel Gustavo Tirado Gutierrez

Asesor:

Ing. Alexander Ordoñez Guevara

Lima - Perú

2020

## DEDICATORIA

“A mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí”

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a los docentes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, en especial al equipo del programa de estudios Working Adult, por haber guiado mi proceso formativo profesional a lo largo de los últimos años en los cuales he podido compartir experiencias y adquirir herramientas fundamentales para ejercer la profesión en el competitivo mercado laboral.

## **TABLA DE CONTENIDOS**

|   |           |
|---|-----------|
| DEDICATORIA   | 2         |
| AGRADECIMIENTO  | 3         |
| ÍNDICE DE FIGURAS                                       | 6         |
| <b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b>                         | <b>8</b>  |
| <b>1.1. Descripción de la Empresa</b>                   | <b>9</b>  |
| <b>1.1.1 Antecedentes de la Empresa</b>                 | <b>9</b>  |
| <b>1.1.2 Objetivo de la Empresa</b>                     | <b>10</b> |
| <b>1.1.3 Misión de la Empresa</b>                       | <b>10</b> |
| <b>1.1.4 Visión de la Empresa</b>                       | <b>10</b> |
| <b>1.1.5 Sistema Integrado de Gestión de la Empresa</b> | <b>11</b> |
| <b>1.1.6 Organigrama De la Empresa</b>                  | <b>12</b> |
| <b>1.2 Antecedentes del Tema</b>                        | <b>13</b> |
| <b>1.2.1 Realidad Problemática</b>                      | <b>33</b> |
| <b>1.3 Justificación</b>                                | <b>35</b> |
| <b>1.4 Planteamiento del Problema</b>                   | <b>35</b> |
| <b>1.5 Objetivos</b>                                    | <b>36</b> |
| <b>1.5.1 Objetivo General</b>                           | <b>36</b> |
| <b>1.5.2 Objetivos Específicos</b>                      | <b>36</b> |
| <b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b>                       | <b>37</b> |
| <b>2.1 Las Obras Marítimas:</b>                         | <b>37</b> |
| <b>2.2 Obras Marítimas Fijas:</b>                       | <b>41</b> |
| <b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA</b>      | <b>50</b> |

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| <b>3.1</b>   | <b>Ingreso y Desempeño en la Empresa:</b>                                     | <b>50</b> |
| <b>3.2</b>   | <b>Descripción de la Ejecución de Obras Marítimas – Muelle</b>                | <b>52</b> |
| <b>3.2.1</b> | <b>Descripción de las Demoliciones</b>  | <b>55</b> |
| <b>3.2.2</b> | <b>Descripción de la Excavación y Relleno</b>                                 | <b>57</b> |
| <b>3.2.3</b> | <b>Descripción del Hincado de Pilotes</b>                                     | <b>62</b> |
| <b>3.2.4</b> | <b>Tapón de Pilotes o “Pile Plug” y Colocación de Capiteles Prefabricados</b> | <b>62</b> |
| <b>3.2.5</b> | <b>Vigas, Losas Prefabricadas y Vaciado de Concreto In Situ</b>               | <b>78</b> |
| <b>3.2.6</b> | <b>Losas de Transición</b>  | <b>91</b> |
| <b>3.3</b>   | <b>Los Planos Generales</b>   | <b>93</b> |
|              | <b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS</b>  | <b>93</b> |
|              | <b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES</b>   | <b>95</b> |
|              | <b>RECOMENDACIONES</b>  | <b>96</b> |
|              | <b>REFERENCIAS</b>  | <b>97</b> |
|              | <b>ANEXOS</b>   | <b>98</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación del Terminal Portuario                                | 9  |
| Figura 2. Organigrama del Terminal Portuario                              | 12 |
| Figura 3. Organigrama del Departamento de Ingeniería                      | 13 |
| Figura 4. Puerto Pesquero Champerico-Guatemala                            | 24 |
| Figura 5. Sección Muelle de Paita   | 26 |
| Figura 6. Muelle de Paita   | 33 |
| Figura 7. Manto Principal Wp´   | 42 |
| Figura 8. Cota Francobordo Fc   | 43 |
| Figura 9. Anchura de la Berma de Protección                               | 44 |
| Figura 10. Terminal Portuario en 2016                                     | 53 |
| Figura 11. Secciones de muelle existente y nuevo                          | 54 |
| Figura 12. Esquema de las 4 Etapas de Muelle-Etapa 1                      | 56 |
| Figura 13. Esquema de las 4 Etapas de Muelle-Etapa 2                      | 56 |
| Figura 14. Esquema de las 4 Etapas de Muelle-Etapa 3                      | 57 |
| Figura 15. Procesamiento de Quarry Run                                    | 59 |
| Figura 16. Procesamiento de Quarry Run                                    | 59 |
| Figura 17. Conformación de Talud de Muelle                                | 60 |
| Figura 18. Conformación de Talud de Muelle                                | 60 |
| Figura 19. Trabajos para Instalación de Colchacreto.                      | 61 |
| Figura 20. Trabajos para Instalación de Colchacreto.                      | 61 |
| Figura 21. Suministro de Pilotes para Hincado                             | 63 |
| Figura 22. Preparación de Pilotes en Acopio para Traslado.                | 63 |
| Figura 23. Traslado de Pilote para Hincado.                               | 64 |
| Figura 24. Soldadura de Anillos Internos en los Pilotes.                  | 64 |
| Figura 25. Instalación de Garabito o Plantilla de Alineamiento de Pilotes | 65 |
| Figura 26. Hincado de Pilotes   | 65 |
| Figura 27. Hincado de Pilotes   | 66 |
| Figura 28. Hincado de Pilotes   | 66 |
| Figura 29. Hincado de Pilotes   | 67 |
| Figura 30. Soldadura de Plataforma de Soporte de Perforadora              | 67 |
| Figura 31. Hincado de Pilotes por Mar (Barcaza)                           | 68 |
| Figura 32. Alineamiento de Pilotes en Zona de Muelle.                     | 68 |
| Figura 33. Soldadura para posicionamiento de capiteles en Muelle.         | 69 |
| Figura 34. Vista de arriostres en pilotes de muelle.                      | 69 |
| Figura 35. Monitoreo de hincado de pilotes.                               | 70 |
| Figura 36. Rehincado de pilotes en muelle.                                | 70 |
| Figura 37. Corte de Pilotes   | 71 |
| Figura 38. Trabajos de Corte de Pilotes                                   | 71 |
| Figura 39. Colocación de Tubería para Retiro de agua del Pilote           | 72 |
| Figura 40. Prueba PDA en Pilote Permanente.                               | 72 |
| Figura 41. Instalación de Armadura en Pilote.                             | 73 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 42. Preparación de Arriostre Metálico de Capiteles.                                 | 73 |
| Figura 43. Prueba de Ultrasonido de Soldadura de Empalmes de Pilotes.                      | 74 |
| Figura 44. Vaciado de Concreto en Pile Plug.   | 74 |
| Figura 45. Vertido de Concreto para Pile Plug  | 75 |
| Figura 46. Vertido de Concreto para Pile Plug  | 75 |
| Figura 47. Hincado de Rock Socket en Muelle.   | 76 |
| Figura 48. Trabajos de Montaje de Capiteles en Muelle.                                     | 76 |
| Figura 49. Trabajos de Montaje de Capiteles en Muelle.                                     | 77 |
| Figura 50. Habilitado de Estructura de Acero para Vaciado de Concreto Pilote.              | 77 |
| Figura 51. Instalación de Capiteles en Estructura de Muelle.                               | 78 |
| Figura 52. Acopio de Agregados para Concreto de Prefabricados                              | 79 |
| Figura 53. Habilitado de Acero para Estructuras de Prefabricados para Muelle.              | 80 |
| Figura 54. Encofrado de elementos Prefabricados para muelle.                               | 80 |
| Figura 55. Curado y Habilitación de Acero en Estructuras de Prefabricados.                 | 81 |
| Figura 56. Vaciado de Concreto en Prefabricados para Muelle.                               | 81 |
| Figura 57. Vaciado de Concreto en Prefabricados para Muelle.                               | 82 |
| Figura 58. Acopio de Prefabricados.  | 82 |
| Figura 59. Vista de Zona de Acopio de Elementos Prefabricados                              | 83 |
| Figura 60. Trabajos Preliminares para Colocación de Prefabricados de Muelle.               | 83 |
| Figura 61. Montaje de Estructuras de Prefabricados en Muelle.                              | 84 |
| Figura 62. Montaje de estructuras de prefabricados en muelle.                              | 84 |
| Figura 63. Montaje de Prelosas en Muelle.  | 85 |
| Figura 64. Vista de Trabajos de Excavación en Zona de Muelle                               | 85 |
| Figura 65. Colocación de Acero en Losa del Muelle  | 86 |
| Figura 66. Alineamiento y Control de Niveles en Muelle.                                    | 86 |
| Figura 67. Trabajos de Montaje de Vigas Prefabricadas en Muelle                            | 87 |
| Figura 68. Vista de Montajes de Losa en Muelle.  | 87 |
| Figura 69. Trabajo de Soldadura de Pilotes   | 88 |
| Figura 70. Trabajo de Soldadura de Pilotes   | 88 |
| Figura 71: Vaciado de Concreto en Losa de Muelle   | 89 |
| Figura 72. Vaciado de concreto en Losa de Muelle   | 89 |
| Figura 73. Vaciado de Concreto en Losa de Muelle   | 90 |
| Figura 74. Trabajos de Nivelación de Losa en Muelle  | 90 |
| Figura 75. Montaje de Losa de Transición.  | 91 |
| Figura 76. Montaje de Losa de Transición.  | 92 |
| Figura 77. Trabajos de Colocación de Pernos  | 92 |
| Figura 78. Esquema del proceso previo a la ejecución de Obra identificado por el Bachiller | 93 |
| Figura 79. Esquema del proceso constructivo del muelle identificado por el Bachiller.      | 94 |

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El Terminal Portuario, cuyo nombre mantendré en reserva a solicitud del representante legal quien autoriza el uso de información para el presente trabajo, se encuentra ubicado en el departamento de Ica a menos de 300 kilómetros del Puerto del Callao.

El Terminal Portuario en mención es un puerto de uso público desde su origen (año de construcción 1969), y se ha caracterizado por ser un puerto multipropósito al atender diferentes tipos de carga.

Antes de la ejecución de las obras correspondientes al proyecto de modernización este terminal contaba con un muelle de 700m de longitud de cuatro puestos de atraque (amarraderos 1, 2, 3 y 4). Cuenta con un abrigo natural frente al oleaje y buen clima. A consecuencia del sismo ocurrido en el año 2007 se vieron afectados dichos amarraderos, motivo por el cual urgía desarrollar un muelle con estructura nueva.

Este contribuye al buen desempeño de las actividades pesqueras, agroindustriales e industria metalúrgica, básicamente los productos que se movilizan están relacionados con el desarrollo socioeconómico de los departamentos de Ica, Ayacucho, Huancavelica y el norte de Arequipa. Asimismo, la zona tiene atractivo turístico debido a su cercanía a la ciudad arqueológica donde se desarrolló la cultura Paracas.

El Estado Peruano ha concesionado a este “Terminal Portuario” para operar y ejecutar las obras e implementación del equipamiento portuario, conforme se establece en el Contrato de Concesión. Con el presente trabajo de suficiencia profesional se busca



describir de manera resumida y práctica las obras marítimas ejecutadas las cuales forman parte del proyecto de modernización del puerto arriba descrito, en las cuales he participado a partir del año 2015 hasta el año 2020 donde me desarrollé como supervisor de obra y representante del cliente ante el contratista y subcontratistas.

## 1.1. Descripción de la Empresa

### 1.1.1 Antecedentes de la Empresa

El desarrollo de los procesos y actividades operacionales de este Terminal Portuario, se encuentra ubicada en el departamento de Ica – Perú.



Figura 1. Ubicación del Terminal Portuario

Fuente: Archivo Propio

El “Terminal Portuario donde he realizado la experiencia” reúne una larga experiencia en los más diversos sectores como el portuario, administración de parques nacionales, energía, concesiones viales, entretenimiento y turismo, así como movilidad urbana.

Con este proyecto, el puerto de Ica se modernizó para satisfacer la demanda local e internacional y apoyar el crecimiento de la oferta de servicios portuarios en su área de influencia.

Se prevé que el Terminal estará finalizando su periodo de construcción en el 2020, operando en su configuración ideal. Aunque la concesión es por un plazo de 30 años, las obras civiles están diseñadas para una vida útil mínima de 50 años.

### **1.1.2 Objetivo de la Empresa**

El Consorcio Terminal Portuario Paracas (en adelante TPP S.A.) se constituyó con el objetivo de ser multipropósito, y tener la capacidad de operar con cualquier tipo de mercancía, para así poder satisfacer los diferentes tipos de demanda, tanto de la zona de influencia como de sus alrededores Project cargo, agroalimentarios, sal, fertilizantes, productos metalúrgicos, contenedores, vehículos, maquinaria, pasajeros etc.

### **1.1.3 Misión de la Empresa**

Desarrollar y operar un terminal multipropósito, cumpliendo con los mejores estándares técnicos, socios ambientales y generando valor para la sociedad, nuestros clientes y nuestros accionistas.

### **1.1.4 Visión de la Empresa**

Convertirnos en el terminal multipropósito líder del país y referencia de Sudamérica por la calidad y competitividad de sus servicios, contando con profesionales comprometidos y

contribuyendo en la mejora de los indicadores sociales y económicos de nuestra zona de influencia.

### **1.1.5 Sistema Integrado de Gestión de la Empresa**

El sistema integrado de gestión del Terminal Portuario lo conforma los sistemas de gestión de calidad, ambiental, de la salud y seguridad ocupacional, y de control y seguridad: basados en las normas y estándares internacionales de la ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, OHSAS 18001:2007 y BASC V05 respectivamente, el cual tiene el siguiente alcance:

- Servicio a la nave.
- Servicio a la carga.
- Servicio al pasajero.
- Servicios especiales
- Servicios de terceros.

Fuente: Terminal Portuario. Sitio Web Oficial de la Empresa

### 1.1.6 Organigrama De la Empresa

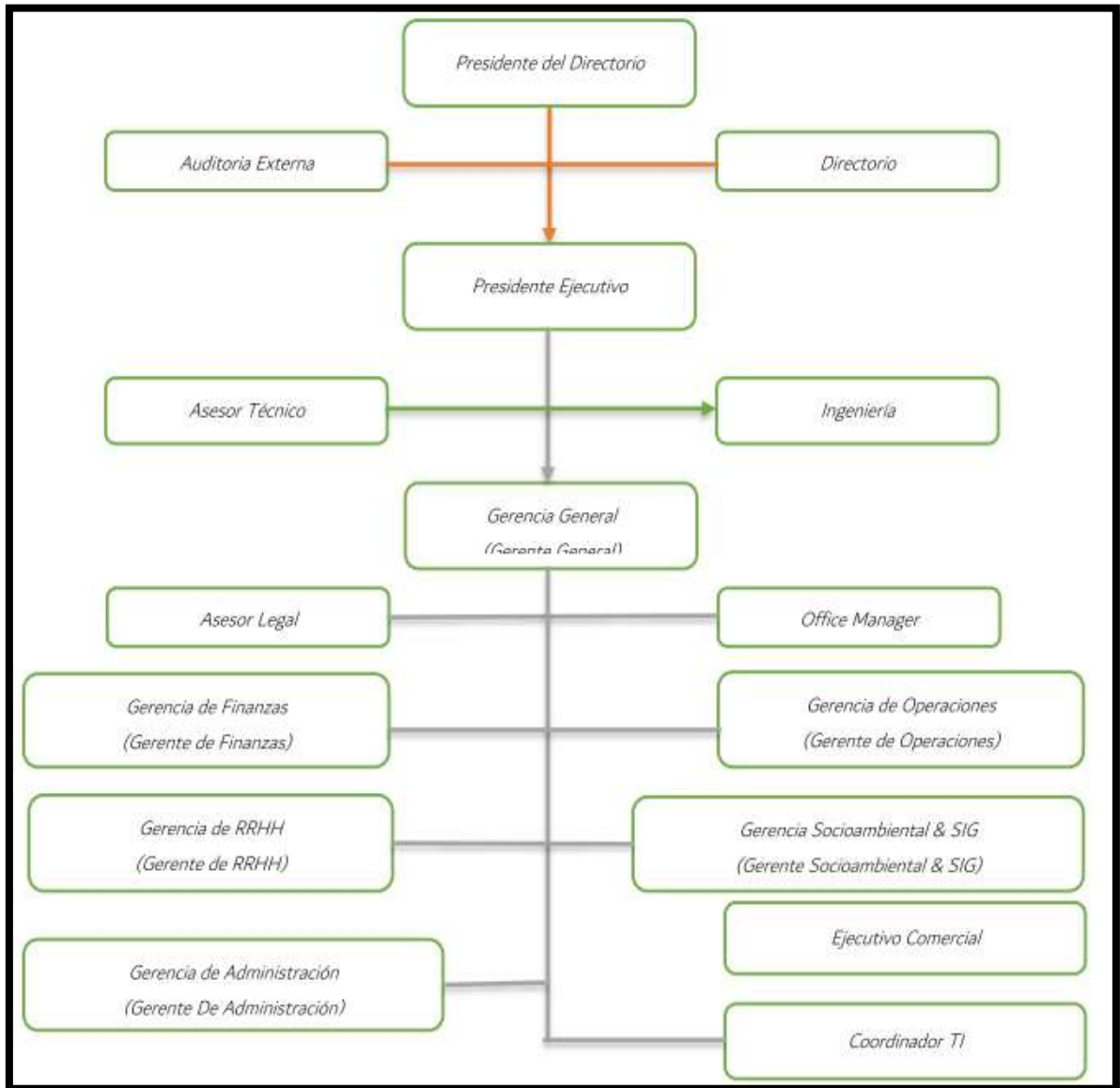


Figura 2. Organigrama del Terminal Portuario  
Fuente: Terminal Portuario

El organigrama detallado a continuación, corresponde al área de Ingeniería del Terminal Portuario, donde se desarrolló la experiencia de supervisión del proyecto de Modernización del cual se expondrá en las próximas páginas.

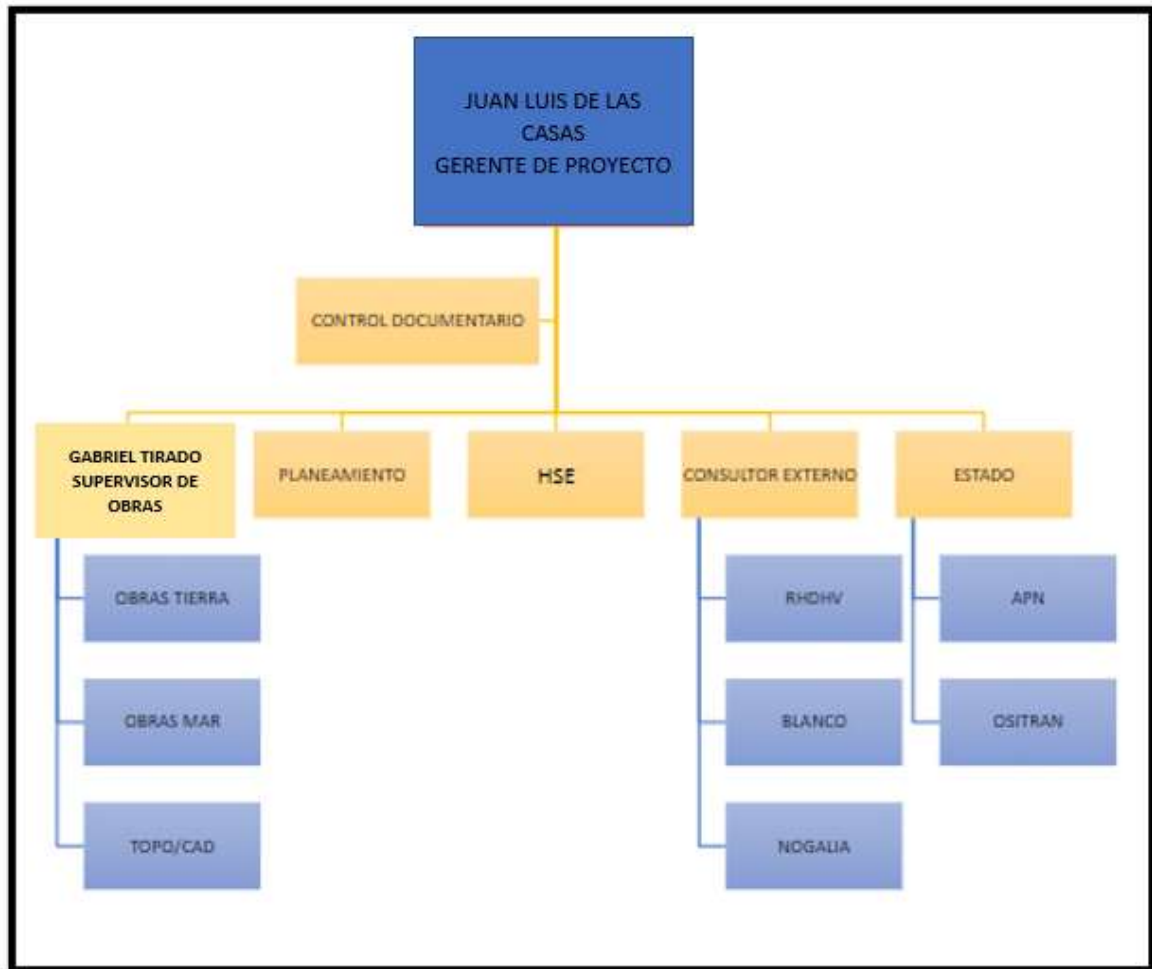


Figura 3. Organigrama del Departamento de Ingeniería  
 Fuente: Terminal Portuario

## 1.2 Antecedentes del Tema

Entre los antecedentes de estudios internacionales se tiene:

La investigación de la ejecución de la obra “Muelle de Champerico-Guatemala” cuya información tiene como matriz el documento desarrollado por la empresa Royal Haskoning

en el año 2005 con título “Informe Final del Puerto Pesquero de Champerico” en el cual se muestra la siguiente información referencial:

### **Descripción general de las obras**

El puerto tiene como objetivo servir de base, y brindar las facilidades portuarias para la flota semi-industrial pesquera y las lanchas de pesca artesanal. Para tal fin el puerto tendrá un canal de acceso a una profundidad de MLWS -5m, protegido por un rompeolas principal y un espigón (rompeolas secundario). En el interior del puerto habrá un muelle tablestacado de 150 m de longitud para la descarga de productos de la flota semi-industrial. Al lado del muelle habrá unos muelles flotantes para la descarga y el descanso de las lanchas de la flota artesanal y en el fondo del puerto se encuentran tres muelles sobre pilotes para el descanso de la flota semi-industrial. La profundidad en la dársena y muelles del puerto es de MLWS -4.5m.

El puerto se ubica a unos 225 km de la capital de Guatemala en la costa del océano pacífico y a unos 100 Km de distancia de Puerto Quetzal medido en línea recta. Actualmente existe un muelle antiguo de madera, una plataforma de concreto y unos talleres viejos para la reparación de embarcaciones menores y está la oficina administrativa de EPNAC que ha sido rehabilitada.

El proyecto en su totalidad consiste de los siguientes componentes principales:

- Obras en roca
- Dragados y rellenos
- Muelle de tablestacado
- Muelles sobre pilotes
- Muelles flotantes

- Bodega
- Obras menores (garita, cerca, servicios, pavimentos)

Las obras principales a construir son:

### **Obras en Roca**

#### **Rompeolas**

El rompeolas que se construirá tiene el objetivo de reducir la penetración del oleaje en el puerto para permitir el acceso de los barcos y bloquear el transporte litoral de sedimentos para así evitar la sedimentación del puerto. En Champerico el transporte litoral neto es de sureste hacia el noroeste. Por lo tanto, el rompeolas se encuentra al lado sureste del canal de acceso del puerto.

Para ser efectivo el rompeolas, la cabeza debe atravesar la zona de olas rompientes bajo condiciones de oleaje normales. En Champerico dicha zona se encuentra entre la cota de MLWS -3m y la línea de la costa aproximadamente a MLWS+1.50 m dependiendo de la marea. Además de ser un requisito para el bloqueo efectivo del transporte litoral, también es indispensable para la navegación de los buques en el canal de acceso. Los barcos en zona rompiente tocan fondo y se varan, pierden el dominio sobre el timón y son arrastradas por el desplazamiento de agua.

La cabeza del rompeolas se ubicará a la MLWS -4.75m. Desde acá el rompeolas corre paralelo al canal de acceso del puerto. Dicho tramo es de unos 315 metros de longitud. Luego el rompeolas quiebra para conectarse con la costa en una línea perpendicular a la misma. Este tramo se extiende sobre una distancia de aproximadamente 200 metros.

La cabeza del rompeolas consiste de una coraza de accropodes de 10 toneladas los cuales se colocan sobre un talud de 1:1.5. Asimismo, el cuerpo del segundo tramo tiene una coraza de accropodes de 10 toneladas del lado del mar y de roca de 4-6 ton al lado tierra. Los accropodes se colocan sobre una capa de filtro de 1-3 ton y este descansa sobre el núcleo del rompeolas que consiste de ripio de cantera.

La coraza del primer tramo consiste de roca de 1-3 toneladas colocadas sobre el núcleo.

En la cabeza del rompeolas se instalará un faro alimentado con baterías. Dicho faro se coloca sobre una base de concreto. Consiste de una caseta para las baterías y un tubo con las luces.

#### Espigón

Si bien el transporte de sedimentos neto anual es hacia el noroeste en algunas épocas del año puede ocurrir un transporte de sedimentos en dirección opuesta. Asimismo, por difracción del oleaje alrededor de la cabeza del rompeolas principal se genera un transporte de sedimentos en dirección al sureste en forma muy localizada. Con el fin de evitar la entrada de este volumen de sedimento en el área portuaria y para reducir la penetración del oleaje al puerto, se construirá un espigón (rompeolas secundario) al lado noroeste del canal de acceso.

El espigón tendrá una longitud limitada de 85 metros desde la línea de costa. La cabeza se encuentra a MLWS -0.75 m y cuya coraza consiste de roca de 4-6 t.

#### Bocana-desembocadura río Bolas

El Río Bolas muestra una fluctuación grande del caudal. En épocas de lluvia el caudal es relativamente alto y en épocas de sequía el caudal se reduce a prácticamente cero. El caudal alto provoca la rotura de la bocabarra al noroeste del área portuaria mientras que en la época seca se cierra en ciertos niveles de marea.



Aguas arriba del río se encuentran las granjas para el cultivo de camarones las cuales requieren de agua salobre. Por tal razón es preferible que el río mantenga una conexión permanente con el mar lo cual permite la entrada de aguas saladas del mar durante la marea alta y la evacuación controlada de los caudales altos del río en la época de lluvias.

La bocabarra se mantiene abierta si el transporte de sedimentos es bajo y el caudal es alto, con la construcción del puerto el transporte de sedimentos hacia noroeste se reduce a cero. Por consiguiente, la bocabarra podría correrse hacia el puerto y poner en peligro por socavación, al espigón (rompeolas secundario). Asimismo, la bocabarra puede cerrarse por el transporte de sedimentos del noroeste en combinación con caudales bajos. Un espigón del lado este de la desembocadura estabiliza la ubicación de la desembocadura. Llevando este espigón y protección bastante hacia dentro se evita la socavación posible en el futuro.

El espigón tendrá un diseño similar al del espigón (rompeolas secundario) del puerto en el tramo en el mar. Una vez que entre en la bocabarra se reduce a una protección de orilla. Las olas por difracción y refracción podrán penetrar en la bocana, por tal motivo la primera parte de la protección de orilla lleva roca de 0.3 – 1.0 t en la coraza. Dicha roca se coloca sobre roca pequeña de 30 -100 kg. Finalmente se coloca un geotextil sobre el suelo para evitar la socavación de la barra. Con el fin de evitar cualquier socavación de la protección de orilla se excava una zanja hasta MLWS -1.5m para enterrar el pie de la protección. Asimismo, el pie se extiende sobre 4 metros con el fin de absorber por asentamiento cualquier erosión que pueda ocurrir.

En el interior de la desembocadura del río, donde no hay oleaje, la protección deberá resistir la corriente del río, la protección consiste de roca de 30-100kg puesto sobre un geotextil.

#### Protección de orilla

Aparte de la protección de orilla que forma parte de la bocana se construyen dos tipos de protección de orilla. La primera se coloca a todo lo largo de la orilla de la dársena y la segunda se ubica al lado noroeste del área portuaria.

En la dársena no habrá penetración del oleaje proveniente del mar sin embargo habrá oleaje por la navegación de los barcos. Dicho oleaje requiere de una protección de orilla de roca de 100 -300 kg puesto sobre roca pequeña y geotextil. El talud de la protección de orilla es de 1:2.5. Asimismo, esta protección evitará la erosión en época de lluvias. Se rellenará el área del puerto hasta un nivel de MLWS +3.5m por lo cual el nivel superior de la protección llegará a este nivel. Puesto que la protección de orilla deberá resistir el ataque del oleaje y la corriente no juega un papel importante la parte inferior de la protección que termina a MLWS -1m. A este nivel se construye una berma para el descanso de la roca. Entre la berma y el fondo de la dársena habrá un talud natural del orden de 1:4.

En la parte detrás del área portuaria rellenada se construirá una protección de orilla sencilla. Como el terreno no llegará hasta el río sino se ubicará en la vegetación existente, dicha vegetación frena la corriente del río por lo cual la protección de orilla puede ser muy sencilla. Se colocará roca de 1-30 kg sobre geotextil. La parte superior del talud se encuentra a MLWS +3.5m mientras que la parte inferior se encuentra al nivel del suelo local.

### **Obras de dragado y relleno**

Las obras de dragado consisten del dragado del canal de acceso al puerto y la dársena del mismo. Se estima que habrá un volumen total de dragado de aproximadamente 500,000m<sup>3</sup>. Puesto que parte del subsuelo de la dársena no es apto para el relleno hidráulico del área portuaria se han asignado dos áreas de depósito de material dragado:

- 1 El material que sea apto como relleno hidráulico se deposita en la zona alrededor de la dársena para rellenar el terreno de MLWS +0.5m hasta MLWS +3.5m. Se ha estimado que el volumen de material apto para el relleno es de unos 350,000m<sup>3</sup>. El área del terreno es de unos 110,000m<sup>2</sup> por lo cual todo el material apto para el relleno será depositado en esta área.
- 2 El material que no sea apto para relleno hidráulico del terreno portuario se deposita en la barra existente entre la bocabarra del río Bolas y el espigón del puerto. El volumen de material no apto para relleno asciende a unos 150,000 m<sup>3</sup>.

Se prevé que se realizará el dragado con dos métodos diferentes, a saber, una draga de succión en marcha para el dragado del canal de acceso y una draga de corte y succión para la dársena del puerto. Se estima que el volumen a dragar del canal de acceso asciende a unos 150,000 m<sup>3</sup> y el volumen de la dársena de unos 350,000 m<sup>3</sup>. Todo el material dragado del canal de acceso será depositado en el área portuaria mientras que algo más de la mitad del volumen dragado en la dársena se deposita en esa área mientras que lo demás va en el área de la barra entre el puerto y la bocabarra.

### **Muelles**

El puerto tendrá tres diferentes tipos de muelles, a saber

- Un muelle tablestacado para la descarga de camarón y pescado de la flota semi-industrial
- Tres muelles sobre pilotes para el descanso de la flota semi-industrial
- Dos muelles flotantes para la flota artesanal

### Muelle tablestacado

Al costado este de la dársena se construirá un muelle tablestacado de 150 metros de longitud. El muelle tendrá una altura de MLWS +4m. Puesto que la plataforma existente de concreto se encuentra a MLWS +4.5m habrá una pendiente entre el muelle y la plataforma. Dicha pendiente se ubicará sobre los últimos 20 metros del muelle.

El muelle consiste de tablestacas tipo AZ36 las cuales se hincan hasta una profundidad de MLWS -17m. La estabilidad de las tablestacas se asegura a través de anclajes de mortero. Dichos anclajes consisten de tubos de acero de un diámetro de unos 10 cm y un cuerpo de mortero que se inyecta por el tubo. Al final del tubo hay una serie de huecos por los cuales el mortero puede salir al subsuelo, mezclarse y formar un cuerpo grueso que, por fricción con el subsuelo genera la fuerza de tensión del anclaje. La longitud del cuerpo de mortero determina la capacidad del anclaje de mortero. En este caso se ha establecido que un cuerpo de mortero de 11 metros es suficiente.

Después de hincar las tablestacas se perforan huecos en las mismas para la instalación de los anclajes. La conexión entre los anclajes y la tablestaca se ubica a una altura de MLWS +1.5m. Los anclajes se perforan bajo un ángulo de 25 grados hacía abajo. El cuerpo de mortero deberá encontrarse en las capas de subsuelo firme la cual se encuentra a aproximadamente MLWS -8.5m. Generalmente la parte superior del cuerpo empieza aproximadamente 1 metro por debajo de dicho nivel. Considerando los niveles de la conexión con la tablestaca, el nivel del estrato del subsuelo firme, el ángulo del anclaje y la longitud del cuerpo de mortero requerido, la longitud total del anclaje de mortero asciende a unos 35 metros.

Se colocan anclajes de mortero en cada “barriga” de la tablestaca, es decir, se colocan a una distancia de 1.26 metros. Con una longitud de 150 metros se requiere de un total de 120

anclajes de mortero. A lo largo de las conexiones del anclaje con la tablestaca se coloca una viga de acero.

A ambos lados del muelle se encuentra una zona de transición entre el talud inclinado de la dársena y el muelle vertical. Se deberá prolongar el muelle hasta que la parte alta del talud. En esta zona se reduce la longitud de la tablestaca gradualmente.

En la parte superior del muelle se coloca una viga de concreto reforzado de 600 \* 700 mm. Se colocan bitas, escaleras y defensas de madera a lo largo de todo el muelle. Las bitas son de una capacidad de 10 t. Tanto las bitas como las escaleras se colocan a una distancia de 8.8 metros. A ambos lados de la escalera se instalan defensas de madera y luego a cada 2.5m. Son vigas verticales de madera tropical dura, resistente al entorno marino.

### Muelles sobre pilotes

En la parte detrás de la dársena del puerto se ubicarán dos muelles sobre pilotes. La flota semi-industrial que hará uso del puerto se estima en cien barcos. Considerando que:

La eslora promedia es de unos 25 metros,

En días festivos, prácticamente toda la flota se encuentra en el puerto,

La distancia entre dos buques atracados en el muelle es de dos metros,

A cada barco atracado en el muelle pueden atracar tres barcos más

El muelle de tablestaca sirve como muelle de descanso en estos casos

Se construirán dos muelles sobre pilotes

La longitud de cada muelle debe ser de 100 metros, 25 metros sobre el talud de la orilla y 75 metros en la dársena.

Los muelles se ubicarán a una altura de MLWS +3.5m, similar a la parte superior de la orilla.

Consisten de pilotes tubulares de acero hincados en la dirección longitudinal del muelle a

una distancia de 5 metros entre sí. El ancho del muelle es de 5 metros lo cual permite la circulación de vehículos livianos en el muelle.

En dirección transversal se coloca entre pilotes una viga de concreto reforzado de 700\*900 mm. Sobre las vigas se colocan placas prefabricadas de concreto reforzado de un espesor de 200 mm y finalmente se termina la placa del muelle con una capa de concreto de un espesor de 150 mm.

Se instalan bitas, defensas de madera y escaleras a lo largo de ambos lados del muelle. Las escaleras se sueldan a los pilotes. Se coloca una escalera cada 10 metros, es decir cada dos pilotes se coloca una escalera. En el pilote donde no hay escalera se ubica una bita.

A cada pilote se le coloca una defensa vertical de madera.

### Muelles Flotantes

La flota artesanal tendrá muelles flotantes para el atraque en el puerto. Los muelles se ubican al lado del muelle de tablestacado con el fin de tener una conexión directa entre los muelles y la plataforma existente. Se construyen dos muelles flotantes en forma de T.

Se asume que el tamaño de la flota que inicialmente hará uso del puerto consiste de 86 botes.

Considerando que:

La eslora promedio es de unos 7.5 m,

En días festivos, prácticamente toda la flota se encuentra en el puerto,

La distancia entre dos botes atracados en el muelle es de un metro,

A cada bote atracado en el muelle pueden atracar entre uno y dos botes más

Se construirán dos muelles flotantes de forma T

La longitud total de cada muelle flotante debe ser de 60 m. Se construye una parte perpendicular a la orilla de 20 m. A partir de dicho sitio el muelle se extiende 20 metros a ambos lados.

Los muelles flotantes consisten de elementos de 10 metros de longitud y aproximadamente 2.5 metros de ancho. Cada elemento consiste en dos flotadores y una plataforma de madera. Se instalan bitas y una defensa de madera a lo largo de todos los muelles.

### Bodega

Se construirá una bodega o lonja para la descarga, expendio, enhielado, venta y carga a los camiones, en la plataforma de concreto existente. La bodega de 50 metros de largo y 20 metros de ancho. A ambos lados de la bodega, el techo tiene un volado de 5 metros adicionales para poder (des)cargar durante lluvias.

La bodega consiste de una estructura de acero. Tendrá columnas de y vigas principales de HE 400. Además, se instalarán puntos de agua potable y luz.

### Obras Varias

#### Vías Internas

Las vías consisten de dos carriles de tránsito. Cada carril tiene un ancho de 3.5m. Las vías se ubican entre los muelles sobre pilotes y la plataforma de concreto existente. La vía se encuentra a unos diez metros de la orilla de la dársena. La vía tendrá drenaje hacia la dársena. La vía consiste de una capa de base, sub-base y una capa asfáltica.

### Garita de entrada / salida del puerto

Se construirá una garita de entrada y salida en la vía de acceso al puerto. La garita consiste de una caseta para un vigilante en la mitad de la vía, es decir, a ambos lados de la caseta pasa un carril. Cada carril tiene una tranca que se opera manualmente.

### Drenaje

La plataforma de concreto existente posee un sistema de drenaje a través de canaletas cubiertas que corren por debajo de la plataforma. La descarga se encuentra en la ubicación donde se tiene previsto construir el muelle de tablestacas. Se limpiará y rehabilitará todo el sistema de drenaje, así como la reubicación de la descarga.



*Figura 4. Puerto Pesquero Champerico-Guatemala*

Fuente: Informe Final Royal Haskoning



En cuanto a las investigaciones **nacionales** se tiene:

La investigación de la ejecución de la obra “Muelle de Contenedores del Terminal Portuario de Paita” . Este proyecto fue desarrollado con base en el documento "Informes de Diseño Preliminar" preparado por la empresa Royal Haskoning.

La solución adoptada consiste en una plataforma de hormigón armado, apoyada sobre pilotes tubulares de acero, totalmente hormigonada in situ, con ayuda de una cimbra deslizante. Actualmente, se utiliza mucho esta técnica para construir tableros de viaductos de diversos vanos.

La transición entre el nivel inferior y el nivel de la plataforma consistirá en un talud de contención del terraplén. La primera fase de la ampliación corresponde a la construcción de un muelle de 300m de extensión, en una profundidad de NMBSO-13.0m (nivel medio de bajamar de sicigia). En una fase posterior, se ampliará el frente del muelle unos 300m, a una profundidad de NMBSO-16.0m.

En este proyecto fueron consideradas las exigencias de las más recientes normas y reglamentaciones que se enumeran a continuación:

EN 1991 - Acciones

EN 1992 - Estructura de hormigón simple y armado

EN 1993 - Estructura de acero

EN 1994 - Estructuras mixtas

EN 1997 - Aspectos geotécnicos

EN 1998 - Resistencia a los sismos

BS 6349-1 - Estructuras marítimas

BS 6349-4 - Proyecto de defensas y bolardos

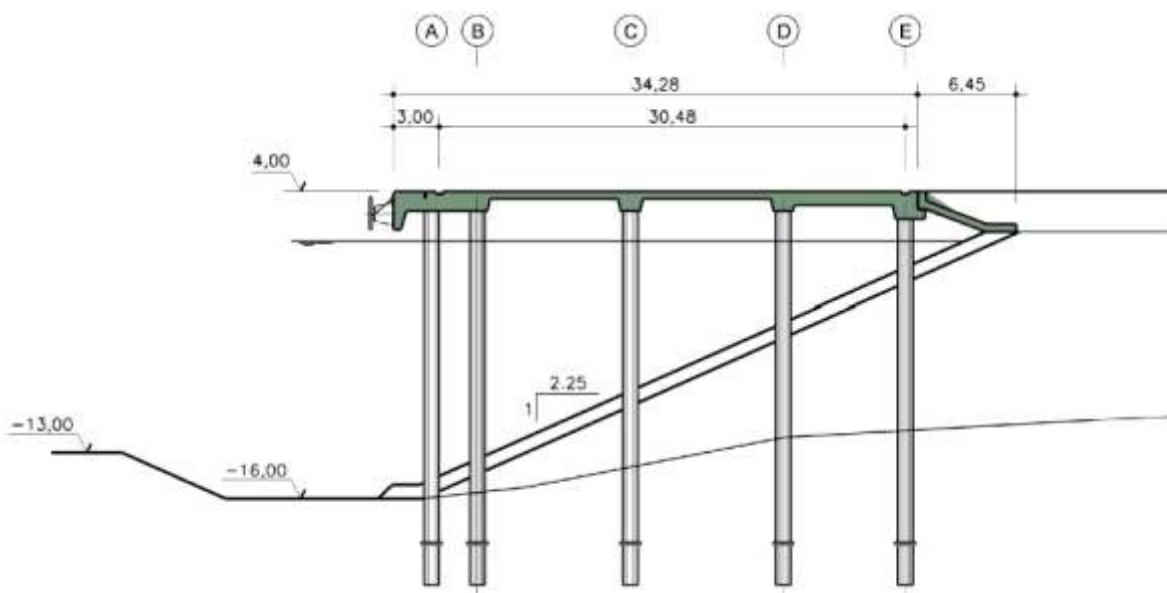
También se consideraron las Recomendaciones del Instituto Americano de Petróleo (API) y del Comité de Estructuras Costeras (EE.UU), séptima edición de 1996.

En lo que respecta a las acciones sísmicas, fueron respetadas las exigencias de la reglamentación peruana de abril de 2003.

### **Descripción General de la Solución**

Tal como se puede observar en la figura a continuación, el tablero del muelle está formado por una losa monolítica de hormigón armado, que se apoya en nervaduras dispuestas en forma paralela al frente del muelle. La losa está sostenida por varias filas de pilotes con diferentes separaciones entre cada una de ellas para que las cargas soportadas se encuentren próximas a la capacidad de carga de los pilotes. Para conseguir este objetivo, se adoptaron las siguientes separaciones entre cada una de las filas; Fila A = 4.5m, Fila B y C = 9m y Filas D y E = 4.5m.

Apéndice 05 - Muelle de Contenedores - 12 - 23 febrero 2011



*Figura 5. Sección Muelle de Paita*

Fuente: Expediente Técnico Muelle de Contenedores Royal Haskoning

### **Metodología ejecutiva**

Según lo indicado en el Apéndice 5 del expediente final “Informe de Detallado del Muelle de Paíta – elaborado por HASKONING INTERNATIONAL B.V.” se enfatiza lo sgte: “...Antes de comenzar con los trabajos de construcción del muelle, se dragará la zona donde se implantarán el parque de contenedores y el futuro muelle. Después del dragado, en la parte posterior del futuro muelle y en sentido paralelo al mismo, se construirá un prisma de enrocados. Este prisma servirá como plataforma de circulación y de trabajo para las máquinas de apoyo durante la construcción del muelle. La parte inferior del prisma quedará a aproximadamente 2m de distancia de la primera fila de pilotes, de modo que no interferirá con el hincado de los mismos.

Posteriormente, se hincarán los pilotes metálicos utilizando un martillo de percusión (hidráulico o a Diesel), que será operado con un equipo de apoyo instalado sobre un pontón. Se estima un ritmo medio de hincado de 3 pilotes por día. Después de haber hincado los pilotes, se instalarán los sistemas de arriostre metálico provisorio y se rellenará el prisma de enrocados, entre los pilotes; posteriormente, se ejecutará la camada final de revestimiento. En forma simultánea, se rellenarán los pilotes con arena o grava hasta la cota NMBSO-2.50m y se ejecutará el tapón superior con hormigón armado. Más tarde, se realizará la soldadura y el montaje de las mesas

que darán apoyo a la cimbra deslizante. Antes de montar la cimbra se retirarán los contravientos provisorios. La cimbra deslizante permitirá hormigonar tramos del tablero con 13.5m de extensión, avanzando a un ritmo de un tramo por cada diez días. Es importante mencionar que

cada hormigonado corresponde a un volumen, aproximado, de hormigón de 405m<sup>3</sup>. Se ha previsto hormigonar la totalidad del tablero, en 23 etapas. Sin embargo, eventualmente el

hormigonado continuo del tablero será interrumpido en la zona central donde quedará una faja, con un metro de ancho, que será ejecutada más tarde utilizando encofrados suspendidos de los dos lados del tablero. Antes de este paso, se utilizarán gatos hidráulicos para aplicar fuerzas horizontales de desplazamiento de la estructura y de este modo, compensar los efectos causados por la retracción del hormigón.

En cada hormigonado, se embutirán los anclajes necesarios para poder fijar los accesorios del muelle más tarde. En la etapa final de la obra, se montarán los accesorios del muelle, incluidas las defensas, bolardos, carriles guía, escaleras, etc.).

### **Procesos constructivos**

#### Trabajos preliminares

Los pilotes serían suministrados en la obra con la extensión total prevista en el proyecto y eventualmente, podrán hacerse agregados por medio de soldadura ejecutada en el local y controlada con rayos X. Los pilotes se transportarían desde el depósito, junto al agua, hasta el frente de hincado haciéndolos flotar y remolcándolos. Ambos extremos de los pilotes serán tapados de forma provisoria antes de esta operación. Se utilizaría el hormigón producido en una planta adecuada, de última generación, con control automático a través de computadora, de las diferentes etapas de fabricación. Dentro de la obra, el hormigón será transportado en camiones con hormigonera. Para la colocación del hormigón en los pilotes y el tablero, se utilizará una cinta transportadora sobre el camión, denominada Telebelt.

Las armaduras serán cortadas y dobladas en un taller adecuado dentro del obrador central y serán montadas en los respectivos frentes de aplicación.

Apéndice 05 - Muelle de Contenedores - 13 - 23 febrero 2011

### **Ejecución de los terraplenes y protección de los taludes**

Se utilizó el material producido en las canteras a ser determinadas y el mismo fue transportado hasta el obrador en camiones de volquete, de acuerdo con las siguientes tres fases:

#### 1ª fase

Por volcado directo desde los camiones de transporte y con ayuda de un tractor (bulldozer), el material será desparramado hasta formar un prisma con una cota superior de NMBSO+4.0m a lo largo de toda la obra. Este prisma constituye el pedraplén previsto y la base de su talud exterior no interfiere con los pilotes.

#### 2ª fase

Este frente de trabajo corresponde al enrocado donde se hincarán los pilotes del futuro muelle. Este enrocado será colocado usando grúa de orugas equipada con balde tipo "orange peel" (balde almeja) o volquete metálico y eventualmente, en su parte superior, se utilizará una retroexcavadora con un brazo de largo alcance. Alternativamente, podrá utilizarse la cinta Telebelt. Este trabajo, que será efectuado de abajo hacia arriba, sólo se ejecutará después de haber completado el arriostre de los pilotes.

#### 3ª fase

Esta fase comprende la colocación del manto de enrocados del talud del terraplén. Para este trabajo, se utilizará la grúa de orugas equipada con un balde almeja. Los enrocados de la 1ª y 2ª fase arriba de la cota NMBSO+0.50m serán compactados con un cilindro vibrador.

### **Ejecución de los pilotes del nuevo muelle**

Se ejecutarán 269 pilotes metálicos de 36" de diámetro para construir el nuevo muelle.

Con base en los datos y las conclusiones obtenidas sobre la geología local, además de la vasta experiencia de CPTP en la ejecución de pilotes en situaciones similares, se ha considerado hincar los pilotes con un martillo hidráulico o a diesel, de capacidad adecuada. 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 3 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*).

Para evitar que los pilotes ya instalados se desplacen al ejecutar la 2ª fase del terraplenado, se montará un arriostre provisorio metálico.

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 para después hormigonar el tapón con hormigón armado. En forma paralela, se soldarán las piezas metálicas que permitirán fijar las mesas de apoyo de la cimbra.

Apéndice 05 - Muelle de Contenedores - 14 - 23 febrero 2011

### **Ejecución del tablero en hormigón armado**

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. La cimbra y los encofrados permitirán ejecutar tramos de 13.5m 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:

**Lunes:** Arriado de la cimbra; traslado y posicionamiento en el tramo siguiente.

**Martes y miércoles:** Montaje de las armaduras; fijación de los anclajes, espacios, cajas y encofrados de galerías, etc.

**Jueves:** Hormigonado del tablero (aprox. 405m<sup>3</sup>).

**Viernes a domingo:** Curado del hormigón.

Se prevé la ejecución de vigas transversales con ubicación bien definida durante la segunda fase. Para eso, se utilizarán encofrados suspendidos que serán trasladados con botes en la parte inferior de la losa hormigonada anteriormente.

Las armaduras necesarias serán trasladadas hasta el frente de obra. Serán cortadas previamente, moldadas y premontadas (especialmente las vigas) en el taller central de la obra y posteriormente, 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 40m 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 hormigón, se utilizará la cinta transportadora telescópica instalada sobre el camión (Telebelt). Para compactar el hormigón, 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*. El montaje inicial

de la cimbra, que se ejecutará en uno de los extremos del nuevo muelle, demorará cerca de un mes. El siguiente equipo de trabajo será afectado a la construcción del tablero:

- 1 capataz de 1ª clase;
- 1 capataz de armaduras;
- 1 supervisor/capataz de carpintería;
- 20 herreros;
- 8 oficiales de construcción civil;
- 8 peones;
- 2 marineros.

Apéndice 05 - Muelle de Contenedores - 15 - 23 febrero 2011

### **Ejecución de la losa de transición**

En forma simultánea a la ejecución del terraplén de la 3ª fase y a la construcción del tablero, se construirá la losa de transición. La misma será prefabricada en la obra y trasladada por camión y colocada por la grúa de orugas.

### **Montaje de los accesorios de los muelles**

Durante la fase final de la o se instalarán los accesorios del muelle y se colocarán los carriles por donde rodará la grúa.





*Figura 6. Muelle de Paita*

Fuente: Expediente Técnico Muelle de Contenedores Royal Haskoning

### **1.2.1 Realidad Problemática**

Los últimos 10 años, el estado peruano ha tenido un crecimiento económico y por tanto de deseo de competitividad del comercio exterior, como respuesta a ello se han venido invirtiendo millonarias cifras en dólares para la modernización de infraestructura portuaria (Yamilé Guibert, Marylia Cruz y Manuel Figueroa / La modernización del puerto del Callao 2015) como los correspondientes al muelle del Callao, Paracas y Salaverry (Trujillo) esto a fin de aumentar la capacidad logística del país, debido a esta circunstancia resulta interesante describir la construcción de infraestructura marítima considerando que las obras de este tipo seguirán siendo necesarias en este nuevo contexto globalizado en el que el Perú es un gran proveedor de materia prima para el resto del mundo y también un potencial consumidor tal como se ha manifestado en la demanda de nuevos puertos y de mayor capacidad sabiendo que el muelle del Callao ha rebasado su capacidad y es una realidad problemática para el

país la gran demanda de este tipo de infraestructura para mejorar nuestra importación y exportación de productos. Cabe destacar que el muelle del Callao el cual cito como ejemplo de casuística es considerado como la plataforma logística más importante de la costa oeste de Sudamérica.

Por otro lado, en el Perú, son pocas las empresas dedicadas a la construcción de obras marítimas, el subcontrato que se emplea en los proyectos se ha convertido en un monopolio de las empresas más reconocidas (Rodríguez Villejas & Torpoco Huayllani, 2015). Esto sumado a la poca bibliografía local que ilustre las obras marítimas más recientes en el Perú, son las principales razones por las que el presente trabajo busca describir de manera didáctica, el desarrollo de la obra marítima en la que he realizado mi experiencia profesional como supervisor de obras en el proyecto de Modernización del Terminal Portuario .

Este texto será de utilidad al lector no necesariamente especializado en el sector, debido a la forma sencilla en la que se presentará.

El desarrollo descriptivo de este informe mostrará fotografías tomadas a lo largo de la ejecución del proyecto para el mejor entendimiento de las especificaciones técnicas y planos los cuales serán mostrados o mencionados de manera global a fin de que el lector conozca ésta experiencia de la manera más sencilla y resumida posible ya que será un pequeño aporte bibliográfico el cual podría servir como antecedente teórico-práctico , considerando que la poca bibliografía nacional acerca de obras marítimas suele ser bastante restringida y de contenidos teóricos no muy accesibles para los alumnos de nivel básico de la carrera de Ingeniería Civil.

### **1.3 Justificación**

#### **Justificación Teórica**

Este trabajo de suficiencia profesional, se realiza mediante la aplicación de la teoría y la descripción del proceso constructivo de un muelle marítimo en las costas peruanas, esta descripción pretende ser mostrada de manera sencilla a fin de poder ser un referente básico para investigaciones correspondientes a obras marítimas en el Perú.

#### **Justificación Práctica**

La información mostrada en el presente trabajo busca ser tomada como fuente bibliográfica en la ejecución de obras marítimas ya que expone las experiencias prácticas y optimizaciones de los procesos constructivos vivenciados durante el proyecto los cuales optimizaron recursos sin perder calidad de la infraestructura marítima.

#### **Justificación Metodológica**

Los criterios constructivos observados durante la ejecución de la obra marítima tratada se muestran a manera de guía técnica y se pueden replicar como una alternativa de construcción típica de muelles con pilotes para cualquier parte de la costa peruana.

### **1.4 Planteamiento del Problema**

#### **Problema General**

¿Cómo fue el proceso constructivo de un muelle marítimo en un terminal portuario de Ica-Perú y sus respectivas optimizaciones?

#### **Problemas específicos**

-¿Cuáles son las fases o tren de trabajo para la ejecución de un muelle marítimo cumpliendo los plazos contractuales?

-¿Qué tipo de nuevos materiales y recursos tecnológicos fueron usados durante la ejecución de un muelle marítimo en la provincia de Ica – Perú durante el año 2019?

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Describir el proceso constructivo de las obras marítimas del Terminal Portuario donde se ha desarrollado la experiencia, y las optimizaciones realizadas durante su ejecución; las cuales fueron evidenciadas mientras trabajé como supervisor por parte del cliente en el proceso de modernización de dicho puerto.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Mostrar de manera breve y general la información más saltante del expediente técnico de las obras marítimas del proyecto “Modernización del Terminal Portuario”
- Describir las obras civiles involucradas en la construcción del muelle mediante esquemas y fotografías para mostrar de forma didáctica su proceso constructivo.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Las Obras Marítimas:

Una obra marítima según -Esteban Chapapría, Vicent. (2014) “Obras Marítimas”- es aquella que tiene al menos, uno de sus contornos en el mar y permite la explotación y gestión del mismo. Toda obra marítima se construye para cumplir unas determinadas funciones, permitiendo o facilitando unas actividades económicas, repercutiendo socialmente e interfiriendo con el medio ambiente. Esta obra debe ser fiable, funcional y operativa durante el tiempo en que vaya a permanecer en servicio.

Las obras marítimas, en función del servicio que proporcionan, pueden clasificarse en dos grandes grupos según la Universidad de Jaén-España en su documento de “Ingeniería Marítima y Costera”:

- **Obras Marítimas Principales**

- **Obras Marítimas Auxiliares**

El conjunto de las obras que se denominan Marítimas Principales pueden ordenarse, según su función o servicio en los siguientes grupos:

- Crear zonas de abrigo o protegidas del oleaje (Diques de abrigo).
- Prevenir la erosión e inundación costera (Obras de gestión y protección del litoral).
- Atraque y maniobras de carga y descarga (Obras de atraque).
- Amarre y fondeo de buques (Obras de amarre y fondeo).

- Plataformas exteriores (Offshore).
- Conducciones submarinas.

En el grupo de las Marítimas Auxiliares se incluyen las siguientes:

- Obras de dragado y relleno.
- Obras de construcción y reparación de buques y flotadores.

En función de sus respuestas ante las oscilaciones del cuerpo de agua, y por su forma o manera de resistir la acción del agente predominante, las obras marítimas principales se clasifican en fijas y flotantes.

Las obras marítimas fijas son aquéllas que mantienen su posición fija con respecto al terreno; y, salvo avería o deformación, su forma no cambia con el tiempo.

Se denominan de gravedad si la misma es el agente principal en su estabilidad. Si las acciones que la obra ha de soportar se transmiten al terreno por un número reducido de elementos reciben el nombre de estructurales. En algunas circunstancias es posible proyectar obras que compartan ambas dos tipologías, gravitatoria y estructural. Dichas obras marítimas se denominan fijas mixtas.

a) **Obras marítimas fijas de gravedad**: Son aquéllas cuyo agente predominante en su estabilidad es la gravedad. Pueden pertenecer a este tipo las siguientes obras:

- **Diques de abrigo, que incluyen entre otros:**

- Diques rompeolas de escollera o piezas prefabricadas

- Diques verticales mediante cajones flotantes, bloques y hormigón en masa.

-Diques mixtos de escollera y cajones flotantes.

-Diques mixtos especiales.

• **Obras de gestión del litoral, que incluyen entre otras:**

-Muros, revestimientos y taludes de elementos granulares o prefabricados.

-Espigones perpendiculares a la costa y exentos de elementos granulares.

-Paseos marítimos.

-Protecciones de tubería submarina mediante elementos granulares

• **Obras de atraque, que incluyen entre otras:**

-Muelles de cajones flotantes, bloques de hormigón o de hormigón en masa.

• **Obras de amarre y fondeo, que incluyen entre otras:**

-Duques de Alba en cajón flotante.

• **Plataformas exteriores, que incluyen entre otras:**

-Plataformas tipo “Ekofisk”

**b) Obras marítimas fijas estructurales:**

En este grupo se incluye cualquier obra que esté construida con elementos cuyo comportamiento sea estructural; es decir, elementos que se deforman para resistir y transmitir las cargas al terreno; por ejemplo: pilotes, pantallas continuas o múltiples, recintos de tablestacas, muros. En el conjunto se

Encuentran entre otras, las siguientes tipologías:

• **Diques de abrigo, que incluyen entre otros:**

-Pantallas delgadas, permeables o impermeables, verticales e inclinadas.

-Pantallas múltiples.

-Diques de recintos de tablestacas.

•**Obras de gestión y protección del litoral, que incluyen entre otras:**

-Muros en “L”, pantallas ancladas.

-Espigones de madera o metal.

-Paseos marítimos como muro estructural

•**Obras de atraque, que incluyen entre otras:**

-Muelles de pantallas ancladas, muros en “L”.

-Muelles o pantalanos sobre pilotes.

-Muelles de tablestacas, recintos tablestacados o con otros elementos prefabricados.

•**Obras de amarre y fondeo, que incluyen entre otras:**

-Duques de Alba con pilotes aislados o grupos de pilotes.

•**Plataformas exteriores, que incluyen entre otras:**

-Plataformas izadas.

-Plataformas pilotadas.

**c) Obras marítimas flotantes:**

Son aquellas que cumplen su función estando a flote o fondeadas. De acuerdo con esa definición están comprendidas las siguientes:

•**Diques de abrigo, que incluyen entre otros:**

-Grupos de neumáticos.

-Pontonas.

-Campos de boyas.

-Pantallas flotantes.

•**Obras de gestión y protección del litoral, que incluyen entre otras:**



-Pontonas.

-Campos de boyas.

●**Obras de atraque, que incluyen entre otras:**

Pontonas-pantalanes flotantes.

●**Obras de amarre y fondeo, que incluyen entre otras:**

-Monoboyas.

-Sistemas de cadenas.

●**Plataformas exteriores, que incluyen entre otras:**

-Plataformas lastradas.

-Plataformas atirantadas.

-Plataformas ancladas.

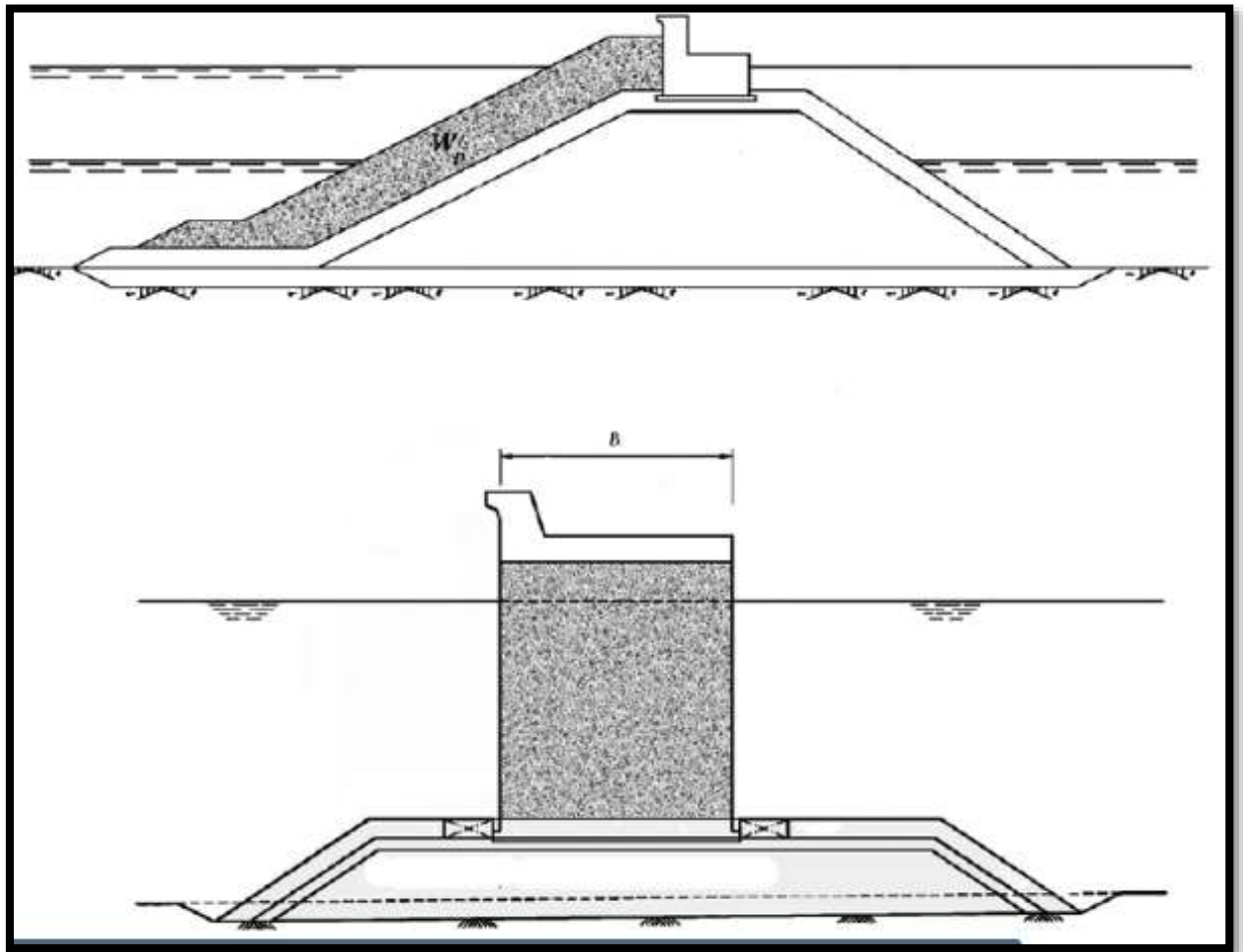
-Plataformas mixtas.

El presente trabajo describirá y mostrará una obra marítima de tipo fija, por lo que es indispensable conocer los siguientes alcances generales:

## 2.2 Obras Marítimas Fijas:

El diseño adecuado de una obra marítima en general y fija en particular debe garantizar:

●**Fiabilidad:** Se refiere a la seguridad de la obra frente a condiciones extremas (estados límites últimos). En los diques en talud, la fiabilidad está definida por el peso de las piezas que forman el manto principal  $W_p'$ . mientras que en los diques verticales está determinada por la anchura del cajón B.



*Figura 7. Manto Principal  $W_p'$*

Fuente: Doc. Ingeniería Marítima y Costera Universidad de Jaén

●**Funcionalidad:**

Se refiere a la pérdida de funcionalidad de la misma, que produciría una merma en la calidad del servicio (estados últimos de servicio), como, por ejemplo, un camino de rodadura con baches.

●**Operatividad:**

Se define como el porcentaje de días al año que se puede operar, estando directamente

relacionada con la transmisión de energía a sotamar (al abrigo del oleaje) En el caso de los diques en talud, está definida por la cota de francobordo necesaria  $F_c$ .

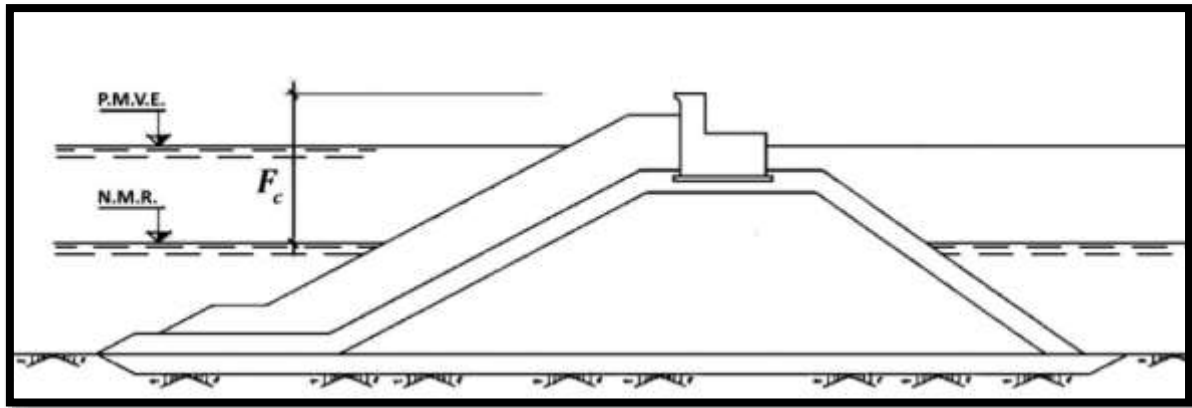


Figura 8. Cota Francobordo  $F_c$

Fuente: Doc. Ingeniería Marítima y Costera Universidad de Jaén

#### •Permeabilidad:

Una obra marítima puede ser impermeable (como los diques verticales de cajones), con importante impermeabilidad (obras de escollera o piezas de hormigón), es decir, con cierta permeabilidad.

Para que una obra sea permeable han de cumplirse dos requisitos:

-Debe haber continuidad del fluido

Sea  $D$  la dimensión característica de los elementos que forman la obra marítima y  $S$  la separación entre los mismos. Al cociente  $S/D$  se le denomina separación relativa entre elementos. Este parámetro es el que se valora para determinar la impermeabilidad de una obra marítima.

Así, para  $S/D > 5$  la obra es totalmente permeable. Para valores menores, la permeabilidad dependerá de las propiedades hidráulicas del medio, tales como la conductividad, porosidad y fricción.

-Debe permitir que parte de la energía se transmita a sotamar.

Siendo  $l_b$  la anchura de la berma de protección y  $L$  la longitud de onda, el cociente

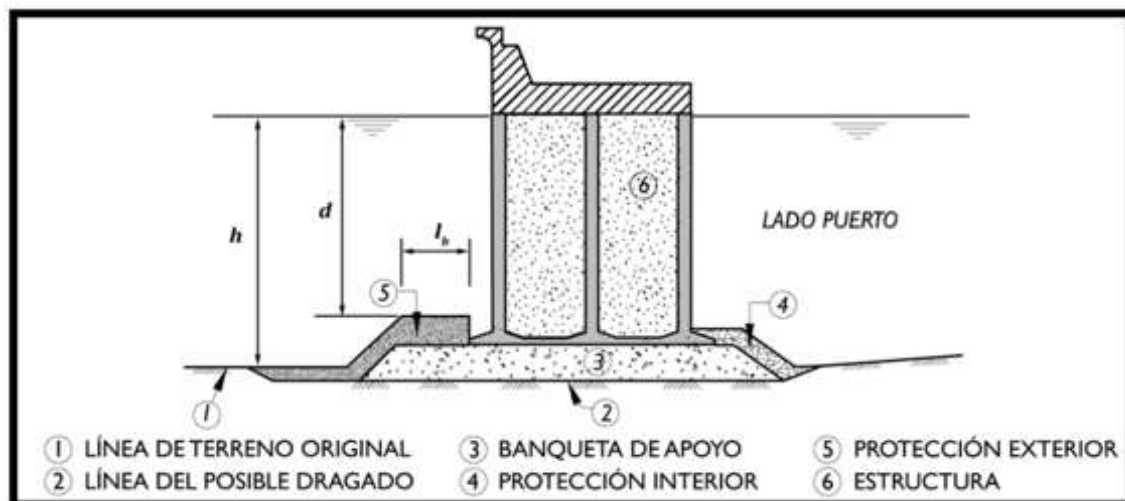
$l_b/L$  es el que se valora para determinar este factor:

Así, para:

$l_b/L < 1/100$ , sólo se produce una pérdida de carga localizada.

$l_b/L > 1/100$  La energía se disipa en el interior de la obra (diques verticales)

$l_b/L > 1/10$  La obra es muy ancha. No se transmite nada.



*Figura 9. Anchura de la Berma de Protección*

Fuente: Doc. Ingeniería Marítima y Costera Universidad de Jaén

El presente trabajo de suficiencia profesional describe un proyecto marítimo que contiene un marco teórico el cual maneja términos específicos que a continuación se definen -según

el Expediente Técnico del Muelle – Terminal Portuario - con el propósito de contextualizar al lector:

**-Sección del pilote encima del terreno:** Es la Parte del pilote que no contribuye a la capacidad portante del pilote en el terreno. La parte del pilote que estará en relleno de roca en su ubicación final es considerada “sección del pilote encima del terreno” en esta especificación.

**-Capacidad Permisible del pilote:** Es la capacidad Segura del pilote tomando en cuenta los requerimientos de movimiento. La capacidad permisible del pilote indica la performance del pilote de alcanzar las cargas específicas y movimientos requeridos y es por lo tanto requerido para ser no menor que las cargas de trabajo especificadas.

**-Sección de Pilote debajo del terreno:** Es la parte del pilote que contribuye a la capacidad portante del pilote en el terreno. La parte del pilote que estará debajo del relleno de roca en su ubicación final se considera “sección de pilote debajo del terreno” en esta especificación.

**-Superficie de comienzo:** es el nivel en el que la herramienta de pilotaje o pilote entra primero en el suelo. Esto no tiene por qué ser el mismo que el nivel de la plataforma de trabajo.

**-Pilote de compresión:** un pilote que está diseñado para resistir una fuerza axial tal que le causaría penetrar aún más en el suelo.

**-Cut-off nivel:** es el nivel al que el pilote se recorta a fin de conectar el pilote a la estructura.

**-Arrastre hacia abajo o fricción negativa:** 1.El movimiento hacia abajo del suelo en relación con el pilote resultante en el asentamiento del pilote ; 2.carga transferida a un pilote

en algún lugar por encima del plano neutro debido al movimiento hacia abajo del suelo con respecto al pilote.

**-Factor de seguridad para un pilote (FOS):** La relación entre la capacidad máxima del pilote y la Carga de trabajo especificada. El factor de seguridad se refiere únicamente a la falla en la interfaz de pilote-suelo. En esta memoria descriptiva el factor de seguridad mínimo requerido (FOS) se puede calcular por la siguiente fórmula:  $FOS = (UBC - NSF) / SWL$ . Dónde: UBC es La capacidad última del pilote, NSF es la fricción negativa y SWL son las cargas de trabajo especificadas (SWL).

**-Esquema de Fundación:** significa la subestructura que puede incluir pilecaps, losas, vigas de tierra y / o columnas del sótano y / o paredes.

**-Kentledge:** carga muerta utilizado en una prueba de carga.

**-Prueba de carga mantenida:** una prueba de carga en la que cada incremento de carga se mantiene constante, ya sea por un período de tiempo determinado o hasta que la velocidad de movimiento (liquidación o levantamiento) cae a un valor especificado.

**-Obstrucción hecha por el hombre:** un objeto hecho por el hombre en la tierra que impide o evita acumular progreso.

**-Obstrucción natural:** un objeto natural en el suelo que impide o evita acumular progreso.

**-Agujero abierto:** Agujero abierto en el terreno duro o roca que existe durante la construcción de un pilote vaciado in-situ, pilotes conducidos con camisa perdida o pilotes con rock socket.

**-Asentamiento de pilote (settlement):** El movimiento axial hacia abajo en la parte superior del pilote desde la posición antes del comienzo de la carga. Para pilotes cargados y descargados a través de un número de ciclos, los asentamientos serán los movimientos verticales acumulativos.

**-Levantamiento vertical del Pilote (heave):** El movimiento axial vertical en la parte superior del pilote desde la posición antes del comienzo de la carga. Para pilotes cargados y descargados a través de un número de ciclos, el movimiento vertical del pilote será el movimiento vertical acumulativo.

**-Pilote de interface (Pile Plug):** Pilote de interface se refiere al relleno de grout o concreto en un pilote metálico. Se puede distinguir entre los pilotes de interface en la parte superior del pilote metálico mayormente de concreto armado y pilotes de interface al fondo del pilote metálico. Los primeros pueden transferir carga axial y carga laterales del pilote desde la estructura hacia la sección de acero del pilote. Los pilotes de interface en el fondo pueden transferir cargas axiales y en algunos casos carga laterales desde la pared del pilote interior vía el pilote interior hacia al terreno debajo de la sección de acero.

**-Pilote preliminar:** pilote de prueba instalado antes del comienzo de las obras principales de pilotes o parte específica de las Obras. Prueba de carga: una carga aplicada una pila de trabajo seleccionado para confirmar que es adecuado para la carga en el asentamiento especificado. Una carga de prueba normalmente no debe exceder la carga de diseño de Verificación más el 50% de la carga de trabajo especificado.

**-Sistema de reacción:** la disposición de los kentledge, pilotes, anclajes o fundaciones de cálculo que proporcionan una resistencia contra el cual el pilote de prueba de carga, a

excepción de una prueba de carga de pilote bidireccional donde el propio pilote se utiliza como la reacción.

**-Rechazo:** la condición de hincado evidenciado por el avance insignificante, asociado a la fuerza de impacto del martillo que es insuficiente para superar la resistencia de conducción; que a menudo se asocia con un recuento de golpe equivalente por pulgada. No debe confundirse con los criterios de terminación.

**-Resistencia:** la fuerza desarrollada por un pilote en respuesta a una carga.

**-Capacidad de pilote segura:** una capacidad que tenga en cuenta la capacidad última del pilote, los materiales de los que está hecha el pilote, el factor mínimo de seguridad requerido, el espaciamiento de pilotes, arrastre hacia abajo, y otros factores relevantes.

**-Avance (set):** La penetración del pilote por impacto del martillo derivado del número de golpes. **-Carga especificado de Trabajo (SWL):** la carga especificada en la cabeza del pilote como se indica en las especificaciones del proyecto. Las componentes verticales y horizontales se pueden dar. En términos estructurales tradicionales es la carga no factorada en lugar de la “carga última”.

**-Pilote de prueba:** Algún pilote para el cual una prueba de carga será aplicada.

**-Criterio de terminación o criterios:** condiciones que deben cumplirse para permitir el control en la construcción de campo para dejar de hincar un pilote (por ejemplo, por lo general alcanzando un recuento de golpe equivalente mínimo, evidenciando una supervisión dinámica mínima capacidad estimada, ya veces lograr un empotramiento mínima de diseño longitud debido a las preocupaciones laterales, licuefacción, socavación, control de



asentamientos, la tensión - hay una diferencia entre la longitud de empotramiento estimado y longitud de empotramiento de diseño mínimo).

**-Capacidad última de soporte (UBC):** La resistencia máxima ofrecida por el pilote cuando la resistencia del suelo está completamente movilizada.

**-Pilote de trabajo:** Uno de los pilotes que forman la fundación de la estructura.

**-Plataforma de trabajo:** Es la superficie, incluido rampas y rutas de acceso, las cuales son soportados por los pilotes y su equipo auxiliar. También es comúnmente conocido como plataforma de pilotes.

**-Trabajos:** Todas las actividades de pilotaje que deben ser tomados en cuenta al estándar requerido por la especificación del expediente técnico.

**-Muelle:** Un muelle es una construcción de concreto, madera o piedra fabricada en el agua, ya sea en el mar, en un lago o en un río, afianzada en el lecho acuático por medio de bases que lo sostienen firmemente, y que permite a barcos y embarcaciones atracar a efectos de realizar las tareas de carga y descarga de pasajeros o mercancías.

En los puertos marítimos y fluviales acostumbran a existir varios muelles, a fin de dar cabida a un número determinado de barcos. En los puertos grandes, los muelles están generalmente especializados en un tipo de actividad, ya sea el transporte de pasajeros, la carga y descarga de vehículos, de contenedores y otras muchas.

**-Prefabricado de Concreto:** Es un producto de construcción elaborado mediante la colada del hormigón en un molde o "molde" reutilizable que luego se cura en un ambiente controlado, se transporta al sitio de construcción y se coloca en su lugar. Por el contrario, el hormigón estándar se vierte en formas específicas del sitio y se cura en el sitio.

## CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

### 3.1 Ingreso y Desempeño en la Empresa:

Mi ingreso a la empresa Terminal Portuario (┘) se remonta al año 2015, desde ese año hasta inicios del 2020 me desempeñé en el área de ingeniería como supervisor del proyecto en representación del cliente, cabe resaltar que para este proyecto los entes participativos principales fueron jerarquizados de la siguiente manera:

**-El Cliente:** Terminal Portuario (┘) / Representado por el Ing. Juan Luis de Las Casas

**-La Supervisión:** Royal Haskoning International B.V / Representada por el Ing. Orlando Luque

**-El Contratista:** Consorcio Constructor del Puerto de San Martín (CCPSM) / Representado por el Ing. Ricardo de Julio

Durante mi permanencia en el proyecto pude realizar trabajo de gabinete y campo de acuerdo a la necesidad y exigencia del proyecto de modernización de dicho terminal portuario.

Principalmente he querido describir mi experiencia focalizada en las obras marítimas, para este caso construcción del nuevo muelle, ya que es la obra de mayor envergadura dentro del proyecto de modernización el cual representó un monto de \$130,000.000.00, de este monto total, casi \$59 000 000.00 se encontraban destinadas a la ejecución del muelle.

Puedo segmentar mi experiencia dentro del proyecto en 02 etapas claramente marcadas de la sgte manera:

-**La 1era etapa (2015-2017)** en este periodo fui parte del equipo revisor del expediente técnico de la obra, analizando la información del proyectista para conocer las posibles limitaciones o interferencias que podría encontrar el contratista durante la ejecución del muelle.

En esta etapa mi función como supervisor se centró básicamente en un trabajo de gabinete que consistió en analizar todas las partidas del expediente técnico correspondiente al muelle del proyecto, en esta etapa pude poner en práctica mis conocimientos técnicos y teóricos acerca de construcción de obras marítimas mediante hincado de pilotes en las que me sirvió mucho haber tenido experiencias previas en obras similares.

Fue fundamental investigar acerca de las condiciones reales del terreno o área de trabajo por lo que participé de manera activa en los trabajos de análisis geotécnicos que constantemente se realizaron previo a la ejecución de la obra. Asimismo, junto al equipo de ingeniería tuvimos como prioridad buscar la existencia de posibles interferencias a fin de que llegado el momento de ejecutar, éstas estuvieran resueltas y evitarían impactos en el cronograma.

-**La 2da etapa (2017-2020)**, durante este periodo me desempeñé como supervisor de obra, aquí tuve la oportunidad de dar seguimiento a la ejecución de obra de acuerdo al expediente técnico que ya había estudiado desde el año 2015 tal como relaté líneas arriba; A pesar de que el proyecto tuvo obras terrestres como edificios administrativos, almacenes y subestaciones en los que también trabajé, para el caso de este documento me centraré en describir puntualmente la experiencia en las obras marítimas es decir en la ejecución del

“MUELLE”, el cual pude supervisar sin problemas partiendo de experiencias ganadas en proyectos similares en los que he venido trabajando durante 10 años, además de la formación académica dentro de la carrera de Ingeniería Civil la cual jugo un papel fundamental para el entendimiento del proyecto y el planteamiento de soluciones a los problemas de tipo ejecutivos que día a día tuve que enfrentar en obra.

A continuación, describiré la ejecución de la obra marítima “Muelle” correspondiente al proyecto de modernización del cual he sido participe en las dos etapas arriba mencionadas y que integraré de manera descriptiva y fotográfica en el siguiente punto para mejor entendimiento del lector.

### **3.2 Descripción de la Ejecución de Obras Marítimas – Muelle**

#### Muelle antes de la ejecución de la modernización:

En rojo se puede apreciar que el antiguo muelle se encontraba incompleto, esto debido que a partir del eje D, el tablero había colapsado producto del último terremoto que golpeo a la ciudad de Pisco. El tablero existente si bien no había colapsado, también había sufrido daños considerables en su estructura.



*Figura 10. Terminal Portuario en 2016*  
Fuente: Archivo fotográfico del contratista CCPSM

Proyección del Nuevo Muelle De acuerdo con el Proyecto de Modernización:

Delineado en rojo se observa la proyección del nuevo muelle, el cual implicaba:

-Obras de Dragado (-14.00 /-16.50) y Muelle Marginal (700 m x 36 m).



*Figura 11. 3D del Terminal Portuario Remodelado*  
Fuente: Archivo Documentario del Contratista CCPSM

Para lograr esta modernización las obras civiles ejecutadas fueron las sgtes:

- Demolición del muelle existente.
- Relleno y pilotaje.
- Colocación de Coraza y Protección de Fondo.
- Colocación de Prefabricados.
- Concreto In Situ.
- Losa de Transición y Pavimento.

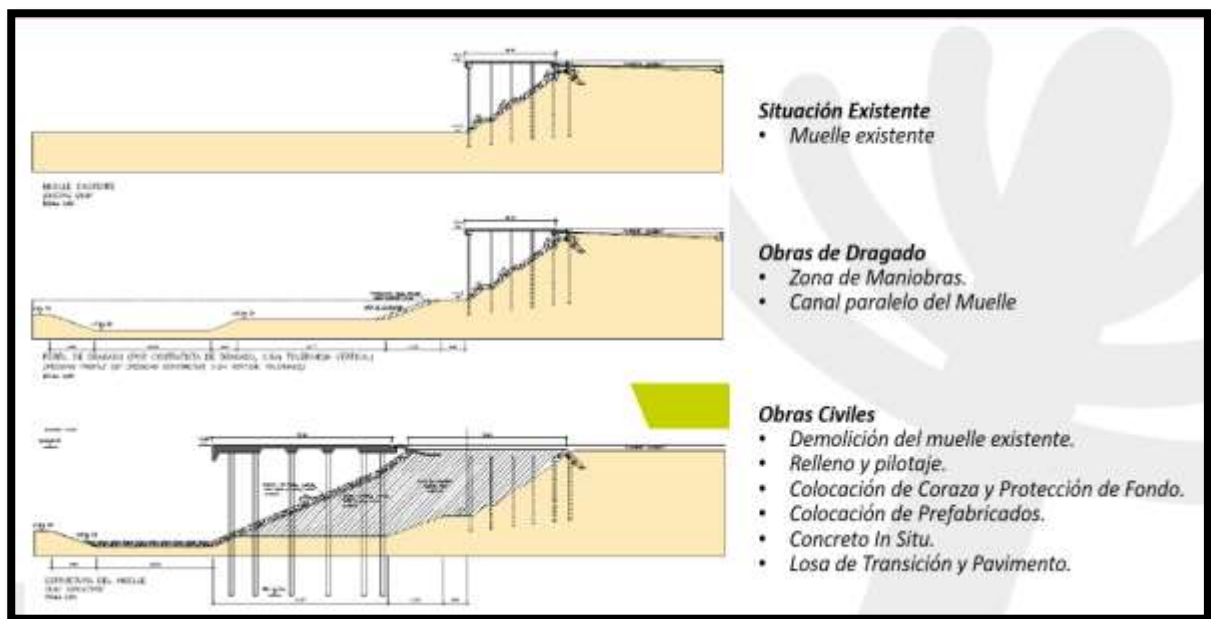


Figura 11. Secciones de muelle existente y nuevo  
Fuente: Expediente Técnico del proyecto de modernización del puerto-

### 3.2.1 Descripción de las Demoliciones

Para la demolición del muelle existente se consideraron 3 etapas, la figura de abajo muestra un croquis de cómo se ejecutó cada etapa.

Detalles de las etapas con la siguiente leyenda:

- Gris: Infraestructura Existente.
- Marrón: Infraestructura a demoler en el Inicio de la Obra.
- Violeta: Infraestructura a demoler después de instalar nueva Planta de Tratamiento de agua.
- Celeste: Infraestructura a demoler después de construir 250m del Muelle.
- Azul: Losas hexagonales prefabricadas existentes a desmontar y moverlas después de construir 250m del Muelle.
- Crema: Infraestructura a demoler después de construir 350m del Muelle
- Naranja: Losas hexagonales prefabricadas existentes a desmontar y moverlas después de construir 350m del Muelle.
- Verde: Infraestructura Nueva.

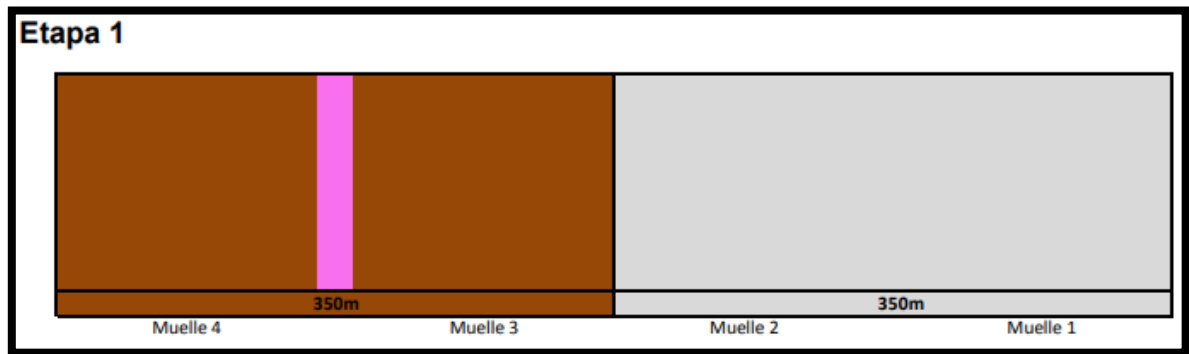


Figura 42. Esquema de las 4 Etapas de Muelle-Etapa 1  
Fuente: Propia

Se puede iniciar la primera etapa en el Inicio de Obra.

- Se demuelen los muelles 3 y 4, y sus adyacentes patios (color Marrón).
- Se deja intacta la zona por la cual pasa la tubería de desagüe con descarga al mar, hasta después de instalar nueva planta de tratamiento de agua (color Violeta).
- Se puede seguir operando en los muelles 1 y 2, y sus patios adyacentes (color Gris).

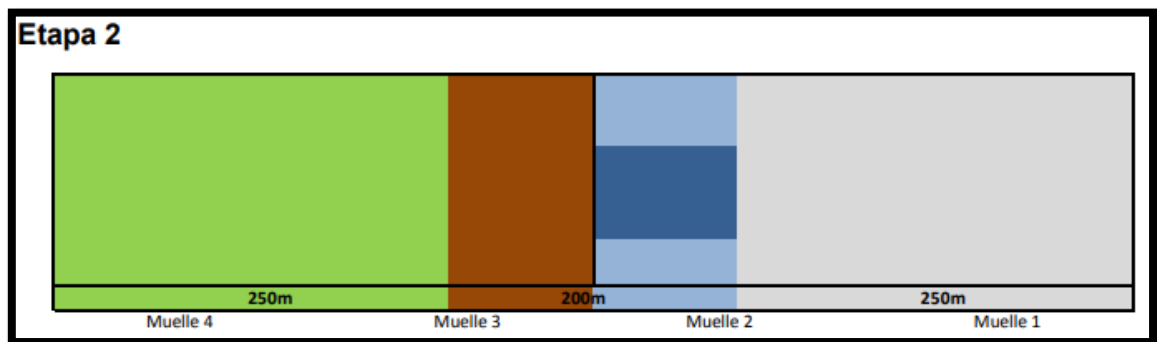


Figura 13. Esquema de las 4 Etapas de Muelle-Etapa 2  
Fuente: Propia

Se pudo iniciar la segunda etapa en el momento de terminar 250 m del muelle 3 y 4.

- Se demuelen 100 m del muelle 2 y sus adyacentes patios (color Celeste).



- Se desmontan las losas prefabricadas antiguas (color Azul).
- Se puede seguir operando en los 250m de los muelles 1 y 2, y sus patios adyacentes (color Gris).

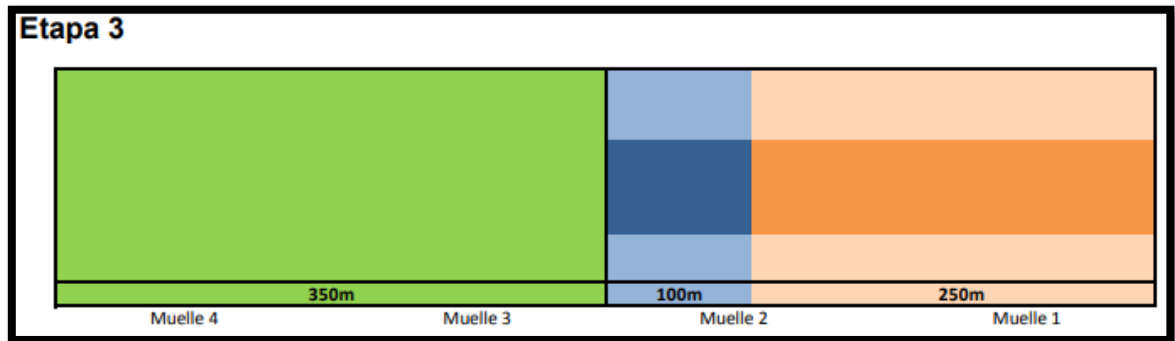


Figura 14. Esquema de las 4 Etapas de Muelle-Etapa 3  
Fuente: Propia

Se inició la tercera etapa en el momento de terminar 350 m del muelle 3 y 4.

- Se demuelen 250 m del muelle 1 y 2 y sus adyacentes patios (color Crema).
- Se puede ejecutar operaciones portuarias en los muelles 3 y 4 (color Verde).

### 3.2.2 Descripción de la Excavación y Relleno

Las obras de excavación y relleno, comprometidas en la obra incluyeron la excavación y colocación del material de cantera quarry run para conformación del talud según expediente original y como parte de la optimización constructiva del muelle, una manta flexible rellena de concreto denominada colchacreto se usó como protección del talud bajo el muelle; lo cual fue aprobado mediante un expediente de modificación.

Todo el trabajo de excavación fue realizado según las líneas y niveles mostrados en los planos del expediente, el material excavado fue seleccionado, procesado de una manera

práctica para usarlo adecuadamente en la obra permanente como material de relleno, segregando el material que no cumplía con las características solicitadas, lo cual fue depositado en el área 4 del terminal denominada zona de botadero.

Habiendo almacenado el material de cantera adecuado producto de la excavación, se efectuó la conformación del talud con la colocación o vertido del material Quarry Run sobre la zona contigua al futuro muelle. Las secciones obtenidas mediante el relleno del talud de protección del muelle cumplieron con lo indicado en el expediente, tomándose los niveles con procedimientos de topografía convencional.

Cuando se verificó que la pendiente del talud estuviera de acuerdo con el diseño, para fines de evitar la socavación de finos por flujo de agua, se instaló el Geotextil Fortex 40, luego se colocó el panel de COLCHACRETO ARTICULADO, uniendo las partes con costura industrial, tras lo cual se procedió con el vertido del concreto dentro del panel de colchacreto, que tras el endurecimiento del concreto se obtuvo la capa de Coraza sobre el talud.



*Figura 15. Procesamiento de Quarry Run  
Fuente: Propia*



*Figura 16. Procesamiento de Quarry Run  
Fuente: Propia*



*Figura 17. Conformación de Talud de Muelle*  
*Fuente: Propia*



*Figura 18. Conformación de Talud de Muelle*  
*Fuente: Propia*





*Figura 19. Trabajos para Instalación de Colchaceto.  
Fuente: Propia*



*Figura 20. Trabajos para Instalación de Colchaceto.  
Fuente: Propia*

### **3.2.3 Descripción del Hincado de Pilotes**

Para el hincado de los pilotes se preparó un programa detallado antes de empezar la instalación de los mismos. El programa de hincado incluyó la adquisición, fabricación, pilotes de trabajo y ensayos o prueba de hincado de pilotes. En el programa se consignó el número y tipo de equipo de hincado que se empleó en esta actividad y el rango de producción promedio de dicho equipo. De este análisis previo se constató la necesidad de incrementar el promedio de pilotes hincados en roca, por lo cual se solicitó una variación en el cronograma de ejecución del muelle. Luego de las pruebas del hincado, se inició el hincado de pilotes, donde cada pilote fue instalado en la posición mostrada en los planos de construcción del Contratista. La colocación de los pilotes en la ubicación de hincado se realizó mediante el uso de martillos vibratorios; para el hincado se utilizaron martillos de golpe, la capacidad de carga última de los pilotes se determinó según lo establecido en las especificaciones del proyecto. Para esto se realizaron pruebas estáticas y se corroboró mediante pruebas de carga dinámica. Todas las penetraciones reales se verificaron después de alcanzar la capacidad solicitada y se documentaron en los protocolos de hincado antes de descabezar el pilote.

### **3.2.4 Tapón de Pilotes o “Pile Plug” y Colocación de Capiteles Prefabricados**

Luego de la verificación del correcto hincado de pilote y su correspondiente liberación se procedió con el corte a nivel de diseño del pilote y la colocación de anillos de acero, los cuales se soldaron en la cara interior de cada pilote, estos anillos fueron redimensionados y redistribuidos resultando un nuevo expediente de modificación, para seguidamente instalar la canastilla de acero reforzado que forma parte del tapón de pilote, luego seguidamente se instaló el capitel prefabricado, y finalmente realizar el vertido de concreto al interior del

pilote conforme al diseño. Sobre los pilotes hincados se colocaron estructuras de concreto armado denominadas “capiteles”, los cuales garantizan el apoyo de las vigas prefabricadas sobre los pilotes y permiten absorber las tolerancias de ejecución de los pilotes definidas en el proyecto.



*Figura 21. Suministro de Pilotes para Hincado*  
*Fuente: Propia*



*Figura 22. Preparación de Pilotes en Acopio para Traslado.*  
*Fuente: Propia*



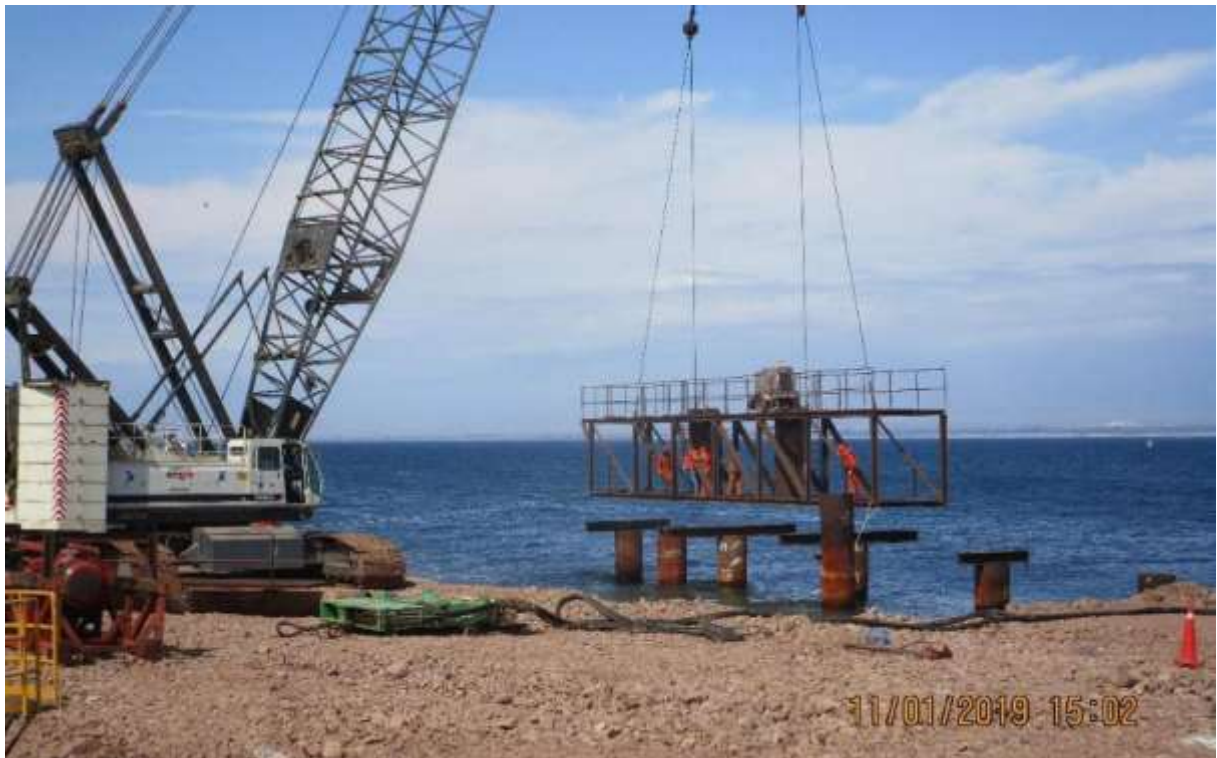


*Figura 23. Traslado de Pilote para Hincado.  
Fuente: Propia*



*Figura 24. Soldadura de Anillos Interiores en los Pilotes.  
Fuente: Propia*





*Figura 25. Instalación de Garabito o Plantilla de Alineamiento de Pilotes*  
*Fuente: Propia*



*Figura 26. Hincado de Pilotes*  
*Fuente: Propia*



*Figura 27. Hincado de Pilotes*  
*Fuente: Propia*



*Figura 28. Hincado de Pilotes*  
*Fuente: Propia*





*Figura 29. Hincado de Pilotes  
Fuente: Propia*



*Figura 30. Soldadura de Plataforma de Soporte de Perforadora  
Fuente: Propia*



*Figura 31. Hincado de Pilotes por Mar (Barcaza)*  
*Fuente: Propia*



*Figura 32. Alineamiento de Pilotes en Zona de Muelle.*  
*Fuente: Propia*





*Figura 33. Soldadura para posicionamiento de capiteles en Muelle.  
Fuente: Propia*



*Figura 34. Vista de arriostres en pilotes de muelle.  
Fuente: Propia*





*Figura 35. Monitoreo de hincado de pilotes.  
Fuente: Propia*



*Figura 36. Rehincado de pilotes en muelle.  
Fuente: Propia*



*Figura 37. Corte de Pilotes*  
Fuente: Propia



*Figura 38. Trabajos de Corte de Pilotes*  
Fuente: Propia





*Figura 39. Colocación de Tubería para Retiro de agua del Pilote*  
Fuente: Propia



*Figura 40. Prueba PDA en Pilote Permanente.*  
Fuente: Propia





*Figura 41. Instalación de Armadura en Pilote.*  
Fuente: Propia



*Figura 42. Preparación de Arriostre Metálico de Capiteles.*  
Fuente: Propia



*Figura 43. Prueba de Ultrasonido de Soldadura de Empalmes de Pilotes.*  
Fuente: Propia



*Figura 44. Vaciado de Concreto en Pile Plug.*  
Fuente: Propia





*Figura 45. Vertido de Concreto para Pile Plug*  
Fuente: Propia



*Figura 46. Vertido de Concreto para Pile Plug*  
Fuente: Propia



*Figura 47. Hincado de Rock Socket en Muelle.*

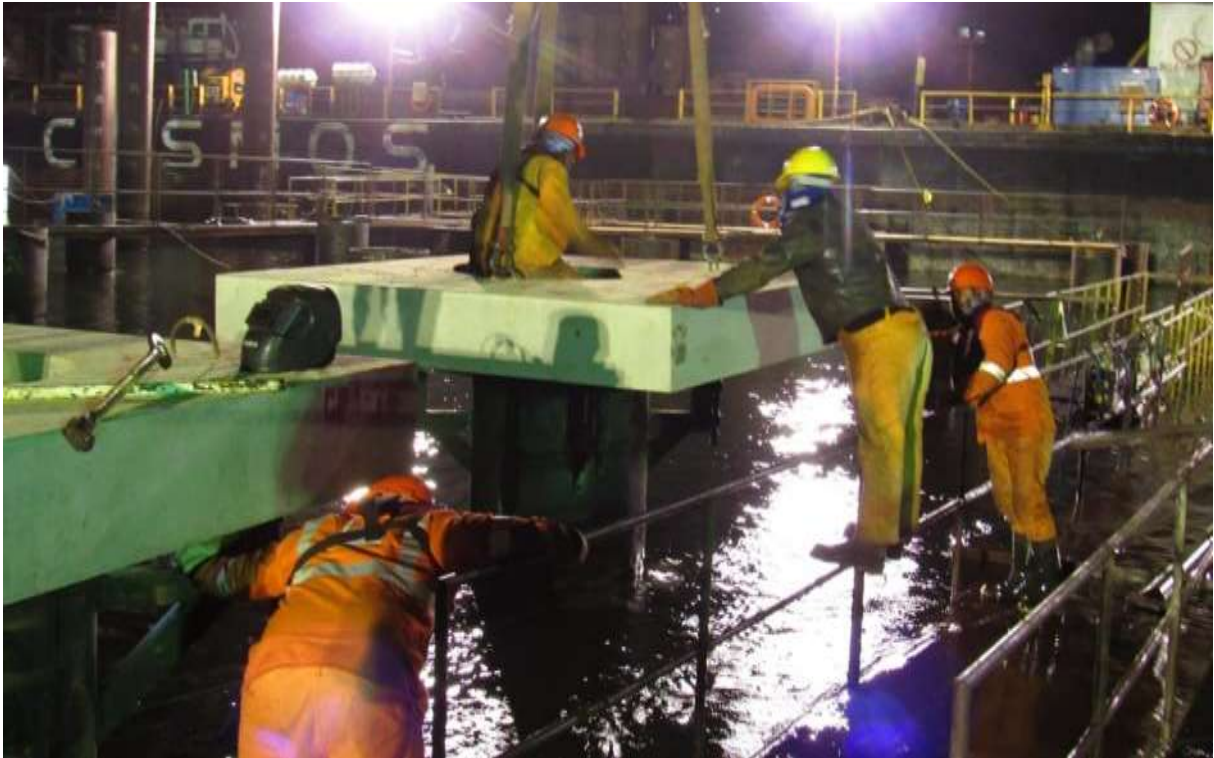
Fuente: Propia



*Figura 48. Trabajos de Montaje de Capiteles en Muelle.*

Fuente: Propia





*Figura 49. Trabajos de Montaje de Capiteles en Muelle.  
Fuente: Propia*



*Figura 50. Habilitado de Estructura de Acero para Vaciado de Concreto Pilote.  
Fuente: Propia*



*Figura 51. Instalación de Capiteles en Estructura de Muelle.*

*Fuente: Propia*

### **3.2.5 Vigas, Losas Prefabricadas y Vaciado de Concreto In Situ**

Culminado el proceso de hincado de pilote, corte de pilote, colocación de capitel y vertido de concreto de pile plug se procedió a la colocación de vigas prefabricadas a lo largo de los ejes longitudinales del muelle y conforme a lo indicado en el expediente, las losas de concreto prefabricado fueron simplemente colocadas como elementos sostenidos extendidos entre el soporte provisto por las vigas longitudinales.

Tras la colocación de los elementos prefabricados, que incluyen las vigas, prelosas y paramentos, se inició la colocación del acero de refuerzo para la losa vaciada in situ, así como la instalación de los elementos de fijación para bolardos y otros accesorios de muelle. Se inicia el vaciado in situ con el concreto contenido entre las vigas prefabricadas y la cara

superior de las prelosas, para en una etapa posterior completar el vaciado como un elemento continuo.

De esta forma, podemos afirmar que la losa de la plataforma está construida en base a una combinación de elementos de concreto prefabricado con una capa final de concreto estructural vaciado “in situ” en dos etapas.



*Figura 52. Acopio de Agregados para Concreto de Prefabricados  
Fuente: Propia*





*Figura 53. Habilitado de Acero para Estructuras de Prefabricados para Muelle.  
Fuente: Propia*



*Figura 54. Encofrado de elementos Prefabricados para muelle.  
Fuente: Propia*





*Figura 55. Curado y Habilitación de Acero en Estructuras de Prefabricados.  
Fuente: Propia*



*Figura 56. Vaciado de Concreto en Prefabricados para Muelle.  
Fuente: Propia*



*Figura 57. Vaciado de Concreto en Prefabricados para Muelle.  
Fuente: Propia*



*Figura 58. Acopio de Prefabricados.  
Fuente: Propia*





*Figura 59. Vista de Zona de Acopio de Elementos Prefabricados*  
*Fuente: Propia*



*Figura 60. Trabajos Preliminares para Colocación de Prefabricados de Muelle.*  
*Fuente: Propia*





*Figura 61. Montaje de Estructuras de Prefabricados en Muelle.  
Fuente: Propia*



*Figura 62. Montaje de estructuras de prefabricados en muelle.  
Fuente: Propia*





*Figura 63. Montaje de Prelosas en Muelle.  
Fuente: Propia*

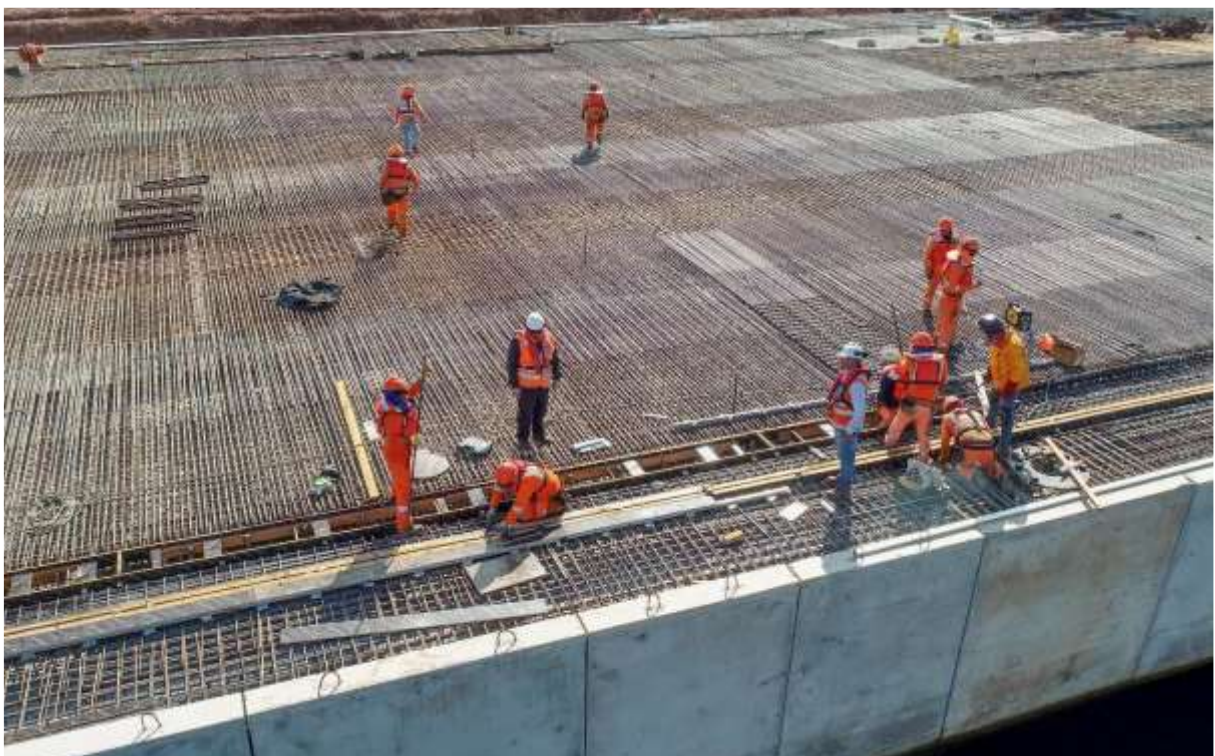


*Figura 64. Vista de Trabajos de Excavación en Zona de Muelle  
Fuente: Propia*





*Figura 65. Colocación de Acero en Losa del Muelle*  
*Fuente: Propia*



*Figura 66. Alineamiento y Control de Niveles en Muelle.*  
*Fuente: Propia*





*Figura 67. Trabajos de Montaje de Vigas Prefabricadas en Muelle*  
*Fuente: Propia*



*Figura 68. Vista de Montajes de Losa en Muelle.*  
*Fuente: Propia*





*Figura 69. Trabajo de Soldadura de Pilotes*  
*Fuente: Propia*



*Figura 70. Trabajo de Soldadura de Pilotes*  
*Fuente: Propia*





*Figura 71: Vaciado de Concreto en Losa de Muelle*  
*Fuente: Propia*



*Figura 72. Vaciado de concreto en Losa de Muelle*  
*Fuente: Propia*





*Figura 73. Vaciado de Concreto en Losa de Muelle  
Fuente: Propia*



*Figura 74. Trabajos de Nivelación de Losa en Muelle  
Fuente: Propia*

### 3.2.6 Losas de Transición

Culminado el proceso de vaciado de losa y colocación del concreto del colchacreto, se procedió a la instalación de losas de transición, las cuales se asientan sobre el nivel superior del talud y el borde del tablero del muelle, esta losa sirve para completar la porción del pavimento que colinda con la plataforma del muelle.



*Figura 75. Montaje de Losa de Transición.  
Fuente: Propia*





*Figura 76. Montaje de Losa de Transición.  
Fuente: Propia*



*Figura 77. Trabajos de Colocación de Pernos  
Fuente: Propia*

### 3.3 Los Planos Generales

Si bien este proyecto tuvo un desarrollo a detalle de todos y cada uno de los elementos que formó parte de la estructura del muelle, en este informe solo se adjunta los planos generales de obra para que el lector tenga una idea global del proyecto marítimo con los cuales podrá visualizar de forma panorámica el diseño cuya ejecución ha sido descrita en el apartado superior. Podrá visualizar los planos en el apartado de “Anexos”

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

-En la primera etapa de experiencia del proyecto de modernización del Terminal Portuario (Previo a la ejecución de obra) se identificó un proceso ordenado en el cual se establecieron 4 fases que permitieron iniciar la obra sin contratiempos. El esquema resultante de este proceso es el sgte:

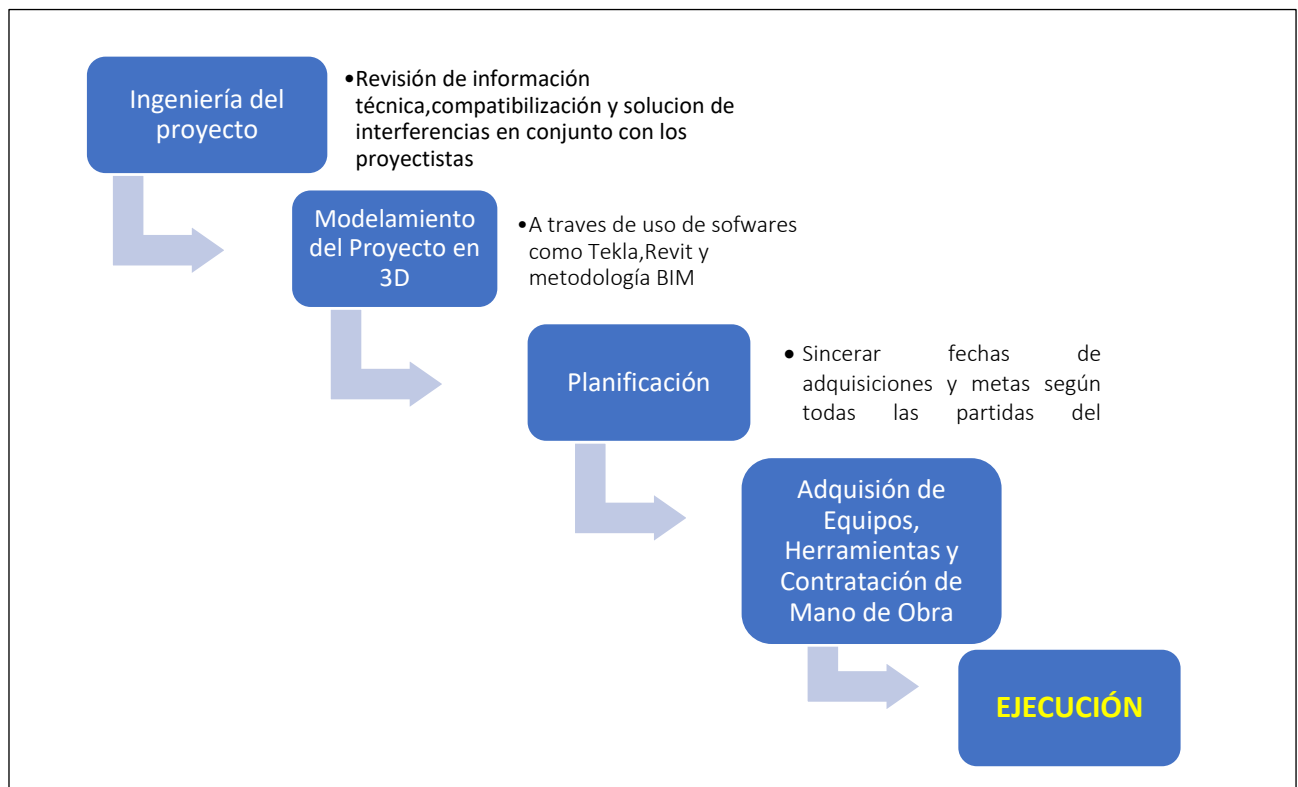


Figura 78. Esquema del proceso previo a la ejecución de Obra identificado por el Bachiller  
Fuente: Propia

-En la segunda etapa de experiencia del proyecto de modernización del Terminal Portuario (Durante la ejecución) se identificó un plan o tren de trabajo de 9 fases

que conformaron el proceso constructivo que permitió cumplir con los plazos contractuales:

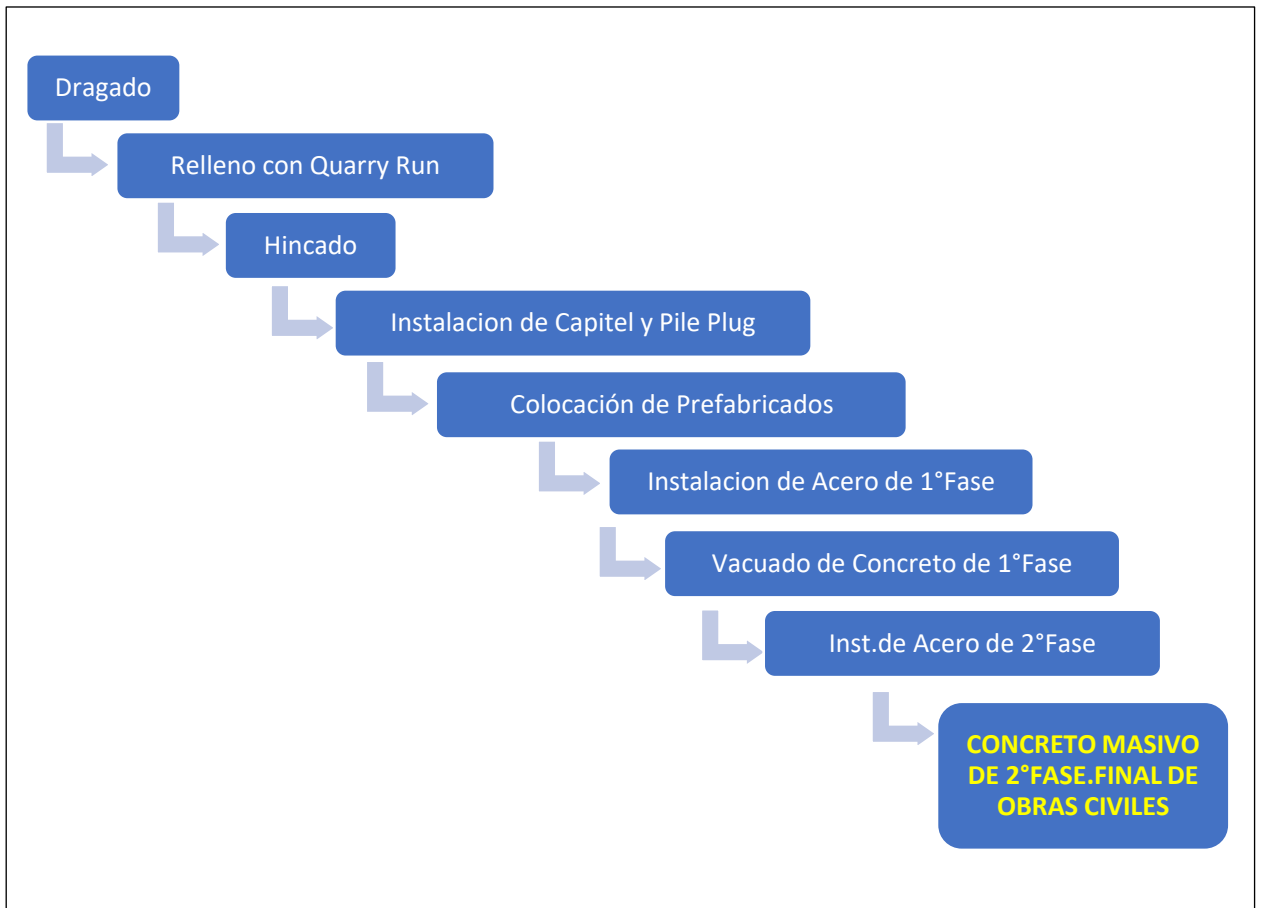


Figura 79. Esquema del proceso constructivo del muelle identificado por el Bachiller.

Fuente: Propia

-Se logró identificar que el uso de nuevos materiales como el Colchacreto, permitieron un ahorro en tiempo y costo durante la ejecución de la construcción del muelle de Terminal Portuario.

-El análisis de la información durante la primera etapa de la experiencia, permitió realizar rigurosos estudios geotécnicos y oceanográficos que permitieron tener una idea clara del tipo de equipos y herramientas que debíamos usar durante la ejecución del muelle, éstos debían estar acorde con las condiciones y características de la bahía donde iba a ser implantada esta estructura marítima.

-La capacitación del personal para la correcta colocación de nuevos materiales como el Colchacreto, y el acompañamiento de los proveedores fue una estrategia importante que ayudó a obtener excelentes resultados.

-Se identificó que la ejecución del muelle, realizada en 2 frentes (tierra y mar) optimizó los tiempos de hincado de pilotes, ya que mediante el uso de 1 barcaza se hincó desde el mar y mediante 1 grúa de brazo largo se hincó desde tierra. Así se atacó 2 frentes en simultáneo logrando optimizar el tiempo.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES**

-La aplicación de estudios oceanográficos y geotécnicos previos a la ejecución de la obra, permitieron que se prevea el tipo de equipos y herramientas adecuados para ser usados según las condiciones de la Bahía donde se iba a implantar la infraestructura.

-Las herramientas tecnológicas como el BIM permitieron que para esta obra, se identificaran interferencias con holguras de tiempo importantes, y con ello se logró evitar retrasos en el cronograma.

-El proceso constructivo utilizado en esta obra de acuerdo a las 9 fases de trabajo, permitió que el muelle fuera culminado en la fecha prevista de entrega según contrato.

-El material tipo Quarry Run usado para relleno en este proyecto fue una partida de beneficio considerando que dicho material se encontraba dentro del área de la obra para ser extraído sin generar ningún daño al diseño del puerto, además de la excelente calidad del material que permitió un beneficio de costo y plazo para la obra.

### **RECOMENDACIONES**

-Las obras de tipo marítimas, implican que para su buen desarrollo, deberán hacerse los estudios geotécnicos y oceanográficos con más de un laboratorio, esto para validar datos ya que es preciso tener datos exactos previo al inicio de obras.

-Es importante investigar nuevos materiales que puedan cumplir con las especificaciones del expediente técnico, ya que estos podrían favorecer con su uso dando un ahorro de costo y plazo. Como el caso del Colchacreto utilizado en esta obra que arrojó buenos resultados desde el punto de vista técnico y de plazo.

-La implementación de un equipo de profesionales con experiencia en manejo de herramientas BIM, aporta en la detección de interferencia antes y durante la ejecución de la obra, con ello se diseñan soluciones virtuales que impactan favorablemente en los proyectos constructivos.

-Los equipos de mayor costo para la ejecución de un proyecto de esta índole no se encuentran con facilidad en el mercado nacional, por lo que su adquisición es un punto importante de resolver con holgura por parte del contratista.



## REFERENCIAS

- Rodríguez Villegas, Mayra Alejandra. Torpoco Huayllani, Freddy Adrián. (2015). “Manual De Construcción E Instalación De Pilotes Según La Práctica De Empresas Especializadas En El Perú”. Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Esteban Chapapría, Vicent. (2014). “Obras Marítimas”. Editorial Universidad Politécnica de Valencia
- Yamilé Guibert, Marylia Cruz y Manuel Figueroa. (2015). “La modernización del puerto del Callao”- Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Universidad de Jaén-España. “Ingeniería Marítima y Costera”.  
<https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-de-jaen/ingenieria-maritima-y-costera/apuntes/tema-06-definicion-y-tipos-de-obras-maritimas/2736247/download/tema-06-definicion-y-tipos-de-obras-maritimas.pdf>
- Terminal Portuario. (2015). “Expediente Técnico de Obras Civiles-Tomo IV Muelle”.
- Terminal Portuario. Sitio Web Oficial. [http://www.\(\).com.pe](http://www.().com.pe)
- Autoridad Portuaria Nacional, Perú. (2010). “Infraestructura Portuaria Regional y Crecimiento”.  
<https://www.bcrp.gob.pe/docs/Proyeccion-Institucional/Encuentros-Regionales/2010/Ica/EER-Ica-Frank-Boyle.pdf>

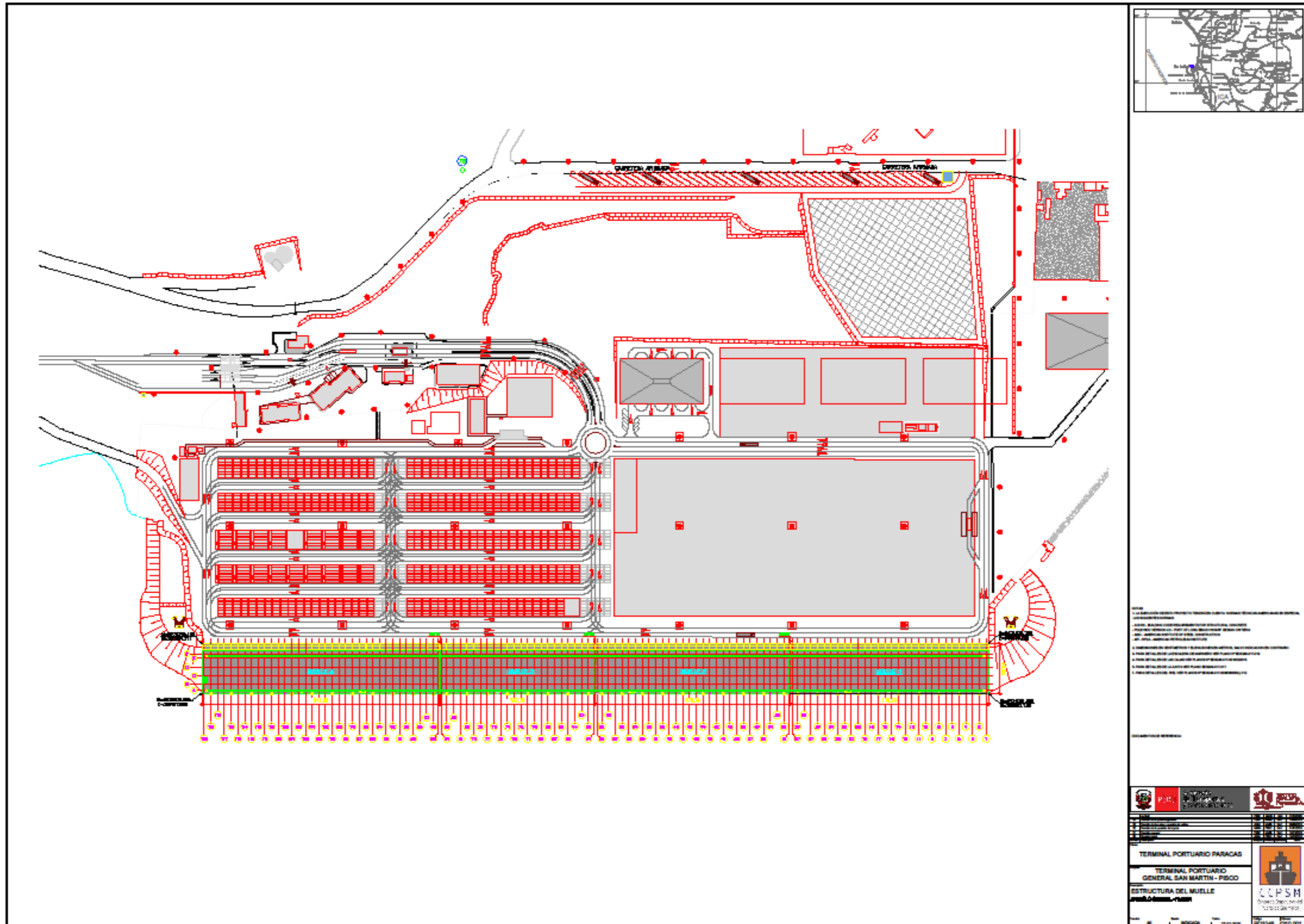
## ANEXOS

Se adjuntan como Anexo los siguientes planos:

- *Anexo n°1*: BD3248 310 001 Muelle - Arreglo General – Planta
- *Anexo n°2*: BD3248 310 002 Muelle - Planta Muelle 1
- *Anexo n°3*: BD3248 310 006 Muelle – Ubicación de Vigas Prefabricadas Muelle 1 y 2
- *Anexo n°4*: BD3248 310 008 Muelle - Ubicación de Prelosas Muelle 1 y 2
- *Anexo n°5*: BD3248 310 010 Muelle 1 - Planta EL. +3,40
- *Anexo n°6*: BD3248 310 014 Muelle 1 - Sección C-C – Encofrado
- *Anexo n°7*: BD3248-310-016 Muelles 1 - 2 - 3 y 4 - Sección A-A – Encofrado
- *Anexo n°8*: BD3248-310-017 Muelles 1 - 2 - 3 y 4 - Sección B-B – Encofrado
- *Anexo n°9*: BD3248-310-019 - Muelles 1 - 2 - 3 y 4 - Detalles de Montaje 1 a 12

# ANEXOS

Anexo n°1: BD3248 310 001 Muelle - Arreglo General – Planta



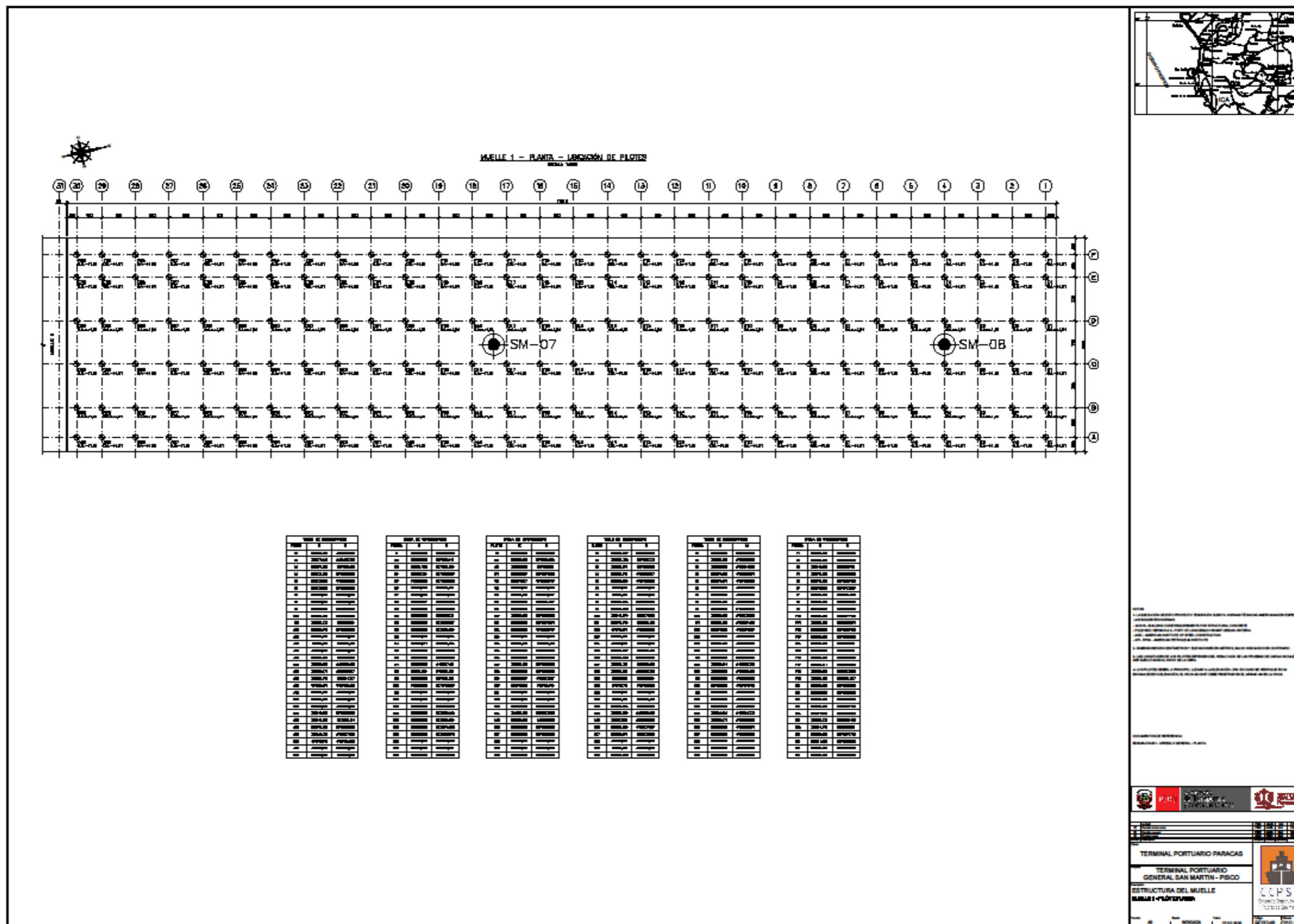
NOTAS

1. Se debe considerar el nivel de agua de mar en el momento de la construcción de la estructura.
2. Se debe considerar el nivel de agua de mar en el momento de la construcción de la estructura.
3. Se debe considerar el nivel de agua de mar en el momento de la construcción de la estructura.
4. Se debe considerar el nivel de agua de mar en el momento de la construcción de la estructura.
5. Se debe considerar el nivel de agua de mar en el momento de la construcción de la estructura.
6. Se debe considerar el nivel de agua de mar en el momento de la construcción de la estructura.
7. Se debe considerar el nivel de agua de mar en el momento de la construcción de la estructura.

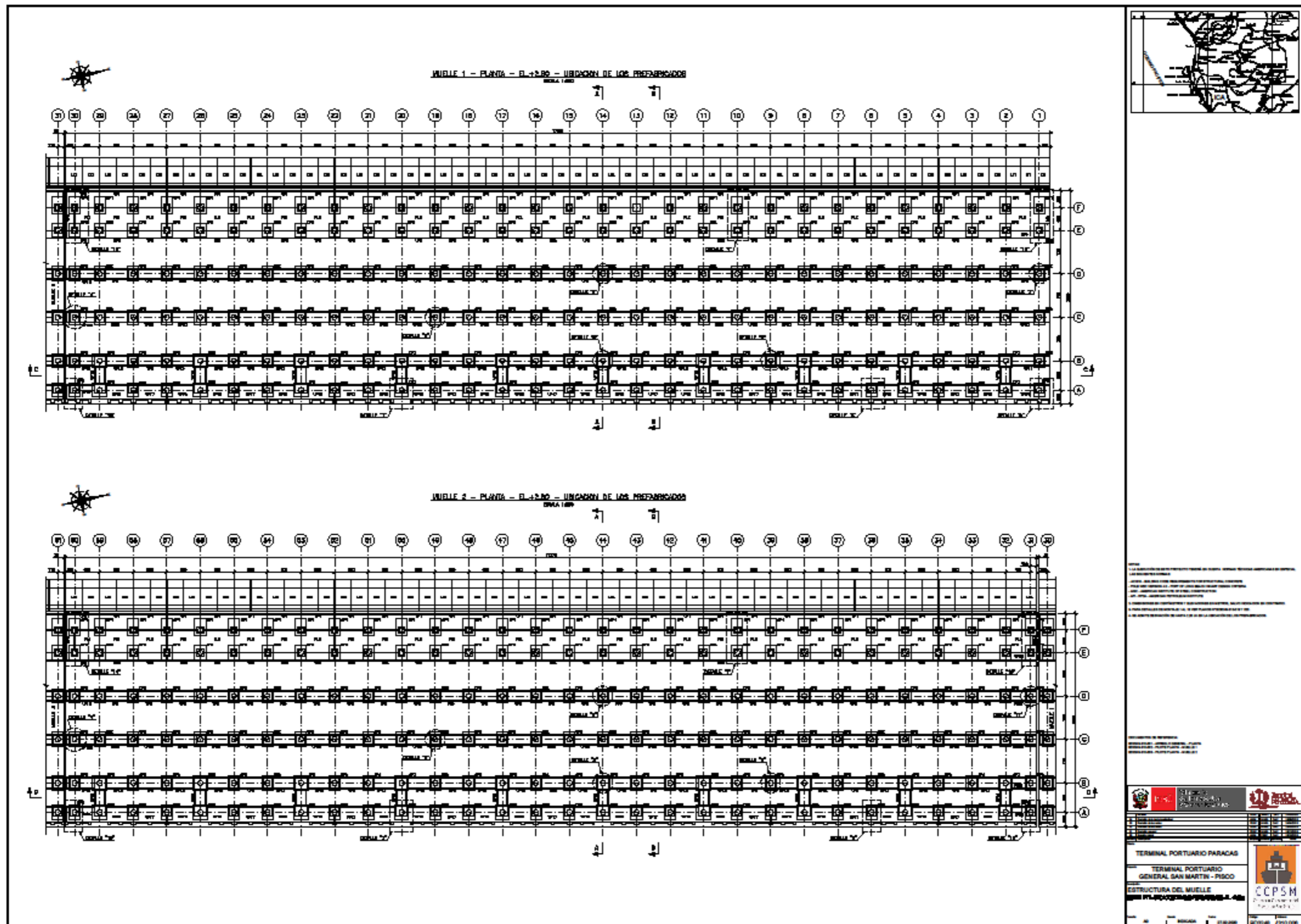
|  |                          |  |
|--|--------------------------|--|
|  |                          |  |
| TERMINAL PORTUARIO PARACAS<br>TERMINAL PORTUARIO GENERAL SAN MARTIN - PISCO<br>ESTRUCTURA DEL MUELLE<br>BD3248 310 001 |                          |  |
|  |                          |  |
| Escala: 1:1000<br>Fecha: 2018-08-20<br>Hoja: 01 de 01  | 2018-08-20<br>2018-08-20 |  |



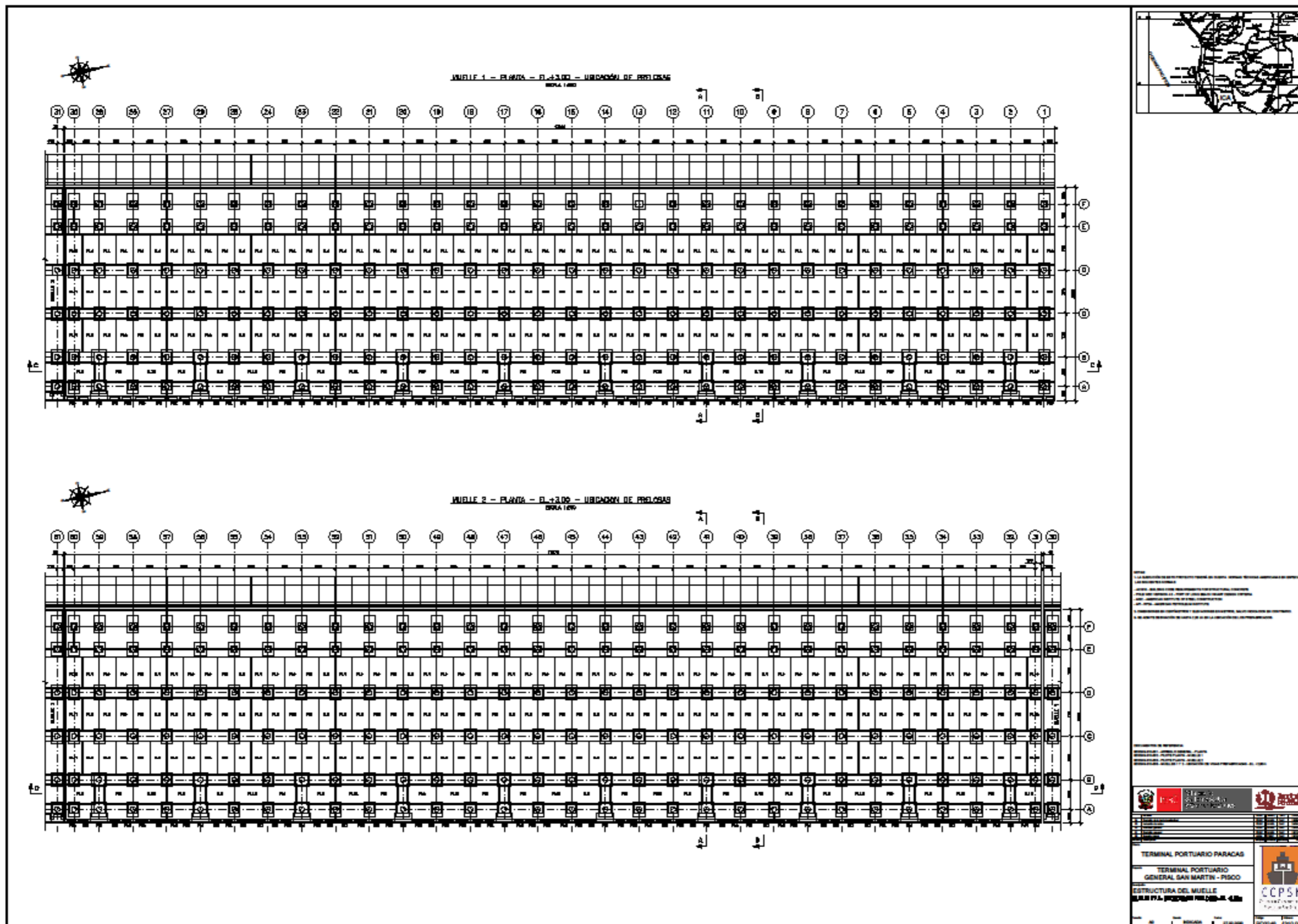
Anexo n°2: BD3248 310 002 Muelle - Planta Muelle 1



Anexo n°3: BD3248 310 006 Muelle – Ubicación de Vigas Prefabricadas Muelle 1 y 2

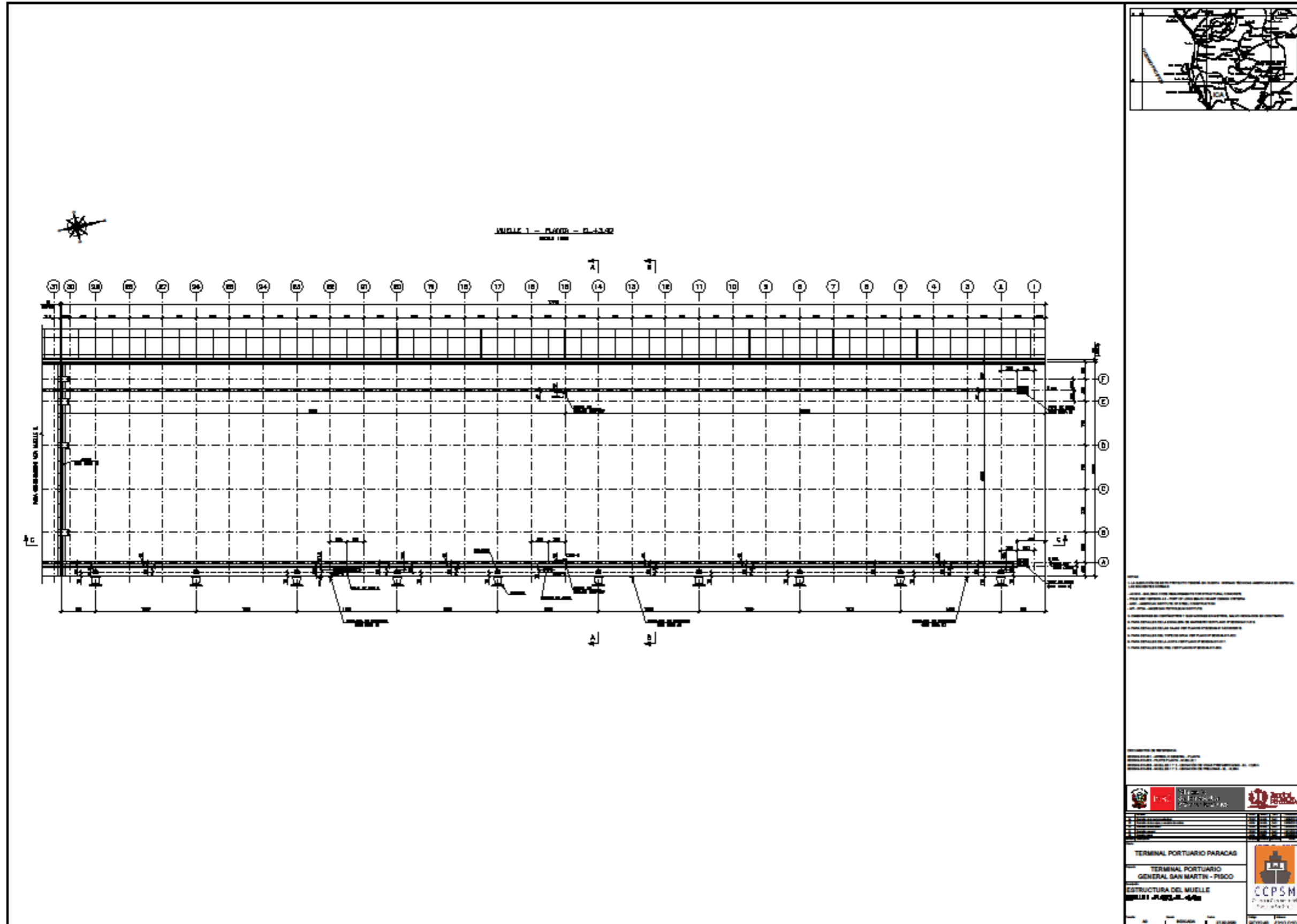


Anexo n°4: BD3248 310 008 Muelle - Ubicación de Prelosas Muelle 1 y 2

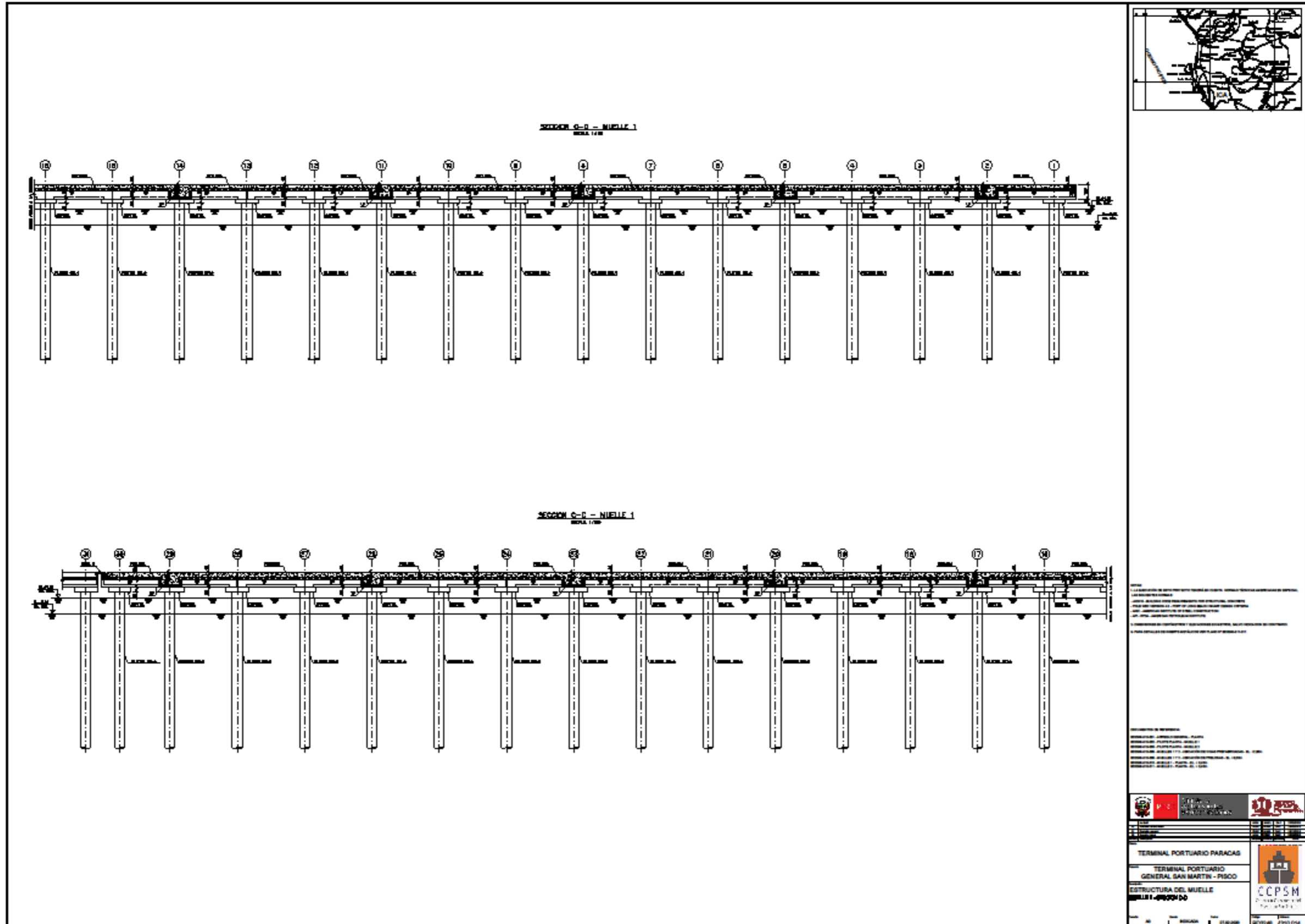


*Anexo n°5: BD3248 310 010 Muelle 1 - Planta EL. +3,40*

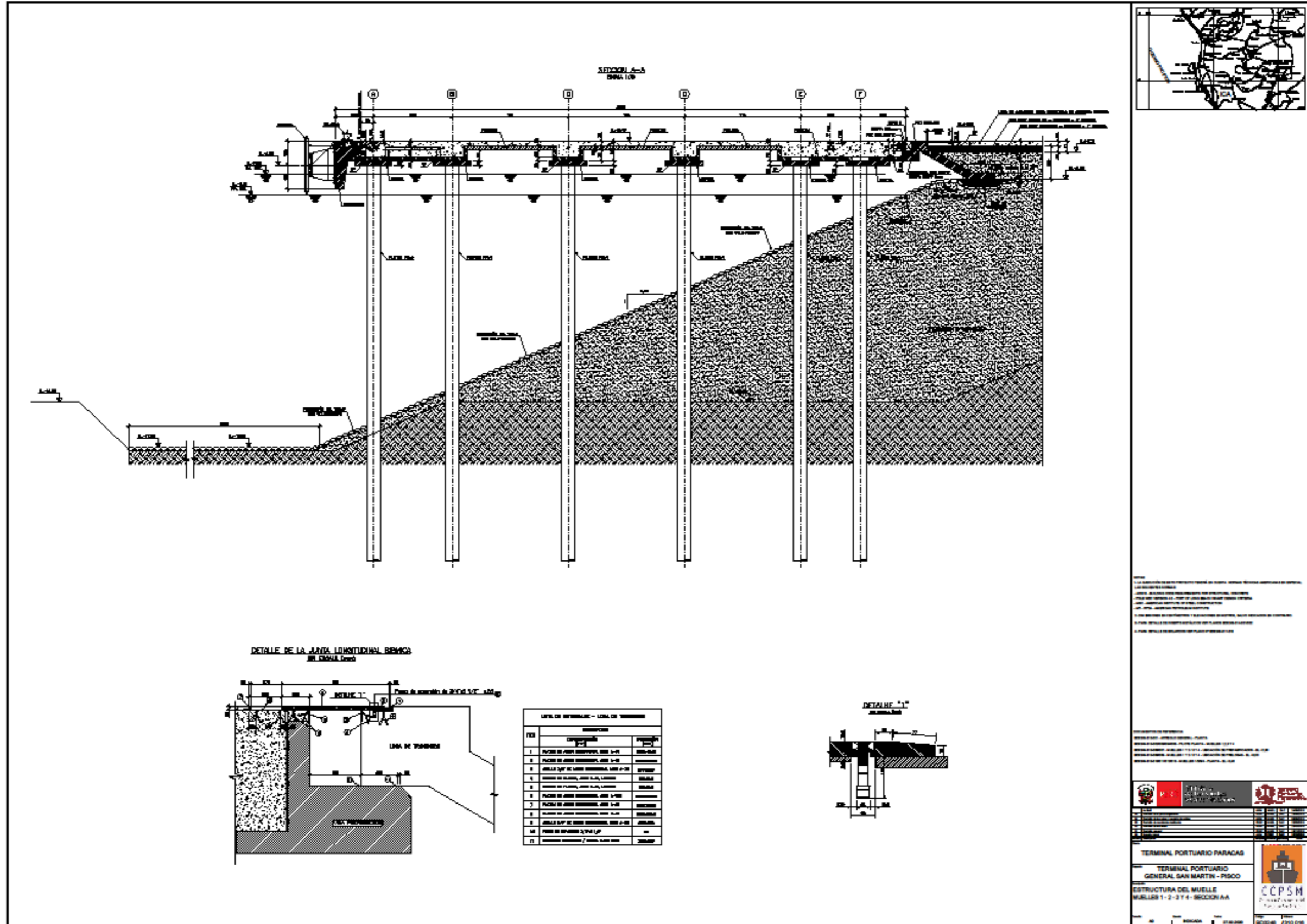




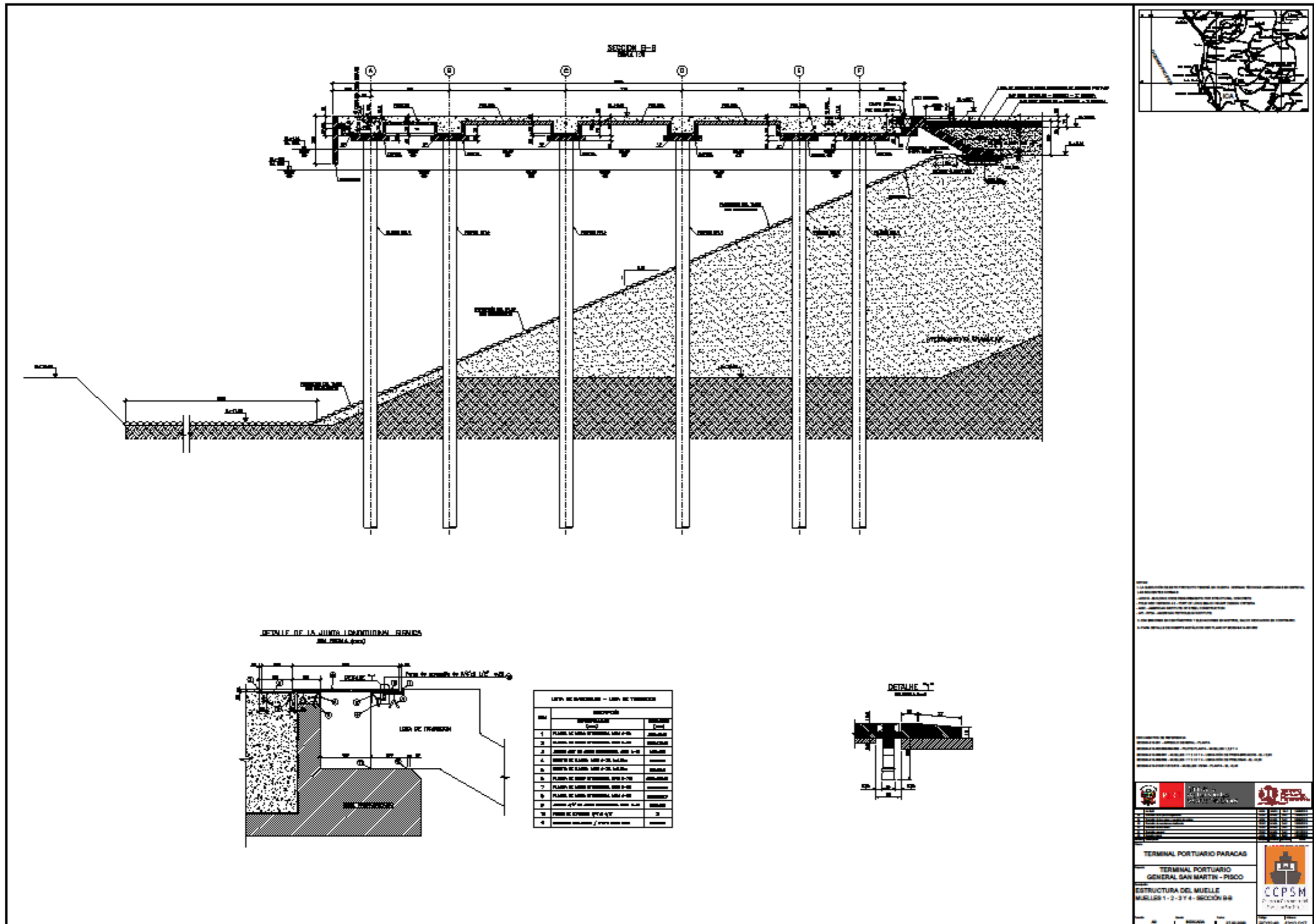
Anexo n°6: BD3248 310 014 Muelle 1 - Sección C-C – Encofrado



Anexo n°7: BD3248-310-016 Muelles 1 - 2 - 3 y 4 - Sección A-A – Encofrado

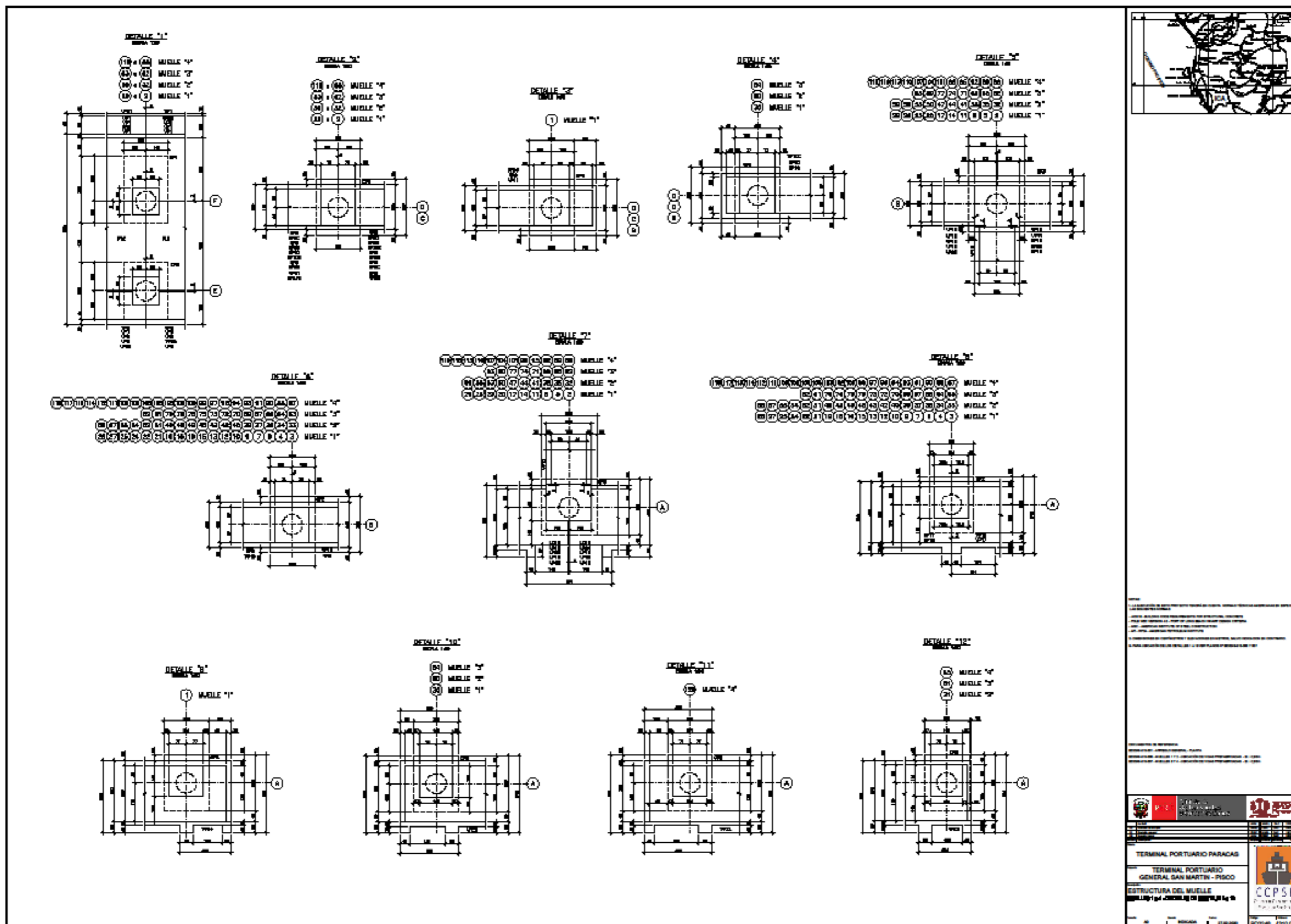


Anexo n°8: BD3248-310-017 Muelles 1 - 2 - 3 y 4 - Sección B-B – Encofrado





Anexo n°9: BD3248-310-019 - Muelles 1 - 2 - 3 y 4 - Detalles de Montaje 1 a 12



**TERMINAL PORTUARIO PARACAS**  
**TERMINAL PORTUARIO GENERAL SAN MARTIN - PISCO**  
**ESTRUCTURA DEL MUELLE**  
 CCPSM