

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE REPARACIÓN A NIVEL DE  
INFRAESTRUCTURA EN MAR DE MUELLE PESQUERO ARTESANAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR**

**ALEXIS YAMIL TISNADO PILCO**

**ASESOR**

**Mag. YUET WA TANG TAM**

**LIMA-PERÚ**

**AÑO 2023**

© 2023, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados  
**“El autor autoriza a la UNI a reproducir el TSP en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”**

Alexis Yamil Tisnado Pilco

[atisnado@uni.pe](mailto:atisnado@uni.pe)

Teléfono: 945 298 937

## **DEDICATORIA**

Con profundo agradecimiento y cariño a las personas que han sido mi fuente de inspiración y apoyo a lo largo de mi vida universitaria y profesional. A mis queridos padres, cuyo amor inquebrantable y apoyo incondicional han sido mi mayor fortaleza. A mis adorados hermanos, Yuly, Jessica y Jair, quienes con su aliento y apoyo moral han sido mis cómplices en los momentos más desafiantes. A mis adorables sobrinas Valery, Lexie y Sofía, cuyas risas y ocurrencias han iluminado mis jornadas y recordado la importancia de encontrar la alegría en las pequeñas cosas.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más sincero agradecimiento a los distinguidos docentes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, en especial a mi asesor Ing. Yuet Tang cuya guía experta ha sido un pilar fundamental para la culminación del presente informe. Ustedes han sido los arquitectos de mis conocimientos y quienes me han brindado las herramientas necesarias para abrirme camino en el apasionante mundo de la Ingeniería Civil.

## ÍNDICE

Resumen.....	4
Abstract.....	5
Prólogo.....	6
Lista de tablas .....	7
Lista de imágenes.....	8
Lista de figuras .....	11
Lista de siglas.....	12
<b>Capítulo I: Introducción.....</b>	<b>13</b>
1.1 Planteamiento de la realidad problemática.....	13
1.2 Objetivos del estudio.....	15
1.2.1 Objetivo general.....	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 Antecedentes.....	15
<b>Capítulo II: Marco teórico y conceptual .....</b>	<b>17</b>
2.1 Definición de muelle.....	17
2.2 Clasificación de muelles.....	17
2.2.1 Muelles de acuerdo a su forma y la manera como atracan las embarcaciones.....	17
2.2.2 Muelles de acuerdo a su estructuración.....	19
2.3 Partes de un muelle en espigón.....	22
2.3.1 Superestructura en muelle en pilotes.....	26
2.4 Muelles pesqueros y ambiente marino.....	27
2.4.1 Desembarcadero Pesquero Artesanal(DPA).....	28
2.5 Durabilidad de las estructuras de concreto armado.....	28
2.5.1 Estructuras de concreto armado.....	29
2.5.2 Durabilidad en estructuras de concreto armado.....	29
2.6 Procesos de degradación.....	30
2.6.1 Corrosión.....	31
2.7 Clasificación de la corrosión.....	31
2.7.1 Segundo la forma.....	31

2.8 Factores que afectan la durabilidad de la estructura.....	34
2.9 Reparación y rehabilitación estructural.....	35
2.9.1 Reparación del concreto.....	36
2.9.1.1 Eliminación del concreto deteriorado, preparación del substrato y limpieza de la superficie.....	36
2.9.1.2 Protección de la armadura y restauración de su capacidad resistente .....	37
2.9.1.3 Colocación del nuevo material de reparación.....	37
2.9.1.4 Encamisado en concreto armado para refuerzo estructural.....	38
<b>Capítulo III: Descripción de la obra .....</b>	<b>41</b>
3.1 Ubicación física y geográfica.....	41
3.2 Problemática del desembarcadero previo a su reparación.....	42
3.3 Mejoramiento del muelle tipo espigón.....	43
3.3.1 Infraestructura en mar.....	43
3.3.2 Infraestructura en tierra.....	44
3.3.3 Equipo y mobiliario.....	45
3.4 Fuentes de financiamiento .....	45
3.5 Modalidad de ejecución.....	45
3.6 Presupuesto de obra.....	45
<b>Capítulo IV: Diagnóstico del muelle Acapulco previa a la reparación.....</b>	<b>46</b>
4.1 Descripción de la estructura.....	46
4.1.1 Descripción del puente del muelle.....	46
4.1.2 Descripción del cabezo del muelle.....	47
4.1.3 Plataforma baja.....	48
4.2 Estado del puente del muelle previo a su reparación.....	49
4.2.1 Estado de los pilotes del puente del muelle.....	49
4.2.2 Estado del tablero del puente del muelle.....	50
4.2.3 Estado de las vigas del puente del muelle.....	52
4.3 Estado del cabezo del muelle.....	53
4.3.1 Estado de los pilotes del cabezo del muelle.....	53
4.3.2 Estado del tablero del cabezo del muelle.....	54
4.3.3 Estado de las vigas del cabezo del muelle.....	55

<b>Capítulo V: Análisis del método constructivo en la reparación del muelle Acapulco .....</b>	<b>56</b>
5.1 Reparaciones a nivel de estructura de obras en mar.....	56
5.2 Desmontaje de sistema de defensa del muelle con riel metálico y defensa tipo D .....	57
5.3 Demolición de vigas del muelle.....	66
5.4 Procedimiento de reparación de pilotes.....	68
5.4.1 Limpieza y picado de la superficie de los pilotes.....	69
5.4.2 Refuerzo con armadura de acero corrugado.....	70
5.4.3 Encamisado de pilotes.....	72
5.4.4 Vaciado de concreto de reparación en pilotes.....	73
5.5 Reparación tramo 8-10.....	74
5.6 Construcción de elementos prefabricados.....	79
5.7 Transporte y colocado de elementos prefabricados.....	81
5.8 Obras de concreto in situ.....	88
<b>Conclusiones.....</b>	<b>93</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>95</b>
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>98</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>101</b>

## RESUMEN

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: “**Evaluación del proceso de reparación a nivel de infraestructura en mar de muelle pesquero artesanal**”, se centra en la evaluación y el posterior proceso de restauración llevado a cabo en el Muelle Pesquero Artesanal ubicado en la localidad de Acapulco, perteneciente al distrito de Zorritos, en Provincia de Contralmirante Villar, en el departamento de Tumbes.

Previo a su proceso de restauración, este muelle mostraba notorios signos de deterioro en su infraestructura, manifestados en la presencia de fisuras y desprendimiento del revestimiento de concreto, tanto en los pilotes como en el tablero. Estos factores llevaron a la exposición del acero de refuerzo, el cual se encontraba afectado por procesos corrosivos y pérdida de sección transversal, principalmente en las áreas de las losas, las vigas longitudinales y transversales. Dadas las severas afectaciones en su estructura, se procedió a la demolición de las losas y vigas, seguida de la correspondiente restauración de los pilotes.

En este contexto, para la recuperación y fortalecimiento de los pilotes de concreto armado, se implementó el método de encamisado de concreto armado. Esta modalidad implicó la cobertura de los pilotes del puente y la completa cobertura de los pilotes en el área del cabezal.

La presente investigación se erige entonces, como un exhaustivo análisis de los procedimientos llevados a cabo en la rehabilitación de esta infraestructura vital para la actividad pesquera artesanal de la zona.

A través de un enfoque académico riguroso, se busca arrojar luz sobre los aspectos técnicos y prácticos utilizados en este proceso de restauración, con la finalidad de contribuir al conocimiento y desarrollo en el ámbito de la ingeniería y la gestión de infraestructuras de mar.

## ABSTRACT

This Professional Sufficiency Work titled: Evaluation of repair processes at the infrastructure level in the sea of the artisanal fishing dock", focuses on the meticulous evaluation of the restoration process carried out in the Artisanal Fishing Dock located in the Sea of Dock, in the town of Acapulco, belonging to the Zorritos district, in the distinguished Province of Contralmirante Villar, in the Tumbes region.

Prior to its restoration process, this pier showed notorious signs of deterioration in its infrastructure, manifested in the presence of cracks and detachment of the concrete lining. These factors led to the exposure of the reinforcing steel, which was affected by corrosive processes and loss of section, mainly in the areas of the slabs, longitudinal and transversal beams. Given the severe effects on its structure, the slabs and beams were demolished, followed by the corresponding restoration of the piles.

In this context, for the recovery and strengthening of reinforced concrete piles, the reinforced concrete casing method was implemented. This strategy implied the coverage of the bridge piles and the complete coverage of the piles in the head area.

The present investigation is erected then, as an exhaustive analysis of the procedures carried out in the rehabilitation of this vital infrastructure for the artisanal fishing activity. Through a rigorous and compassionate academic approach, it seeks to shed light on the technical and practical aspects involved in this restoration process, in order to contribute to knowledge and development in the field of engineering and infrastructure management

## **PRÓLOGO**

Sumergidos en las aguas que alimentaron a generaciones, los muelles pesqueros artesanales representan no solo un punto de conexión con el mar, sino también un testigo silencioso de la lucha humana por la subsistencia.

“Evaluación del Proceso de Reparación a Nivel de Infraestructura en Mar de Muelle Pesquero Artesanal” no es simplemente un título; es un faro de comprensión en medio de las aguas turbulentas del progreso y la tradición. Cada palabra contenida en estas páginas es un eco de esfuerzos minuciosos, de trabajo constante, un reflejo de la dedicación necesaria para sostener las vidas que dependen del mar.

En este Trabajo de Suficiencia Profesional, exploraremos los desafíos y logros entrelazados en la tarea aparentemente simple de renovar un muelle pesquero artesanal. Desde los cimientos que se sumergen en las aguas, hasta las vigas que se elevan hacia el cielo, este trabajo se adentrará en los detalles de la reconstrucción. Pero más allá de las estructuras de concreto y acero, también destaparemos las capas de significado: cómo estos muelles no son solo plataformas físicas, sino también vínculos culturales y económicos.

Los muelles pesqueros artesanales se enfrentan a un océano de desafíos, desde las inclemencias del tiempo hasta los cambios en los ecosistemas marinos. Y, sin embargo, a medida que las olas de renovación avanzan, también se vislumbra un rayo de esperanza.

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Estado de pilotes: Rajaduras o fisuras longitudinal. ....	50
Tabla 2. Estado del cabezo del muelle. ....	54

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Terminal portuario de Matarani, provincia de Islay, departamento de Arequipa.....	18
Imagen 2. Terminal portuario multipropósito de Salaverry, provincia de Trujillo, departamento de Salaverry .....	18
Imagen 3. Puerto de Jebel Ali (Jebel Ali, Dubái, Emiratos Árabes Unidos) .....	19
Imagen 4. Defensas de cilindro de neumáticos.....	23
Imagen 5. Defensas de forma cónica.....	23
Imagen 6. Defensas de paneles .....	24
Imagen 7. Defensas de celdas.....	24
Imagen 8. Defensas tipo D .....	25
Imagen 9. Bita de amarre .....	25
Imagen 10. Pescante tipo pluma.....	26
Imagen 11. Refuerzo de acero en columna .....	39
Imagen 12. Encofrado de columna a reforzar.....	40
Imagen 13. Superficie de la columna posterior al desencofrado .....	40
Imagen 14. Ubicación geográfica DPA Acapulco .....	41
Imagen 15. Vista en planta del DPA Acapulco.....	42
Imagen 16. Estado Pilote 3 Sur Eje 11 .....	49
Imagen 17. Presencia de grietas y oxidación en Pilote 1 Sur Eje 2.....	49
Imagen 18. Deterioro de superficie de la plataforma del muelle.....	51
Imagen 19. Exposición de acero en estado de corrosión .....	51
Imagen 20. Grietas, desprendimiento de concreto y exposición de acero en vigas.....	52
Imagen 21. Estado pilote eje 31 Norte .....	53
Imagen 22. Desprendimiento de concreto con exposición del acero de refuerzo en proceso de corrosión .....	53
Imagen 23. Desprendimiento de recubrimiento de concreto en vigas del cabezo del muelle .....	55
Imagen 24. Estructura para extracción de rieles inicial.....	58
Imagen 25. Caballete para extracción de rieles metálicas .....	58
Imagen 26. Corte con equipo de oxicorte de riel horizontal del sistema de defensa del muelle .....	59
Imagen 27. Extracción de riel metálico con el uso de caballete, tirfor y tecle manual .....	59

Imagen 28. Rieles metálicos extraídas de la defensa de riel metálico.....	60
Imagen 29. Perforación de abertura en losa para pasar los elementos tensores	62
Imagen 30. Uso de barras roscadas como elemento tensor .....	62
Imagen 31. Secuencia de instalación de la infraestructura del encofrado colgante.....	63
Imagen 32. Demolición de tramo de losa en el cabezo del muelle .....	64
Imagen 33. Demolición de paños centrales en puente de muelle .....	65
Imagen 34. Zona de tránsito para acarreo de material de demolición .....	65
Imagen 35. Plataforma provisional para fijar estructura losa – viga para desmontarla.....	66
Imagen 36. Plataforma móvil para escombros para evitar contaminación en el mar .....	67
Imagen 37. Plataforma colgante con perfiles metálicos en forma de H .....	67
Imagen 38. Limpieza de pilotes con espátulas acondicionadas para la actividad .....	69
Imagen 39. Limpieza y picado de superficie de pilote a encamisar.....	70
Imagen 40. Refuerzo con armadura de acero corrugado en pilote.....	72
Imagen 41. Encofrado de pilote con moldes metálicos .....	72
Imagen 42. Vaciado de concreto aplicando el método Tremie .....	74
Imagen 43. Vista del tramo del eje 8 -10 reparado posterior a la construcción del muelle.....	76
Imagen 44. Vista de tramo del eje 8-10, zona de rompiente .....	76
Imagen 45. Parte superior de las losas de los tramos 8-9 con vista al acero al descubierto.....	76
Imagen 46. Parte inferior de las losas de los tramos 9-10.....	77
Imagen 47. Encofrado normal de losa prefabricada.....	79
Imagen 48. Encofrado normal de vigas prefabricadas.....	80
Imagen 49. Muestra final de encofrado.....	80
Imagen 50. Vaciado de concreto de losa prefabricada .....	80
Imagen 51. Vaciado de concreto de vigas prefabricadas .....	81
Imagen 52. Muestra de las “mechas” de acero corrugado .....	82
Imagen 53. Colocación de viga prefabricada, alineada a las “mechas” de acero corrugado de los pilotes.....	83
Imagen 55. Colocación de la viga prefabricada .....	84
Imagen 56. Instalación de losas prefabricadas en el puente .....	86
Imagen 57. Armado de acero in situ en losas y vigas en puente de muelle .....	90

---

Imagen 58. Encofrado colgante, posterior al armado de acero de refuerzo .....	90
Imagen 59. Imagen de muelle y plataforma .....	91
Imagen 60. Encofrado y vaciado de concreto en borde de plataforma.....	91
Imagen 61. Imagen del vertido en concreto in situ .....	92
Imagen 62. Finalización del vertido in situ .....	92

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de muelle de bloques prefabricados .....	20
Figura 2. Estructura de muelle de concreto sumergido .....	20
Figura 3. Estructura de muelle de cajones .....	20
Figura 4. Estructura de muelle de pilotes .....	21
Figura 5. Estructura de muelle de tablestacas .....	22
Figura 6. Elementos constituyentes de la celda de corrosión.....	30
Figura 7. Corrosión generalizada.....	32
Figura 8. Corrosión por picaduras .....	32
Figura 9. Corrosión y acción destructiva .....	32
Figura 10. Espacios confinados .....	33
Figura 11. Corrosión en fisuras transversales y longitudinales.....	33
Figura 12. Procesos de corrosión. ....	35
Figura 13. Vista en elevación del puente del muelle .....	46
Figura 14. Corte transversal del puente del muelle existente.....	47
Figura 15. Vista en elevación del cabezó del muelle.....	48
Figura 16. Corte transversal del cabezó del muelle existente. ....	48
Figura 17. Componentes que conforman un encofrado colgante .....	61
Figura 18. Distribución de acero de refuerzo de pilote .....	71
Figura 19. Zona de reparación en pilote. ....	71
Figura 20. Plano de sección transversal de puente del muelle.....	83
Figura 21. Plano de vigas del puente del muelle.....	84
Figura 22. Muestra del eje n+1 .....	85
Figura 23. Muestra de 2 vigas.....	85
Figura 24. Muestra de sección transversal de 2 vigas horizontales.....	86
Figura 25. Losas prefabricadas en cabezó del muelle. ....	87
Figura 26. Losas del cabezó del muelle vista transversal. ....	87
Figura 27. Detalle de acero superior puente. ....	88
Figura 28. Detalle de acero inferior en puente. ....	89
Figura 29. Detalle de acero en cabezó de muelle. ....	89

### LISTA DE SIGLAS

Cl <sup>-</sup>	Ion Cloro
cP	Capacidad calorífica
DIGENIPAA	Dirección General de Inversión Pesquera Artesanal y Acuícola
DPA	Desembarcadero Pesquero Artesanal
ENAPU	Empresa Nacional de Puertos
FOFIP	Fondo de Financiamiento de Infraestructura Pesquera
FONDEPA	Fondo de Desarrollo Pesquero Artesanal
FONDEPES	Fondo de Desarrollo Pesquero
f'c	Resistencia a la compresión
kg.	Kilogramo
kg/cm <sup>2</sup>	Kilogramo por centímetro cuadrado
mm.	Milímetro
PDIPA	Programa de Infraestructura Pesquera Artesanal
pH	Medida de acidez
WWF	Fondo Mundial para la Naturaleza
°C	Grados Celsius

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1 PLANTEAMIENTO DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En el año 2017, el Desembarcadero Pesquero Artesanal ubicado en la pintoresca localidad de Acapulco, en la región de Tumbes, afrontaba una situación preocupante en cuanto a su infraestructura. Esta instalación esencial para la actividad pesquera no cumplía con los rigurosos criterios normativos sanitarios establecidos en la Norma Sanitaria para Actividades Pesqueras Artesanales y Acuícolas DSNº 04-2001-PE. El resultado de esta falta de cumplimiento era claro: la infraestructura en tierra existente requería una reconstrucción completa, marcando un punto crucial en la trayectoria de este desembarcadero.

A lo largo de los años, debido a la falta de un mantenimiento adecuado y la ausencia de programas de rehabilitación, la estructura había caído en un estado de deterioro considerable. En consecuencia, se presentaba la urgente necesidad de llevar a cabo reparaciones integrales, mejoras sustanciales e incluso la posible sustitución de múltiples componentes esenciales del muelle. Elementos como los pescantes, defensas, sardineles, bitas de amarre, barandas metálicas y postes, todos formaban parte de la lista de elementos que requerían atención y acción inmediata.

La magnitud de la situación no pasó desapercibida y en el mismo año 2017, el Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES) adscrita al Ministerio de la Producción, tomó la iniciativa de abordar este desafío. Como resultado, se emitió la Licitación Pública N.º 005-2017-FONDEPES, marcando el comienzo de un proceso encaminado a la reconstrucción integral de las estructuras en tierra y la subsiguiente rehabilitación de la infraestructura marina. El consorcio adjudicatario, conocido como Consorcio Zorritos, asumió la responsabilidad de ejecutar los trabajos.

Los trabajos en la infraestructura marina abarcaron una serie de etapas esenciales. La demolición de las plataformas y vigas del muelle Puente, junto con la demolición de las plataformas y vigas del Cabezo del Muelle. Establecido el punto de partida, la construcción de vigas longitudinales y vigas cabezales en

Puente y Cabezo constituyó un hito fundamental, seguido por la construcción de losas de concreto con una resistencia característica de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , aplicadas tanto en Puente como en Cabezo.

Los pilotes, componentes cruciales para la estabilidad de la estructura, también se sometieron a un proceso de reparación minuciosa. Esto implica la utilización de concreto  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ , garantizando así su integridad a largo plazo. Como complemento a estas tareas principales, se llevaron a cabo diversas obras adicionales que contribuyeron a la solidez y funcionalidad general del desembarcadero.

La singularidad de este proyecto radica en las técnicas especiales de las reparaciones en muelles pesqueros artesanales. Dada la naturaleza especializada de esta tarea, el presente informe no solo aborda los procedimientos a detalle, sino que también analiza sus implicaciones y efectos a nivel local.

En línea con esta visión, el WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza) por sus siglas en inglés, un grupo dedicado de naturalistas comprometidos se encuentra trabajando activamente en la problemática de la pesca fantasma y la mortalidad de peces, a menudo causada por la contaminación marina. Esta contaminación puede tener raíces en la basura acumulada y la corrosión resultante de muelles en mal estado, subrayando así la importancia de abordar tanto los aspectos ambientales como los estructurales en la gestión de los desembarcaderos pesqueros artesanales.

## 1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

### 1.2.1 Objetivo General:

- Evaluar y detallar el proceso de reparación a nivel de obra gruesa de la infraestructura en mar del Desembarcadero Pesquero Artesanal ubicado en la Localidad de Acapulco – Tumbes.

### 1.2.2 Objetivos Específicos:

- Analizar el proceso de reparación del Muelle Pesquero Artesanal de Acapulco; específicamente de los pilotes, vigas y losas de muelle.
- Describir el método constructivo utilizado en la reparación del muelle de Acapulco en su etapa de obra gruesa.

## 1.3 ANTECEDENTES

El 05 de julio del 2015, mediante Decreto Supremo N.<sup>º</sup> 045-2015-PCM, se declara en estado de emergencia algunos distritos y provincias comprendidas en los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Cajamarca, Amazonas, San Martín, Ancash, Lima, Ica, Arequipa, Cusco, Puno y Junín, ante el inminente peligro por ocurrencia de lluvias debido al Fenómeno del Niño.

La Dirección General de Inversión Pesquera Artesanal y Acuícola - DIGENIPAA, realiza la evaluación y diagnóstico de los Desembarcaderos Pesqueros Artesanales (DPA's) en la Región Piura y Tumbes; determinando la realización de trabajos de mantenimiento en el DPA Parachique, DPA Yacila, DPA Cabo Blanco y DPA Acapulco.

En el mes de enero del 2016, oleajes anómalos en el norte del país, ocasionan severos daños a la infraestructura en mar de distintos DPA's; en el caso del DPA Acapulco ocasiona la destrucción de peldaños, estructura metálica, sistema de defensa de la plataforma baja de embarque y desembarque, desprendimiento de concreto de cabezales, vigas, losas y pilotes del cabezo y puente del muelle; rajaduras en diferentes partes del muelle y puente.

El Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero – FONDEPES, mediante el proyecto: “Mejoramiento de los Servicios del Desembarcadero Pesquero Artesanal en la

Localidad de Acapulco, Distrito de Zorritos, Provincia Contralmirante Villar, Región Tumbes”, como uno de sus objetivos, busca reparar la infraestructura en mar. El trabajo evalúa el proceso constructivo realizado en la reparación de dicho muelle, considerando que reparaciones como esta, en muelles pesqueros artesanales, son poco comunes en el país; además analizando las particularidades que ofrece dicho proyecto.

Berlanga (2022) realizó un trabajo de suficiencia profesional denominada Reparación y mantenimiento del muelle de ENAPU–Ilo, distrito y provincia de Ilo, departamento de Moquegua, en la que se describe la experiencia laboral en INDUSTRIAL BLASTER S.A.C, una empresa dedicada a brindar diversos servicios y consultoría en temas de construcción, reparación y renovación y una metodología basada en principios básicos. Para la reparación de los pilotes dañados de todo el terminal portuario de Ilo, se contó con profesionales capacitados, para la reparación y reposición de encamisetados de concreto para la zona emergida y reforzando la zona sumergida con cubiertas de fibra de vidrio inyectadas con una mezcla de EPOXY GROUT, la empresa Contratista logró culminar satisfactoriamente los trabajos y se entregó un trabajo de calidad según estándares nacionales a ENAPU.

Por otro lado, Del Carpio (2022) realizó un trabajo de suficiencia profesional en el que detalla el proceso de restauración y reparación del Terminal Portuaria de Ilo, Departamento Moquegua, Distrito y Provincia de Ilo. El proyecto se realizó con profesionales en dos etapas para la reparación de muelles, en la primera etapa los encamisetados para la zona emergida, se utilizó concreto con el servicio SUPERMIX y para la zona sumergida se utilizó fibra de vidrio inyectadas con mezcla EPOXY GROUT, trabajo que se realizó con buzos especializados. La reparación de este muelle permitió que la Empresa Portuaria Nacional (ENAPU) tuviera un manejo seguro y eficiente de los mayores volúmenes de carga en su zona de influencia.

Valencia (2018) realizó un estudio denominado “Evaluación técnica remodelación de obra gruesa Muelle Vergara V Región, Valparaíso” en el cual se describe la fase operacional, técnica y constructiva. Además, se evalúa técnicamente la fase constructiva en la reparación y remodelación del Muelle Vergara, llevada a cabo en el año 2015.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### 2.1 DEFINICIÓN DE MUELLE

Un muelle es una infraestructura construida a la orilla del mar, lago o río navegable y en algunos casos cerca a la orilla con acceso mediante un puente; que sirve para facilitar el atraque, embarque y desembarque de personas y bienes.

Para el soporte necesario de las cargas, los muelles son construidos de ladrillos, piedras y de concreto armado.

A lo largo de la historia se encuentran distintos tipos de muelles, dependiendo su forma y manera como atracan las embarcaciones y su proceso constructivo.

### 2.2 CLASIFICACIÓN DE MUELLES

Se pueden clasificar de dos maneras:

- De acuerdo a su forma y la manera como atracan las embarcaciones.
- Por su estructuración o proceso constructivo.

#### 2.2.1 Muelles de acuerdo a su forma y la manera como atracan las embarcaciones

Se clasifican de la manera siguiente:

- Muelle marginal: De plataforma unida y apoyada en tierra a lo largo de toda su longitud, con lado de atraque de embarcaciones paralelo a la orilla. Muelle conveniente cuando la carga y descarga del barco se realiza cerca de las bodegas o patios mediante grúas y transportadores. Ver Imagen 1.
- Muelle en espigón: Parte de la línea de tierra hacia el mar de manera perpendicular o con una ligera inclinación llamada puente, la zona llamada cabezo sirve de atraco para las embarcaciones por ambos lados. Ver Imagen 2.
- Muelle aislado: Es aquel muelle que está separado del litoral, generalmente de grandes dimensiones. Ver Imagen 3.
- Muelle en "T": Consta de un puente y el atracadero paralelo al margen de la costa y conectados entre sí por un acceso perpendicular a la línea de costa. Constituido de esta manera para alcanzar ciertas profundidades que no es posible conseguir cerca a la costa.



Imagen 1. Terminal portuario de Matarani, provincia de Islay, departamento de Arequipa

Fuente: [https://www.tisur.com.pe/sites/default/files/escritorio/guia\\_muelle\\_marginal.pdf](https://www.tisur.com.pe/sites/default/files/escritorio/guia_muelle_marginal.pdf)



Imagen 2. Terminal portuario multipropósito de Salaverry, provincia de Trujillo, departamento de Salaverry

Fuente: <https://elperuano.pe/noticia/132434-puerto-de-salaverry-concluye-etapa-1-de-su-modernizacion-con-inversion-de-us-349-millones>



Imagen 3. Puerto de Jebel Ali (Jebel Ali, Dubái, Emiratos Árabes Unidos)

Fuente: [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Jebel\\_Ali\\_Port\\_2\\_Imresolt.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Jebel_Ali_Port_2_Imresolt.jpg)

## 2.2.2 Muelles de acuerdo a su estructuración

- a) Muelles de gravedad: Son estructuras que aprovechan la propia masa y gravedad del material de construcción para resistir y disipar las fuerzas de las olas y garantizar la estabilidad del área costera. Por la modalidad de construcción se subdividen de la siguiente manera:
- Muelle de bloques: Consisten en una serie de bloques de concretos prefabricados que se disponen de manera ordenada en la línea costera hasta un nivel en la cual sea posible realizar vaciado de concreto in situ de la superestructura. La cimentación se construye con bloques pétreos que se depositan en el fondo marino, además de grava con el propósito de conseguir una superficie perfectamente nivelada. Los bloques deben ser lo más grandes posible a fin de disminuir el número de operaciones para su colocación. Ver Figura 1.
  - Muelle de concreto sumergido: Se construyen in situ con secciones de concreto sumergidas en el agua. Ver Figura 2.
  - Muelle de cajones: Son estructuras masivas compuestas por grandes bloques de concreto o cajones de concreto que se llenan con material pesado como piedra triturada. Estos cajones se sumergen en el agua y se ubican estratégicamente para resistir y disipar la energía de las olas, utilizadas comúnmente en áreas

donde se necesita una protección costera más robusta y duradera.

Ver Figura 3.

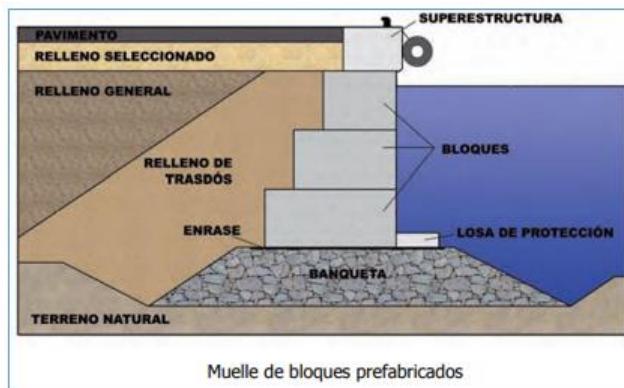


Figura 1. Estructura de muelle de bloques prefabricados

Fuente: <https://es.scribd.com/document/422447211/Muelles-Oscar-Gia>

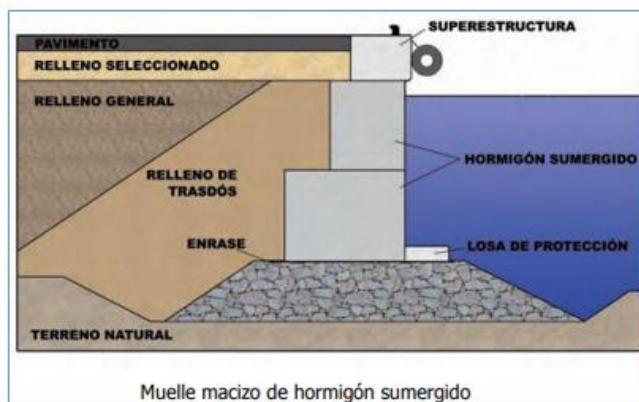


Figura 2. Estructura de muelle de concreto sumergido

Fuente: <https://es.scribd.com/document/422447211/Muelles-Oscar-Gia>

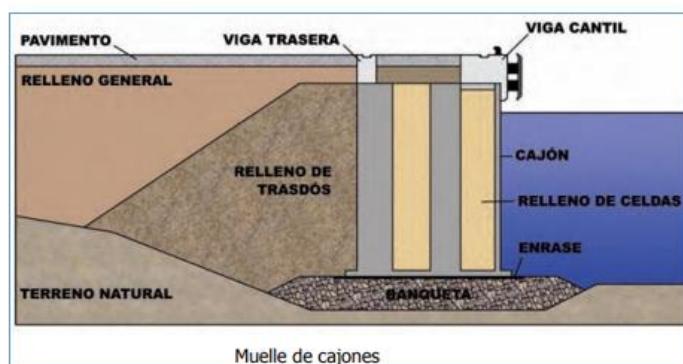


Figura 3. Estructura de muelle de cajones

Fuente: <https://es.scribd.com/document/422447211/Muelles-Oscar-Gia>

- b) Muelles de pilotes: Estructuras utilizadas para la construcción de plataformas flotantes, atracaderos y embarcaderos; consiste en una serie de pilotes generalmente de madera, concreto o acero, que se hunden en el lecho marino o lacustre, y luego se conectan con vigas horizontales para crear una plataforma sobre el agua. Estos muelles son particularmente útiles en áreas con fluctuaciones significativas en el nivel del agua. Ver Figura 4.

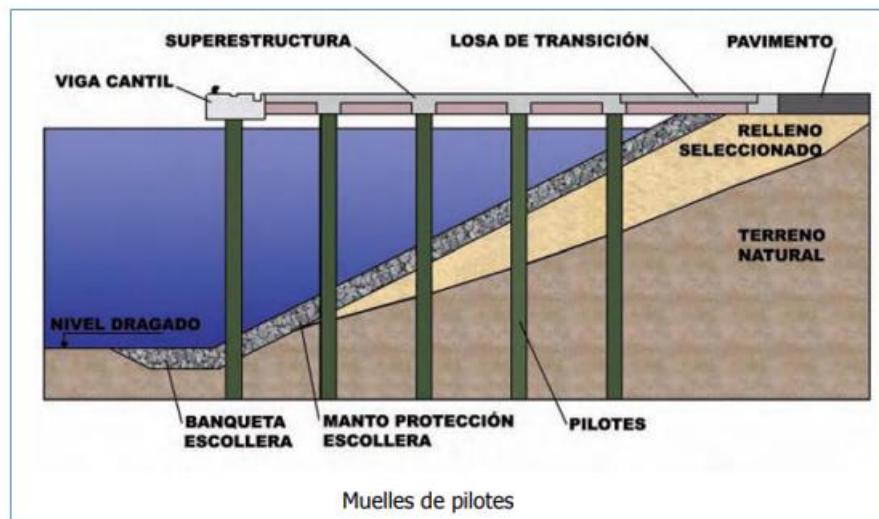


Figura 4. Estructura de muelle de pilotes

Fuente: <https://es.scribd.com/document/422447211/Muelles-Oscar-Gia>

- c) Muelles de pantalla: Estructuras que se componen de elementos verticales, llamados pantallas, que se insertan en el lecho marino, las cuales pueden ser de diferentes materiales, como madera, concreto, acero o bloques prefabricados, y se colocan en forma de paredes o paneles para disipar la energía de las olas y reducir la erosión.

Se pueden subdividir en dos categorías:

- Muelles de tablestacas: Este tipo de muelles utilizan láminas de acero, concreto o madera, conocidas como tablestacas, que se colocan verticalmente en el sustrato marino formando una barrera continua que ayuda a disipar la energía de las olas y protege la costa o puerto de la erosión. Ver Figura 5.

- Muelles de muros de concreto: Los muelles de muros de concreto utilizan secciones verticales de muros de concreto las cuales se construyen en su totalidad en tierra firme.

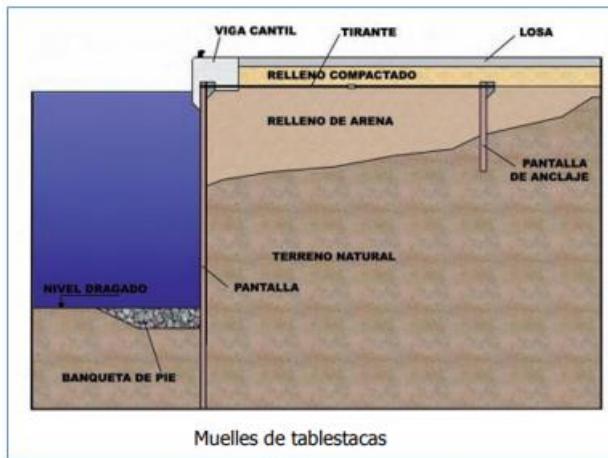


Figura 5. Estructura de muelle de tablestacas

Fuente: <https://es.scribd.com/document/422447211/Muelles-Oscar-Gia>

### 2.3 PARTES DE UN MUELLE EN ESPIGÓN

Según Valencia (2018) un muelle tiene las siguientes partes:

- Molón de acceso: Consiste en una estructura compuesta por un terraplén o capa de material de relleno que debe ser compactado de manera sólida. Los lados inclinados de esta estructura están resguardados mediante la disposición de rocas aseguradas por su propio peso, empleadas como un método eficaz para prevenir el desgaste ocasionado por la acción erosiva del mar.
- Puente: es una sección inicial del muelle, abarca desde la entrada hasta el área elevada conocida como cabezo, y su propósito principal es facilitar y agilizar el movimiento de individuos y carga.
- Cabezo: corresponde a la sección más extensa y final del muelle, donde se llevan a cabo la mayor parte de las operaciones, incluyendo la carga y descarga facilitada por grúas ubicadas directamente en esta área. Su amplitud está definida en base a consideraciones de diseño, atendiendo a los requisitos específicos. La configuración del cabezo guarda similitudes con la del puente, con la adición de elementos de protección contra impactos de embarcaciones y una disposición de pilares que pueden ser iguales o más cercanos que en la sección del puente.

- Defensa: se extiende a lo largo de los extremos de atracadero en el muelle, y su objetivo principal radica en salvaguardar y amortiguar la fuerza generada por el choque contra el muelle, resultante del impacto directo de las embarcaciones. Entre los tipos de defensa más utilizados tenemos:

- Defensas de neumáticos: Conformado por cilindros de neumáticos grandes rellenos de aire, de alta capacidad de absorción de energía, adecuados para diversos tamaños de embarcaciones.



Imagen 4. Defensas de cilindro de neumáticos

Fuente: <https://www.nauticexpo.es/prod/palfinger-marine-gmbh/product-31453-511089.html>

- Defensas de cono: De forma cónica y están hechas de caucho resistente; son comprimibles de excelente absorción de energía, su alta eficiencia permite instalar defensas más pequeñas y menos costosas. Están equipados con grandes paneles frontales para distribuir la fuerza de reacción manteniendo la presión del casco baja y distribuida.

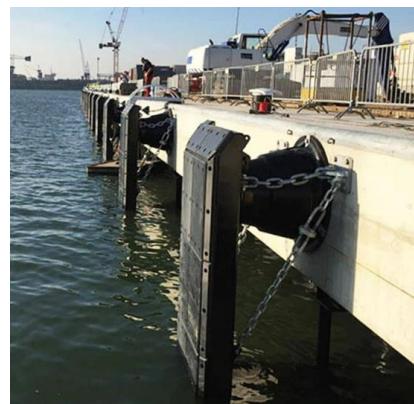


Imagen 5. Defensas de forma cónica

Fuente: <https://www.chinafender.net/rubber-fender/cone-rubber-fender/cone-fender-with-high-performance.html>

- Defensas de paneles: Estas defensas constan de paneles de caucho reforzado y se instalan en secciones a lo largo del muelle; adecuados para muelles con formas irregulares y ofrecen protección en áreas específicas, de fácil reemplazo.



Imagen 6. Defensas de paneles

Fuente: <https://es.escmarinesystems.com/marine-fender-systems>

- Defensas de celdas: Estas defensas están compuestas por una serie de celdas de caucho que forman una estructura modular; poseen alta capacidad de absorción de energía y son adaptables a diversas formas del muelle, de alta durabilidad y actualmente son las defensas moldeadas más grandes que se fabrican.



Imagen 7. Defensas de celdas

Fuente: <https://max-groups.com/es/rubber-fenders-types-things-note/>

- Defensas de borrador: Llamadas también defensas tipo D por su forma característica, adecuadas para muelles en los que las embarcaciones atracan cerca de las estructuras del muelle, brinda protección contra impactos laterales.



Imagen 8. Defensas tipo D

Fuente: <https://www.chinafender.net/rubber-fender/extruded-rubber-fender/mooring-fixed-d-shape-rubber-fender.html>

- Elementos de amarre o bitas: son mecanismos inmóviles ubicados alrededor de los cuales se enlazan las amarras de las embarcaciones en el muelle. Su configuración debe facilitar un amarre seguro que no se desate y brinde estabilidad a las embarcaciones. Además, deben permitir un desamarre ágil cuando las actividades lo demanden.

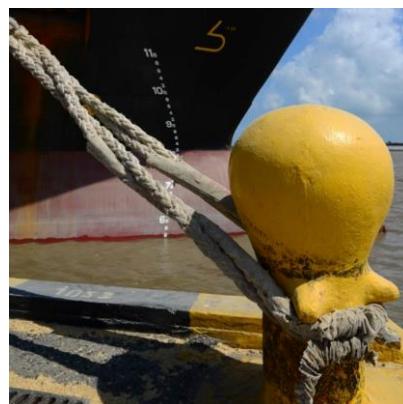


Imagen 9. Bita de amarre

Fuente: <https://twitter.com/puertobq/status/774355689384906752/photo/1>

- Pescantes: son dispositivos de manejo de carga diseñados para facilitar la carga y descarga de mercancías desde o hacia embarcaciones atracadas en el muelle, consisten en estructuras metálicas con un brazo giratorio que sostiene un gancho o dispositivo similar para levantar y manipular mercancías.



Imagen 10. Pescante tipo pluma

Fuente: <https://www.accesus.es/producto/pescante-suspension-pluma/>

- Escaleras: son diseñadas para posibilitar el acceso a embarcaciones de menor tamaño, con el propósito de llevar a cabo tareas de mantenimiento en la parte inferior del muelle.

### 2.3.1 Superestructura en muelle en pilotes

La parte superior de los muelles de pilotes, a menudo denominada plataforma o tablero, se construye típicamente con concreto armado y puede adoptar varias formas, según se detalla a continuación:

- Concreto vaciado in situ: Esta modalidad implica el uso de concreto armado o pretensado, generalmente se proyecta como una losa monolítica y reticulada, incorporándose juntas sísmicas a intervalos específicos.
- Prefabricada: Este método de construcción es altamente eficiente en términos de tiempo. Ya que solo requiere el ensamblaje de elementos prefabricados previamente diseñados. Es importante destacar que no se debe forzar la posición de los pilotes y la superestructura, ya que esta acción podría generar tensiones no previstas en los pilotes y la superestructura durante la fase de diseño.

- Estructuras mixtas: Es común emplear una combinación de elementos prefabricados y secciones construidas *in situ* para la superestructura de los muelles de pilotes.

## 2.4 MUELLES PESQUEROS Y AMBIENTE MARINO

El fomento de la actividad pesquera artesanal y acuícola es una prioridad en el ámbito nacional para garantizar el bienestar de los pescadores artesanales y acuicultores, así como para asegurar un desarrollo productivo responsable y sostenible en el sector. En esta línea, se ha establecido el Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES) como una entidad clave para apoyar y promover estas actividades en el Perú.

El FONDEPES fue creado por el Decreto Supremo N.º 010-92-PE el 5 de junio de 1992. Su establecimiento involucró la fusión de múltiples entidades relacionadas con el desarrollo pesquero, como el Fondo de Desarrollo Pesquero Artesanal (Fondepesa); el Fondo de Reactivación del Sector Pesquero (Fonrespe); el Programa de Infraestructura Pesquera Artesanal (PDIPA) y el Fondo de Financiamiento de Infraestructura Pesquera (FOFIP). Esta consolidación se basó en el artículo 57º del Decreto Ley N.º 25997, conocido como la Ley General de Pesca.

Además, opera bajo las pautas de las Empresas del Estado y está bajo la jurisdicción del Ministerio de la Producción. Su objetivo central es impulsar la mejora productiva y el desarrollo sostenible en el ámbito de la pesca artesanal y acuícola en el país.

En el Perú, al igual que en cualquier otra región costera de otros países, los muelles pesqueros desempeñan un papel crucial en la industria pesquera y tienen un impacto en el ambiente marino circundante.

Debido a la necesidad de establecer una distinción clara entre los desembarcaderos destinados a la pesca artesanal y otras instalaciones portuarias o muelles, se crea el término DPA como abreviatura de Desembarcadero Pesquero Artesanal.

#### **2.4.1 Desembarcadero Pesquero Artesanal(DPA)**

Se denomina DPA a las instalaciones portuarias diseñadas para el desembarco y comercialización de productos pesqueros, los cuales son capturados por pescadores artesanales, garantizando condiciones adecuadas para la descarga, almacenamiento y la comercialización de los productos pesqueros.

A continuación, se menciona unos puntos específicos relacionados con los muelles pesqueros y el ambiente marino en Perú.

- Importancia económica: La pesca es una actividad económica importante en el Perú, ya que el país tiene una amplia zona marítima rica en recursos marinos. Los muelles pesqueros son esenciales para la descarga de capturas, el almacenamiento temporal y la transferencia de productos pesqueros a los mercados locales e internacionales. Estos muelles facilitan la logística y el procesamiento de las capturas, contribuyendo significativamente a la economía pesquera del país.
- Impacto ambiental: La construcción y operación de muelles pesqueros pueden tener impactos en el ambiente marino. Los impactos potenciales incluyen las alteraciones del hábitat costero y la sedimentación debido a la construcción, el tráfico de embarcaciones y el movimiento de carga y descarga. Además, la liberación de desechos y efluentes de procesamiento de pescado en el agua puede afectar la calidad del agua y los ecosistemas marinos cercanos.
- Sostenibilidad: Dada la importancia de la pesca en el Perú y la necesidad de mantener los recursos marinos a largo plazo, es fundamental que la construcción y operación de los muelles pesqueros se realice de manera sostenible. Esto implica la implementación de prácticas de construcción y operación que minimicen el impacto ambiental y cumplan con las regulaciones y estándares de protección ambiental.

#### **2.5 DURABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO**

Un aspecto fundamental en la construcción de cualquier estructura es el tiempo que puede resistir al paso del tiempo y a las condiciones ambientales adversas sin deteriorarse o comprometer su integridad.

En este contexto, exploraremos a fondo el concepto de durabilidad en estructuras de concreto armado, examinando los factores que influyen en su longevidad y la exposición a condiciones climáticas adversas.

### **2.5.1 Estructuras de concreto armado**

Las estructuras de concreto armado son sistemas constructivos compuestos por concreto reforzado con barras de acero corrugado, diseñados para resistir cargas y proporcionar estabilidad en edificaciones, puentes, muelles, entre otros. El concreto proporciona resistencia a la compresión, y el acero, al ser incluido en la estructura, refuerza la capacidad de resistir esfuerzos de tracción y flexión. Dicha combinación mejora significativamente la capacidad de la estructura para soportar cargas y mantener su integridad estructural, utilizadas ampliamente por su versatilidad y durabilidad.

### **2.5.2 Durabilidad en estructuras de concreto armado**

La durabilidad en estructuras de concreto armado es la capacidad del sistema constructivo para resistir al deterioro y mantener su integridad y capacidad de servicio a lo largo del tiempo, incluso en condiciones agresivas del entorno, tales como: corrosión, abrasión, deterioro químico o cualquier otro tipo de daño.

Dadas las circunstancias en las que se encuentran los muelles, expuestos de manera constante a la influencia del entorno salino originado por las olas y las mareas, se produce un desgaste tanto en las bases estructurales como en los elementos que componen la estructura del muelle.

Ante esta situación, cuando el concreto armado no cuenta con propiedades impermeables, queda vulnerable al ataque de sustancias halógenas, las cuales logran infiltrarse y contaminar el elemento. Un ejemplo de esto son los cloruros, presentes en grandes cantidades en el agua del mar, siendo particularmente perjudiciales para el concreto armado. Estos cloruros ocasionan un aumento en la conductividad eléctrica del material, dando lugar a una serie de reacciones químicas. Como consecuencia, el pH del concreto armado, que normalmente es básico (con un pH de 11-12), se ve alterado debido a la incorporación de iones cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), disminuyendo hasta alcanzar un pH cercano a 9,5. De esta manera se marca el inicio del proceso corrosivo, que actúa como agente oxidante sobre la armadura metálica, resultando en una reducción de su sección transversal.

La corrosión es el destructivo que sufre un metal debido a reacciones químicas o electroquímicas con su entorno circundante. Esta definición se encuentra respaldada por el trabajo de investigación de Odriozola (2007) en su tesis doctoral titulada “Corrosión de las armaduras del hormigón armado en ambiente marino: zona de carrera de mareas y zona sumergida”, realizada en la Universidad Politécnica de Madrid, España. Explica Miguel Ángel que este fenómeno de corrosión tiene un impacto gradual en estructuras como vigas, columnas, pilotes o cualquier elemento de concreto armado.

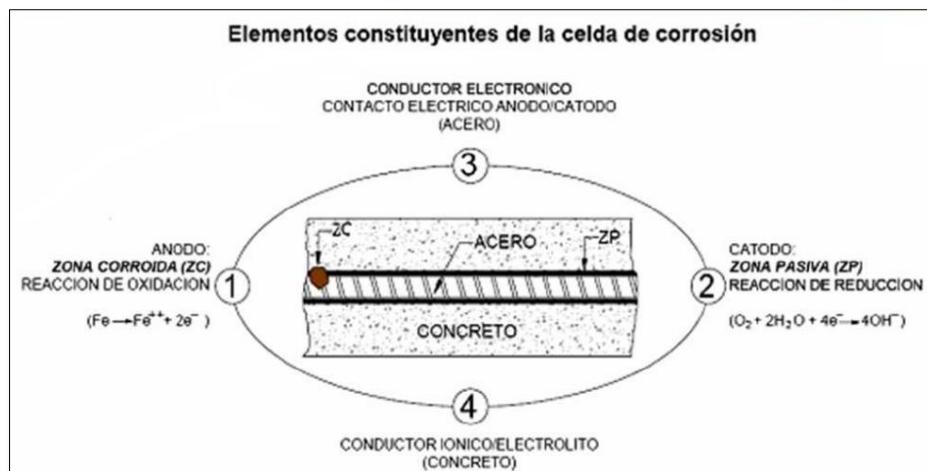


Figura 6. Elementos constituyentes de la celda de corrosión

Fuente: Carrillo, A. V. (2011). Corrosión en Estructuras de Concreto Armado [Diapositivas de PowerPoint]. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.

A lo largo del tiempo, las estructuras de concreto armado están sometidos a los factores del medio ambiente que pueden afectar su integridad y desempeño.

Comprender los procesos de degradación en estructuras de concreto armado es esencial para garantizar su seguridad, durabilidad y eficiencia a lo largo de su vida útil.

## 2.6 PROCESOS DE DEGRADACIÓN

Es el conjunto de procesos físicos, químicos y ambientales que afectan negativamente la calidad y rendimiento de una estructura de concreto armado a lo largo del tiempo.

Estos procesos incluyen la corrosión del acero, infiltración de agua, el ataque químico, la abrasión, la fatiga y otros fenómenos que conducen a la perdida de resistencia, la aparición de fisuras, desprendimiento de material, reducción en la capacidad de carga.

En esta sección se define y analiza en profundidad los diversos procesos de degradación que afectan las estructuras de concreto armado, así como las estrategias de prevención y rehabilitación que son cruciales para su mantenimiento y longevidad.

Existe diversidad de criterios que pueden adoptarse para ayudar a definir el límite aceptable de deterioro de una estructura.

A continuación, se muestran algunos criterios que pueden considerarse, dependiendo del tipo de estructura.

- Momento en el cual se inicia la corrosión (fin del periodo de iniciación).
- Primera aparición de fisuras visibles con magnificación (espesor < 0.3mm).
- Fisuras visibles a simple vista (espesor > 0.3mm).
- Primer desprendimiento del concreto del recubrimiento.
- Pérdida de sección en las barras del 10%.
- Flexión de vigas.
- Colapso bajo carga de servicio.

### 2.6.1 Corrosión

Según Fontana (2005), la corrosión se define como: “Proceso electroquímico en el que un metal es gradualmente degradado debido a su interacción con el entorno, especialmente en presencia de oxígeno y humedad, resultando en la formación de productos de corrosión que debilitan el metal y pueden llevar a la pérdida de su funcionalidad original.”

La corrosión es un fenómeno natural que puede tener un impacto significativo en la durabilidad y el rendimiento de materiales y estructuras metálicas.

## 2.7 CLASIFICACIÓN DE LA CORROSIÓN

### 2.7.1 Segundo la forma

- Corrosión generalizada: La corrosión se desarrolla de manera uniforme en toda la superficie, con una penetración promedio idéntica en todos los puntos. Este

tipo de corrosión es la menos perjudicial y facilita el cálculo preciso de la vida útil de los materiales afectados por la corrosión.

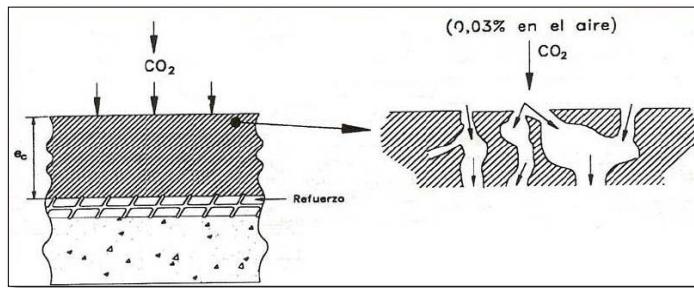


Figura 7. Corrosión generalizada.

Fuente: Carrillo, A. V. (2011). Corrosión en Estructuras de Concreto Armado [Diapositivas de PowerPoint]. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.

- Corrosión localizada:

Corrosión por picaduras: En el proceso de picado corrosivo, la acción destructiva se concentra en áreas aisladas de las superficies metálicas que están en estado pasivo, extendiéndose hacia el interior del metal en forma de canales cilíndricos. Esta forma de corrosión suele originarse por la penetración de iones cloruro y es considerada una de las manifestaciones más perjudiciales de la corrosión.

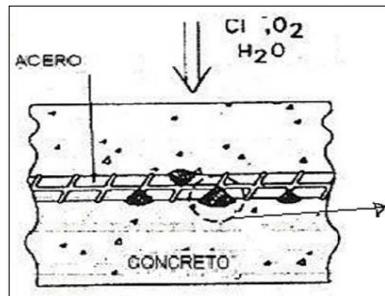


Figura 8. Corrosión por picaduras

Fuente: Carrillo, A. V. (2011). Corrosión en Estructuras de Concreto Armado [Diapositivas de PowerPoint]. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.

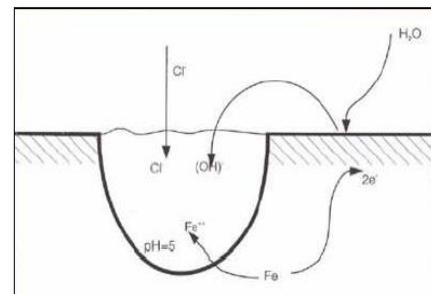


Figura 9. Corrosión y acción destructiva

Corrosión en espacios confinados: Este fenómeno ocurre cuando en la superficie del metal se forma una zona protegida lo bastante cerrada como para impedir el acceso del oxígeno. Esto puede llevar a la formación de regiones con diferencias en la concentración de oxígeno, lo que provoca la corrosión del refuerzo.

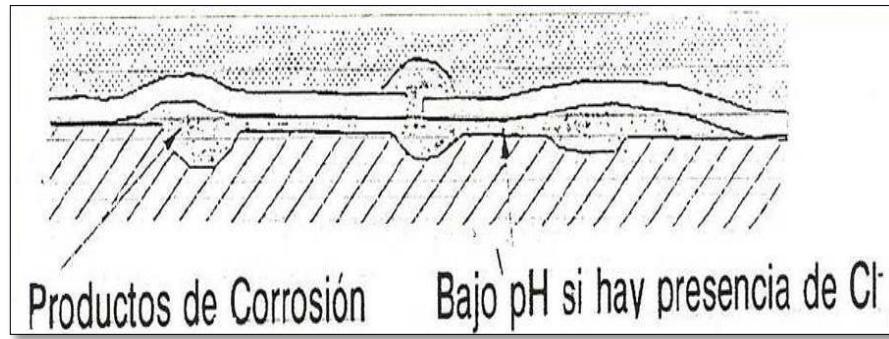


Figura 10. Espacios confinados

Fuente: Carrillo, A. V. (2011). Corrosión en Estructuras de Concreto Armado [Diapositivas de PowerPoint]. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.

- Corrosión bajo tensión: Este tipo de corrosión surge cuando un metal está expuesto de manera simultánea a un entorno corrosivo y a fuerzas mecánicas de tensión. Esto resulta en la formación de grietas que pueden ubicarse entre los granos del metal o a través de ellos, propagándose hacia el interior del material, incluso llegando a causar la fractura completa del metal.

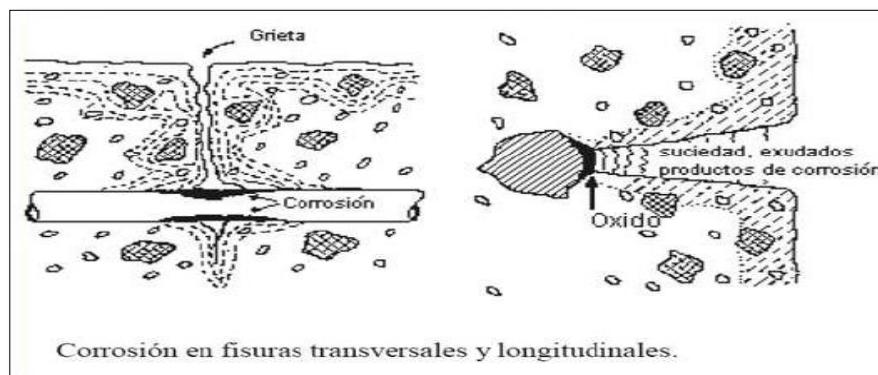


Figura 11. Corrosión en fisuras transversales y longitudinales.

Fuente: Carrillo, A. V. (2011). Corrosión en Estructuras de Concreto Armado [Diapositivas de PowerPoint]. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería

- Corrosión por corriente de interferencias: Estos fenómenos, conocidos también como corrientes vagabundas, erráticas o de fuga, pueden ser descritos como flujos eléctricos que circulan en una estructura sin formar parte del circuito eléctrico establecido. Es importante señalar que la corriente continua es la que ejerce el impacto más marcado en el proceso de corrosión.

## 2.8 FACTORES QUE AFECTAN LA DURABILIDAD DE LA ESTRUCTURA

Numerosos factores pueden influir en la durabilidad de estructuras de concreto armado, por lo que es esencial comprender y abordar estos factores para garantizar que las infraestructuras mantengan su integridad y seguridad a lo largo del tiempo.

Dichos factores se clasifican según la condición de exposición y condiciones de servicio.

### CONDICIONES DE EXPOSICIÓN

- Posición geográfica.
- Características de lugar.
- Medio de contacto.

### CONDICIONES DE SERVICIO

- Ataques de sulfato.
- Exposición al agua de mar.
- Carbonatación.
- Ataque químico.
- Corrosión del acero de refuerzo.
- Abrasión.
- Reacción deletérea de los agregados.

#### Relacionadas con el concreto

- Dosificación del concreto.
- Compacidad y homogeneidad.
- Espesor del recubrimiento del concreto.
- Reacción álcali – agregado

#### Relacionadas con el medio de servicio

- Humedad ambiental.
- Temperatura del medio.
- Presencia de oxígeno.
- Presencia de iones cloruros, sulfatos y carbonatos.
- Ataque por ácidos.

#### Relacionadas con el acero de refuerzo

- Estado superficial del acero.

- Tensiones mecánicas a las que se encuentra.
- Contacto galvánico con otros metales.

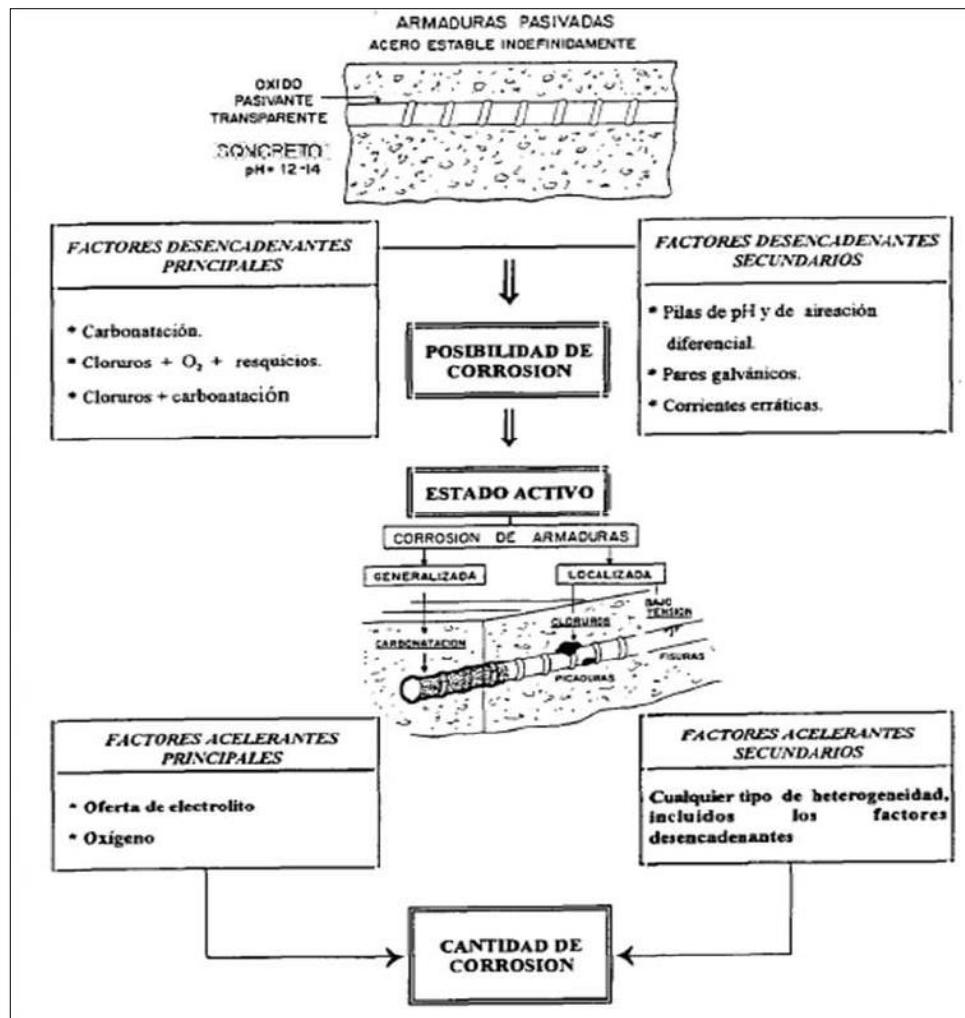


Figura 12. Procesos de corrosión.

Fuente: Carrillo, A. V. (2011). Corrosión en Estructuras de Concreto Armado [Diapositivas de PowerPoint]. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería

## 2.9 REPARACIÓN Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL

La reparación y rehabilitación estructural de estructuras de concreto armado es el proceso que involucra la evaluación, diagnóstico y ejecución de trabajos necesarios para restaurar la integridad, seguridad y la funcionalidad de una estructura que ha experimentado daños, deterioro o pérdida de capacidad estructural a lo largo del tiempo.

La ejecución de los trabajos puede abordar una variedad de problemas: corrosión del acero de refuerzo, fisuras, desprendimiento del recubrimiento de concreto, daños por sobrecargas o cambios en las condiciones de uso.

### 2.9.1 Reparación del concreto

Un problema realmente delicado se presenta cuando la armadura queda desprotegida químicamente o es atacada por los iones cloruro, comenzando el proceso de corrosión generalizada o en forma de picaduras.

Consecuencia de la corrosión aparece en forma de síntomas, fisuras, oquedades y hasta desprendimientos en la superficie del elemento de concreto armado evidenciando los verdaderos problemas que se generan en su interior.

La solución en estos casos consiste en el retiro de concreto de recubrimiento en la zona lesionada, poniendo en descubierto la armadura de acero y así poder protegerla directamente.

En la actualidad se dispone de técnicas más complejas de difícil y costosa aplicación, con el propósito de reducir la velocidad e incluso detener completamente el proceso de corrosión de una armadura, sin necesidad de descubrirla.

La reparación de zonas dañadas se realiza según las siguientes etapas:

- Eliminación del concreto deteriorado, preparación del substrato y limpieza de la superficie.
- Protección de la armadura y restauración de su capacidad resistente.
- Colocación del nuevo material de reparación.

#### 2.9.1.1 Eliminación del concreto deteriorado, preparación del substrato y limpieza de la superficie

Esta etapa consiste en la extracción mecánica o manual de los fragmentos de concreto fracturados, como consecuencia de la expansión del acero en su proceso de corrosión.

Se retira todo el material suelto y las zonas de concreto carbonatado, o que contengan un porcentaje de cloruro excesivo, hasta alcanzar concreto sano, dejando la armadura de acero accesible en todo su perímetro.

Esta operación debe extenderse hasta la parte posterior de la misma, quedando un espacio de unos dos centímetros libres alrededor de la armadura que permite que el material de reparación envuelva perfectamente las varillas de acero corrugado.

Se debe proceder ejecutando la actividad con medidas de precaución estructurales, en función de la extensión y profundidad de las zonas a reparar; recomendando apuntalar las zonas que así lo requieran.

La limpieza de la zona a reparar se realiza de diferentes formas según el material, asegurando la eliminación de toda partícula de polvo en la superficie del concreto aplicando un compresor de aire, chorros de agua o un aspirador.

La armadura se puede cepillar, lijado o chorreado con arena garantizando la completa eliminación de la capa de óxido, dejando el acero a la vista en toda su sección.

### **2.9.1.2 Protección de la armadura y restauración de su capacidad resistente**

Una vez concluida la limpieza del acero, se debe proteger usando lechada de cemento, con polímeros o resinas epoxídicas o con inhibidores superficiales de corrosión. Se puede aplicar una capa de adhesivo epoxi al concreto y a la armadura, para facilitar el pegado con el material de reparación y proteger el acero del exterior.

La restauración de la armadura de acero implica la remoción y eliminación de varillas de acero dañadas y su reemplazo por nuevas varillas que se superponen y se atan con alambre a las varillas existentes.

### **2.9.1.3 Colocación del nuevo material de reparación**

Previo a la recomposición de la sección con el nuevo material se debe observar la posible presencia de fisuras en la superficie; en caso existan, se debe conocer las causas que originaron su formación asegurando de que no sigan presentes para evitar realizar una reparación de una patología que pueda volver a aparecer.

En los casos de fisuración la aplicación de las resinas epoxi son adecuadas para su sellado y uniéndose monolíticamente con el nuevo material de reparación.

Se recomiendan los siguientes tipos de sistemas epoxi en función de la anchura de la fisura:

- Fisuras inferiores a 0.2 mm: formulaciones epoxi bicomponentes y con viscosidad de unos 100 cP a 20°C.
- Fisuras de entre 0.2 y 0.6 mm: formulaciones epoxi bicomponentes de viscosidad inferior a 500 cP a 20°C.
- Fisuras de entre 0.6 y 3 mm: formulaciones epoxi bicomponentes puras o cargadas con polvo de cuarzo o de vidrio, pero con viscosidad inferior a 1500 cP a 20°C.

- Fisuras de ancho superior a 3mm: Se pueden emplear formulaciones epoxi cargadas. La carga puede ser arena de tamaño máximo inferior a 1mm o 0.6 veces del mínimo espesor de la grieta. Se suele emplear una relación formulación/árido de 1:1.

El método de inyección para sellar una grieta o fisura en una estructura y, al mismo tiempo, proporcionarle monolitismo, implica inicialmente aplicar un sellado temporal en el exterior de la grieta, a nivel de la superficie. En este sellado, se dejan instaladas boquillas que servirán para llevar a cabo el proceso de inyección, mediante pistolas que bombean a mano.

La sección de concreto que se ha extraído en el proceso de reparación, debe ser reemplazada nuevamente para recuperar la estructura original ofreciendo nueva protección a la armadura.

Los morteros de reparación deben cumplir los siguientes requisitos:

- Parámetros de resistencia adecuados.
- Buena adherencia al soporte.
- Baja retracción.
- Buena respuesta a las condiciones específicas del entorno.
- Modulo elástico y coeficiente de dilatación compatibles con el material de base.

Los más convencionales y económicos son lo fabricados con cemento hidráulico (con o sin aditivos) que posean características parecidas al concreto existente.

Previo a la aplicación del material de relleno, se aplica en la superficie de contacto lechada de cemento, de adhesivo acrílico o de base epoxídicas, siendo rellenado de manera manual el concreto sin necesidad de encofrar.

#### **2.9.1.4 Encamisado en concreto armado para refuerzo estructural**

El sistema de encamisado en concreto armado para el refuerzo de vigas y columnas es una técnica de rehabilitación estructural que se utiliza para reforzar o restaurar vigas y columnas existentes que han sufrido daños, corrosión, o que necesitan un aumento en su capacidad de carga.

Consiste en la aplicación de una nueva capa de concreto armado alrededor de la estructura original, proporcionando una solución eficaz para recuperar su integridad y capacidad estructural.

Dicho proceso de reparación mediante el encamisado consta de los siguientes pasos.

- Evaluación y diagnóstico: Previo al proceso de reparación se realiza una inspección exhaustiva de la estructura para evaluar su estado y determinar la extensión del daño, se puede incluir en este proceso: pruebas de integridad, pruebas de carga y análisis de corrosión.
- Preparación: Se procede a la limpieza y preparación de la estructura, eliminando la corrosión, materiales sueltos dañados.
- Colocación de armadura de acero: Se colocan varillas de acero de refuerzo alrededor de la estructura a reparar, lo que proporciona una estructura adicional para el nuevo concreto (ver Imagen 11).
- Inyección de concreto: Se inyecta el concreto a través del espacio entre la estructura original y la armadura de acero, creando una nueva capa que rodea la estructura existente; este concreto se adhiere a la estructura original y a las varillas de acero corrugado.
- Curado y fraguado: El concreto se deja fraguar y curar adecuadamente para alcanzar la resistencia deseada.

El encamisado es una técnica efectiva para mejorar la capacidad de carga, la resistencia y durabilidad de la estructura existente, lo que prolonga la vida útil de las estructuras en las que se utiliza. Este método se aplica comúnmente en la rehabilitación de pilotes en puentes, muelles, vigas y columnas en edificaciones.



Imagen 11. Refuerzo de acero en columna

Fuente: <https://epachon.wordpress.com/2014/01/16/e-4-refuerzo-de-pilares-de-hormigon-armado-mediante-encamisado-o-recrecido-de-su-seccion/>



Imagen 12. Encofrado de columna a reforzar



Imagen 13. Superficie de la columna posterior al desencofrado

Fuente: <https://epachon.wordpress.com/2014/01/16/e-4-refuerzo-de-pilares-de-hormigon-armado-mediante-encamisado-o-recrecido-de-su-seccion/>

## CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

### 3.1 UBICACIÓN FÍSICA Y GEOGRÁFICA

El Desembarcadero Pesquero Artesanal de Acapulco está situado en el kilómetro 1233 de la Carretera Panamericana Norte, en la Localidad de Acapulco, dentro del Distrito de Zorritos, en la Provincia de Contralmirante Villar, perteneciente al Departamento de Tumbes.

Las coordenadas exactas de ubicación del muelle son 9° 586.624'N y 525.283'E, a una altitud de 05 m.s.n.m.

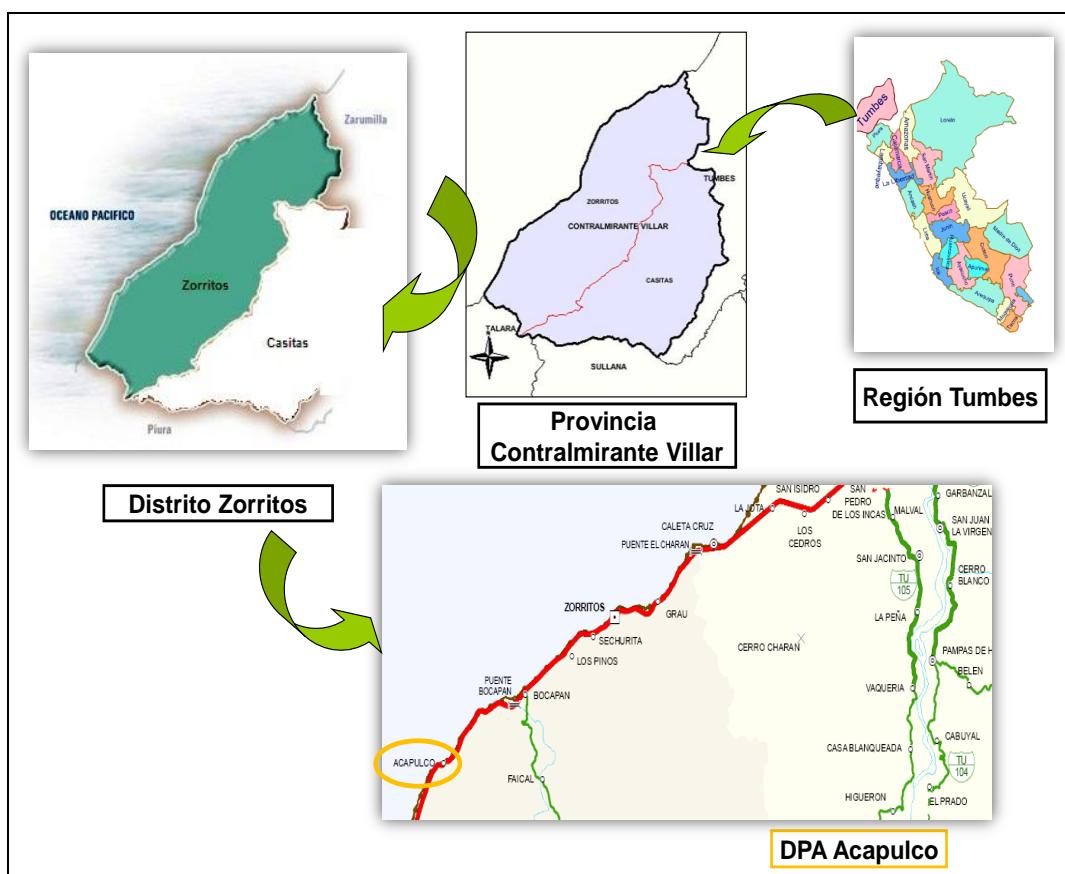


Imagen 14. Ubicación geográfica DPA Acapulco

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Pesquera Artesanal de la Localidad de Acapulco, Distrito de Zorritos, Provincia Contralmirante, Región Tumbes”

La vía de acceso al DPA Acapulco es de 6.00 metros de ancho y está constituida por material de préstamo afirmado.

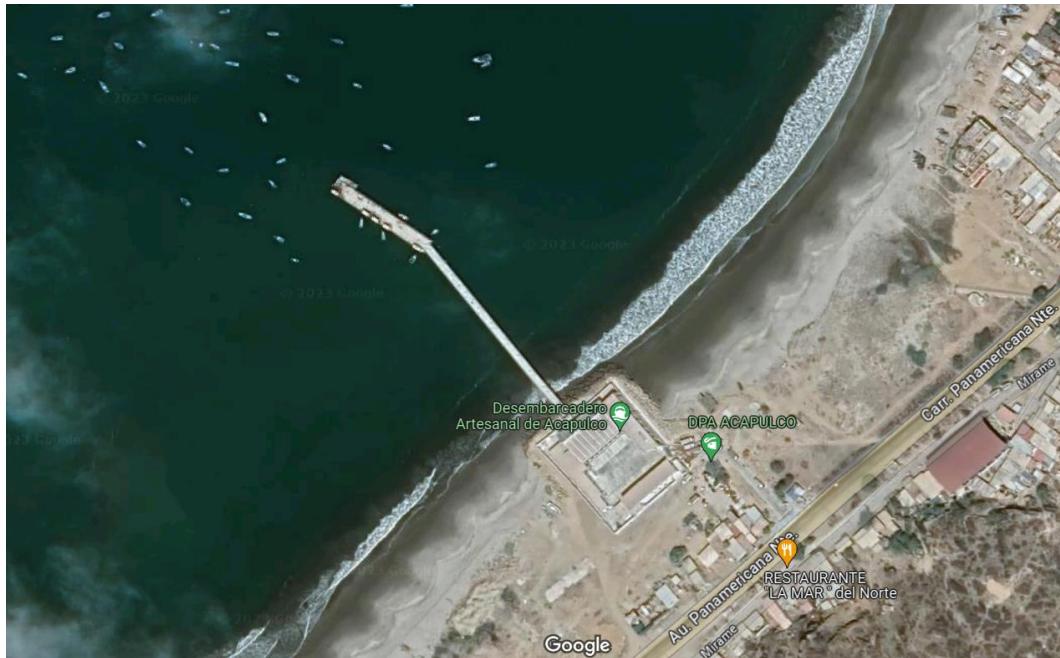


Imagen 15. Vista en planta del DPA Acapulco

Fuente: Imagen de Google Maps

### 3.2 PROBLEMÁTICA DEL DESEMBARCADERO PREVIO A SU REPARACIÓN

El Desembarcadero Pesquero Artesanal de Acapulco cuenta previo a su reparación una infraestructura en tierra que no ha sido construida bajo los Criterios Normativos Sanitarios establecidos en la Norma Sanitaria para actividades Pesqueras Artesanales y Acuícolas D.S. N° 040 2001 – PE, debiendo ser demolida en su totalidad. El cerco perimétrico es del tipo prefabricado de concreto, modelo “poste Tipo UNI”, se encuentra deteriorado. Cuenta con un muelle con sistemas de defensas y rompeolas, que por el mal uso y la falta de mantenimiento requiere de reparaciones, mejoras y/o reemplazo de los elementos arquitectónicos como: pescantes, defensas, sardineles de madera, bitas de amarre, barandas metálicas, postes, etc.

Además presenta las siguientes deficiencias en su estructura de obras de mar: deterioro de la infraestructura de muelle con presencia de fisuras, exposición de la armadura de acero en proceso de corrosión, desgaste en sus elementos estructurales, específicamente las vigas longitudinales, vigas transversales del puente y cabezo; con el peligro inminente de la estructura; teniendo en cuenta que existen antecedentes de caída de losa y vigas en el puente de muelle, específicamente el tramo entre los ejes 9, 10 y 11, debido a los severos daños

estructurales, lo cual obliga a la demolición de toda la estructura: vigas y losas, así como la reparación de algunos pilotes.

### **3.3 MEJORAMIENTO DEL MUELLE TIPO ESPIGÓN**

Las obras a ejecutar conforme al Expediente Técnico del proyecto “MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DEL DESEMBARCADERO PESQUERO ARTESANAL EN LA LOCALIDAD DE ACAPULCO, DISTRITO DE ZORRITOS, PROVINCIA DE CONTRALMIRANTE VILLAR, REGION TUMBES”, estipula lo siguiente:

#### **3.3.1 Infraestructura en mar**

El proyecto a nivel de obras de mar contempla el mejoramiento del muelle tipo espigón desde el puente hasta el cabezo, el cual consiste:

- Demolición integral de la plataforma y vigas del puente y cabezo del muelle.
- Reparación de pilotes de acuerdo a la evaluación efectuada: 32 en la zona del puente y 21 en la zona del cabezo.
- Construcción de nuevas vigas longitudinales y vigas cabezales en puente y cabezo, prefabricadas con concreto  $f'_c = 280\text{kg/cm}^2$ ; para los pilotes se colocará concreto  $f'_c = 350\text{kg/cm}^2$ .
- Construcción de losa de concreto de la plataforma en puente y cabezo, con el uso de concreto  $f'_c = 280\text{kg/cm}^2$ .
- Rehabilitación de 01 plataforma baja.
- Retiro de las defensas existentes en mal estado y reposición de nuevas defensas en el cabezo de muelle: Muelle existente 53.60m lado derecho y 65.70m lado izquierdo; que consiste en el reemplazo de perfil tipo riel, hincado de los nuevos perfiles tipo riel, los anclajes de sostenimiento de las defensas deberán ser embebidos dentro de la viga y/o losa de concreto antes del vaciado, para luego ser colocado un sistema de defensa con jebe tipo D.
- Sardinel de seguridad de madera tratada de dimensiones 12”x12”x15’, las cuales serán colocadas sobre tacos de madera de 2”x12”x12” en ambos lados del cabezo.

- Reemplazo de 20 piezas de bitas cornamusas, las cuales son elementos de amarre, unidades de acero convenientemente distribuidas y ancladas al borde del muelle, para el amarre y sujeción de las embarcaciones.
- Suministro y montaje de 02 pescantes, suministro y montaje de dos escaleras tipo gato.
- Construcción de caseta de bombeo para captar agua salada y bombeo hacia la cisterna de agua salada.
- Construcción de estructuras de concreto armado en el cabezo de muelle, para la Estación de Bombeo de Desagüe N° 01, para la evacuación de las aguas pluviales.

### 3.3.2 Infraestructura en tierra

El proyecto a nivel de infraestructura en tierra, contempla:

- Construcción de Área de Tareas Previas (Lavado, eviscerado y fileteado), Área de Frio que incluye cuarto de máquinas en el tercer nivel, Área de Desinfección para el personal que opera en la zona de Tareas Previas, Área Administrativa que incluye servicios complementarios para los usuarios, así como el depósito de aparejos de pesca (redes), almacén temporal de residuos peligrosos y maestranza, patio de redes, grupo electrógeno y subestación eléctrica.
- Estructura sismo resistente compuesto por una construcción de muros estructurales, pórticos de concreto armado, muros portantes de albañilería y placas de concreto armado, muros de ladrillo tarajeados, techo de losas aligeradas.
- Instalaciones sanitarias de agua potable y agua salada; así como el tratamiento de residuos de procedencia industrial y humano.
- Instalaciones eléctricas de baja tensión.
- El DPA Acapulco se encuentra a 65 metros lineales al oeste de la Carretera Panamericana Norte, en el kilómetro 1233. La vía de acceso de 6 metros de ancho está construida por material de préstamo afirmado. El proyecto contempla la pavimentación de acuerdo a su topografía, el alumbrado público, así como la señalización horizontal y vertical según el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor en Calles y Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

### **3.3.3 Equipo y mobiliario**

- Implementación de equipamiento para el Área de Tareas Previas.
- Implementación de equipamiento para el Área de Frio.
- Adquisición de equipos y mobiliario complementarios.

En el presente informe abordaremos el análisis del proceso constructivo de los trabajos de la infraestructura en mar, a nivel de obra gruesa.

### **3.4 FUENTES DE FINANCIAMIENTO**

El proyecto es financiado por medio de los Recursos Ordinarios de FONDEPES, la gestión de los recursos de inversión la realiza la Dirección General de Inversión Pesquera Artesanal y Acuícola DIGENIPPA.

### **3.5 MODALIDAD DE EJECUCIÓN**

La modalidad de ejecución es por contrata considerando los precios unitarios de cada partida.

### **3.6 PRESUPUESTO DE OBRA**

El presupuesto de obra asciende a la suma de S/. 15,226,434 soles incluido IGV, con precios vigentes al 30 de junio del 2017 y un plazo de ejecución de 300 días calendario.

## CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO DEL MUELLE ACAPULCO PREVIA A LA REPARACIÓN

### 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

El muelle espión en el Desembarcadero Pesquero Artesanal de Acapulco tiene una configuración de 127.00 metros de extensión en su parte de puente y 61.50 metros de cabezo. Se detalla a continuación la estructura que conforma cada parte del muelle.

#### 4.1.1 Descripción del puente del muelle

La sección del puente está construida con una losa de concreto reforzado que descansa sobre vigas transversales de 4.80 metros de longitud. Estas vigas están distribuidas en 21 ubicaciones a lo largo del puente, con un espaciado de 6.00 metros entre cada una.

A lo largo del puente, en ambos lados, se extienden vigas longitudinales de 127.00 metros de largo. En los extremos de las vigas transversales se encuentran dados cabezales, sumando un total de 42 unidades.

Adicionalmente, se encuentran vigas sardinel a lo largo de ambos lados del puente, también de 127.00 metros de longitud.

El soporte del puente se basa en 42 pilotes verticales de concreto reforzado con sección cuadrada, originalmente de dimensiones 0.35x0.35 metros. Estos pilotes están hincados en el fondo marino y se distribuyen a lo largo de ambos lados del puente.

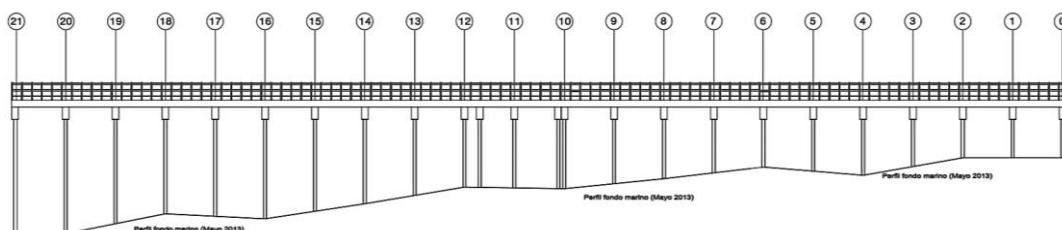


Figura 13. Vista en elevación del puente del muelle

Fuente: Elaboración propia

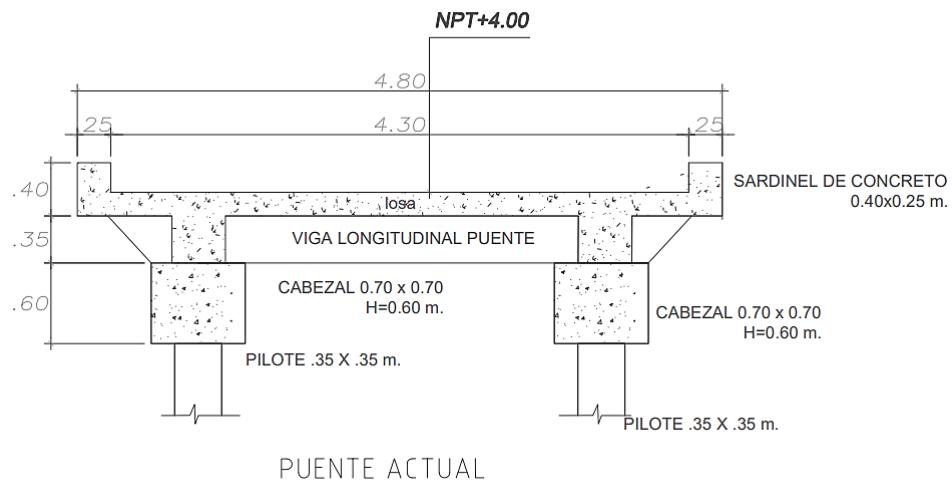


Figura 14. Corte transversal del puente del muelle existente.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2 Descripción del cabezal del muelle

La estructura del cabezal del muelle consiste en losas de concreto reforzado que se extienden a lo largo de 65.00 metros de longitud y tienen un ancho de 8.40 metros. Estas losas descansan sobre vigas transversales de 8.40 metros de longitud, distribuidas en 12 puntos a lo largo del cabezal. Estos puntos están separados entre sí por una distancia de 5.90 metros. Adicionalmente, hay vigas longitudinales de 65.00 metros de longitud, distribuidas en tres ejes.

En cuanto a la disposición de los dados cabezal, se encuentran presentes en el diseño, con una altura de 0.60 metros. En el eje 33 se distribuyen 5 dados cabezal, en el eje 32 se distribuyen 4, y en cada uno de los ejes desde el 31 al 22 hay 3 dados cabezal, sumando un total de 39 unidades en toda la estructura. También se cuenta con una viga sardinel de madera de 65.00 metros de longitud a ambos lados del muelle.

El soporte del cabezal del muelle se realiza a través de 39 pilotes de concreto reforzado con sección cuadrada de dimensiones 0.35x0.35 metros. Además, se ha implementado una estructura de protección que consiste en perfiles de riel y material de tipo jebe tipo D.

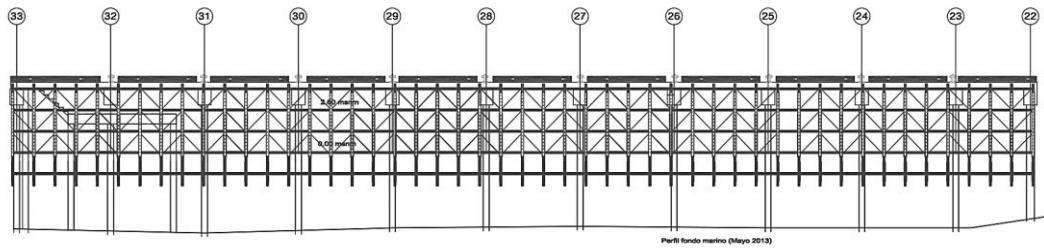


Figura 15. Vista en elevación del cabezo del muelle

Fuente: Elaboración propia

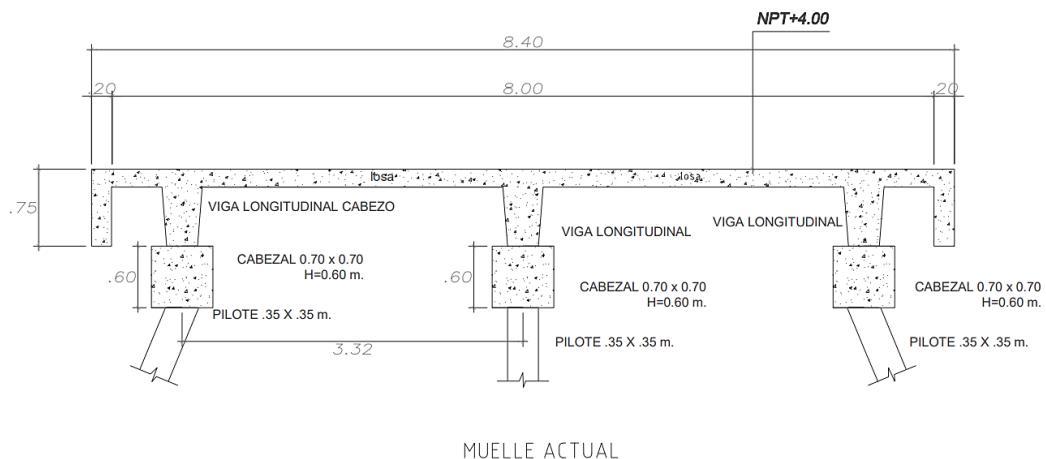


Figura 16. Corte transversal del cabezo del muelle existente.

Fuente: Elaboración propia

En los anexos A.1 y A.2 se muestra a detalle los planos de planta y elevación de la estructura del muelle.

#### 4.1.3 Plataforma baja

Está ubicada longitudinalmente y en el lado derecho superior del cabezo del muelle, con una longitud de 8.30 metros y un ancho de 2.00 metros. Estructura compuesta por losa de concreto armado apoyada sobre 4 pilotes de concreto armado los cuales están hincados al fondo marino.

## 4.2 ESTADO DEL PUENTE DEL MUELLE PREVIO A SU REPARACION

Mediante inspección visual simple se identifican los problemas y defectos que presenta el muelle antes de su reparación, y se describe a continuación.

### 4.2.1 Estado de los pilotes del puente del muelle

Según la inspección visual efectuada a los 43 pilotes verticales de sección cuadrada que conforman la estructura del puente del muelle, se observa su mal estado debido a la presencia de grietas y fisuras, en algunos casos con desprendimiento de concreto, dejando expuesto el acero de corrugado, el cual se encuentra en proceso de corrosión con pérdida de su sección. Se observa presencia de manchas producto de la oxidación del acero corrugado.



Imagen 16. Estado Pilote 3 Sur Eje 11

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos



Imagen 17. Presencia de grietas y oxidación en Pilote 1 Sur Eje 2

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

La presencia de fisuras y rajaduras longitudinales en los pilotes del puente del muelle se resume en la Tabla 1.

Tabla 1. Estado de pilotes: Rajaduras o fisuras longitudinal.

Descripción	RAJADURA O FISURA LONGITUDINAL (m)							
	PILOTE 1 SUR				PILOTE 2 NORTE			
PUENTE	S	W	N	E	S	W	N	E
EJE 01 TRANSVERSAL	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.50	1.00
EJE 02 TRANSVERSAL	0.45	0.50	0.60	0.00	0.50	1.00	0.90	0.50
EJE 03 TRANSVERSAL	1.00	1.50	0.50	0.60	0.70	0.85	0.60	0.00
EJE 04 TRANSVERSAL	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00
EJE 05 TRANSVERSAL	0.00	0.30	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00
EJE 06 TRANSVERSAL	1.00	0.50	0.00	0.80	0.30	0.30	1.30	0.00
EJE 07 TRANSVERSAL	0.00	0.30	0.30	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
EJE 08 TRANSVERSAL	1.50	0.60	0.30	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
EJE 10 TRANSVERSAL	1.00	1.20	0.60	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
EJE 11 TRANSVERSAL	1.50	0.60	0.00	0.00	0.60	1.00	1.50	0.00
PILOTE 3 (INCLINADO)					0.00	1.00	1.00	0.00
EJE 12 TRANSVERSAL	1.00	0.90	0.40	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00
EJE 13 TRANSVERSAL	0.50	1.00	1.00	0.00	0.80	0.60	1.00	0.50
EJE 14 TRANSVERSAL	1.50	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.50	1.00
EJE 15 TRANSVERSAL	1.50	0.30	1.00	0.80	0.00	1.00	0.50	1.00
EJE 16 TRANSVERSAL	1.00	1.20	1.00	0.00	1.00	1.50	1.00	1.00
EJE 17 TRANSVERSAL	1.00	1.50	1.50	0.00	1.00	1.00	0.80	0.00
EJE 18 TRANSVERSAL	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	0.00	1.00	0.80
EJE 19 TRANSVERSAL	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
EJE 20 TRANSVERSAL	0.00	1.00	1.50	1.00	1.50	0.50	0.00	1.50
EJE 21 TRANSVERSAL	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.50	0.00	1.00

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2 Estado del tablero del puente del muelle

La superficie superior de losa de concreto reforzado que conforma el puente del muelle ha sufrido un proceso de desgaste ocasionado principalmente por la abrasión, abarcando casi la totalidad de su superficie.

Adicionalmente, se ha identificado fisuras en la superficie y perdida del recubrimiento de concreto en la parte inferior de la losa, provocando la exposición

del acero corrugado a la intemperie, por lo que se encuentra en proceso de oxidación y corrosión con la significativa perdida de su sección transversal.

En el tramo que abarca los ejes 08 al 10, el cual fue objeto de reparación posterior a la construcción del muelle, se ha producido el desprendimiento del concreto en su parte inferior. Esto ha dado por resultado la exposición de la armadura de acero corrugado que presenta indicios de corrosión como se puede apreciar en la Figura 27.



Imagen 18. Deterioro de superficie de la plataforma del muelle

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos



Imagen 19. Exposición de acero en estado de corrosión

Fuente: Registro fotográfico propio.

#### 4.2.3 Estado de las vigas del puente del muelle

Las vigas longitudinales y vigas cabezal, componentes esenciales para mantener la integridad estructural, muestran deterioro evidenciándose en el desprendimiento de concreto que recubre la armadura de acero corrugado.

Al desprenderse el recubrimiento de la armadura de acero, y debido a la influencia del ambiente marino, esta se encuentra en estado de oxidación y corrosión severa, ocasionando la perdida de la sección transversal de las varillas de acero.

Esta disminución en la sección transversal de acero corrugado impacta en la capacidad de carga de la estructura, además de la distribución de fuerzas y tensiones entre vigas, lo que compromete la integridad general de la estructura.

La restauración y protección de estas estructuras son necesarios para asegurar la funcionalidad, seguridad y sostenibilidad del muelle.

Posterior a la demolición de la losa, se puede apreciar claramente las afectaciones sobre las vigas longitudinales y transversales (ver Imagen 20)



Imagen 20. Grietas, desprendimiento de concreto y exposición de acero en vigas

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

## 4.3 ESTADO DEL CABEZO DEL MUELLE

Mediante una inspección visual simple, se detectan anomalías y deficiencias en el cabezo del muelle antes de su proceso de reparación, los cuales se detallan a continuación:

### 4.3.1 Estado de los pilotes del cabezo del muelle

Según la inspección visual efectuada a los 43 pilotes verticales de sección cuadrada que conforman la estructura del puente del muelle, se observa su mal estado debido a la presencia de grietas y fisuras, en algunos casos con desprendimiento de concreto dejando expuesto el acero corrugado, el cual se encuentra en proceso de corrosión y pérdida de su sección. Se observa presencia de manchas producto de la oxidación del acero corrugado



Imagen 21. Estado pilote eje 31 Norte.

Fuente: Registro fotográfico propio.



Imagen 22. Desprendimiento de concreto con exposición del acero de refuerzo en proceso de corrosión

Fuente: Registro fotográfico propio.

En la Tabla 2, se detalla la presencia de los agrietamiento y fisuras por cada pilote que componen el cabezo.

Tabla 2. Estado del cabezo del muelle.

Descripción	RAJADURA O FISURA LONGITUDINAL (m)											
	PILOTE 1 SUR				PILOTE 2 CENTRO				PILOTE 3 NORTE			
MUELLE	S	W	N	E	S	W	N	E	S	W	N	E
EJE 22 TRANSVERSAL	1.00	1.00	1.00	0.00	0.70	0.70	1.00	0.70	0.00	0.70	0.70	0.70
EJE 23 TRANSVERSAL	0.00	0.50	0.80	0.80	0.00	1.00	0.30	0.00	0.50	0.50	0.00	0.50
EJE 24 TRANSVERSAL	0.00	0.70	0.00	0.00	0.40	0.30	0.70	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00
EJE 25 TRANSVERSAL	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.40	0.30	0.00	0.00	0.50	0.00	0.60
EJE 26 TRANSVERSAL	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	0.00
EJE 27 TRANSVERSAL	1.00	0.60	0.00	0.80	0.70	1.00	0.60	0.00	0.70	0.50	0.00	0.00
EJE 28 TRANSVERSAL	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00
EJE 29 TRANSVERSAL	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00
EJE 30 TRANSVERSAL	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00
EJE 31 TRANSVERSAL	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.20	0.35	0.00	0.40	0.50	0.35	0.00
EJE 32 TRANSVERSAL	0.00	0.20	0.70	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
COLUMNA 2 Inclinada	1.50	1.00	0.00	1.00								
COLUMNA 4 Inclinada	1.50	2.00	1.50	2.00								
EJE 33 TRANSVERSAL	0.50	0.70	0.30	0.00	0.30	0.80	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00
COLUMNA 3 Inclinada									0.00	0.00	0.30	0.00

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2 Estado del tablero del cabezo del muelle

Al igual que el tablero del puente del muelle, la parte superior de losa de concreto reforzado de cabezo del muelle ha experimentado un proceso de desgaste, principalmente por la abrasión, que afecta prácticamente la totalidad de su superficie.

Además, se han observado grietas en la superficie y la pérdida del recubrimiento de concreto en la parte inferior de la losa, lo que resulta en la exposición del acero corrugado a las condiciones climáticas del ambiente marino. Este acero está en proceso de oxidación y corrosión, lo que ha llevado a una considerable disminución en su sección transversal.

#### 4.3.3 Estado de las vigas del cabezo del muelle

En el cabezo del muelle tanto las vigas longitudinales como las vigas transversales exhiben señales de deterioro, manifestadas por el desprendimiento del concreto que recubre la armadura de acero corrugado.

Al descubrirse la armadura de acero debido al desprendimiento del recubrimiento de concreto, producto del ambiente marino se encuentra en un estado avanzado de corrosión, lo que ha resultado en una significativa reducción en su sección transversal. (ver Imagen 23)

Esta disminución en la sección transversal del acero corrugado impacta en la capacidad de carga de la estructura y por ende en la integridad general del muelle. Por lo tanto, se hace imperativa la restauración y protección de estos elementos estructurales para garantizar su funcionalidad, seguridad y sostenibilidad a lo largo del tiempo.



Imagen 23. Desprendimiento de recubrimiento de concreto en vigas del cabezo del muelle

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

## CAPÍTULO V: ANÁLISIS DEL MÉTODO CONSTRUCTIVO EN LA REPARACIÓN DEL MUELLE ACAPULCO

El proceso de reparación del muelle pesquero artesanal Acapulco comprende a nivel de obra gruesa una serie de etapas críticas que abarcan desde la demolición de estructuras existentes, como losas y vigas, hasta la rehabilitación de pilotes por el método del encamisado.

En la presente sección, se detalla cada uno de los aspectos del método constructivo, destacando los desafíos técnicos y logísticos involucrados.

### 5.1 REPARACIONES A NIVEL DE ESTRUCTURA DE OBRAS EN MAR

El proyecto titulado “Mejoramiento de la Infraestructura Pesquera Artesanal de la Localidad de Acapulco, Distrito de Zorritos, Provincia Contralmirante, Departamento de Tumbes” involucra una serie de mejoras en la estructura marítima, que abarcan desde el puente hasta el cabezo. A continuación, se describen las actividades incluidas en esta obra:

1. Demolición de la plataforma y las vigas tanto del Puente como del Cabezo, incluyendo la sección entre los ejes 08 y 10 que fue recientemente reparada.
2. Reparación de pilotes: Se llevó a cabo la restauración de 32 pilotes en la zona del Puente y 21 pilotes en la zona del Cabezo, conforme a la evaluación realizada.
3. Construcción de vigas longitudinales y cabezales: Se instalaron vigas longitudinales y cabezales prefabricados de concreto con una resistencia de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  para el Puente y el Cabezo. Los pilotes también fueron reparados con concreto de  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ .
4. Construcción de losa de concreto: Se construyó una losa de concreto en la plataforma tanto del Puente como del Cabezo, utilizando concreto de resistencia  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .
5. Sustitución de defensas: Se removieron las defensas de riel metálico y jebe tipo D, y fueron reemplazadas por una nueva estructura metálica de perfil tipo riel, anclada en el lecho marino. Estos nuevos elementos estuvieron anclados en las vigas y/o losas de concreto antes del vaciado, permitiendo la colocación posterior

de jebe tipo D. La distribución fue de 53.60 metros en el lado derecho y 65.70 metros en el lado izquierdo.

6. Reemplazo de bitas: Fueron reemplazadas 20 piezas de bitas que están ancladas al borde del muelle, usadas para el amarre y sujeción de las embarcaciones.

7. Pescantes y escaleras: Se suministraron y montaron dos pescantes, así como dos escaleras tipo gato.

En el presente capítulo se describe las acciones, metodología y procedimiento llevado a cabo en la reparación del muelle pesquero a nivel de obra gruesa.

## **5.2 DESMONTAJE DE SISTEMA DE DEFENSA DEL MUELLE CON RIEL METÁLICO Y DEFENSA TIPO D**

Previo al inicio de la ejecución de la actividad se construye una estructura metálica conformada por un trípode y un brazo giratorio (Ver Imagen 24), sin embargo, debido a su tamaño y peso su maniobra es complicado, por lo que al ejecutar la actividad de extracción de los rieles no se alcanza el rendimiento esperado, por lo que se opta en la construcción de un caballete metálico (ver Imagen 25), el cual se usará posteriormente para la extracción manual de los rieles metálicos de la defensa del muelle a la superficie de la plataforma del cabezo

Se verifica que el área de trabajo este despejada libre de obstáculos y que no haya personas no involucradas en la operación del desmontaje, seguido del cual se fija firmemente el caballete a la plataforma del muelle mediante poleas, cadenas y grilletes de acero, en un punto cercano del riel a extraer.

Se une un extremo del caballete al riel horizontal del sistema de defensa mediante poleas, cadenas, grilles, tecles manuales y tirfor; una vez asegurado el riel horizontal con cadenas, se procede a realizar corte con equipo de oxicorte separándolo de los rieles verticales. Una vez liberado el riel horizontal se extrae manualmente con el uso de los tecles manuales y el tirfor, a la superficie de la plataforma del muelle, para luego ser traslado para el punto de acopio.

Se procede de manera similar con los rieles verticales los cuales están anclados al fondo marino; pero en este caso debido a las dimensiones de los rieles

metálicos que alcanzan hasta 11m de altura, se extrae hasta en tres partes, por lo que se realiza los cortes con oxicorte.



Imagen 24. Estructura para extracción de rieles inicial.

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos



Imagen 25. Caballete para extracción de rieles metálicas

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos



Imagen 26. Corte con equipo de oxicorte de riel horizontal del sistema de defensa del muelle

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos



Imagen 27. Extracción de riel metálico con el uso de caballete, tirfor y tecle manual

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos



Imagen 28. Rieles metálicos extraídas de la defensa de riel metálico

Fuente: Registro fotográfico propio.

### 5.3 DEMOLICIÓN DEL TABLERO DEL MUELLE

La demolición del sardinel de concreto ubicado en ambos lados del tablero del puente del muelle marcó el inicio de los trabajos en esta área.

Sin embargo, se considera de gran importancia garantizar que los desechos resultantes de la demolición no sean arrojados al mar, debido a los problemas de contaminación que esto podría ocasionar. Para abordar esta cuestión, se ha implementado la instalación de una plataforma móvil destinada a la recolección de escombros.

El proceso de habilitación de esta plataforma móvil para escombros involucró la creación de una estructura suspendida usando el principio del encofrado colgante.

La estructura de un encofrado colgante, se divide en las siguientes partes distintivas:

- Infraestructura: Esta es la base sobre la cual se recogen los escombros a medida que progresá la demolición de la losa del muelle. Entre las opciones posibles se encuentran el uso de tablas de madera o paneles de fenólico.
- Tensores: Estos elementos conectan la infraestructura con la superestructura. Las barras roscadas son una opción viable para llevar a cabo esta unión, lo que permitirá asegurar los componentes estructurales mediante el uso de tuercas.

- Superestructura: Esta parte transfiere la carga del encofrado al elemento final de sustento; en este caso particular, se trata de la losa existente.

El esquema que se presenta en la Figura 36, ilustra la estructura que compone la plataforma móvil para escombros.

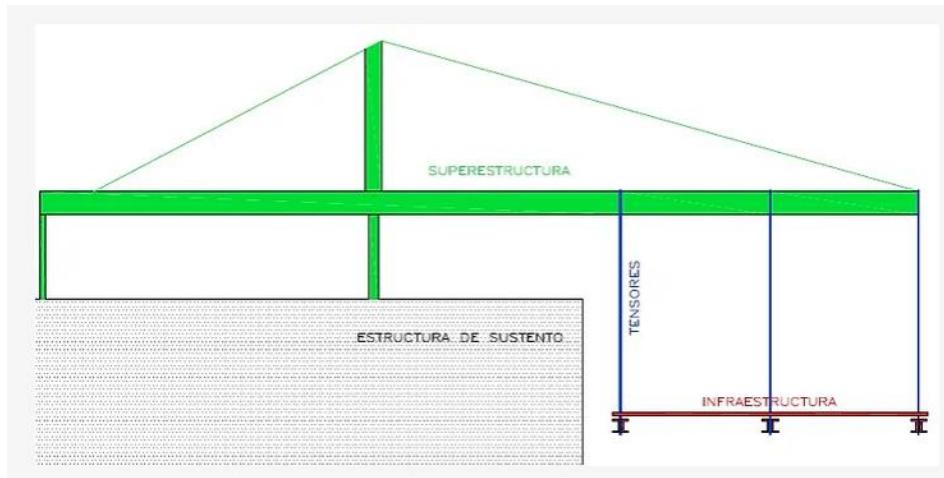


Figura 17. Componentes que conforman un encofrado colgante

Fuente: <https://estructuralmente.wixsite.com/estructuralmente/single-post/2018/01/18/elementos-para-el-dise%C3%B1o-y-ejecuci%C3%B3n-de-encofrados-colgantes-parte-1-de-2>

Este enfoque garantiza la gestión adecuada de los escombros resultantes de la demolición, evitando su disposición en el mar y minimizando el impacto ambiental.

El proceso de demolición de la plataforma del muelle se inicia con la perforación de la losa existente con roto martillo neumático para crear aberturas de aproximadamente 3/4 de pulgada de diámetro como mínimo (Ver Figura 17).

Estas aberturas se utilizan para pasar los tensores (barras roscadas) que se fijan a la losa mediante tuercas. Estas tuercas están respaldadas por pedazos de listones de madera. En la parte inferior de los tensores, se colocan listones de madera que siguen la dirección del eje longitudinal de la losa, fijándose con tuercas. Transversalmente, al eje de la losa, sobre los listones de madera, se ubican tablas de madera que recibirán los restos de la demolición (Ver Imagen 29).

También se usó como elementos tensores alambre de amarre N° 8 el cual se fija a la losa existente mediante amarre a listones de madera.

Una vez que la plataforma móvil está instalada a lo largo del eje longitudinal de la plataforma, se procede a realizar la demolición en secciones de la losa mediante el uso de un martillo demoledor. Posteriormente, se traslada el material de escombros a un punto de acopio para su eliminación.



Imagen 29. Perforación de abertura en losa para pasar los elementos tensores

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

En la Imagen 30 se aprecia el uso de barras roscadas como elemento tensor, el cual va apoyado sobre listones de madera para facilitar el desmontaje del encofrado colgante una vez culminado la demolición del tramo de losa intervenido.



Imagen 30. Uso de barras roscadas como elemento tensor

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos



Imagen 31. Secuencia de instalación de la infraestructura del encofrado colgante

Fuente: Registro fotográfico propio.



Imagen 32. Demolición de tramo de losa en el cabezo del muelle

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

En el puente del muelle, se procede con la demolición parcial de la losa en el tramo central de la misma (Ver Imagen 33) dejando los tramos sin demoler para asegurar un área de tránsito para el acarreo, transporte y disposición en un punto de acopio al material resultante de la demolición de lasas y vigas del puente y del cabezo.

En el caso del puente del muelle, se comienza por demoler las secciones centrales de las losas, cada una con dimensiones de 0.65 metros de ancho por 5.64 metros de largo. En cuanto al cabezo, se procede a la demolición de dos secciones entre los ejes, cada una con dimensiones de 0.65 metros de ancho por 5.64 metros de largo, ubicadas a ambos lados de su eje longitudinal según se puede apreciar en la Imagen 34.

La imagen a continuación muestra la demolición de paños centrales a lo largo del eje del puente de muelle. Los paños pendientes de demolición se usan para el acarreo de material de demolición de estructuras de concreto y rieles que conforman el sistema de defensa del muelle.



Imagen 33. Demolición de paños centrales en puente de muelle

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

Para la demolición de la losa en el cabezo del muelle, se consideró dos paños en ambos lados del eje longitudinal de la plataforma, los tramos que se dejan pendientes de demoler son utilizados como área de tránsito para el acarreo del material de desmonte.



Imagen 34. Zona de tránsito para acarreo de material de demolición

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

Una vez que se completa la demolición de las secciones de losas mencionadas anteriormente, se inicia la demolición de las secciones pendientes. Para este proceso, se emplea una plataforma provisional sobre la cual se asegura la sección que será demolida.

Se debilita la conexión entre la losa y la viga transversal correspondiente. Una vez que se efectúa el corte del acero que mantiene unidos la losa y la viga, se procede a elevarla con el uso de una grúa. Posteriormente, la sección demolida se traslada hasta el centro de acopio designado para los materiales de demolición.

Posteriormente, esta sección se traslada al centro de acopio mediante el uso de una grúa.



Imagen 35. Plataforma provisional para fijar estructura losa – viga para desmontarla.

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

### 5.3 DEMOLICIÓN DE VIGAS DEL MUELLE

La actividad de demolición de las vigas longitudinales y transversales se llevó a cabo debilitando la conexión entre la viga y el cabezal. Luego de este proceso, la viga se asegura a una plataforma provisional para luego ser desmontada con una grúa para ser trasladada al centro de acopio correspondiente.



Imagen 36. Plataforma móvil para escombros para evitar contaminación en el mar

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

Por otra parte, para llevar a cabo la demolición de los cabezales, se empleó una plataforma colgante que consiste en una superestructura conformada por perfiles metálicos en forma de H.



Imagen 37. Plataforma colgante con perfiles metálicos en forma de H

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

## 5.4 PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN DE PILOTES

El Adicional N.<sup>o</sup> 02 y el Deductivo Vinculante N.<sup>o</sup> 01 involucran un cambio en el procedimiento de reparación de pilotes en el puente y en el cabezo del muelle en el DPA Acapulco. La necesidad de estos cambios surge a raíz de deficiencias técnicas identificadas en la elaboración del Expediente Técnico Contractual.

El Consorcio Zorritos señaló que dicho expediente propone un procedimiento inadecuado en relación con la colocación de fibra de carbono, especialmente en los pilotes afectados por daños bajo el nivel del mar, y también en el uso incorrecto de adhesivos de puente de adherencia.

Por consiguiente, se plantea una modificación en el procedimiento para la reparación de los pilotes. Los ajustes propuestos son los siguientes:

- Sección de Concreto Circular: Se establece que para la reparación de los pilotes se utilizará una sección circular de concreto con un diámetro de 0.75 metros. Esta sección circular se aplicará en el proceso de reparación para garantizar la integridad y resistencia de los pilotes.
- Refuerzo Vertical de Acero: El nuevo enfoque de reparación incluirá la instalación de 09 varillas de acero de refuerzo en disposición vertical. Estas varillas, con un diámetro de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, se agregarán para proporcionar refuerzo estructural adicional y fortalecer la sección de concreto.
- Modificación en las Dimensiones del Encamisado y el Refuerzo: Como parte del cambio de procedimiento, se realizaron modificaciones en las dimensiones del encamisado de los pilotes y en el refuerzo. Estos ajustes buscan optimizar la eficacia y la durabilidad de la reparación.
- El objetivo principal de esta revisión en el procedimiento es abordar de manera más eficiente y efectiva los problemas identificados en la reparación de los pilotes, asegurando la resistencia y la confiabilidad de la estructura. Las medidas propuestas tienen en cuenta las deficiencias técnicas encontradas y buscan corregirlas para garantizar la integridad y seguridad de los pilotes en el puente y el cabezo del muelle en el DPA Acapulco.

El procedimiento de reparación de pilotes se desarrolla de la siguiente manera:

#### 5.4.1 Limpieza y picado de la superficie de los pilotes

Limpieza de la superficie de los pilotes:

Se inicia con la limpieza meticolosa de la superficie de los pilotes, eliminando cualquier tipo de suciedad, contaminantes, revestimientos anteriores, pintura, algas, moho, líquenes, crecimiento de plantas u otros elementos. Esta limpieza se lleva a cabo de manera manual utilizando espátulas metálicas especialmente preparadas para esta tarea. El objetivo es lograr una superficie limpia y libre de obstáculos para asegurar una adherencia adecuada (Ver Imagen 38).



Imagen 38. Limpieza de pilotes con espátulas acondicionadas para la actividad

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

Picado de limpieza de fisuras:

Posterior a la limpieza manual de la superficie de los pilotes, se procede con el picado de limpieza de las fisuras existentes. Este proceso tiene como fin preparar la superficie de los pilotes para el posterior enfundado metálico. El picado de limpieza crea una textura rugosa en la superficie, eliminando material suelto y asegurando que la superficie esté sana y propicia para la adherencia. Se debe realizar el picado máximo 8 horas antes del vaciado del concreto, garantizando que las características de la superficie se mantengan al momento del vertido.

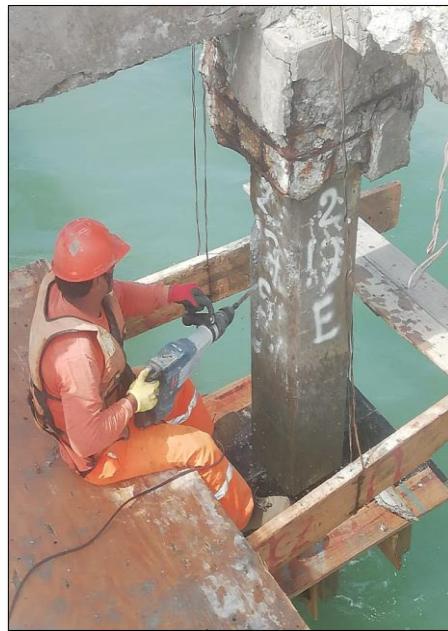


Imagen 39. Limpieza y picado de superficie de pilote a encamisar

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

#### 5.4.2 Refuerzo con armadura de acero corrugado

En esta etapa, se procede a habilitar y armar el acero corrugado siguiendo las indicaciones presentes en los planos. La armadura de acero corrugado se dispone alrededor del pilote según las especificaciones establecidas.

El objetivo de este armado es proporcionar el refuerzo necesario para la reparación de los pilotes, garantizando su integridad y resistencia estructural.

El procedimiento aquí descrito es esencial para asegurar una reparación efectiva y duradera de los pilotes afectados.

Mediante la limpieza exhaustiva, el picado de las fisuras y el armado de acero corrugado, se establecen las bases para el proceso de enfundado metálico y posterior vertido de concreto, contribuyendo a la restauración y fortalecimiento de los pilotes en el puente y el cabezo del muelle en el DPA Acapulco.

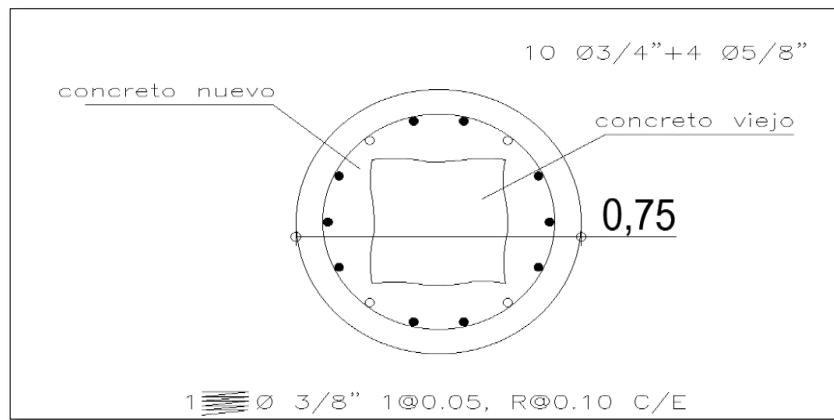


Figura 18. Distribución de acero de refuerzo de pilote

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Pesquera Artesanal de la Localidad de Acapulco, Distrito de Zorritos, Provincia Contralmirante, Región Tumbes

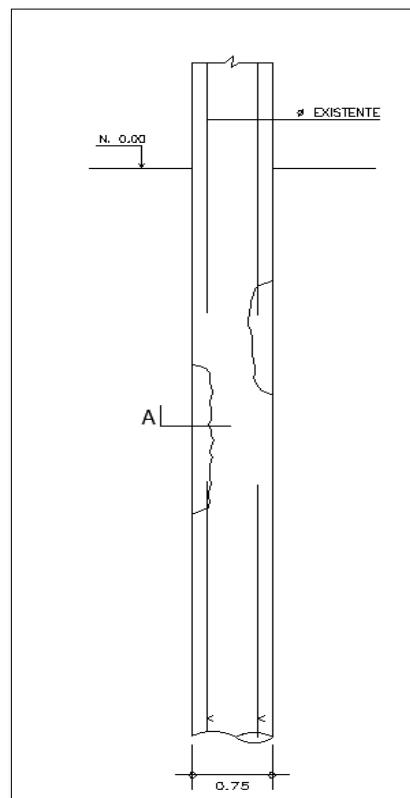


Figura 19. Zona de reparación en pilote.

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Pesquera Artesanal de la Localidad de Acapulco, Distrito de Zorritos, Provincia Contralmirante, Región Tumbes



Imagen 40. Refuerzo con armadura de acero corrugado en pilote

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

### 5.4.3 Encamisado de pilotes

Para llevar a cabo el encamisado, se utilizan encofrados metálicos diseñados para esta función. En la parte inferior de los encofrados, se instala un sello con el propósito de prevenir la fuga del concreto.

Este sello asegura la hermeticidad durante el proceso de fraguado del concreto y evita la entrada de agua, particularmente durante las variaciones de mareas.

Además, se colocan espaciadores y sujetadores estratégicamente para asegurar que el acero de refuerzo mantenga su posición durante la colocación de los encofrados y el vertido del concreto. Esto garantiza que el refuerzo permanezca correctamente posicionado para reforzar la estructura.



Imagen 41. Encofrado de pilote con moldes metálicos

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

#### 5.4.4 Vaciado de concreto de reparación en pilotes

El proceso de vertido del concreto se realiza de abajo hacia arriba. Esto permite que, desde la parte superior, se permita la salida del agua que pueda quedar atrapada durante el proceso de vertido y fraguado. Esta disposición ayuda a prevenir la acumulación de agua en la parte inferior del encofrado.

La colocación del concreto se procede de manera continua y uniforme, sin interrupciones. Se presta especial atención para evitar segregaciones de los componentes del concreto, así como deficiencias de uniformidad o compactación. También se toman precauciones para evitar la formación de juntas frías en la estructura.

Este meticuloso proceso de encamisado y vertido de concreto está diseñado para asegurar la calidad y la integridad de la reparación de los pilotes. La combinación de encofrados metálicos, sellado hermético, refuerzo de acero, colocación cuidadosa de concreto y medidas para la salida de agua contribuyen a una reparación sólida y duradera en los pilotes del puente y el cabezal del muelle en el DPA Acapulco.

La creación de la armadura de acero corrugado y el proceso de encofrado de los pilotes a ser reparados en la sección del cabezal se llevó a cabo con la participación de buzos altamente capacitados en este ámbito.

Estos profesionales, con experiencia especializada en este tipo de tareas subacuáticas, desempeñaron un papel esencial en la materialización de estos aspectos críticos de la rehabilitación.

El vaciado de concreto se ejecuta con el método Tremie, el cual consiste en una tubería en forma de embudo que recibe el concreto en el que su extremo inferior queda siempre embebido en el concreto, previniendo la segregación y el lavado.



Imagen 42. Vaciado de concreto aplicando el método Tremie

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

## 5.5 REPARACIÓN TRAMO 8-10

Se procedió a llevar a cabo una inspección exhaustiva del tramo comprendido entre los ejes 8 y 10 en el muelle existente. Este tramo en particular, a diferencia de los demás, está conformado por pilotes metálicos en lugar de pilotes de concreto. A continuación, se detallan los hallazgos de la inspección:

- El tramo ubicado entre los ejes 8 y 10 del muelle exhibe un estado que se considera en buen estado en el expediente. Sin embargo, durante la inspección minuciosa, se identificaron algunas problemáticas. Este tramo específico cuenta con las siguientes características:

**Composición del Tramo:** El tramo está compuesto por una losa de concreto armado que descansa sobre vigas transversales. La longitud de este tramo es de 11.30 metros, con un ancho de 4.80 metros.

- **Detalles Estructurales:** La losa de concreto presenta deterioro en la parte inferior, conocida como el fondo de la losa. Esto ha resultado en la exposición del acero de refuerzo, que a su vez muestra signos de oxidación y pérdida de sección.
- **Vigas Longitudinales:** Las vigas longitudinales que se extienden a lo largo del tramo de 11.30 metros en ambos lados del puente presentan un estado de deterioro significativo. Dadas las condiciones en las que se encuentran, se recomienda su demolición.
- **Diferencia de Configuración:** Se observa que la estructura de este tramo es diferente en configuración en comparación con los otros tramos del muelle. Los elementos de las vigas transversales en este tramo en particular son notablemente mayores que los del resto del muelle.

La inspección minuciosa reveló que, a pesar de que el expediente cataloga este tramo como encontrándose en buen estado, existen problemas sustanciales que afectan su integridad estructural y funcionalidad. La exposición del acero de refuerzo y el deterioro de las vigas longitudinales son motivos de preocupación.

En vista de la condición de las vigas longitudinales y la exposición del acero de refuerzo, se sugiere encarecidamente llevar a cabo la demolición de las vigas afectadas. Esto permitirá abordar adecuadamente los problemas de deterioro y evitar riesgos mayores a la seguridad y durabilidad de la estructura.

Además, la diferencia en la configuración estructural de este tramo en comparación con los demás tramos merece atención, ya que podría influir en el comportamiento general del muelle.

En resumen, es crucial considerar las recomendaciones emitidas a partir de la inspección detallada para asegurar la integridad, seguridad y funcionalidad a largo plazo del tramo entre los ejes 8 y 10 en el muelle existente.



Imagen 43. Vista del tramo del eje 8 -10 reparado posterior a la construcción del muelle.

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos



Imagen 44. Vista de tramo del eje 8-10, zona de rompiente

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos



Imagen 45. Parte superior de las losas de los tramos 8-9 con vista al acero al descubierto

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos



Imagen 46. Parte inferior de las losas de los tramos 9-10

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

Después de una serie de coordinaciones entre la Contratista, la Supervisión y la Entidad, surge la necesidad de presentar el Adicional N.<sup>o</sup> 01. Este adicional abarca los trabajos adicionales que no fueron contemplados en el Expediente Técnico para el tramo entre los ejes 8-10. Los trabajos en este adicional consisten en lo siguiente:

- Demolición de Losas de Concreto Armado: Se llevará a cabo la demolición de las losas de concreto armado en el área definida entre los ejes 8-10. Este proceso se realizará de manera controlada y cuidadosa para evitar daños innecesarios.
- Demolición de Vigas Longitudinales de Concreto: Las vigas longitudinales de concreto serán demolidas en la misma zona. Esta demolición se efectuará con atención a la seguridad y la preservación del área circundante.
- Demolición Parcial de Vigas Transversales: Se procederá con la demolición parcial de las vigas transversales en la región afectada. Será esencial llevar a cabo esta tarea de manera precisa para no perjudicar el refuerzo existente, asegurando su reutilización.
- Preservación del Refuerzo Existente: Se tomarán medidas especiales para evitar dañar el refuerzo existente durante las demoliciones. Esto permitirá reutilizar el refuerzo en las etapas posteriores de reconstrucción.
- Refuerzo de la Canastilla de Vigas Transversales.

Los materiales resultantes de estas demoliciones serán transportados al mismo lugar donde se están depositando los excedentes de demolición del resto del

muelle. Se tomarán medidas adicionales para asegurar que durante la realización de estos trabajos se instale una plataforma móvil que capture los productos resultantes de la demolición, facilitando su posterior eliminación.

Dentro de este conjunto de trabajos también se incluye el suministro de acero de refuerzo para las losas y una porción de las vigas transversales. Este suministro de refuerzo es esencial para cumplir con las especificaciones detalladas en el Informe Técnico de Situación del tramo de Puente y el Diseño de la nueva losa de Puente entre los Ejes 8 y 10.

La inclusión de estos elementos en el alcance del proyecto garantizará la correcta ejecución de las obras de demolición, la gestión adecuada de los materiales resultantes y la provisión del acero de refuerzo necesario para la reconstrucción planificada en el tramo en cuestión.

También, es necesario llevar a cabo el encofrado de las losas que serán vertidas in situ. Dado que no es viable instalar pilares directamente, se utilizarán vigas auxiliares que estarán apoyadas en los extremos de las vigas transversales siguiendo la metodología constructiva de encofrado colgante. A partir de estas vigas auxiliares, se colgarán elementos de soporte para sostener el encofrado de las losas.

Antes de proceder al vertido del nuevo concreto, es esencial emplear un aditivo de puente de adherencia. Este aditivo facilitará la unión entre el concreto nuevo y el concreto previamente existente. Una vez completada esta preparación, se podrá proceder al vertido del concreto correspondiente. Una vez que se haya completado el vertido, se llevará a cabo el curado adecuado de los elementos de concreto armado.

En cuanto a la estructura del presupuesto asociado a este adicional, se incluyen tanto partidas que ya existen en el proyecto como partidas nuevas.

## 5.6 CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS PREFABRICADOS

Antes de proceder con la construcción de losas y vigas prefabricadas, se lleva a cabo la construcción de una losa de concreto. Esta losa se construye con el objetivo de proporcionar una base nivelada y estable para el posterior encofrado de las losas y vigas prefabricadas.

El proceso se desarrolla de la siguiente manera:

Paso 1: Construcción de la losa de concreto.

Se vierte y se nivela el concreto para crear una losa de base. Esta losa de concreto se construye con precisión para asegurar su nivelación y uniformidad. La nivelación cuidadosa es esencial, ya que esta losa servirá como superficie de apoyo para el encofrado de las losas y vigas prefabricadas.

Paso 2: Instalación del Encofrado de Madera.

Después de construir la losa de concreto, se procede a realizar el encofrado utilizando madera. La madera se configura en forma de encofrado de losas y vigas de acuerdo con los detalles presentes en los planos adjuntos (Ver Anexo A.3). Este encofrado servirá como molde para dar forma al concreto que se verterá posteriormente.

Paso 3: Incorporación de Armadura de Acero de Refuerzo.

Dentro del encofrado de madera, se coloca armadura de acero de refuerzo siguiendo las especificaciones y detalles establecidos en los planos (Ver Anexo A.3).



Imagen 47. Encofrado normal de losa prefabricada

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos



Imagen 48. Encofrado normal de vigas prefabricadas.

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos



Imagen 49. Muestra final de encofrado

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

Se realiza el vaciado de concreto  $f'_c = 280\text{kg/cm}^2$  in situ, utilizando concreto premezclado de la empresa Maxconcret, la cual instaló una planta dedicada para atender el requerimiento en obra.



Imagen 50. Vaciado de concreto de losa prefabricada

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos



Imagen 51. Vaciado de concreto de vigas prefabricadas

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

## 5.7 TRANSPORTE Y COLOCADO DE ELEMENTOS PREFABRICADOS

El traslado y posicionamiento de las estructuras prefabricadas se lleva a cabo desde el centro de acopio de elementos prefabricados hacia la sección del muelle donde serán instaladas. Para este propósito, se emplea una grúa con una capacidad de 50 toneladas.

El proceso de colocación de estas estructuras prefabricadas se llevó a cabo siguiendo el procedimiento detallado a continuación:

- Después de concluir la demolición y la limpieza de los restos de los cimientos de concreto anteriores, se exponen el acero corrugado vertical que se extiende desde el pilote. Este acero se somete a una limpieza meticulosa mediante el uso de un cepillo de acero, y posteriormente se le aplica un removedor de óxido.



Imagen 52. Muestra de las “mechas” de acero corrugado

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

- Utilizando una grúa con una capacidad de 50 toneladas, se lleva a cabo el transporte y posicionamiento de la viga transversal prefabricada en el eje “n”. Estas vigas son colocadas sobre los pilotes, asegurando que se alineen perfectamente con las perforaciones de acero corrugado que fueron previamente instaladas en la etapa anterior. Una vez que las vigas estén alineadas y niveladas, se procede a verter concreto in situ en las aberturas mencionadas.
- Después de la instalación y nivelación de las vigas, se lleva a cabo el vertido de concreto en las aberturas previamente mencionadas. Este proceso se realiza in situ, asegurando una conexión sólida y segura entre las vigas transversales y los elementos de acero corrugado insertados en los pilotes.



Imagen 53. Colocación de viga prefabricada, alineada a las “mechas” de acero corrugado de los pilotes

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

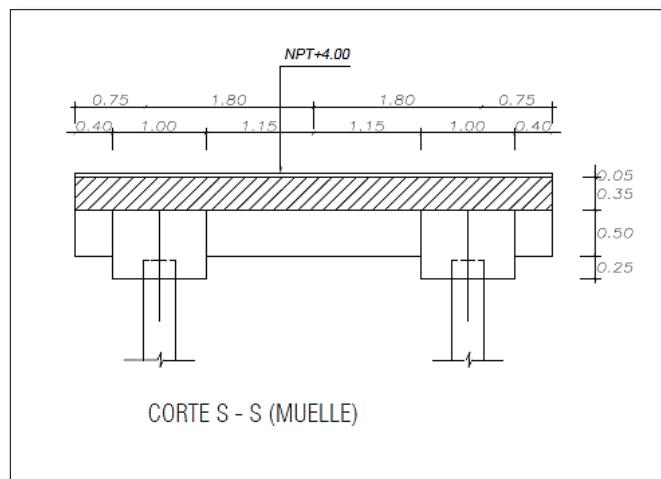


Figura 20. Plano de sección transversal de puente del muelle

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Pesquera Artesanal de la Localidad de Acapulco, Distrito de Zorritos, Provincia Contralmirante, Región Tumbes

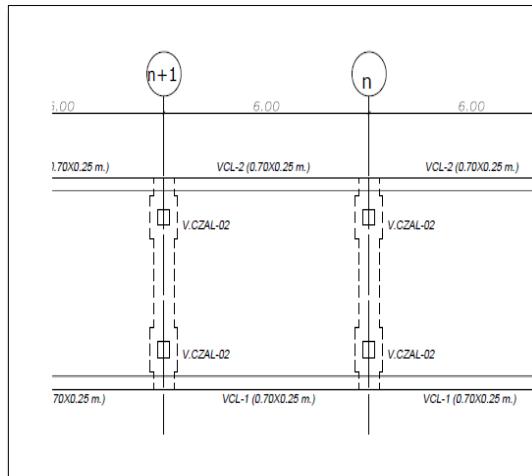


Figura 21. Plano de vigas del puente del muelle.

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Pesquera Artesanal de la Localidad de Acapulco, Distrito de Zorritos, Provincia Contralmirante, Región Tumbes

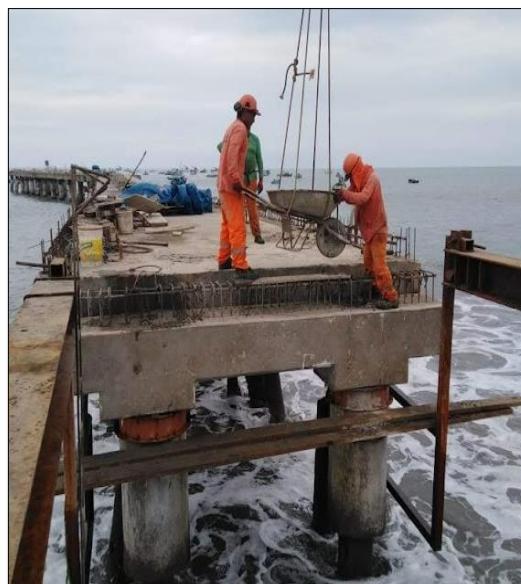


Imagen 55. Colocación de la viga prefabricada

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

- El mismo procedimiento previamente descrito se lleva a cabo para el eje siguiente, es decir, para el eje n+1.

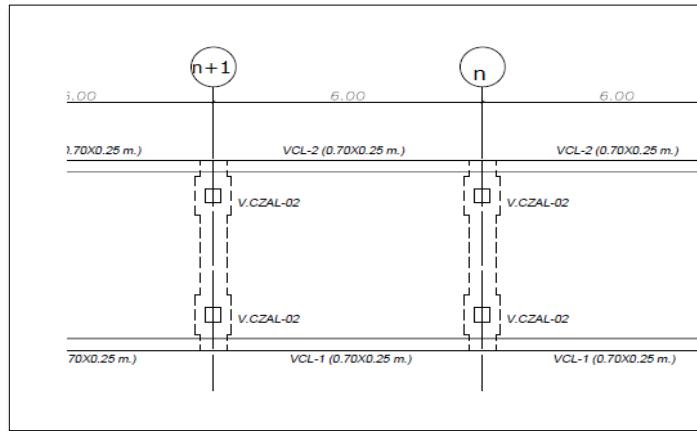


Figura 22. Muestra del eje n+1.

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Pesquera Artesanal de la Localidad de Acapulco, Distrito de Zorritos, Provincia Contralmirante, Región Tumbes

- Después de haber posicionado las vigas prefabricadas en los ejes n y n+1, se procede a colocar, entre dichos ejes, dos vigas prefabricadas. Estas losas se apoyan sobre las vigas para completar la estructura.

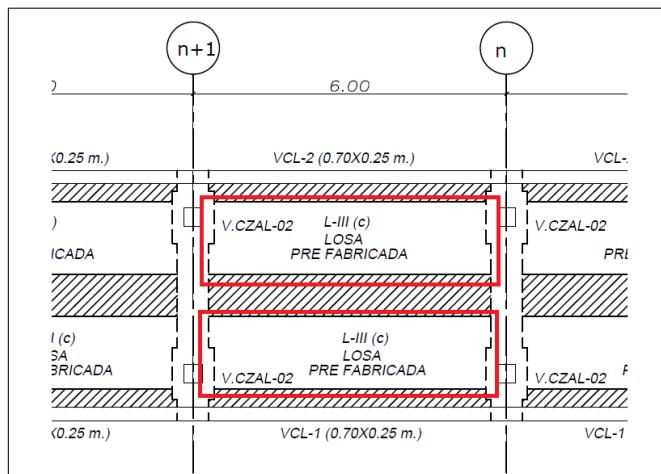


Figura 23. Muestra de 2 vigas.

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Pesquera Artesanal de la Localidad de Acapulco, Distrito de Zorritos, Provincia Contralmirante, Región Tumbes

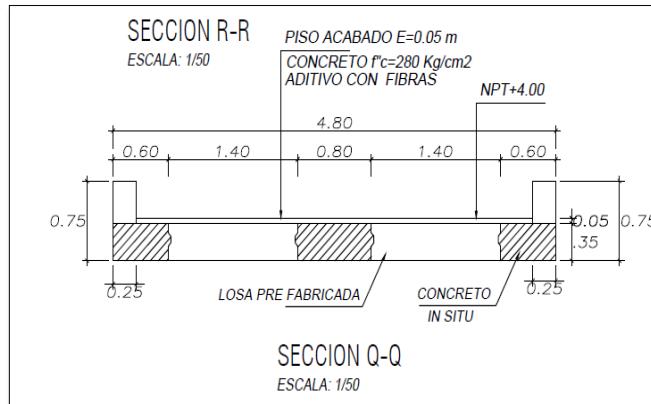


Figura 24. Muestra de sección transversal de 2 vigas horizontales.

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Pesquera Artesanal de la Localidad de Acapulco, Distrito de Zorritos, Provincia Contralmirante, Región Tumbes



Imagen 56. Instalación de losas prefabricadas en el puente

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

Se procede a instalar las losas prefabricadas en el puente del muelle. En este proceso, se puede observar que entre los ejes transversales se colocan dos losas prefabricadas con una separación de 0,80 metros entre ellas. Además, estas losas se sitúan a una distancia de 0,60 metros desde el borde de la plataforma proyectada.

Estos espacios que se dejan entre las losas serán utilizados más adelante para llevar a cabo la colocación del armado de acero y el vertido de concreto in situ.

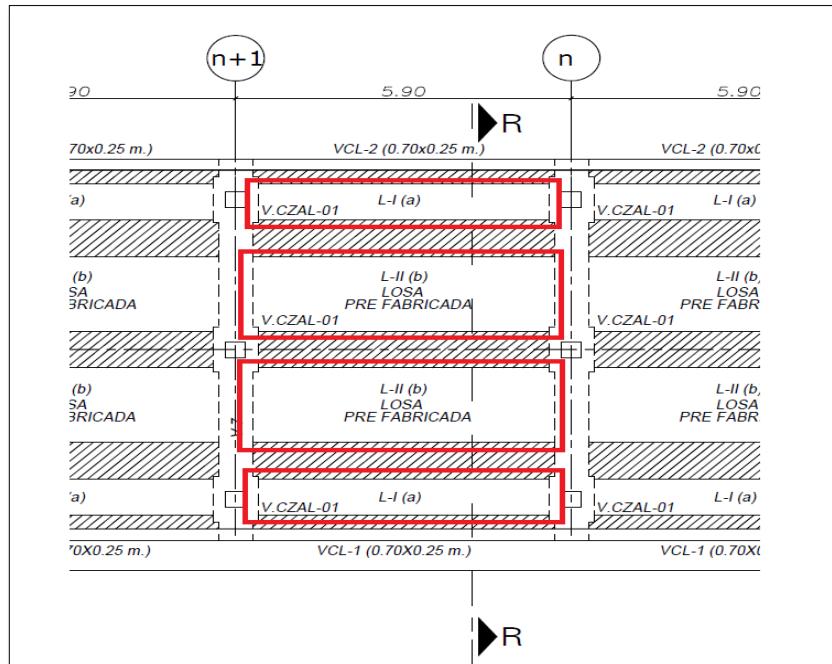


Figura 25. Losas prefabricadas en cabezo del muelle.

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Pesquera Artesanal de la Localidad de Acapulco, Distrito de Zorritos, Provincia Contralmirante, Región Tumbes

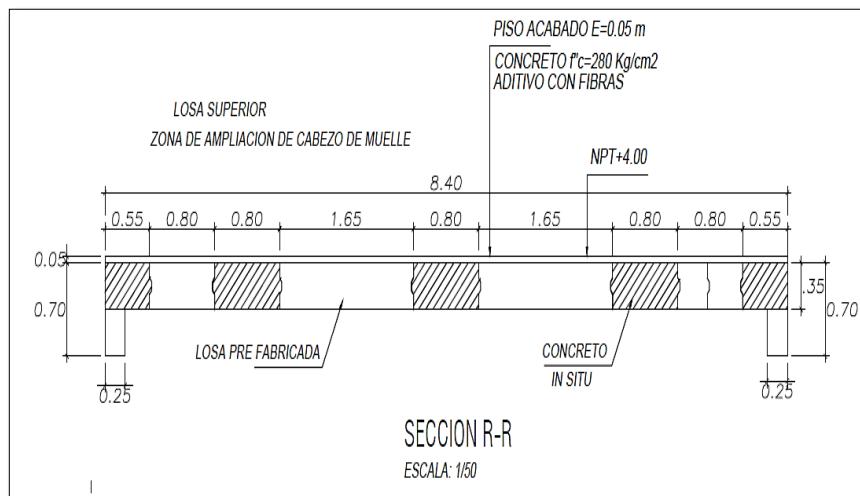


Figura 26. Losas del cabezo del muelle vista transversal.

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Pesquera Artesanal de la Localidad de Acapulco, Distrito de Zorritos, Provincia Contralmirante, Región Tumbes

En la situación del cabezo de muelle, se dispone la colocación de 4 losas prefabricadas entre los ejes transversales, tal como se ilustra en la imagen proporcionada (Ver Figura 25 y 26).

- El mismo proceso se repite para los ejes transversales siguientes, siguiendo el espacio previsto según los planos adjuntos entre las losas. Estos espacios serán más adelante reforzados mediante la inclusión de acero corrugado, se llevará a cabo el encofrado y se procederá al vertido de concreto. Este proceso se realiza con el propósito de completar la plataforma tanto en el puente como en el cabezo del muelle.

## 5.8 OBRAS DE CONCRETO IN SITU

Después de la instalación de las vigas y las losas prefabricadas, se establece un espacio deliberado entre las losas y en el perímetro de la plataforma propuesta. Estas áreas específicas son tratadas utilizando el método de encofrado colgante, siguiendo este proceso, se refuerzan con barras de acero corrugado de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro, de acuerdo con las especificaciones detalladas en los planos tanto para el puente como para el cabezo del muelle (Ver Anexo A. 4).

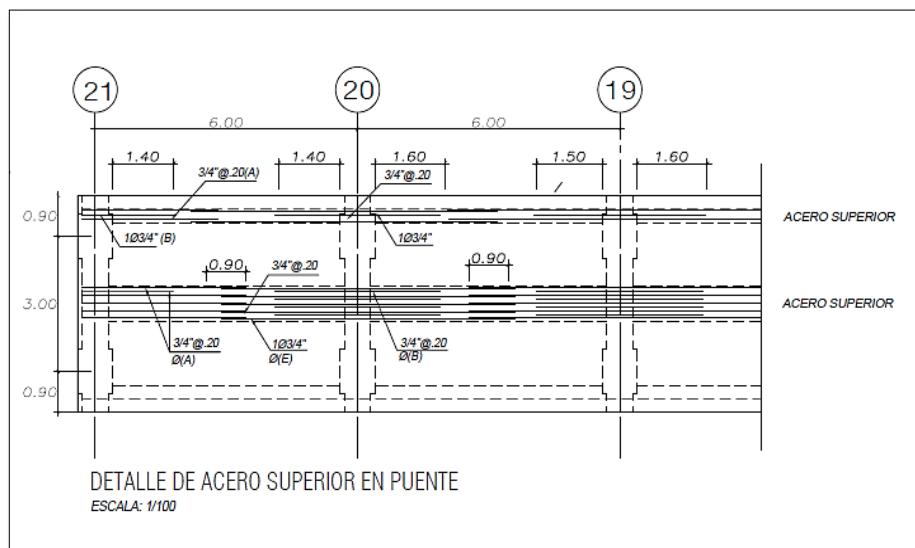


Figura 27. Detalle de acero superior puente.

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Pesquera Artesanal de la Localidad de Acapulco, Distrito de Zorritos, Provincia Contralmirante, Región Tumbes

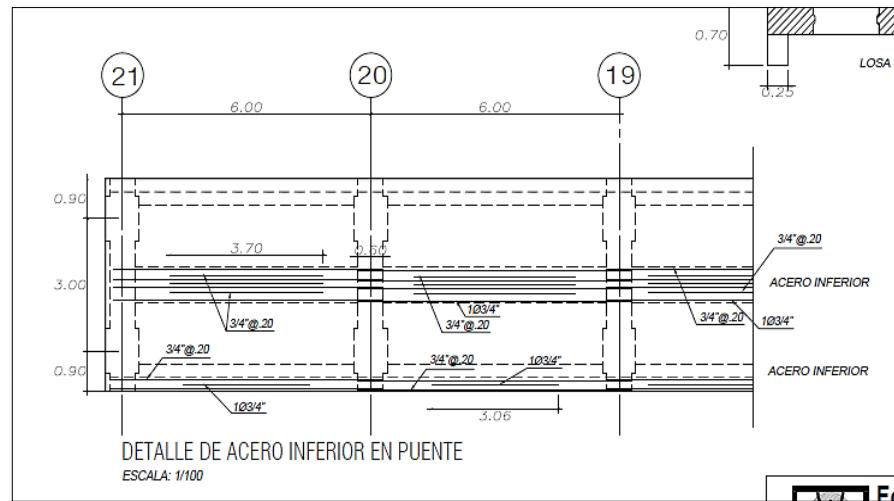


Figura 28. Detalle de acero inferior en puente.

Fuente: Expediente Técnico "Mejoramiento de la Infraestructura Pesquera Artesanal de la Localidad de Acapulco, Distrito de Zorritos, Provincia Contralmirante, Región Tumbes"

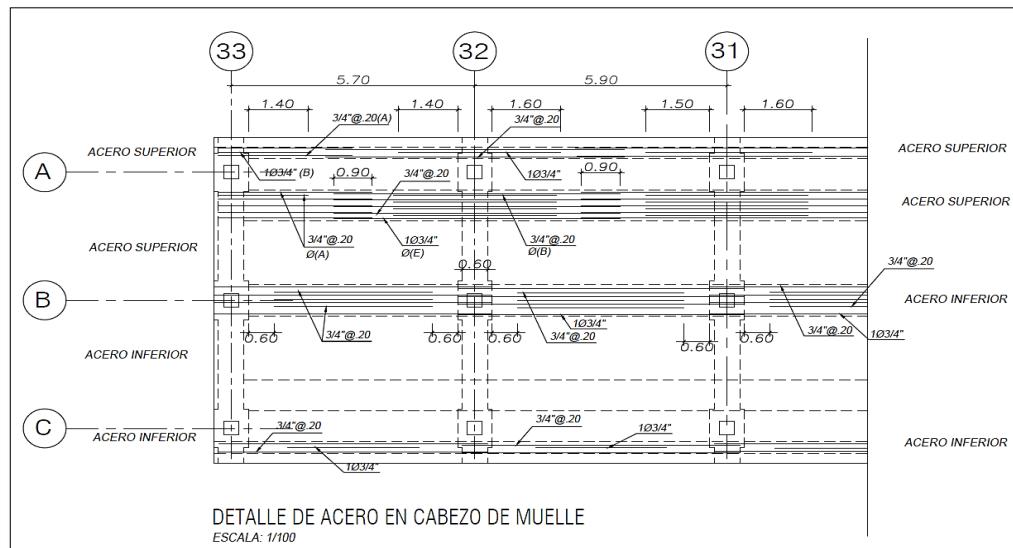


Figura 29. Detalle de acero en cabezo de muelle.

Fuente: Expediente Técnico "Mejoramiento de la Infraestructura Pesquera Artesanal de la Localidad de Acapulco, Distrito de Zorritos, Provincia Contralmirante, Región Tumbes"



Imagen 57. Armado de acero in situ en losas y vigas en puente de muelle

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos



Imagen 58. Encofrado colgante, posterior al armado de acero de refuerzo

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

El proceso se inicia mediante la aplicación del encofrado colgante en el espacio entre las losas, tal y como se ilustra en la fotografía. Luego, se procede a verter el concreto in situ con una resistencia especificada de  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

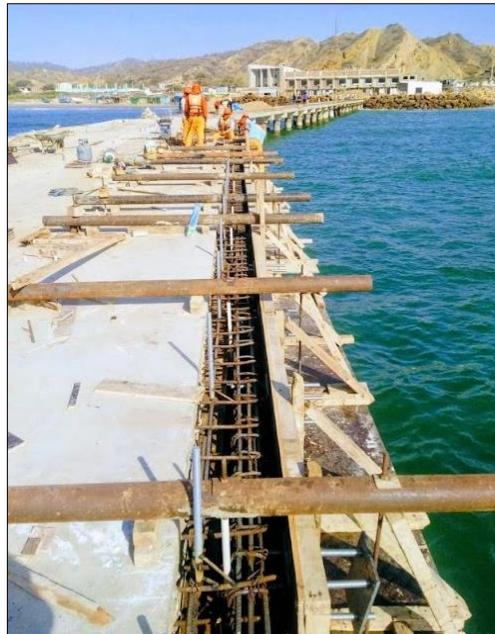


Imagen 59. Imagen de muelle y plataforma

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos



Imagen 60. Encofrado y vaciado de concreto en borde de plataforma

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

Una vez finalizado el proceso de vertido de concreto en el espacio entre las losas prefabricadas y en sus extremos, se logra la finalización de la base de la plataforma del muelle. A continuación, se lleva a cabo el vertido de concreto in situ para la capa de piso sobre la losa, con un espesor de 5 cm y una resistencia especificada de  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .



Imagen 61. Imagen del vertido en concreto in situ

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

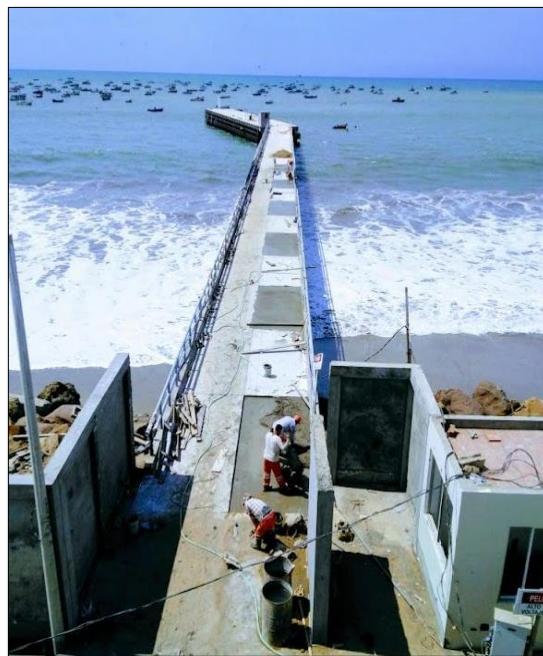


Imagen 62. Finalización del vertido in situ

Fuente: Registro fotográfico Consorcio Zorritos

## CONCLUSIONES

Considerando la fragilidad de la plataforma del muelle, el desmontaje del sistema de defensa del muelle se ejecuta de manera manual; inicialmente se ejecuta con el uso de una estructura metálica móvil conformada por trípode y brazo giratorio, el cual no cumplió con el rendimiento esperado debido a la dificultad de maniobrabilidad debido a su tamaño y peso. Esta experiencia destaca la importancia de un análisis detallado de las capacidades y limitaciones de las herramientas y equipos utilizados en el desmontaje de la defensa.

La construcción del caballete metálico demostró ser una mejora significativa en términos de rendimiento, la fijación a la plataforma del muelle mediante cadenas proporcionó estabilidad y el uso conjunto de cadenas, tecles, tirfor permitió una extracción más eficiente de los rieles metálicos.

La falta en la estandarización de procedimientos constructivos pocos comunes resaltan la importancia de la adaptabilidad, la capacidad de ajustar y modificar los métodos de trabajo según las condiciones específicas del sitio y los desafíos encontrados es crucial para el éxito de la ejecución de actividades no convencionales.

La construcción de la plataforma móvil utilizando el método de encofrado colgante demostró ser una solución innovadora para la gestión de escombros en un entorno marino. Esta técnica no solo facilitó la ejecución de la actividad, sino que también contribuyó a la protección del medio ambiente marino al evitar la caída directa de los escombros producto de la demolición de losas y vigas del muelle.

La ejecución de la partida de demolición de estructuras de concreto armado (losas) en primera instancia se realizó de manera parcial, asegurando tramos seguros para el tránsito de personal obrero, el cual facilitó el transporte de material producto de demolición hacia los puntos de acopio. En tramos con peligro de colapso, se construyó puentes provisionales utilizando tablas de madera sobre perfiles metálicos los cuales se apoyaron en las vigas transversales del tramo y se fijó mediante soldadura a las mechas de las vigas longitudinales, esta solución temporal garantiza la seguridad de los obreros.

La identificación de problemas en el tramo 8 – 10 del puente del muelle, a pesar de no estar inicialmente considerado para reparación, subraya la importancia de realizar inspecciones visuales previa a la reparación en todas las áreas del muelle, esto ayuda a anticipar problemas no previstos en el Expediente Técnico; además destaca la necesidad de evaluar la durabilidad de las reparaciones previas; las condiciones marinas y ambientales pueden afectar las estructuras con el tiempo, incluso después de intervenciones de reparación.

La detección de procedimientos inadecuados en la colocación de fibra de carbono y el uso inapropiado de puente adherencia en la reparación de los pilotes bajo el agua, resalta la importancia de una revisión exhaustiva del Expediente Técnico antes de la ejecución; identificar deficiencias técnicas en las etapas tempranas es esencial para evitar problemas durante la obra.

La disposición final de los elementos prefabricados, con la necesidad de colocar primero las vigas transversales como apoyo para el perfil metálico tipo H por el que transita la grúa y como apoyo de las losas prefabricadas, impone restricciones físicas significativas en el avance del montaje, afectando el rendimiento previsto en el Expediente Técnico.

## RECOMENDACIONES

Antes de comenzar a desmontar el sistema de defensa con rieles del muelle, se aconseja llevar a cabo una evaluación detallada de las condiciones de la plataforma de concreto armado. Este análisis será crucial para determinar el enfoque más adecuado para el desmontaje, ya sea mediante el empleo de maquinaria o de manera manual. En la reparación del muelle Acapulco, se optó por el desmontaje manual debido a la fragilidad evidente de la plataforma de concreto armado.

Es recomendable mantener un registro detallado de la ejecución de actividades no convencionales, los cuales serán de referencia para futuros proyectos similares contribuyendo a la mejora continua. En caso de no tener referencias de ejecución de actividades no convencionales, buscar la colaboración de expertos en ingeniería de puertos para su asesoramiento y orientación específica, su experiencia puede ser invaluable para abordar desafíos técnicos.

En el proceso de la demolición de las losas que conforman la plataforma del muelle, se recomienda considerar una zona de tránsito de personal obrero, que permita el acarreo de escombros, producto de la demolición en cabezo y puente del muelle hacia los puntos de acopio. Por lo que en primera instancia la demolición de la plataforma del muelle es parcial, dejando pendiente la demolición de paños de losas (zona de tránsito considerado), vigas longitudinales y vigas transversales.

Los paños pendientes de demoler que sirven para el tránsito de personal obrero, son susceptibles de ser usados para el tránsito de pescadores y personal ajeno a la obra; por lo que se recomienda implementar señalización clara para delimitar la zona, manteniendo una supervisión continua para garantizar el cumplimiento de las medidas de seguridad establecidas. Adicional a ello establecer una comunicación abierta, anticipar y abordar posibles interacciones entre actividades de construcción y prácticas diarias de la comunidad.

Ante la falta de un estándar para la construcción de la plataforma para escombros en la demolición in situ de estructuras de concreto armado en un muelle, se

propone emplear los procedimientos basados en la construcción de encofrado colgante según se detalló en el capítulo 5

Para culminar con el proceso de demolición de la plataforma del muelle, se recomienda la construcción de una plataforma provisional sobre la cual se fija el elemento a demoler, seguido del cual se asegura a la pluma de la grúa y se sigue el procedimiento similar al desmontaje de elementos prefabricados; desmontando primero paños de losa y vigas longitudinales; para culminar con las vigas transversales. Este procedimiento evita la caída de restos de concreto al fondo del mar.

Es necesario garantizar que el personal encargado de las partidas de pilotaje, tales como limpieza de superficie en pilotes bajo agua, limpieza y picado sobre agua, enfundado metálico de pilotes bajo agua, armado de acero bajo agua, concreto bajo agua; este debidamente capacitado en la ejecución de dichas actividades; la eficiencia y seguridad dependen en gran medida de la habilidad y expertis del personal a cargo. Así mismo sería importante elaborar una investigación de precios unitarios de estas partidas poco comunes en el medio, lo que permitirá un mejor control de costos, proporcionando una visión más precisa de los recursos y costos asociados a la actividad.

Se recomienda la construcción de una losa de concreto; la cual servirá de base para el encofrado de los elementos prefabricados; dicha base se cubre con papel de cemento mojado previo al vaciado de concreto, el cual evita la adherencia del elemento prefabricado con la losa base.

La construcción de elementos prefabricados se ejecuta de manera intercalada, dejando espacio para el vaciado de concreto de un elemento prefabricado, cubriendo las partes laterales de los prefabricados con papel de cemento mojado el cual actuara como parte del encofrado.

Establecer un programa de monitoreo continuo para evaluar el estado de las estructuras después de las reparaciones, esto ayuda a detectar problemas en etapas tempranas y permite intervenciones preventivas.

---

Actualizar el procedimiento dado en el Expediente Técnico referente al traslado y colocado de elementos prefabricados, que reflejen las condiciones y restricciones específicas encontradas durante la ejecución, alineadas a la complejidad del montaje.

La reparación de un muelle de pequeña envergadura como lo es un DPA (Desembarcadero Pesquero Artesanal), que por su misma naturaleza no son obras cotidianas como la reparación de una edificación.

Son actividades complejas; si bien es cierto, las reparaciones de un DPA pueden variar de un muelle a otro, se recomienda difundir los procedimientos de reparación mencionadas en este capítulo a la Entidad que promueve el desarrollo de la actividad pesquera artesanal, es decir, a FONDEPES.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro De Arcia, F. J. (2018). *Planificación en reparación de obras marítimas*. [Tesis de título profesional, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional USAC. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10050/1/Francisco%20Javier%20Alfaro%20de%20Arcia.pdf>
- Aliaga Miranda, G.; Castillo Chan, C. (2009). *Aspectos relevantes de cimentación con pilotes y proceso constructivo de muelle artesanal*. [Proyecto como parte del curso de actualización profesional para optar por el título de ingeniero civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/273552>
- Berlanga Balladares, J. M. (2022). *Reparación y mantenimiento del muelle de ENAPU-Ilo, distrito y provincia de Ilo, departamento de Moquegua*. [Informe de trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad José Carlos Mariátegui]. Repositorio Institucional UJCM. <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1827>
- Bermúdez Odriozola, M. A. (2007). *Corrosión de las armaduras del hormigón armado en ambiente marino: zona de carrera de mareas y zona sumergida*. [Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio Institucional UPM. <https://oa.upm.es/885/>
- Carrillo, A. V. (2011). *Corrosión en Estructuras de Concreto Armado* [Diapositivas de PowerPoint]. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Del Carpio Rumiche, J. P. (2022). *Rehabilitación y reparación del terminal portuario de Ilo, distrito y provincia de Ilo, departamento de Moquegua*. [Informe de trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad José Carlos Mariátegui]. Repositorio Institucional UJCM. <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1805>
- Presidencia del Consejo de Ministros (2015). *Decreto supremo N° 045-2015-PCM que declara el Estado de Emergencia en algunos distritos comprendidos*

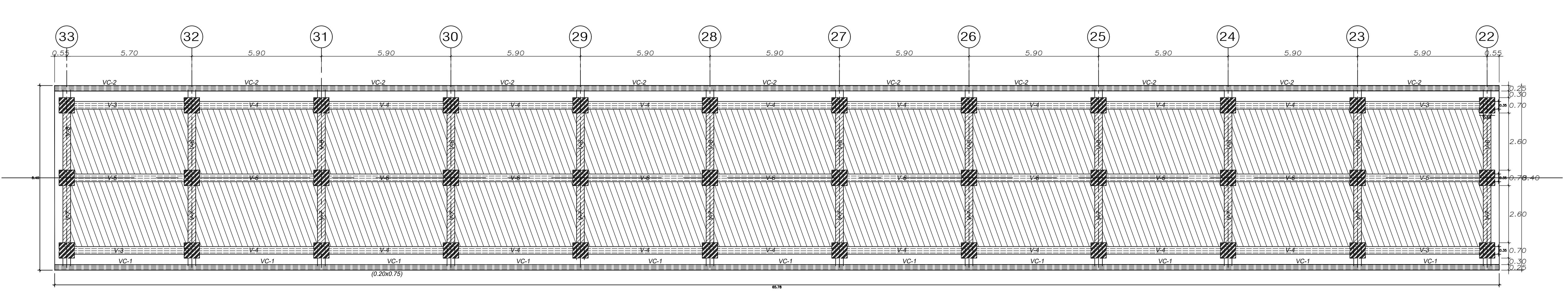
- en los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Cajamarca, Amazonas, San Martín, Ancash, Lima, Ica, Arequipa, Cusco, Puno y Junín, por Peligro Inminente ante el periodo de lluvias 2015-2016 y posible ocurrencia del Fenómeno El Niño.* Diario Oficial El Peruano 05 de julio del 2015. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1259075-1>
- Eyzaguirre Acosta, C. A. (2014). *Diseño y construcción de un muelle para embarque de minerales.* [Tesis de título profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/4465>
- Fernández Velarde, S. (2013). *Evaluación y proceso constructivo de reparación del puerto artesanal Huacho.* [Tesis de título profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/3763>
- Huarcaya Amachi, M. A. (2008). *Diseño de cimentaciones profundas en el mar – Aplicación al muelle artesanal “Negritos” evaluación y diseño estructural.* [Informe de trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/16049>
- Martinelli Balarezo, Ximena (2016). *Renovación de la Caleta de Pescadores: “Complejo Pesquero Productivo, Comercial y Turístico”* [Tesis de título profesional, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625960>
- Muñoz Salas, Karol, Sosa Carbajal, Carla Lisette (2023). *“Diseño de un sistema de verificación del estado de los sónares utilizados en la actividad pesquera”.* [Tesis de título profesional, Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/987>
- Ocón Gómez, E. J. (2014). *Consideraciones de ingeniería para la construcción de Muelles en Cartagena de Indias D. T. y C.* [Tesis de título profesional, Universidad de Cartagena]. Repositorio Institucional Universidad de Cartagena. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/1219>

- Ora Bullón, H. (2004). *Reparación general del muelle industrial de Southern Copper Corporation de la ciudad de Ilo.* [Tesis de título profesional, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/183>
- Pascacio Valle, E. H. Z. (2007). *Proceso constructivo de muelles con pilotes enfundados vaciados in situ, aplicación muelle “El Poseidón” Estudios hidro-oceanográficos.* [Informe de trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/16181>
- Vega Valencia, M. A. (2018). *Evaluación técnica, remodelación de obra gruesa, muelle Vergara V Región, Valparaíso* [Tesis de título profesional, Universidad Andrés Bello]. Repositorio Institucional Universidad Andrés Bello. <https://repositorio.unab.cl/items/9f37a9ef-2b46-4833-a93a-8cf0359fcab3>
- World Wildlife Fund (2022, julio). Convocatoria: *Estudio de diagnóstico de pesca fantasma en la localidad de Acapulco.* <https://www.wwf.org.ec/?uNewsID=378091>

## ANEXOS

Anexo A.1 Plano en planta de Muelle Acapulco.....	102
Anexo A.2 Plano en elevación de Muelle Acapulco.....	104
Anexo A.3 Plano de detalle elementos prefabricados.....	106

Anexo A.1 Plano en planta de Muelle Acapulco

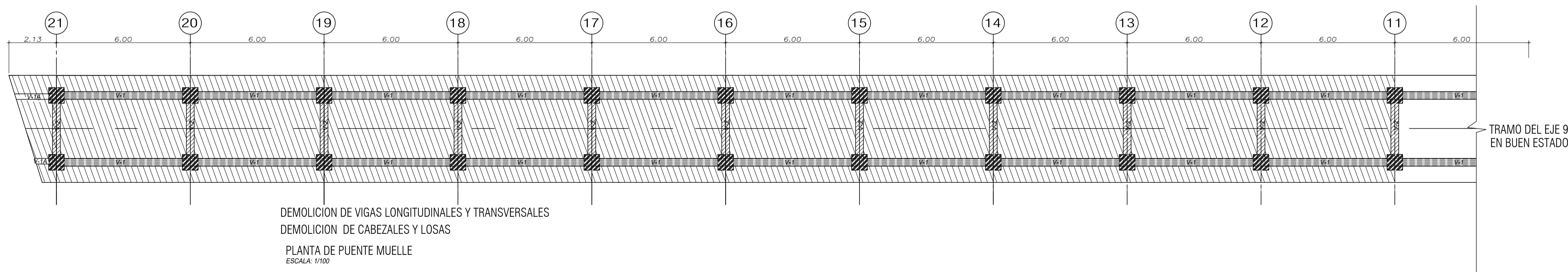


DEMOLICION DE VIGAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

DEMOLICION DE CABEZOS Y LOSAS

PLANTA DE CABEZO MUELLE EXISTENTE

ESCALA: 1/100

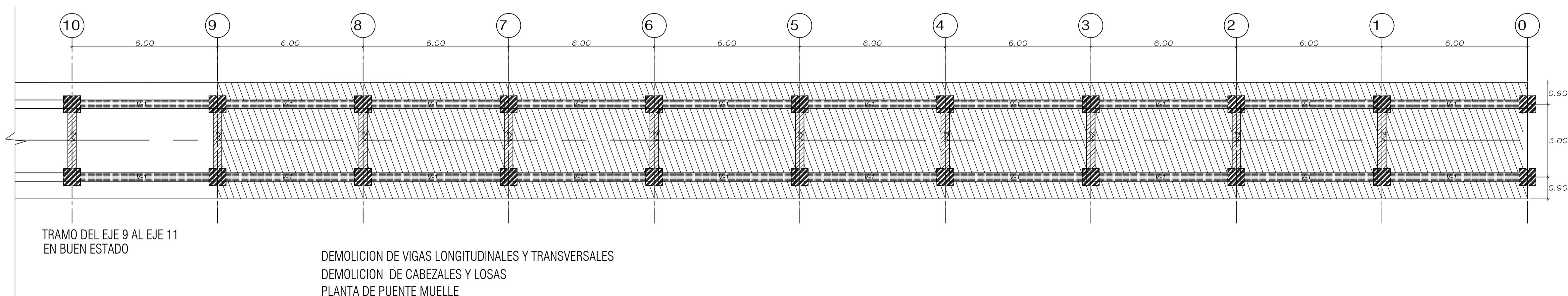


DEMOLICION DE VIGAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

DEMOLICION DE CABEZAS Y LOSAS

PLANTA DE PUENTE MUELLE

ESCALA: 1/100



TRAMO DEL EJE 9 AL EJE 11  
EN BUEN ESTADO

DEMOLICION DE VIGAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

DEMOLICION DE CABEZAS Y LOSAS

PLANTA DE PUENTE MUELLE

ESCALA: 1/100

#### LEYENDA (MUELLE)

DEMOLICION DE CABEZAL	
DEMOLICION DE VIGA LONGITUDINAL	
DEMOLICION DE VIGA PERIMETRAL	
DEMOLICION DE LOSAS	
DEMOLICION DE VIGA TRANSVERSAL	
Area a Demoler :	
Cabezas: 21.76 m <sup>3</sup>	
Vigas: 136.69 m <sup>3</sup>	
Losas: 528 M <sup>2</sup>	

#### LEYENDA (PUENTE)

DEMOLICION DE CABEZOS	
DEMOLICION DE VIGA LONGITUDINAL	
DEMOLICION DE LOSAS	
DEMOLICION DE VIGA TRANSVERSAL	
DESDE EL EJE 9 AL EJE 11 DEL PUENTE HA SIDO REPARADO, SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO, NO REQUIERE REPARACION	
Area a Demoler :	
Losas : 519.66 M <sup>2</sup>	
Cabezas: 11.17 m <sup>3</sup>	
Vigas : 78.74 m <sup>3</sup>	

#### DESCRIPCION

- Esta etapa consiste en el desmontaje de las bitas. (10 und.)
- Desmontaje de sardineles de madera 12"x12" en cabezo del muelle (71.25 ml. ambos lados).
- Desmontaje de 01 und. Pescante.
- Desmontaje de 06 und. Postes de alumbrado.
- Desmontaje de defensa con jebe tipo D ambos lados del cabezo de muelle, para su posterior reposicion. Total 69 Unidades a reutilizar
- Demolicion de sardiles de concreto en el puente del muelle ambos lados 26.95 m<sup>3</sup>.

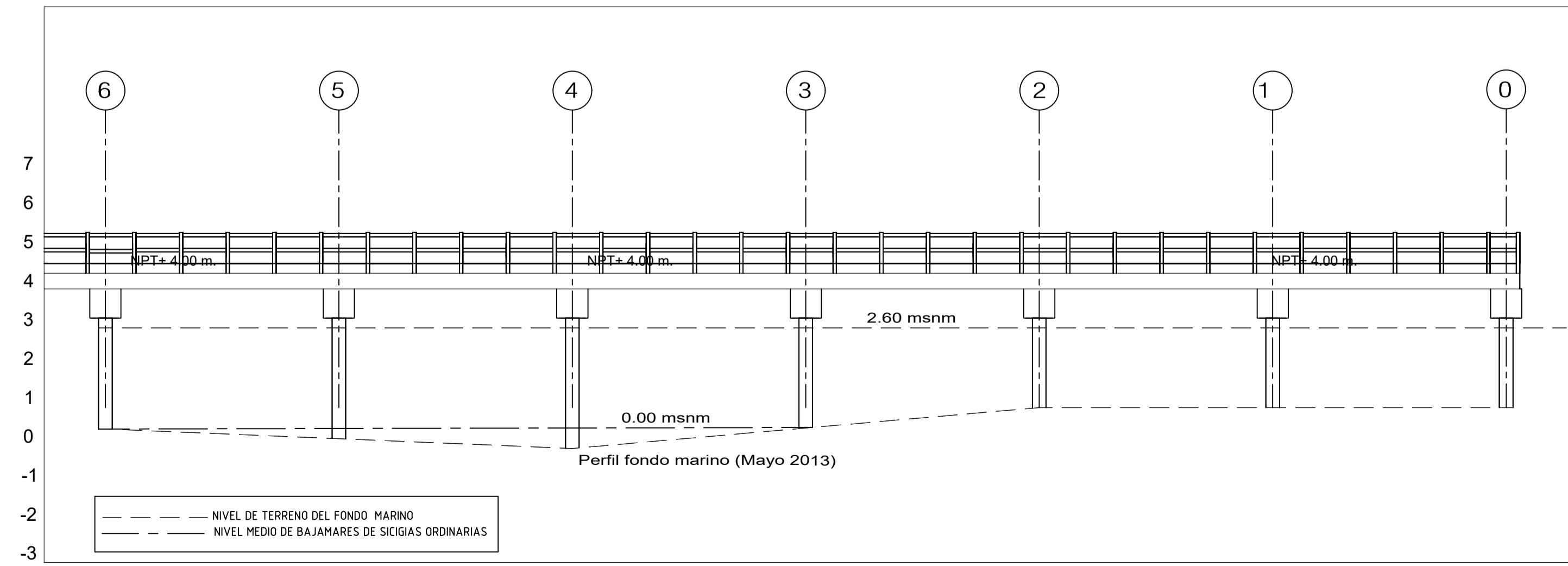
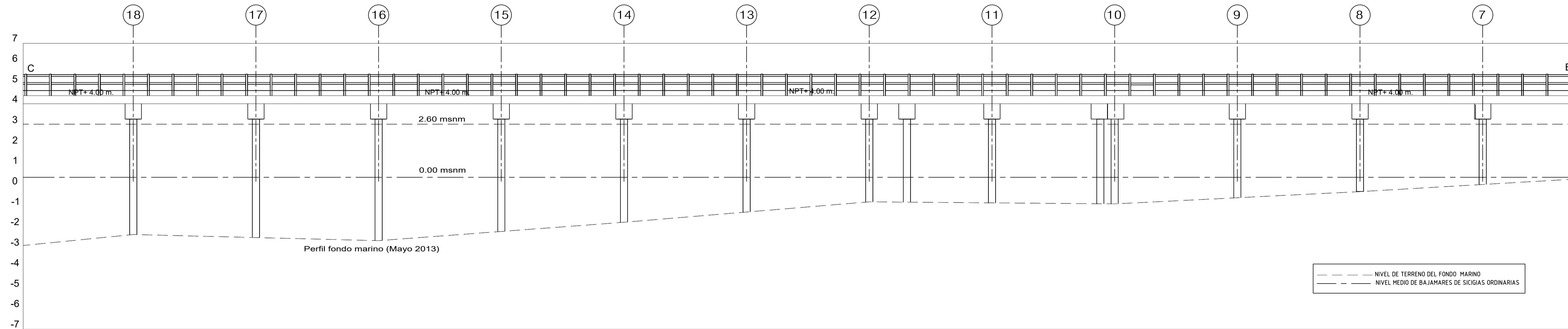
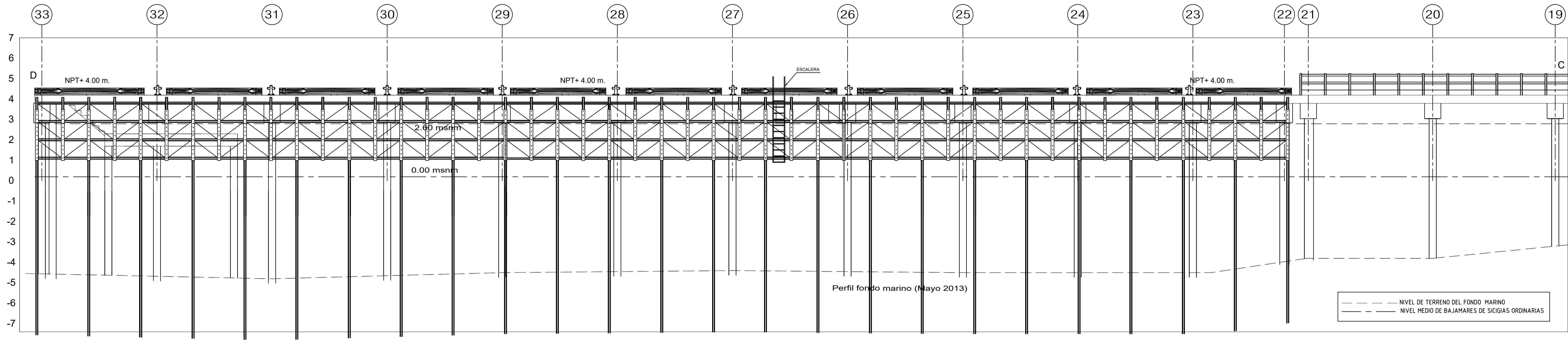
#### NOTA:

DEBERA TENER UNA PLATAFORMA  
MOVIL PROVISIONAL PARA RECOLECTAR  
LOS ESCOMBROS DE LA DEMOLICION  
PARA SU POSTERIOR ACARREO Y  
ELIMINACION.

<b>Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero</b>		
DICONIPAA		
PROYECTO "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DEL DESEMBARCADERO PESQUERO ARTESANAL EN LA LOCALIDAD DE ACAPULCO, DISTRITO DE ZORRITOS. PROVINCIA DE CONTRALMIRANTE VILLAR, REGION TUMBES"		
REGION: TUMBES	PROV.: CONTRALMIRANTE VILLAR	DIST. ZORRITOS
PLANO:		
DIBUJO: JCS-CAD	ESCALA 1/100	FECHA JULIO 2017

**D-01**

Anexo A.2 Plano en elevación de Muelle Acapulco



	<b>Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero</b>	
DIGINIPAA		
PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DEL DESEMBARCADERO PESQUERO ARTESANAL EN LA LOCALIDAD DE ACAPULCO, DISTRITO DE ZÓRITOS, PROVINCIA DE CONTRALMIRANTE VILLAR, REGIÓN TUMBES"		
REGION: TUMBES	PROV: CONTRALMIRANTE VILLAR	DIST: ZÓRITOS
PLANO:		
DIBUJO: JCS-CAD	ESCALA: 1/100	FECHA: JULIO 2017

**M-01**

RESPONSABLE:  
Ingeniero  
Gerardo Gabriel Gutiérrez Durand  
C.I.P. N°42892

REVISADO:

APROBADO:

Anexo A.3 Plano de detalle elementos prefabricados

