

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



TESIS

**PROCEDIMIENTOS DE REPARACIÓN DEL MUELLE DE LA
BASE NAVAL DE PAITA**

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

ELABORADO POR:

FEDERICO DANIEL LÓPEZ TORRES

ID: 0009-0005-0221-0145

ASESOR:

Dr. CÉSAR ALFREDO FUENTES ORTIZ

ID: 0009-0005-9416-0834

Lima-Perú

2025

© 2025, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte,
con fines estrictamente académicos.”**

López Torres, Federico Daniel

flopezt@uni.pe

950114371

Dedicatoria

Este trabajo de investigación va dedicado a los profesores presentes y no presentes que por sus enseñanzas didácticas en clase y su experiencia en obra, motivaron a seguir creciendo profesionalmente y a mi hijo Jorge Luis López de La Cruz y mis hermanos, por su apoyo moral.

Agradecimiento

Un agradecimiento muy especial al Asesor Dr. Cesar A. Fuentes Ortiz por su apoyo, experiencia y guía en el tema de la presente tesis y también un agradecimiento al personal docente, trabajadores que laboran en la Universidad Nacional de Ingeniería por su orientación y guía.

Agradecer a mis padres, hermanos por su apoyo y a mi hijo Jorge Luis López De La Cruz.

ÍNDICE

RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
PRÓLOGO.....	x
LISTA DE TABLAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS.....	xiii
Capítulo I: Introducción.....	1
1.1. Antecedentes referenciales.....	1
1.1.1. Antecedentes internacionales.....	1
1.1.2. Antecedentes nacionales.....	2
1.2. Planteamiento de la realidad problemática.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.4. Formulación de la hipótesis.....	4
1.4.1. Hipótesis general.....	4
1.4.2. Hipótesis específicas.....	5
Capítulo II: Marco teórico y conceptual.....	6
2.1. Muelles portuarios.....	7
2.2. Tipos de muelles portuarios.....	7
2.2.1. Muelle de gravedad.....	8
2.2.2. Muelle de pilotes.....	8
2.2.3. Muelles de pantalla.....	9
2.2.4. Muelles flotantes.....	10
Capítulo III: Descripción del muelle a reparar.....	11
3.1. Ubicación.....	11
3.2. Tipo de muelle.....	12
3.3. Características de la estructura existente.....	12
3.3.1. Muelle marginal.....	12
3.3.2. Muelle espigón.....	12
3.3.3. Losa.....	12
3.3.4. Pilotes y vigas transversales.....	13
3.3.5. Elementos estructurales en mal estado.....	14

Capítulo IV: Zonas afectadas -zonas del splash (altas y bajas mareas)	15
4.1. Zonas de splash (altas y baja marea).....	16
4.2. Descripción de las zonas dañadas	16
4.2.1. Pilotes	17
4.2.2. Vigas transversales	17
4.2.3. Vigas longitudinales	17
4.2.4. Losas	17
4.2.5. Protección catódica.....	17
4.2.6. Defensas	18
4.2.7. Longitud del muelle	18
Capítulo V: Diseño de reparación de las zonas afectadas	19
5.1. Identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles.....	19
5.2. Objetivo.....	19
5.3. alcances.....	19
5.4. responsables	19
5.5. definiciones.....	20
5.6. Formato /registro	20
5.7. Descripción.....	20
5.7.1. Identificación de peligros	20
5.7.2. Evaluación de riesgos	21
5.7.3. Actualización	24
5.8. Formatos y registros.....	24
5.9. aspectos del Proceso constructivo	27
5.9.1. Sobre la demolición.....	27
5.9.2. Sobre la construcción.....	27
5.10. Costo total del proyecto	27
5.11. Modalidad de ejecución	28
5.12. Plazo de ejecución.....	28
5.13. Especificaciones técnicas generales del proyecto.....	28
5.13.1. Condiciones generales.....	29
5.13.2. Validez de las especificaciones técnicas, planos y metrados.....	29
5.13.3. Inspección, supervisión y control.....	30
5.13.4. Compatibilidad del trabajo	30

5.13.5.	Cuaderno de obra	30
5.13.6.	Consultas.....	31
5.13.7.	Supervisión.....	31
5.13.8.	Materiales	31
5.13.9.	Herramientas y equipos	32
5.13.10.	Guardianía de obra.....	32
5.13.11.	Programación de los trabajos	32
5.13.12.	Medidas de seguridad y limpieza.....	32
5.13.13.	Limpieza final.....	33
5.13.14.	Planos de replanteo	33
5.13.15.	Recepción de obra	33
5.13.16.	Liquidación de contrato	34
5.14.	Obras preliminares.....	34
5.14.1.	Movilización y desmovilización	34
5.14.2.	Limpieza durante la obra	35
5.15.	Obras provisionales	35
5.15.1.	Cerco perimetral de obra	35
5.15.2.	Oficina para el contratista	35
5.15.3.	Oficina para el supervisor y propietario	36
5.15.4.	Vestuarios.....	36
5.15.5.	Almacén y depósito.....	37
5.15.6.	Servicios higiénicos.....	37
5.15.7.	Trazos y replanteos.....	38
5.15.8.	Eliminación de material excedente	38
5.15.9.	Concreto Estructural	39
5.15.10.	Materiales:	39
5.15.11.	Almacenaje y protección de los materiales	39
5.15.12.	Producción del concreto.....	39
5.15.13.	Definición.....	40
5.15.14.	Clases de concreto.....	40
5.15.15.	Dosificación de cada clase de concreto.....	40
5.15.16.	Control de dosificación en obra.....	40
5.15.17.	Transporte y colocación	41
5.15.18.	Compactación.....	41

5.15.19.	Evaluación del concreto	41
5.15.20.	Pruebas	42
5.15.21.	Aceptación del concreto	42
5.15.22.	Encofrado y desencofrado	43
5.16.	Acero de refuerzo $F_y=4,200 \text{ Kg/cm}^2$	45
5.16.1.	Enderezamiento y redoblado	45
5.16.2.	Colocación.....	45
5.16.3.	Empalmes.....	46
5.16.4.	Elementos embebidos en el concreto.....	46
5.16.5.	Protección del concreto fresco, resanado de defectos superficiales 46	
Capítulo VI: Diseño y reparación de pilotes		48
6.1.	transporte de pilotes	48
6.1.1.	Identificación y marcas.....	48
6.1.2.	Transporte y almacenaje.....	48
6.1.3.	Colocación de plantilla	48
6.2.	Hincado de pilotes	49
6.3.	Descabezado de pilotes	51
6.4.	Defensas de atraque	52
6.5.	Elementos de goma	52
6.6.	Bolardos.....	53
6.6.1.	Sistema de fijación de las bitas y cornamusas.....	53
6.7.	Diseño del muelle base naval de paita	54
6.7.1.	Estructura	54
6.7.2.	Muelle marginal	55
6.7.3.	Elementos del muelle en el modelo	57
6.7.4.	Verificación del acero.....	57
6.8.	REPARACIÓN DEL MUELLE BASE NAVAL DE PAITA	57
6.8.1.	Muelle marginal	58
6.8.2.	Muelle espigón	58
6.9.	metrados.....	59
6.10.	Presupuesto de obra.....	60
CONCLUSIONES		74
RECOMENDACIONES.....		77

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	79
ANEXOS	1

RESUMEN

En el Perú, la construcción de obras de ingeniería ha crecido significativamente, tanto en Lima como en provincias, con megaproyectos que superan los 3 mil millones de dólares. Sin embargo, es frecuente la aparición de daños en el concreto, los cuales suelen atribuirse únicamente a la calidad del material, sin considerar posibles fallas en el diseño estructural o en los procedimientos constructivos. Ante este escenario, los ingenieros deben estar preparados para enfrentar estos problemas mediante soluciones innovadoras que permitan reparar las estructuras de manera óptima, garantizando su funcionalidad y resistencia.

En el país, no se cuenta con indicadores que reflejen el costo de reparación por fallas en proyectos, lo que genera un gasto significativo en correcciones. Entre las fallas más comunes en el concreto incluyen fisuras, cangrejas, burbujas, juntas frías, deformaciones y eflorescencias, ocasionadas por errores en diseño, construcción, materiales o exposición al agua de mar.

Esta investigación se centra en el análisis y reparación del muelle de la Base Naval de Paíta, abordando los daños estructurales en los sistemas de defensa de ataque, la plataforma de concreto, vigas transversales y longitudinales, pilotes de soporte y protección catódica. Se presentan dos alternativas de solución: una de bajo costo y otra con mayor resistencia estructural mediante el uso de nuevas tecnologías y aditivos. Además, se incluye un análisis de costos y un método para la identificación de peligros y evaluación de riesgos en la rehabilitación de muelles.

Palabras clave: análisis de costos, fallas en concreto, protección catódica, reparación estructural y rehabilitación de muelles.

ABSTRACT

In Peru, the construction of engineering works has grown significantly, both in Lima and in the provinces, with megaprojects exceeding 3 billion dollars. However, damage to concrete is common, which is usually attributed solely to the quality of the material, without considering possible flaws in the structural design or construction procedures. Given this scenario, engineers must be prepared to face these problems through innovative solutions that allow structures to be repaired in an optimal manner, guaranteeing their functionality and resistance.

In the country, there are no indicators that reflect the cost of repair for project flaws, which generates significant expenditure on corrections. Among the most common flaws in concrete include cracks, gaps, bubbles, cold joints, deformations and efflorescence, caused by errors in design, construction, materials or exposure to sea water.

This research focuses on the analysis and repair of the Paita Naval Base dock, addressing structural damage to the docking fender systems, the concrete platform, transverse and longitudinal beams, support piles and cathodic protection. Two alternative solutions are presented: one at low cost and another with greater structural resistance through the use of new technologies and additives. In addition, a cost analysis and a method for hazard identification and risk assessment in dock rehabilitation are included.

Keywords: cost analysis, concrete failures, cathodic protection, structural repair and dock rehabilitation.

PRÓLOGO

La presente Tesis elaborada por el Bachiller en Ingeniería Civil; Federico Daniel López Torres, desarrolla procedimientos de reparación del muelle de la base naval de Paita, Piura.

En ese sentido, la tesis muestra la importancia de realizar una correcta reparación en las estructuras de concreto armado y estructuras metálicas y mucho más si son obras de gran importancia como lo es la rehabilitación del muelle de la base naval de Paita, que necesita estar en buenas condiciones en un ambiente difícil, muchas veces con presencia de humedad, sismos, oleaje y mareas no deberían existir daños en el concreto y el acero usando sistema de protección. En la tesis se identifican los principales factores que motivan la aparición de grietas y fisuras en las estructuras de concreto armado de este tipo de obras.

La tesis incluye el análisis de los costos de reparación del muelle de la base naval de Paita, mostrando tres escenarios con diferentes materiales de reparación, principalmente para el caso más crítico que sería reparación de las losas, vigas y diseño de pilotes, procediendo a la reparación por la parte sumergida en el mar, de la estructura. También se resalta la importancia del control de calidad en todas las obras de ingeniería. Sin considerar los costos por reparación y defectos serían mayores. Por ello es una tarea del ingeniero identificar todos los factores causantes de esta problemática de los daños a los muelles marítimos; para tratar de que no sucedan en el proyecto.

Finalmente, puedo concluir que el presente trabajo de tesis será de gran apoyo en la formación de las futuras generaciones de ingenieros civiles de nuestra casa de estudios, la UNI.

Asesor.

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Características Relevantes de los Muelles	8
Tabla 3.1 Características de los Perfiles de Acero	13
Tabla 4.1 Algoritmo de Procedimientos de Inspección	15

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Perfil de un Muelle de cajones	8
Figura 2.2	Muelle con pilotes	9
Figura 2.3	Perfil de un muelle de pantalla	9
Figura 2.4	Muelle flotante	10
Figura 3.1	Ubicación geográfica del muelle de la base naval de Paíta	11
Figura 4.1	Chapoteo de las olas (Splash)	16
Figura 5.1	Perfil Longitudinal del Muelle	26
Figura 6.1	Datos necesarios para el Diseño de un Pilote	54
Figura 6.2	Camiones de Diseño	55
Figura 6.3	Perspectiva del Muelle Marginal	56
Figura 6.4	Vista Panorámica del Muelle Marginal con SAP 2000	56
Figura 6.5	Grupo de Pilotes de Acero A-36.....	57
Figura 6.6	Calculo de Valores de las Cargas Aplicadas	57

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

ACI	: American Concrete Institute
ASTM	: American Society for Testing and Materials
ATS	: Análisis de Trabajo Seguro
AWS	: American Welding Society
c	: Factor de Elasticidad
CD	: Disco Compacto
cm	: Centímetro
cm ²	: Centímetro cuadrado
D	: Carga muerta
E	: Energía por golpe
F'c	: Resistencia del Concreto
ft	: Pies
Fy	: Resistencia del Acero
hh	: Hora hombre
hm	: Hora maquina
IGV	: Impuesto General a las Ventas
Kg	: Kilogramos
Klb	: Kilo libras
L	: Carga viva
l	: Litro
lb	: Libras
LFRD	: Load and Factor Resistance Design
LP	: Límite Permitido
m	: Metro lineal
m ²	: Metro cuadrado
m ³	: Metro cúbico
mm	: Milímetro
MO	: Mano de obra
NMBSO	: Nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias
Ø	: Diámetro
P	: Coeficiente de mayoración de desviación standard
P ²	: Pie Cuadrado
Q	: Peso del pilote a hincar

R : Peso del Pistón del martillo
S : Penetración promedio
SS. HH: Servicios Higiénicos
Ton : Tonelada
Und : Unidad
W : Carga Última del Pilote

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES REFERENCIALES

En la actualidad, se viene construyendo en el Perú diversas estructuras como puentes, edificaciones, carreteras, túneles, obras subterráneas y obras portuarias. Los muelles son parte integrante de un puerto marítimo, que cumplen un rol importante en las embarcaciones de carga y descarga de mercancías, pasajeros, etc., la existencia de estas obras marítimas permite el desarrollo económico y comercial en los países, para el caso del muelle de la base naval de Paita presenta gran cantidad de pilotes metálicos con desgaste total que ocasionaron deterioro en la losa de concreto, en los sistemas de defensa de atraque en mal estado y otros elementos estructurales requieren mantenimiento, es por esta razón que el profesional debe saber elegir el tipo de estructura a construir, en un puerto marítimo y tener en cuenta los lineamientos generales de diseño como la ubicación geográfica, la velocidad del viento, la dirección de las corrientes, la altura de las olas, la geología del fondo marino y otros factores más que nos da el criterio de elegir el tipo de muelle a usar.

1.1.1. Antecedentes internacionales

Gonzales (2021) en su tesis hizo la evaluación y propuso un muelle de servicio y atraque para el terminal quintero de Valparaíso, dando la siguiente afirmación: la mejor alternativa propuesta es la configuración del tipo Penetración-Transparente, de acuerdo a la realidad de su zona el autor dio una solución, pero muchas veces depende de otros factores que requieren ser analizados.

Esta alternativa sale de una tabla de evaluaciones propuestas que sirvieron para definir el diseño, del tipo de muelle a utilizar.

Ibáñez (2020), en su publicación de Revisión de Estructuras Portuarias indica que se debe profundizar: “en los efectos-cargas o fuerzas que son provocados en la estructura o la instalación portuaria, a través del equipo de izaje (grúa) al realizar los trabajos de carga/descarga de mercancías y la transportación de los mismos”, al respecto se tiene conocimiento que el diseño y construcción de un puerto marítimo para un uso determinado de sobrecargas, pero hay otras fuerzas

horizontales como la acción de atraque, el splash, el sismo, que se suman y pueden causar fallas en el sistema, y que se debe tomar en cuenta.

1.1.2. Antecedentes nacionales

En la actualidad hay diversidad de Muelles Marítimos: Muelles de Pilotes, Muelles de Gravedad, Muelles Pantalla en todo el orbe, cada uno con una realidad distinta, actualmente en el Perú, hay 61 puertos marítimos y algunos autores presentan sus experiencias en temas de diseño y construcción de muelles.

Ora (2008), utilizó técnicas ya conocidas para reparación total de un Muelle Industrial en la ciudad de Ilo, haciendo una descripción detallada de los daños, conservación, metrado y procesos constructivos, tomando en cuenta: ubicación, tipo de muelle, diseño estructural, materiales usados y técnicas constructivas, por lo que nos da una idea general de la rehabilitación de un muelle portuario.

Brunet (2012) en su trabajo de tesis relacionó el comportamiento sísmico de qué manera afecta, las estructuras de un puerto teniendo como referencia el terremoto del Maule ocurrido el 27/02/2010 en Chile, el profesional hizo un inventario de los daños observados en todos los elementos estructurales y no estructurales para luego determinar el modelo de Reparación del Muelle tomando en cuenta su geometría, propiedades y la respuesta final entre la comparación del modelo actual y el diseño.

Alvarado (2015) hizo un estudio de las patologías que se presentan en una estructura de concreto armado tomando como base el muelle de Yacila en Paita-Piura, en su investigación, se tiene conocimiento de la estimación de durabilidad de cada elemento estructural de concreto armado que permite desarrollar una metodología de diseño de investigación de los daños más habituales que nos da una idea más certera para elaborar un plan de análisis de resultados y presentar alternativas de solución.

La presente tesis, trata de los procedimientos de reparación de Muelles de Pilotes aplicando modernas técnicas y metodologías de reparación y mantenimiento constante de tal modo que perdure su vida útil, de allí se origina la importancia de la planificación y reglamentación del uso de los Muelles Portuarios.

1.2. PLANTEAMIENTO DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Por la importancia de alargar el tiempo de vida, darle durabilidad, impermeabilidad, rigidez, reducir costos de mantenimiento de los elementos estructurales de un Puerto, como es el caso de la reparación del muelle de la Base naval de Paíta, que facilitara las maniobras de las naves marítimas, ofreciendo seguridad ante cualquier evento natural o artificial, razón por la cual se le debe dar la debida importancia.

En la tesis de grado de Ora (2008), se considera un modelo a considerar debido a que sus planteamientos y técnicas de rehabilitar una estructura portuaria son más estructurados en el análisis de daños, los antecedentes que presenta pueden ayudar a mejorar el diseño estructural para dar una mejor alternativa de solución. Los diseños y reparación de las estructuras en un muelle Peruano, requiere de un análisis detallado de las condiciones climáticas de la zona, de la calidad de los materiales usados de las condiciones geológicas del suelo, de la batimetría, la acción de las mareas que producen el splash, el efecto corrosivo del agua de mar, la capacidad portante del suelo, el uso de sobrecargas más de lo permitido, las ventajas del uso de pilotes encapsulados con planchas de acero y/o fibras de vidrio para la reparación de una estructura.

Son muy interesantes las alternativas de solución de diversos autores que inspiran a comprobar las soluciones con la ayuda del uso de hojas de cálculo en Excel y programas ya establecidos como el geo5 y allpile u otros programas, que facilite el trabajo de cálculo estructural.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. *Objetivo general*

El objetivo principal es estudiar los distintos problemas ocurridos en los elementos estructurales de concreto y acero que componen el muelle de la base naval de Paíta como: los sistemas de defensa de ataque, la plataforma de concreto, las vigas transversales y longitudinales, los pilotes de soporte ,la protección catódica de ser necesario se hará la demolición de elementos estructurales en pésimo estado, debido a la acción de los esfuerzos laterales y su posible riesgo de colapsar y que acciones tomar y dar a conocer que las obras son sujetas a reparación usando las nuevas tecnologías y aditivos para el concreto y el acero

de reciente creación e incluir como una alternativa de solución a los problemas de reparación de muelles y sirva de guía para el proceso constructivo de futuras rehabilitaciones en puertos marítimos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar los daños en el sistema de defensas de los muelles (atraques), plataforma, vigas y pilotes.
- Emplear el uso de nuevas tecnologías y nuevos materiales para mejoramiento de las reparaciones de muelles (uso de pilotes de acero y el uso de aditivos plastificantes expansivo interplastic C de Sika).
- Usar el programa SAP 2000 para el análisis numérico y como complemento los programas all pile y geo5un análisis de costo de reparación de fisuras, para tener un estimado del costo de mala calidad que se genera en una obra.
- Establecer un método para la identificación de peligros y evaluación de riesgos de las actividades a desarrollar.

1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para la reparación del muelle de la base naval de Paita, se requiere la aplicación de la teoría de evaluación estructural, afín de precisar la estabilidad, rigidez, durabilidad, resistencia y la capacidad portante de cada elemento estructural o en conjunto, de tal modo, que permita un diagnóstico del grado de intensidad de los daños, haciendo más sencilla la ruta de reparación en la cual conserve o mejore la capacidad portante y alargue la vida útil de la estructura.

Durante el tiempo de servicio el muelle ha sido afectado por la exposición ante agente externos: como el sismo, oleaje, fuerzas de atraque, la corrosión, también el exceso de sobrecarga ha deteriorado al muelle portuario, por lo que requiere una reestructuración y monitoreo constante a cada etapa de análisis y rediseño.

1.4.1. Hipótesis general

El uso de metodologías o procedimientos adecuados para la reparación de muelles en las losas, vigas y pilotes, permitirá garantizar en todo momento que la estructura esté protegida correctamente devolviéndole su calidad a la estructura.

1.4.2. Hipótesis específicas

- El reforzamiento y reemplazo de las estructuras dañadas permitirá dotarlo de un mayor tiempo de vida útil y evitar que colapse ante agentes externos.
- Usar un sistema de protección en los pilotes de acero, en la zona de intercambio de mareas.
- Verificación de la resistencia de los elementos de acero ante las cargas de servicio.
- Detectar las zonas de alta vulnerabilidad que presenten situaciones de riesgo y peligro para dar seguridad al personal, equipos y ambiente de trabajo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Para el desarrollo de la tesis será necesario el conocimiento y bibliografía en los temas relacionados al concreto y sus propiedades importantes tales como la durabilidad y sus mecanismos de degradación, las estructuras marítimas en la actualidad cumplen un papel muy importante en el desarrollo de la industria permitiendo la estabilidad, seguridad y eficiencia en el transporte de carga y pasajeros por lo que siempre requiere buscar otras alternativas tales como la madera, el acero o la albañilería que mejoren el servicio teniendo en cuenta que. El concreto armado y el acero están expuestos a la humedad, sustancias nocivas y otros factores durante su vida de servicio; por ello, surge la necesidad de encontrar soluciones para mantener la estructura durable y segura.

Las estructuras de concreto armado reparadas son igualmente resistentes que la estructura original, para lo cual se usan las bondades de las propiedades de los aditivos en el concreto armado.

Se usa la teoría de unión de barras soldadas aplicando los principios de la unión por soldadura.

Para la reparación de muelles portuarios resulta más fácil si conocemos las causas que la originan y brindar varias alternativas de solución sobre el problema existente.

En el Perú, así como en otros países de la región, existe infraestructura que se está degradando a pasos gigantescos por efecto del medio ambiente, por diseño equivocado y detalles insuficientes, por problemas de supervisión ineficaz, durante su construcción, por ausencia de mantenimiento y principalmente por la edad de las obras construidas hace muchos años y que viene sirviendo a la sociedad a lo largo del tiempo (Trub, 1977).

También será necesario el uso de información de la obra actualmente en ejecución y otros proyectos que ya se han construido o se vienen construyendo en el extranjero, referente a reparación de muelles portuarios.

Tomlinson y Woodward (2008) describen los cambios que surgen en la construcción a través del tiempo con las mejoras de métodos analíticos y dinámicos ante el uso de plataformas de pilotaje, cimientos pilotados, maquinarias modernas mejorando la economía de un pueblo.

De acuerdo con American Petroleum Institute (2014), en su publicación, menciona que la información sobre los riesgos para la seguridad, salud y las precauciones adecuadas de los materiales deben obtenerse del proveedor o fabricante.

Según Aliaga y Castillo (2009), en su tesis hace referencia de las dificultades en la construcción del muelle, por la exposición de los materiales ante la corrosión, recomendando la utilización de una buena metodología constructiva, así como también la ubicación del lugar con buenas condiciones favorables de viento, olas y corrientes, en cuanto al diseño de un pilote no existe teoría para determinar exactamente la longitud y capacidad de carga para un tipo de suelo específico. Ante las experiencias mencionadas, se observa las dificultades que el profesional debe solucionar tanto para el diseño y reparación de las estructuras de un muelle portuario; que, con una investigación adecuada, se logra los objetivos trazados. Para tener conocimiento de los diversos elementos estructurales de un Muelle Marítimo continuación se presentan algunos conceptos.

2.1. MUELLES PORTUARIOS

Es un conjunto de estructuras de soporte, para la carga y descarga del transporte de materiales, productos y pasajeros y están ubicados de forma estratégica en las orillas del mar y/o en las riberas de los ríos, estas estructuras pueden ser de diferente material como madera, concreto armado y estructuras metálicas de diversas formas geométricas.

2.2. TIPOS DE MUELLES PORTUARIOS

Los muelles tienen diversas formas y características de clasificación: por su profundidad, uso, estructura y forma geométrica como se aprecia en la tabla 2.1, para este estudio se enfocará a los tipos de muelles por su estructura.

Tabla 2.1 Características Relevantes de los Muelles

Profundidad (m)	Uso y Cargas	Estructura	Geometría
Muelle de Alto Bordo (3-4)	Muelles Pesqueros	Muelle de Gravedad	Muelle Marginal
Muelle de Mediano Bordo (5-8)	Muelles Comerciales	Muelle de Pilotes	Muelle Espigón
Muelle de Bajo Bordo (8-15)	Muelles Mineros	Muelle Pantalla	Muelle tipo T
	Muelles Militares	Muelle Flotante	Muelle tipo Isla
	Muelles de Reparación		
	Muelles Deportivos		

2.2.1. Muelle de gravedad

Son estructuras de soporte y contención a la fuerza de atraque de los buques y a la fuerza de empuje de los suelos de relleno, el propio peso de la estructura proporciona el equilibrio de fuerzas, estas características son similares al muelle de cajones (ver fig.2.1), el muelle de bloques, muelles de hormigón sumergido (Gonzales, 2021).

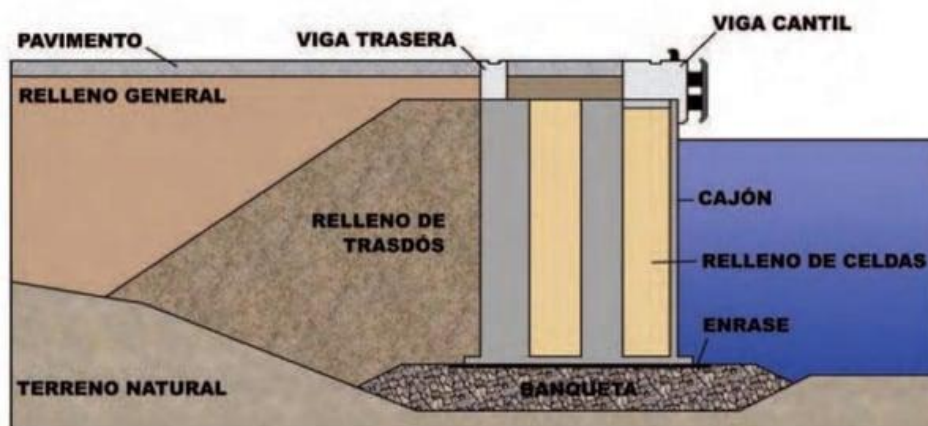


Figura 2.1 Perfil de un Muelle de cajones

Fuente: Structuralia. (<https://blog.structuralia.com/caracteristicas-de-los-principales-tipos-de-muelles-portuarios>)

2.2.2. Muelle de pilotes

Son elementos estructurales de gran longitud que puede ser de material de concreto armado y/o perfiles metálicos que tienen la función de transmitir cargas al terreno de apoyo y así proporcionar estabilidad a la plataforma que sostiene, como se aprecia en la fig.2.2



Figura 2.2 Muelle con pilotes

Fuente: Operaciones Submarinas MYP S.A.C.

2.2.3. Muelles de pantalla

Son estructuras sólidas y están empotradas en el terreno, la parte frontal de la superficie estructural es paralela a la orilla del mar y soportan las fuerzas laterales y axiales que se produzcan para luego transmitir las cargas a la base del terreno de apoyo, ver fig.2.3

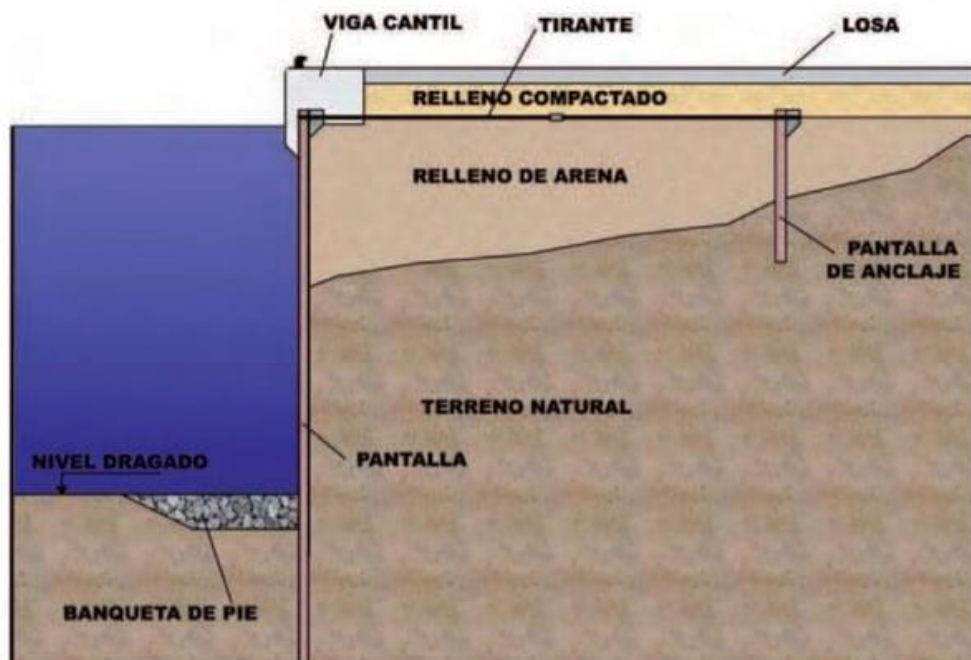


Figura 2.3 Perfil de un muelle de pantalla

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

2.2.4. Muelles flotantes

Es una estructura marítima desmontable, que flota en el agua (océano, río, lago), se adapta a la variación de los niveles del agua, existen diferentes formas geométricas de tipo F, T, L, U, I y rectangular, y pueden distinguirse de acuerdo al material de madera, aluminio, plástico y acero estas estructuras están anclados en el terreno mediante cables de acero, postes y pilotes de tal forma que mantenga la posición y suspensión. ejemplo fig.2.4 (Ez Dock, 2020).



Figura 2.4 Muelle flotante

Fuente: AquaSport, muelles flotantes candock

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL MUELLE A REPARAR

La presente tesis corresponde a la ejecución de obra de Reparación del Muelle de la Base Naval de Paita, que se encuentra concluido e inaugurado con fecha noviembre del 2013 (Fuentes, 2013).

La Marina de Guerra del Perú cumpliendo con su programa de modernización y mejoramiento de los muelles que conforman la Base Naval de Paita ha planteado la necesidad de reparar el Muelle, para rehabilitarlo. Para cumplir con este propósito se tienen que hacer las reparaciones necesarias debido a los daños encontrados en la estructura, previo análisis, la información recabada fue sacado del Expediente Técnico de Cefoisa Consultoría y Construcción

3.1. UBICACIÓN

La obra se encuentra ubicada en el distrito de Paita, provincia de Paita, departamento de Piura con las siguientes coordenadas geográficas (-5.07388,-81.12460), en la fig. 3.1, se aprecia la ubicación en planta.

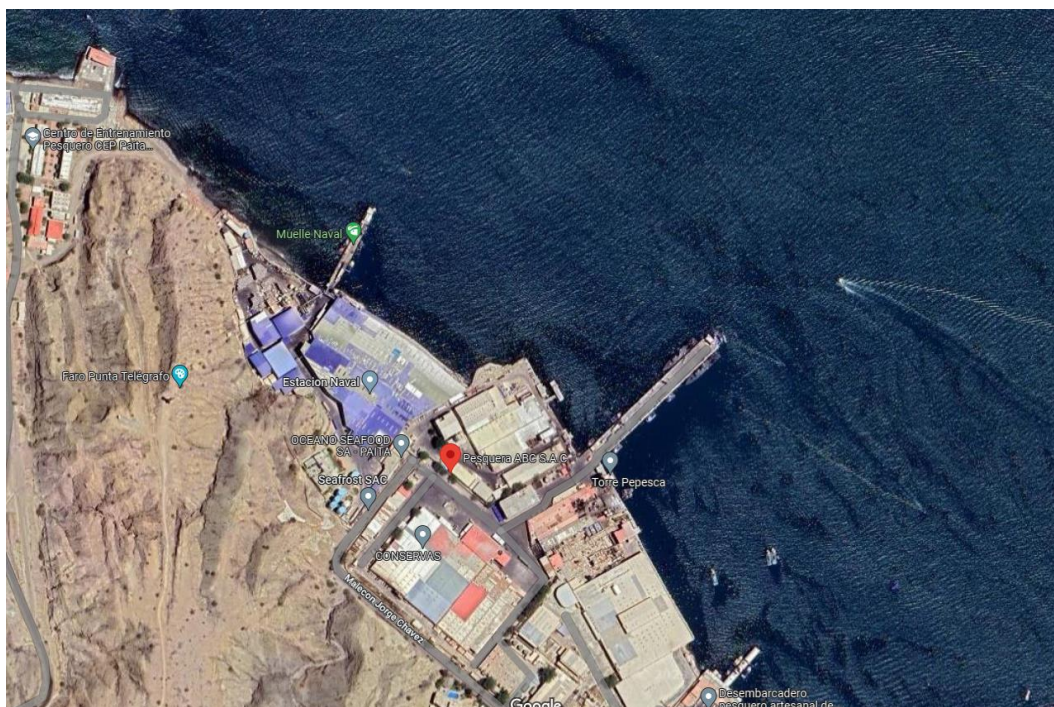


Figura 3.1 Ubicación geográfica del muelle de la base naval de Paita

3.2. TIPO DE MUELLE

Es un muelle militar para carga y descarga, su estructura está conformado por grupo de pilotes y por su forma geométrica es un muelle marginal y muelle espigón.

3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

3.3.1. Muelle marginal

Tiene un área de 93.07 x 20.00m con 6 ejes longitudinales y 17 ejes transversales con 6 pilotes por eje, los pilotes son metálicos de Ø 14" con longitud de 15.70m y una protección en el intercambio de marea con tubo de Ø 16" con longitud de 6.00m, y con arriostre de tubo metálico de Ø 8" con una longitud de 51.80m en cada eje. De acuerdo a los planos presentados en el proyecto de 1973. Los pilotes se encuentran distribuidos en 17 ejes transversales y 6 ejes longitudinales, que hacen un total de 102 pilotes metálicos ya descritos.

3.3.2. Muelle espigón

Tiene un área de 221 x 20.00m con 6 ejes longitudinales y 37 ejes transversales con 6 pilotes por eje, los pilotes son metálicos de Ø 18" con longitud de 21.60m y una protección en el intercambio de marea con tubo de Ø 20" con longitud de 6.00m, y con arriostre de tubo metálico de Ø 8" con una longitud de 51.80m en cada eje. De acuerdo a los planos presentados en el proyecto de 1973. Los pilotes se encuentran distribuidos en 37 ejes transversales y 6 ejes longitudinales, que hacen un total de 222 pilotes metálicos ya descritos.

La protección en los pilotes se encuentra ubicado en el nivel de flujo de marea y están unidos al pilote mediante soldadura y 4 cuñas de curvatura igual al tubo mayor con una longitud de 12" x 6" según detalle de los planos presentados en el proyecto de 1973.

3.3.3. Losa

El espesor de la losa de concreto armado en ambos muelles es de 0.20m con una resistencia de $f'c$ 280kg/cm². Los elementos de esta infraestructura portuaria, son motivo de un análisis detallado en el desarrollo del presente documento. Por el deterioro de la losa de concreto armado será reemplazado y vaciado in situ.

3.3.4. Pilotes y vigas transversales

Todos los pilotes serán de acero y protegidos con tubo de acero ubicado en el flujo de marea, tendrán vigas transversales y longitudinales de acero soldadas. Los pilotes son hincados haciendo uso de un martillo Delmac, de capacidad adecuada para que pueda movilizar los elementos referidos.

Los pilotes están unidos mediante soldadura a vigas transversales y longitudinales de acero 21WF62, ver tabla 3.1. Sobre las vigas longitudinales carga una losa de concreto armado de 0, 20m.de espesor. Sobre el Muelle se desplazan vehículos, cargas móviles que se debe contemplar a la hora de diseñar la losa de concreto armado y demás elementos del muelle.

Tabla 3.1 Características de los Perfiles de Acero

#	Stringer		Floor Beam		Plate Girder	
	Type	Moment of Inertia (in ⁴)	Type	Moment of Inertia (in ⁴)	Height (in)	Moment of Inertia (in ⁴)
1	18WF50	800	W27x94	3270	96	130957
2	16WF40	520	W24x76	2100	48	22667
3	18WF55	890	W27x94	3270	96	126156
4	21WF68	1480	W27x98	3450	60	42492
5	21WF63	1340	W27x98	3450	66.5	44149
5a	21WF59	1250	W27x98	3450	66.5	60813
6	18WF50	800	W27x94	3270	96	130957
7	21WF68	1480	W30x108	4470	66.5	44149
7a	21WF63	1340	W30x108	4470	66.5	60813
8	21WF73	1600	W30x108	4470	60	42492
9	21WF62	1330	W27x94	3270	50	21465
9a	21WF62	1330	W27x94	3270	50	21465

Fuente: American Institute of Steel Construction

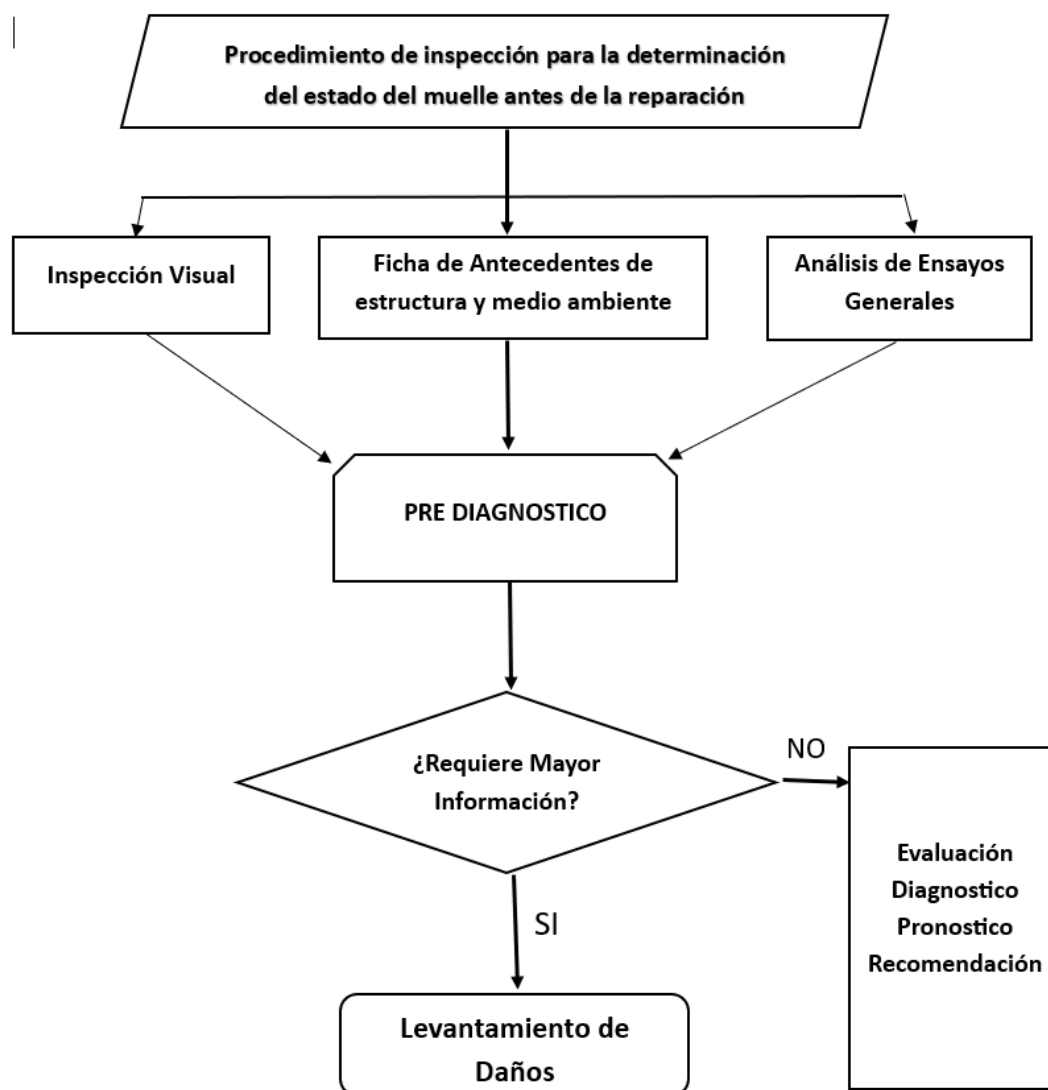
3.3.5. Elementos estructurales en mal estado

Se ha contemplado la ejecución de actividades de demolición, las cuales consistirán en desmontar todos los elementos correspondientes al muelle antiguo que está en malas condiciones, dicha demolición se realizará después de los trabajos de trazo y replanteo en toda el área de trabajo. De los materiales residuales generados por la demolición serán desplazados hacia tierra desde donde, se llevarán mediante los camiones, a los botaderos consignados para estos fines.

CAPÍTULO IV: ZONAS AFECTADAS - ZONAS DEL SPLASH (ALTAS Y BAJAS MAREAS)

El estado en que se encuentra el muelle de la base naval de Paita, antes de los trabajos de rehabilitación, se determinó mediante una inspección visual simple en la tabla 4.1. se muestra el diagrama de flujo para la realización del diagnóstico y levantamiento del daño en el muelle, como se visualiza en la tabla

Tabla 4.1 Algoritmo de Procedimientos de Inspección



Fuente: Hugo Ora Bullón (2008)

4.1. ZONAS DE SPLASH (ALTAS Y BAJA MAREA)

La existencia de mareas altas y bajas en el medio marino de la zona de Piura, provocan el aumento del nivel del agua, desplazándose las masas de agua en todas direcciones, estas olas golpean en la parte inferior de la estructura como fuerzas verticales, generándose una zona de splash (zona de salpicadura de agua), como se aprecia en la figura 4.1, esta salpicadura puede afectar a los elementos estructurales por la acción de la corrosión y que requieren la protección debida.



Figura 4.1 Chapoteo de las olas (Splash)

Fuente: Dreamtime.com

Para el diseño de la plataforma fija, desembarcadero, defensas y la zona de splash, se requiere saber la altura alcanzada de elevación astronómica diaria de la marea.

4.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DAÑADAS

El presente análisis de daños, contempla a todos los elementos estructurales que se detectaron deteriorados siguiendo el diagrama de flujo. Que a continuación se detalla.

4.2.1. Pilotes

Muelle Marginal: 102 pilotes metálicos de Ø 14" con desgaste total según el informe de la inspección submarina, los cuales serán reemplazados conjuntamente con su protección de tubo metálico de Ø 16" y con arriostre de Ø 8".

Muelle Espigón: 21 pilotes metálicos de Ø 18" con desgaste total según el informe de la inspección submarina, los cuales serán reemplazados conjuntamente con su protección de tubo metálico de Ø 20" y con arriostre de Ø 8", al resto de pilotes se le dará mantenimiento.

4.2.2. Vigas transversales

De la evaluación realizada en el informe de inspección, se debe dar mantenimiento, se realizará limpieza mecánica y luego se les aplicará pintura anticorrosiva a todas las vigas, en el muelle Marginal y en el muelle Espigón.

4.2.3. Vigas longitudinales

De la evaluación realizada en el informe de inspección, se debe dar mantenimiento, se realizará limpieza mecánica y luego se les aplicará pintura anticorrosiva a todas las vigas en el muelle Marginal y en el muelle Espigón. Se cambiarán las vigas del borde externo (línea de atraque) que han sufrido fuertes impactos y están deterioradas en el muelle Marginal y en el muelle Espigón.

4.2.4. Losas

De la evaluación realizada en el informe de inspección, se debe restablecer la losa en su totalidad en el muelle Marginal y en el muelle Espigón las áreas deterioradas se restablecerán.

4.2.5. Protección catódica

De la evaluación realizada en el informe de inspección, se debe restablecer toda la protección catódica en los muelles Marginal y Espigón. En cada eje se instalarán dos ánodos de zinc de 5 kg soldados a la estructura.

4.2.6. Defensas

Todas las defensas existentes serán reemplazadas por otras de características similares en el muelle Marginal y muelle Espigón.

4.2.7. Longitud del muelle

La longitud del muelle Marginal y muelle Espigón a ser refaccionada será toda la longitud de los mismos. Se ha tomado esta decisión a fin de optimizar los recursos económicos del proyecto en base al cálculo estructural y los análisis de costos, metrados y presupuesto.

CAPITULO V: DISEÑO DE REPARACIÓN DE LAS ZONAS AFECTADAS

Una vez identificado los elementos estructurales y no estructurales de posibles daños, se procederá a iniciar los trabajos de reparación, pero previamente antes de iniciar la obra, se debe contemplar la Seguridad en Obra, por lo que la empresa **Cefoisa consultoría y construcción** solicitó un estudio de Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y determinación de controles.

5.1. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y DETERMINACIÓN DE CONTROLES

Es muy necesario tener un plan de seguridad en obra, afín de salvaguardar la integridad física y emocional del personal trabajador y empleados.

5.2. OBJETIVO

Establecer un método para la Identificación de peligros y evaluación de riesgos de las actividades desarrolladas por la empresa Cefoisa Consultoría y Construcción.

5.3. ALCANCES

El procedimiento descrito se aplica a los procesos desarrollados por la empresa Cefoisa Consultoría y Construcción, los cuales abarcan los procesos de ingeniería de construcciones marinas y portuarias. Así como pilotaje, cimentaciones profundas, muelles mineros, industriales, pesqueros y recreacionales, canales y edificaciones, o los que se incluyan durante el desarrollo de nuevos proyectos.

5.4. RESPONSABLES

El presente procedimiento es aplicado por:

- Ingeniero Residente
- Ingenieros de Campo
- jefe de Seguridad y Salud
- Capataz

5.5. DEFINICIONES

- **Peligro.** – Son fuentes o eventos potenciales, circundantes a las personas que se desplazan en un determinado lugar y que pueden ocasionar daños físicos, emocionales y materiales.
- **Riesgo.** – Es la Probabilidad que ocurra un peligro ante su exposición y se genere pérdidas humanas y/o materiales.
- **Salud.** - Es un derecho fundamental que supone un estado de bienestar físico, mental y social.
- **Seguridad.** – Es un conjunto de protocolos que siguen reglas y normas específicas para salvaguardar la integridad física, emocional y material de las personas.
- **Evaluación de Riesgos:** Proceso general de estimación del nivel del riesgo y la decisión de si el riesgo es o no aceptable.
- **Riesgo del Entorno:** Todos los riesgos que no son derivados del proceso.

5.6. FORMATO /REGISTRO

- a. Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos (CEFOISA IPERCSSO 01 F1)
- b. Formato de ATS (CEFOISA PG 01 F2)

5.7. DESCRIPCIÓN

La identificación, evaluación de Peligros y Riesgos se procede de la siguiente forma:

5.7.1. Identificación de peligros

- a. En toda actividad laboral y no laboral va existir la presencia del peligro que puede ocasionar daños, tanto al personal trabajador, empleador y público en general, por la exposición en que se encuentra a elementos peligrosos como grúa, equipos pesados maquinarias y otros materiales inestables que ocasionan los riesgos de producir accidentes, perjudicando la integridad física y mental de las personas, lo que se trata es de minimizar los peligros y riesgos en el trabajo.

- b. El personal de la obra y la supervisión, con asistencia del jefe de seguridad y salud, realizan un análisis de los procesos, identificando las actividades que los componen, los peligros / riesgos, los mismos que serán registrados en la matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (CEFOISA PG 01 F1).
- c. Para esta identificación, si es necesario, se elaboran diagramas de flujo, diagramas causa efecto, entrevista a los encargados de ejecutar las tareas, consulta de manuales técnicos u otros que se consideren pertinentes.

5.7.2. Evaluación de riesgos

- a. La evaluación de los riesgos la realiza el personal de la obra y la supervisión con asistencia del jefe de seguridad y salud y es aprobado por el Gerente de Proyecto / Ingeniero Residente de la obra, se registra en el formulario de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (CEFOISA IPERCSSO 01 F1).
- b. Se tiene indicadores de la probabilidad de riesgo en tres escalas:
 - Escala de probabilidad Baja (1)
 - Escala de probabilidad Media (2)
 - Escala de probabilidad Alta (3)

Criterios para definir la escala de probabilidad:

- Antecedentes
- Probabilidad de frecuencia
- Número de personas expuestas (%)
- Tiempo a la exposición
- Otros que se consideren necesarios de acuerdo a cada proyecto

Por lo tanto, para determinar la probabilidad tenemos los siguientes criterios:

Probabilidad	Probabilidad de frecuencia	Nº de Personas expuestas
1 baja (poco probable)	Rara vez ocurre. no es muy probable que ocurra	Pocas de (1 a 2) personas expuestas ocasionalmente

2 media (probable)	Sucede con frecuencia	Moderado de (3 a 5) personas expuestas varias veces al día
3 alta (muy probable)	Sucede con demasiada frecuencia	Muchas (6 o más) personas expuestas varias veces al día

c. Para la determinación de la CONSECUENCIA se evalúa tres escalas:

Escala Leve (1)

Escala Moderada (2)

Escala Severa (3)

Criterios para determinar la escala de CONSECUENCIA:

- Lesiones personales
- Tipo de enfermedad ocupacional
- Cantidad de víctimas (%)
- Impacto ambiental
- Pérdida de Tiempo por paralización laboral
- Gastos económica ocasionados
- Impacto social
- Impacto en la Imagen de la empresa
- Otros criterios no contemplados pero necesarios para un proyecto.

Por lo tanto, para determinar la consecuencia tenemos los siguientes criterios:

Consecuencia	Lesión personal	Enfermedad ocupacional
1 LEVE	Lesión que no incapacite a la persona. Lesiones leves.	Exposición del agente al 0.75 al 0.9 LP. Ergonomía: Hay molestias o síntomas subjetivos de bajo nivel y corta duración, no hay efectos físicos.
2 MODERADA	Lesiones que incapaciten a la persona. Lesiones moderadas.	Exposición del 0.9 al LP. Ergonomía: Hay molestias o síntomas objetivos pero reversibles y/o lesiones que requieren tratamiento médico o evaluaciones de aclaración.

3 SEVERA	Fatalidad o lesiones graves que incapaciten a la persona para su actividad normal de por vida.	Exposición del LP al 1.25 LP. Ergonomía: Hay molestias o síntomas objetivos irreversibles y/o lesiones incapacitantes que requieren tratamiento médico prolongado
----------	--	--

d. determinando la probabilidad y la consecuencia, obtenemos:

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{consecuencia}$$

e. Matriz de Análisis de Riesgos

		PROBABILIDAD		
		Baja	Media	Alta
CONSECUENCIA	Leve	1	2	3
	Moderada	2	4	6
	Severa	3	6	9

El valor numérico de la matriz de análisis de riesgos, determinará el nivel o grado de Riesgo, tomando en cuenta las tres escalas:

- Probabilidad Baja (1 a 2)
- Probabilidad Medio (3 a 4)
- Probabilidad Alta (6 a 9)

f. En caso se tenga un valor de riesgo alto amerita tomar medidas correctivas para reducir el riesgo, caso contrario prohibir el inicio de trabajo sobre la zona peligrosa.

- **Riesgo Alto:** Es la probabilidad que ocurra, consecuencias graves en la zona de inspección, sino se toma las medidas de seguridad correspondiente que puede poner en peligro el desarrollo de un proyecto.
 - **Riesgo Medio:** se debe tener regular atención aplicando acciones preventivas y correctivas para anular cualquier riesgo latente.
 - **Riesgo Bajo:** Este riesgo puede ser aceptable, pero se debe seguir implementando los controles con el fin de reducir el riesgo al mínimo
- g. Cuando se detecta la existencia de cambios en la identificación de riesgos y peligros, se debe optar por disminuir estos riesgos según estipula la norma OHSAS 18001, basado en los siguientes principios:
- Anulación o Eliminación
 - Reemplazo o Sustitución
 - Sistemas de Control de Ingeniería
 - Señalización / advertencia y/o controles administrativos
 - Los EPP o Equipos de protección personal

5.7.3. Actualización

El Residente de obra y/o Ingeniero Supervisor es la persona encargada de actualizar, la identificación de peligros y evaluación de riesgos, cuando se detecten cambios notorios en las actividades y procesos: cambios metodológicos en la construcción, en la tecnología, legislación, por accidentes y otros cambios de vital importancia.

5.8. FORMATOS Y REGISTROS

Forma parte del presente procedimiento el siguiente formulario:

- Matriz de identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (CEFOISA IPERCSSO 01 F1)

- Formato de ATS (CEFOISA PG01 F2)



MINISTERIO DE SALUD
MINISTERIO DE TRABAJO

ANÁLISIS DE TRABAJO SEGURO (A.T.S.)

Rev. Julio 2003

ACTIVIDAD / OPERACIÓN A REALIZAR

UBICACIÓN / OFICINA

PERSONAL PARTICIPANTE: Apellidos y Nombres (100%)

FECHA

Hora de Inicio

Hora de Terminación

Página 21 de

1		1
2		2
3		3
4		4
5		5
6		6
7		7
8		8

PROBABILIDAD			
	Baja	Media	Alta
Leve	1	2	3
Moderada	4	5	6
Grave	7	8	9

CONSECUENCIA

ETAPAS DEL TRABAJO

RIESGOS Y/O IMPACTOS AMBIENTALES

Riesgo Inicial

RIESGOS DE CONTROL

Riesgo Residual

EQUIPO Y ELEMENTOS DE SEGURIDAD REQUERIDOS PARA ESTA ACTIVIDAD

RECOMENDACIONES PARA EL CASO

ANEXOS CUERPO BÚLTRO HERRAMIENTAS

CRITERIOS PARA EVALUAR EL RIESGO					
PROBABILIDAD	Probabilidad de frecuencia	Nº de personas expuestas	CONSECUENCIA	Lesión personal	Enfermedad Ocupacional
1 Baja (poco probable)	Rara vez ocurre. No es muy probable que ocurra.	Pocas (1 a 2) personas expuestas ocasionalmente.	1 BAJA	Lesión que no incapacite a la persona. Lesiones leves.	Exposición del agente al 0.75 al 0.9 LP. Ergonomía: Hay molestias o síntomas subjetivos de bajo nivel y corta duración, no hay efectos físicos.
2 Media (probable)	Sucede con frecuencia.	Moderado (3 a 5) personas expuestas varias veces al día.	2 MODERADA	Lesiones que incapaciten a la persona. Lesiones moderadas.	Exposición del 0.9 al 1 LP. Ergonomía: Hay molestias o síntomas objetivos pero reversibles y/o lesiones que requieren tratamiento médico o evaluaciones de aclaración.
3 Alta (muy probable)	Sucede con demasiada frecuencia.	Muchas (6 o más) personas expuestas. Varias veces al día.	3 SEVERA	Fatalidad o lesiones graves que incapaciten a la persona para su actividad normal de por vida.	Exposición del LP al 1.25 LP. Ergonomía: Hay molestias o síntomas objetivos irreversibles y/o lesiones incapacitantes que requieren tratamiento médico prolongado.
OBSERVACIONES:					
FIRMA:					
HORA:					
Nivel de Riesgo	Descripción				
ALTO	Riesgo intolerable, requiere controles inmediatos. Si no se puede controlar el RIESGO, no se inician trabajos operacionales en la labor.				
MEDIO	Aplicar medidas de prevención, eliminar/reducir el riesgo. Evaluar si la acción se puede ejecutar de manera inmediata.				
BAJO	Este riesgo puede ser aceptable, pero se debe seguir implementando controles con el fin de reducir el riesgo al mínimo.				
FIRMAS DE APROBACIÓN PARA EL INICIO DE ACTIVIDADES					
Revisión:	Firma del personal técnico no es un requisito para el inicio de la actividad				
Nombre y Apellidos Capataz / Líder de Grupo		Nombre y Apellidos Residente de Obra		Nombre y Apellidos Jefe de SSO	
FIRMA		FIRMA		FIRMA	
HORA		HORA		HORA	

Con la indicación y coordinación del evaluador de riesgo y el personal trabajador se procederá a la reparación del muelle marítimo, tomando todas las medidas de seguridad en campo en todos los elementos estructurales del muelle, ver fig.5.1

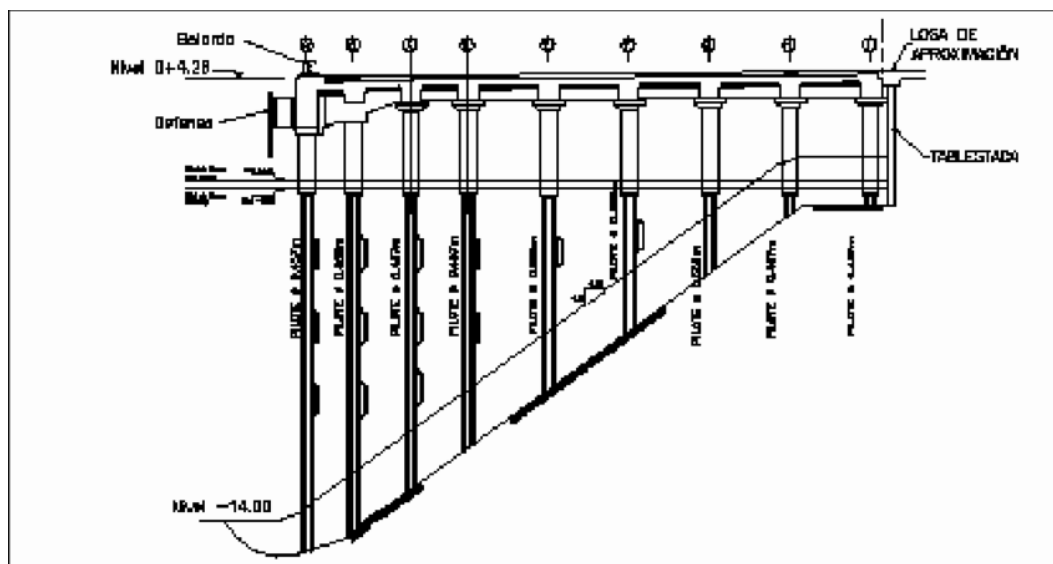


Figura 5.1 Perfil Longitudinal del Muelle

Fuente: internet

5.9. ASPECTOS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

5.9.1. Sobre la demolición

El objetivo del proyecto de demolición es explicar el procedimiento de demolición a seguir en el muelle existente, siguiendo un proceso de demolición característico que permita garantizar la normal ejecución de los trabajos en la construcción. El proceso de demolición empezará después de hacer el trazo y replanteo en el área de trabajo.

5.9.2. Sobre la construcción

El sistema que mejor resultado ha dado para la construcción de los muelles de tierra hacia mar, es ir clavando pilotes cepa por cepa y luego montando los elementos constitutivos del muelle como son: vigas transversales metálicas, vigas longitudinales metálicas y la plataforma de concreto armado. El avance consiste en clavar los pilotes y montar las vigas transversales metálicas que servirán de apoyo. Este será otro juego de puente que será recogido de la parte trasera y lo volverá a colocar en la parte delantera y así sucesivamente se irán clavando los pilotes y montando las vigas metálicas transversales de tierra hacia mar. Otra cuadrilla viene por detrás terminando colocando las vigas metálicas longitudinales, para que seguidamente se realice el encofrado para la losa de concreto f'c 280 kg/cm².

5.10. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

El Presupuesto Total de la Obra asciende a S/. 14,219,454.32 (son: catorce millones doscientos diecinueve mil cuatrocientos cincuenta y cuatro con 32/100 nuevos soles), desagregado de la siguiente manera:

- Muelle Marginal S/. 6,038,352.45
- Muelle Espigón S/. 3,905,321.90
- Total Costo Directo S/. 9,943,674.35
- Gastos Generales y Administrativos (15%) S/. 1,491,551.15
- Utilidad (10%) S/. 994,367.44

- IGV (18%) S/. 1,789,861.38
- VALOR REFERENCIAL S/. 14,219,454.32

5.11. MODALIDAD DE EJECUCIÓN

La obra se ejecutará por la modalidad de Contrata a Precios Unitarios.

5.12. PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución de la obra es de ciento ochenta (180) días calendario.

5.13. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DEL PROYECTO

Las presentes especificaciones describen el trabajo que deberá realizarse para la ejecución de la obra de reparación del muelle de la Base Naval de Paita. Estas especificaciones tienen un carácter general de orientación para el trabajo y cuando sus términos no lo precisen, el Ingeniero Supervisor en coordinación con el Proyectista resolverá las consultas respecto a los procedimientos, calidad de materiales y método de trabajo que se pudieran presentar en el transcurso de ejecución de la obra. Los trabajos constructivos a desarrollarse deben cumplir los protocolos y métodos confiables a fin de no tener problemas en la evaluación y aprobación por parte de la Supervisión del proyecto. Por ello, el postor deberá presentar una reconocida experiencia en construcción, mantenimiento y ampliación de la infraestructura portuaria en el Perú, de preferencia en instalaciones de la Marina de Guerra del Perú, siendo deseable que haya efectuado una visita de inspección y constatación física del estado del Muelle con lo cual demostraría conocimiento del proyecto y así podría encaminar adecuadamente toda duda o consultas se tiene que formular antes de iniciar la presentación de su propuesta técnico – económico. Al margen de estas especificaciones, el contratista goza de autonomía en el control de la obra, puede ampliar las especificaciones, precisándolas mejor, previa consulta con el proyectista y la supervisión, para una acertada ejecución de los trabajos.

Deberá tener un vínculo de colaboración entre el Contratista, Supervisor y Representantes del Propietario, durante el desarrollo de los trabajos de tal manera que los trabajos se ejecuten de acuerdo a una práctica constructiva adecuada, considerando que se debe tener especial cuidado en los trabajos cimentación, dadas las características particulares de suelo. El Contratista deberá tener el máximo cuidado de no dañar las áreas anexas a los trabajos en ejecución. La información proporcionada como especificaciones técnicas, detalles, planos,

exigencias, recomendaciones, prevenciones, etc., están acorde a las normativas siguiente:

- Reglamento Nacional de Edificaciones. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2006)
- Code **ACI 318-95**. (American Concrete Institute, 1995)
- Práctica recomendable para medir, mezclar y colar concreto ACI 614-59.
- Práctica recomendable para construir encofrado de concreto ACI 347-63
- Especificaciones de agregados para concreto ASTM –C-33-61.
- Método estándar de ensayo de resistencia a la compresión de concreto moldeado ASTM-C-39-61.
- Manual of Steel Construction AISC.
- Normas sobre consideraciones de mitigación de riesgo ante cualquier desastre en términos de organización, función y estructura.
- Norma técnica de control 600 del 26 de junio de 1998 y Reglamento de Metrados.

5.13.1. Condiciones generales

En todo proyecto integral de ejecución de obras es necesario complementar con las especificaciones técnicas que describen el proceso constructivo, que son normas y procedimientos que conforman, planos, mano de obra calificada, abastecimiento de materiales, supervisión y dirección técnica de la obra, toda esta información será de uso muy importante para el profesional a cargo.

5.13.2. Validez de las especificaciones técnicas, planos y metrados

En la práctica suele pasar discrepancias de información entre los planos, las especificaciones técnicas o memoria descriptiva y los metrados por lo que se debe priorizar como válido en el siguiente orden: la información de los **planos**, las **especificaciones técnicas**, **metrados**. Los metrados son referenciales y se pueden corregir.

También se debe evitar hacer palanca en las esquinas de los elementos prefabricados para intentar levantarlos; ya que se podría causar un daño al elemento.

5.13.3. Inspección, supervisión y control

Para el desempeño de estas funciones, El Contratista designará un Residente de obra con el perfil de Ingeniero Civil, con título profesional, Colegiado y Habilitado, especializado en el tema y con amplia experiencia – no menor a 10 años - en obras portuarias, como responsable de la dirección técnica de la misma en forma directa y permanente. La Marina de Guerra del Perú, deberá nombrar un Ingeniero o Arquitecto como Supervisor o Inspector de la Obra, Su función consiste en supervisar y controlar la ejecución de los procesos constructivos de la obra, hará las coordinaciones con el ingeniero Residente de Obra para el uso preciso de los métodos a emplear en cada uno de las partidas y en caso hubiera variaciones justificadas se podría modificar las especificaciones técnicas y/o el proyecto, previa consulta al Inspector o Supervisor y/o Marina de Guerra del Perú.

El Contratista es responsable de la ejecución de la obra de acuerdo con el proyecto, presupuesto y especificaciones técnicas, según el contrato., efectuando con el contratista el reajuste de metrados y costos que estas variaciones pudieran ocasionar.

5.13.4. Compatibilidad del trabajo

El Residente y el Inspector o Supervisor de obra, antes de empezar a ejecutar las partidas de un proyecto de obra, deberán revisar, cruzar y verificar la información técnica, los planos de Arquitectura y planos de Estructuras, de modo que no haya divergencias entre ellos y permita programar el trabajo en una secuencia ordenada, sin interrupciones y terminar exitosamente.

De existir alguna incompatibilidad entre los diferentes documentos que conforman el Expediente Técnico, el residente deberá comunicarlo con la debida anticipación a través del cuaderno de obra al Inspector o Supervisor y este resolver a la brevedad.

5.13.5. Cuaderno de obra

El cuaderno de obras, es un documento formal, abierto por el contratista, que va a realizar la ejecución de una determinada obra y sirve para anotar todas las incidencias, observaciones detectadas en campo o administrativos, avances de obra, autorizaciones, consultas o cualquier pedido vinculado al desarrollo de la

obra. Se debe mencionar que las únicas personas autorizadas para el uso del cuaderno de obra son el Inspector de Obra y el Residente de Obra.

El cuaderno de obra se compone de una hoja original y 3 copias desglosables, que luego de ser llenados, una copia va para la entidad, otra para el contratista y la otra para el Supervisor o Inspector, el original deberá permanecer en la obra. Se debe verificar que todas las hojas estén visadas y selladas por el Residente y el Supervisor de la obra.

Al finalizar la totalidad de la obra, la hoja original del cuaderno de obra quedará en poder de la Entidad.

5.13.6. Consultas

En el caso que el Contratista haga alguna consulta, se anotará en el cuaderno de obra y posteriormente será absuelta por el Supervisor de Obras, de considerarlo necesario, se podrá solicitar el apoyo del proyectista.

El Supervisor tiene la facultad de aprobación ante cualquier discrepancia de plano y/o especificaciones técnicas, mano de obra, uso de materiales en obra, que deberán ser corregidos, sin cargo al propietario.

5.13.7. Supervisión

El Supervisor tiene la responsabilidad de aprobar o rechazar, cualquier material o mano de obra que no se ajuste a las especificaciones técnicas y/o planos y que posteriormente deben ser subsanados, sin cargo alguno para la Marina de Guerra del Perú. El Contratista deberá suministrar sin cargo para la Marina de Guerra del Perú, las facilidades para la inspección y pruebas si es necesario.

5.13.8. Materiales

Para el uso de materiales, el Contratista hará una relación detallada de los materiales que se usarán en la obra, proporcionando información técnica como el nombre del fabricante, marca, dimensiones, usos y otras características que sean compatibles con las especificaciones técnicas y las normas del Reglamento Nacional de Construcciones

Adjuntando catálogos y muestras, todos los materiales a usar deben ser nuevos y de reconocida calidad.

El Supervisor velará por el cumplimiento de las especificaciones técnicas y normativas vigentes, de ser necesario podrá rechazar o aprobar el uso del material o equipos usados en obra, ya sea por el mal estado, defectuoso o malogrado y el Contratista tiene la obligación de reemplazar por otro que este en buenas condiciones, así como los ensayos y pruebas de materiales, sin costo para el propietario (Marina de Guerra del Perú).

Los materiales de recupero debido al desmontaje en obra, será entregado al Supervisor y este a su vez coordinará con la entidad para su entrega y almacenamiento.

5.13.9. Herramientas y equipos

Las herramientas y equipos a usarse serán los adecuados técnica y funcionalmente. Su uso será aprobado por la Supervisión, de manera tal que no afecte el normal funcionamiento de las áreas anexas al lugar donde se ejecutan los trabajos.

5.13.10. Guardianía de obra

Para garantizar el cuidado de todos los equipos, herramientas y materiales y otros accesorios, se contará con el servicio de guardianía durante las 24 horas, para el normal desarrollo de la ejecución de la obra.

5.13.11. Programación de los trabajos

Es la planificación de procesos sistemáticos, armónicos, estratégicos y ordenados en el tiempo, para ejecutar una obra, que sean compatibles con el estudio de los planos y la documentación aprobada del proyecto, de existir diferencias técnicas en los planos elaborados, el Contratista comunicará por escrito a la Supervisión con anticipación para que sea revisado y resuelto en un plazo de 2 días como máximo por el Proyectista de la obra, tomando en cuenta las normas de seguridad en el trabajo.

5.13.12. Medidas de seguridad y limpieza

El Contratista aplicará todas las normas de seguridad necesarias para evitar accidentes al personal, o daños a la misma obra, cumpliendo con las Normas Básicas de Prevención de Accidentes y con el Reglamento Nacional de

Construcciones. Asimismo, se encargará del mantenimiento, limpieza y conservación de todas las obras provisionales, el orden y seguridad de la zona de trabajo, proporcionando equipos de protección personal (EPP) y si es necesario cinturones de seguridad.

El cumplimiento de las medidas de seguridad, sistemas de precaución y protección son de carácter obligatorio. El Contratista es responsable de los deterioros que se originen a la propia edificación y deterioros originados a otras edificaciones, en cuyo caso deberá efectuar las reparaciones correspondientes, sin costo alguno para la entidad.

5.13.13. Limpieza final

Cuando se cumplió con la totalidad de la ejecución de la obra según cronograma de trabajo. El Contratista debe demoler cualquier obra provisional y dejar limpio el área y si hubiera deteriorado alguna zona, deberá subsanar igual o mejor al anterior, de conformidad con los planos aprobados.

5.13.14. Planos de replanteo

Al término de la obra, el Contratista deberá presentar los Planos de Replanteo, un juego de planos originales, dos juegos de copias debidamente firmadas y el CD con los planos digitalizados en AutoCAD.

5.13.15. Recepción de obra

Cuando se concluye la obra El Residente de obra en coordinación con el Contratista llenará en el cuaderno de obra la finalización de los trabajos, solicitando la recepción de la obra por parte de la Marina de Guerra del Perú y este a su vez nombrará un comité de recepción ,que establecerá la conformidad ,previa inspección y revisión de los trabajos concluidos en la obra, de existir alguna observación, la entidad designará una empresa que hará las pruebas y protocolos necesarios asumiendo los costos la Contratista ,de no haber observaciones se hará un acta de entrega con la conformidad de la Marina de Guerra del Perú y luego se anotará en el cuaderno de obra el acta de entrega y recepción de obra y su conformidad.

5.13.16. Liquidación de contrato

Cumpliendo con el artículo N° 164 del Texto Único de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado, el Contratista debe presentar la Liquidación del Contrato, adjuntando los documentos probatorios y cálculos realizados. Con la liquidación el Contratista, entregará a la Entidad los documentos de Declaratoria de Fábrica o Memoria Descriptiva Valorizada.

5.14. OBRAS PRELIMINARES

5.14.1. Movilización y desmovilización

La movilización consiste, en el traslado y administración de equipos y maquinarias, materiales y personal trabajador, hacia la zona de trabajo afín de iniciar el proceso constructivo, cumpliendo el cronograma de avance de obra y al finalizar la obra también incluye la limpieza, remoción y retiro de equipos. Esta movilización se hace previa coordinación del Contratista con el Supervisor de Obra.

La desmovilización, es el desarme de obras provisionales como almacenes, casetas de SS. HH, módulos de guardianía, campamentos, etc. De tal modo que no se cause daño a los pavimentos, ni a las propiedades, esta desmovilización se hace en coordinación del Contratista y el Supervisor de Obra.

Medición:

Para la medición de la calidad del trabajo a realizar, se tomará en cuenta la aprobación del Supervisor de Obra sobre la evaluación y supervisión que realice el equipo de trabajo de la Contratista.

Bases de pago:

La Entidad Contratante establece realizar los pagos de la siguiente manera para la partida de movilización y desmovilización:

50% para la movilización de equipos, maquinarias, materiales, etc. para inicio de obra

50% para la desmovilización de los trabajos preliminares, resane, etc. Al término de la obra.

El monto total a pagar será el monto global del Contrato para la partida e incluirá el costo de la movilización de personal, equipo, herramientas y materiales.

5.14.2. Limpieza durante la obra

El Contratista cuidará de mantener la obra y las áreas aledañas fuera de ésta libres de desmonte y materiales que puedan causar molestias a la operación de los equipos manipuladores de contenedores y otros que transitan por el muelle.

Medición:

La unidad de medición de esta partida será por mes durante el plazo contractual.

Bases de Pago:

Para el pago de esta partida se tomará en cuenta la mano de obra, beneficios sociales, el uso de equipos, trabajos imprevistos, es decir una compensación completa que corresponda a esta partida.

5.15. OBRAS PROVISIONALES

5.15.1. Cerco perimetral de obra

El Contratista para salvaguardar sus equipos, materiales, herramientas y el personal trabajador levanta un cerco perimetral de madera Triplay en toda la zona de trabajo autorizada por el Supervisor de Obra de tal modo que no interrumpa el tráfico de operaciones portuarias del muelle y al concluir la obra, en caso de perforaciones al pavimento, este se deberá rellenar con concreto de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$

Medición:

La unidad de medida de esta partida será el metro lineal (m).

Bases de Pago:

Para el pago de esta partida comprende compensación completa por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevistos y todo lo necesario para completar la partida.

5.15.2. Oficina para el contratista

El Contratista está obligado a proveer una caseta para oficina para Contratista con un área mínima de 40 m².

Las casetas temporales de obra, son desmontables y pueden ser de material metálicos, planchas de fibra y/o paneles prefabricados de madera con puertas y ventanas que tengan sistema de cierre.

Medición:

La unidad de medición de estas partidas será el metro cuadrado (m²).

Bases de Pago:

El pago de esta partida corresponde compensación completa por los trabajos descritos incluye, mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevistos y lo que sea necesario para completar la partida.

5.15.3. Oficina para el supervisor y propietario

El Contratista está obligado a proveer una caseta para oficina para el Supervisor y Propietario con un área mínima de 20 m². Las casetas temporales de obra, son desmontables y serán de paneles prefabricados de madera, metálicos, planchas de fibra o una combinación. Tendrán puertas y ventanas con sistema de cierre. La oficina del Supervisor de Obra deberá tener un escritorio, una mesa con 06 sillas, un tablero de dibujo y un portaplanos.

Medición:

La unidad de medida de estas partidas será el metro cuadrado m².

Bases de Pago:

El pago de esta partida comprende compensación completa por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevistos y en general todo lo necesario para completar la partida.

5.15.4. Vestuarios

El Contratista está obligado a proveer una caseta para Vestuarios con un área mínima de 40 m².

Las casetas temporales de obra, son desmontables y serán de paneles prefabricados de madera, metálicos, planchas de fibra o una combinación, tendrán puertas y ventanas con sistema de cierre. La caseta de vestuario tendrá ventilación y como mínimo: 04 duchas y 04 lavaderos. Los aparatos sanitarios estarán dotados de agua potable y conectados al desagüe del muelle.

Medición:

La unidad de medida de estas partidas será el metro cuadrado m².

Bases de Pago:

El pago de este ítem constituirá compensación completa por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevistos y en general todo lo necesario para completar la partida.

5.15.5. Almacén y depósito

El Contratista está obligado a proveer una caseta para Almacén y Depósito con un área mínima de 50 m².

Las casetas temporales de obra, son desmontables y serán de paneles prefabricados de madera, metálicos, planchas de fibra o combinación de ambos. Tendrán puertas y ventanas con sistema de cierre.

Medición:

La unidad de medida de estas partidas será el metro cuadrado m².

Bases de Pago:

El pago de esta partida comprende una compensación completa por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevistos y en general todo lo necesario para completar la partida.

5.15.6. Servicios higiénicos

El Contratista colocará en obra 3 módulos de servicios higiénicos, ubicados estratégicamente y coordinado con el Supervisor de Obra, estos serán módulos prefabricados, similar a los baños DISAL u otra marca que supere las características de esta.

Características:

Taza de 240 L de capacidad, peso 78 Kg.

Lavamanos con bomba de pie

Dispensador de jabón líquido

Tacho de papeles

Porta papel higiénico

Flushing recirculante

Espejo, luz incorporada.

Urinario plástico.

Altura 2.10m, ancho y fondo de 1.20m.

Estos módulos deberán atender las necesidades de 15 a 20 obreros durante nueve horas de jornada, pudiendo ingresar de 3 a 4 veces por día.

Medición:

La unidad de medida de esta partida será por mes.

Bases de Pago:

El pago de este ítem constituirá compensación completa por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevistos y en general todo lo necesario para completar la partida.

5.15.7. Trazos y replanteos

Durante la reparación del muelle, el Contratista deberá tener presente los puntos de control topográfico para verificar los desniveles de la superficie del terreno y sean compatibles con el plano y evitar diferencias en la obra.

Medición:

La unidad de medida de esta partida será el mes.

Bases de Pago:

El pago de esta partida constituirá compensación completa por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevistos y en general todo lo necesario para completar la partida. El pago se realizará de acuerdo a la aprobación de la Supervisión.

5.15.8. Eliminación de material excedente

El material excedente, producto de la remoción de los pilotes con desgaste, de la remoción del concreto y picado serán transportados fuera del área de la Base Naval y depositado en un lugar autorizado. En caso de requerir cualquier permiso, licencia o pago de derecho, asumirá el contratista. No tirar al fondo marino el material excedente, bajo ningún concepto.

Medición:

La unidad de medida es metros cúbicos (m³), y será materia de una evaluación y supervisión que realice y apruebe el Supervisor de Obra.

Bases de Pago:

El pago de esta partida será según el avance volumétrico aprobado por el Supervisor de Obra de acuerdo a la planilla de metrados.

El pago de esta partida comprende compensación completa por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevistos en obra y lo que se requiera para completar la partida.

5.15.9. Concreto Estructural

Es un material estructural, que se rige por la norma ACI 301, sobre su producción, transporte, colocación, manipuleo, curado, dosificación, refuerzos protección y evaluación mediante pruebas de resistencia. Y a lo indicado en los planos del proyecto.

5.15.10. Materiales

Los materiales o insumos del concreto se ajustarán a los requerimientos del proyecto: los Materiales, las normas y las pruebas de ensayo.

Materiales considerados en el concreto:

- a) Cemento Pórtland Tipo V.
- b) Acero de refuerzo
- c) Agregados
- d) Agua

Se utilizará Cemento Pórtland Tipo V en toda la obra.

En principio se debe tener en cuenta que está prohibido el uso de aditivos que contengan cloruros y/ nitratos en su composición para evitar desgaste prematuro en el elemento estructural, en caso de usar estos aditivos, seguir las recomendaciones de las normas ACI 301S y almacenar en lugares seguros, que no reaccione con otro material y evitar la contaminación.

Los aditivos a usar en el proyecto serán los que están aprobados por la Supervisión.

5.15.11. Almacenaje y protección de los materiales

El cemento y el acero serán almacenados separados, para proteger a ambos del contenido de humedad, contenido de arcilla y materia orgánica, se debe evitar doblar el acero en el transporte y almacenamiento. El acero se protegerá del polvo, la suciedad, el aceite y grasa que pueda disminuir la adherencia al concreto, se debe mantener libre de contaminación con agua salada.

5.15.12. Producción del concreto

Todo el proceso de producción del concreto se ajustará a la norma ACI, dependiendo del tipo de concreto, para la Dosificación, mezcla de componentes, transporte y colocación se regirán por la norma ACI– 304. Si el proceso es con

bomba o faja transportadora, se regirá por la norma ACI – 304.2R o ACI- 304.4R y cuando el concreto sea premezclado se regirá por la norma ASTM C94.

5.15.13. Definición

Concreto Armado. – Es la unión de dos componentes como el concreto y el refuerzo de acero, que juntos forman un elemento estructural (concreto armado), capaz de resistir esfuerzos de tracción y compresión de la estructura.

Para su producción se rige por la norma ACI- 301.

5.15.14. Clases de concreto

Dependiendo del proyecto, se usará el tipo de concreto requerido, este concreto, está en función del uso solicitado y la resistencia a la compresión necesaria (f'_c), para evaluar su resistencia de producción, se regirá por la norma ACI-214.

5.15.15. Dosificación de cada clase de concreto

Es importante conocer la dosificación del concreto para cada tipo de concreto aprobado por la Supervisión. Por lo que deberá presentar la siguiente información:

- Calidad de Cemento, de acuerdo al uso, tipo y marca
- Granulometría de los Agregados, de acuerdo al tipo de concreto a usar
- Dosificación de la Mezcla, según la resistencia de diseño aprobado
- Resumen de variación de resistencia en las pruebas de testigos.

Se requiere 6 testigos probados en la misma edad para garantizar, la prueba de mezcla de cada clase de concreto con materiales a utilizar. La aprobación de la dosificación no exime al Contratista de su total responsabilidad por la calidad del concreto.

No está permitido el uso de concreto cuyo contenido de cemento exceda 11 ½ sacos por metro cúbico de concreto colocado.

5.15.16. Control de dosificación en obra

Todos los componentes del concreto, excepto el agua, serán medidos exclusivamente por peso.

Cada clase de agregados y el cemento serán pesados separadamente.

Los indicadores del peso tendrán una precisión de $\pm 1\%$, debiendo obtenerse una precisión en el pesado de los agregados no inferior al 3% y en el cemento no inferior al 2%.

No se exigirá pesar el cemento contenido en bolsas selladas y que tengan visiblemente indicando su peso.

El agua puede ser medida por peso o volumen y la tolerancia para su medición será del 1% todos los dispositivos para el pesado estarán sujetos a aprobación y serán controlados y calibrados periódicamente en presencia de la Supervisión. La periodicidad máxima de control será de 30 días, la Supervisión podrá ordenar controles adicionales cuando así lo juzgue conveniente.

5.15.17. Transporte y colocación

El Contratista someterá a la aprobación de la Supervisión los métodos y medios que propone usar para el transporte y colocación del concreto. El concreto a ser usado en obra, en ningún caso tendrá más de 30 minutos entre su preparación y colocación.

5.15.18. Compactación

La compactación del concreto se ceñirá a la norma ACI – 309. Tomando en consideración las recomendaciones (Consultoría de Proyectos Andinos, 2007). En los planos correspondientes el concreto se encuentra especificado únicamente por resistencia a los 28 días en cilindros standard ASTM (f'c).

El saco de cemento es la cantidad de cemento contenida en un envase original de fábrica sin averías con un peso de 42.5 kilos o una cantidad de cemento a granel que pesa 42.5 kilos.

5.15.19. Evaluación del concreto

Según Consultoría de Proyectos Andinos (2007), la evaluación de la resistencia del concreto se efectuará aplicando la norma ACI – 214. Se llevará un récord establecido de los resultados de las pruebas, estableciendo de esta manera la resistencia promedio, la resistencia característica y la desviación estándar obtenidas.

El valor $f'c$ especificado en el proyecto, corresponde a la resistencia característica, resultante de la evaluación. Este valor tendrá validez real y efecto mandatorio, después de un mínimo de 30 pruebas de cada clase de concreto.

La Supervisión debe ser permanentemente informada de esta evaluación, llevándose registros separados por cada clase de concreto.

5.15.20. Pruebas

La resistencia del concreto será comprobada periódicamente. Con este fin se tomarán testigos cilíndricos de acuerdo a la norma ASTM – C31 en la cantidad mínima de dos testigos por día para cada clase de concreto.

En cualquier caso, cada clase de concreto será comprobada al menos por cinco “pruebas”. La “prueba” consistirá en romper dos testigos de la misma edad y clase de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM – C39.

Se llamará resultado de la prueba al promedio de los dos valores. El resultado de la “prueba” será considerado satisfactorio si se cumple con la condición general de mantener un valor promedio de pruebas $f'c$ (promedio) = $f'c + 1.34 P$. es decir, que el coeficiente de mayoración de la desviación standard (P), para obtener el promedio de pruebas es 2.3.

Siendo: $f'c$ = resistencia característica

Con el objetivo de control y para conocimiento de la Supervisión el Contratista llevará un registro de cada par de testigos fabricados, en el que constará su número correlativo, la fecha de elaboración, la clase de concreto, el lugar específico de uso, la edad al momento del ensayo, la resistencia de cada testigo y el resultado de la “prueba”. El Contratista incluirá el costo total de los ensayos en su presupuesto, considerándolos en los precios unitarios (Consultoría de Proyectos Andinos, 2007).

5.15.21. Aceptación del concreto

a. En sitio

La deficiencia en las pruebas será razón suficiente para desechar el o los elementos cuyo concreto está representado por dichas pruebas deficientes.

b. Prefabricado

En la eventualidad de que no se obtenga la resistencia del concreto, la supervisión podrá ordenar, a su solo juicio, la ejecución de las Pruebas de Carga. Estas se ejecutarán de acuerdo a las indicaciones del Código ACI – 318. De no obtenerse resultados satisfactorios de estas pruebas de carga, se procederá a la demolición o refuerzo de la estructura en estricto acuerdo con la decisión de la supervisión.

El costo de las Pruebas de Carga, si estas llegaran a ser necesarias, será de cuenta exclusiva del Contratista el que no podrá justificar demoras en la entrega de la obra por estas causas.

Medición:

Este trabajo será objeto de medición cuantitativa, de acuerdo con la unidad indicada en el presupuesto base (m³), y será materia de una evaluación y supervisión que realice y apruebe el supervisor de obra.

Base de Pago:

El pago de este ítem constituirá compensación completa por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevisto y en general todo lo necesario para completar la partida (Consultoría de Proyectos Andinos, 2007).

5.15.22. Encofrado y desencofrado

El encofrado deberá cumplir con lo siguiente:

a. Responsabilidad

La seguridad de las estructuras como el encofrado, será de responsabilidad única del Contratista. Este deberá ceñirse a la norma ACI-347.

Todos los planos de encofrados serán remitidos a la Supervisión para su revisión con una anticipación de 30 días a la ejecución de los mismos, esta revisión no exonera de sus responsabilidades al Contratista.

b. Características

Los encofrados se construirán para resistir con seguridad y si deformaciones apreciables las cargas impuestas por su peso propio, el peso o empuje del concreto y una sobrecarga no inferior a 200 Kg/cm².

Los encofrados serán herméticos a fin de evitar la pérdida de la lechada y serán adecuadamente arriostrados y unidos entre sí a fin de mantener su posición y forma. Los encofrados serán debidamente alineados y nivelados de tal manera que formen elementos en la ubicación y de las formas indicadas en los planos. Todas las esquinas serán ochavadas a $\frac{3}{4}$ " salvo indicado en planos.

c. Tolerancias

Las tolerancias admisibles en el concreto son las siguientes:

En la verticalidad de aristas y superficies de vigas y losas:

En cualquier longitud de 3m es 6 mm

En cualquier longitud de 6m es 10 mm

En todo lo largo 20mm

En la sección de cualquier elemento -5mm +10mm

d. Detalles

La fijación de las formas se hará de manera tal que no dejen elementos de metal alguno dentro de 75mm de la superficie. Con el objeto de facilitar el desencofrado las formas podrán ser recubiertas con aceite soluble u otras sustancias aprobadas por el Supervisor de obra.

e. Desencofrado

Los plazos mínimos para desencofrar, excepto indicación específica de planos, son los siguientes:

- Encofrados de caras verticales: 10 horas
- Cabezales de pilotes: Cuando el concreto alcance resistencia de 280 Kg/cm².
- Vigas: Cuando el concreto alcance resistencia de 280 Kg/cm².
- Encofrado de fondo: 15 días
- Retiro de puntales: Cuando el concreto alcance resistencia de 285 Kg/cm²

Medición

“Este trabajo será objeto de medición cuantitativa de acuerdo con la unidad indicada en el presupuesto base (m²) y será materia de una evaluación y supervisión que realice y apruebe el Supervisor de Obra” (Consultoría de Proyectos Andinos, 2007, p. 22).

Bases de pago

“El pago de este ítem constituirá compensación completa por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevistos y en general todo lo necesario para completar la partida” (Consultoría de Proyectos Andinos, 2007, p. 22).

5.16. ACERO DE REFUERZO $f_y=4,200 \text{ KG/CM}^2$

El refuerzo será $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, grado 60. Condiciones para la colocación del refuerzo de acero en los encofrados:

Toda la armadura deberá ser cortada a la medida y fabricada estrictamente como se indica en los detalles y dimensiones mostrados en los planos del proyecto.

La tolerancia de fabricación en cualquier dimensión será $\pm 1 \text{ cm}$.

Antes de su instalación el acero se limpiará quitándole las escamas de laminado, escamas de óxido y cualquier sustancia extraña.

5.16.1. Enderezamiento y redoblado

Las barras no deberán enderezarse para no volverse a doblar en forma tal que el material sea dañado.

No se usarán las barras con ondulaciones o dobleces no mostradas en los planos, o las que tengan fisuras o roturas.

El calentamiento del acero se permitirá solamente cuando toda la operación sea aprobada por la Supervisión.

5.16.2. Colocación

La fabricación y colocación de armadura serán realizadas en estricto acuerdo con los planos y en concordancia con las normas ACI-301 y ACI-318, las que especifican además tolerancias.

Ellas se asegurarán contra cualquier desplazamiento, por medio de amarres de alambre ubicados en las intersecciones o mediante barras de refuerzo auxiliares. El recubrimiento de la armadura se logrará por medio de espaciadores de concreto tipo anillo u otra forma que presente un área mínima de contacto con el encofrado.

5.16.3. Empalmes

Los empalmes críticos y los empalmes de elementos no estructurales se muestran en los planos.

Para otros empalmes use las condiciones indicadas en Empalmes de Armadura del plano de especificaciones.

Si el Contratista propone usar empalmes con soldaduras o de otro tipo, estos deberán ser autorizados por la Supervisión, en este caso se usarán electrodos de la clase AWS E-7018 (Supercito 110 de Oerlikon o similar). Deberá precalentarse la barra a 100°C aproximadamente y usar electrodos completamente secos.

5.16.4. Elementos embebidos en el concreto

Todos los manguitos, insertos, anclajes, tuberías, etc. que deban dejarse en el concreto serán colocados y fijados firmemente en su posición definitiva antes de iniciarse el llenado del mismo.

El personal que efectúe este trabajo, deberá recibir aviso con tiempo suficiente para impedir que se encuentren trabajando al momento de iniciarse la colocación del concreto.

La ubicación de todos los elementos se hará de acuerdo a lo indicado en los planos pertinentes y dentro de las limitaciones fijadas en ellos.

Todos los elementos que se dejen en el momento para el anclaje posterior de pernos u otros, serán rellenados con concreto de la misma clase del elemento en el cual se ha dejado el receso, con la adición de un aditivo plastificante expansivo del tipo interplastic C de SIKA o similar aprobado por la Supervisión.

5.16.5. Protección del concreto fresco, resanado de defectos superficiales

El concreto fresco debe ser protegido de la acción nociva de los rayos del sol, de viento seco en condiciones de evaporación alta, de golpes, vibraciones y otros factores que puedan afectar su integridad física o interferir con la fragua.

Todos los defectos superficiales reparables serán reparados inmediatamente después del desencofrado. La decisión de qué defectos superficiales pueden ser reparados y de qué áreas deben ser removidas será función exclusiva de la Supervisión la que deberá estar presente en todas las labores de desencofrado, no pudiendo efectuarse las mismas sin su aprobación expresa.

El procedimiento y materiales para el resane serán tales que aseguren la permanencia de la restitución de la capacidad estructural del elemento y de los recubrimientos de la armadura especificados.

El resane del concreto será decidido por el Supervisor de Obra inmediatamente después de haber desencofrado. En todo caso la responsabilidad final será del Contratista, al que podrá exigirse la remoción o demolición una vez efectuado el resane si el resultado final, a juicio exclusivo de la Supervisión, no es adecuado.

Mediciones:

La unidad de medición para esta partida será el kilogramo (Kg).

Bases de pago:

El pago de esta partida será de acuerdo al avance aprobado por el Supervisor de Obra en la correspondiente planilla de metrados.

El pago de este ítem constituirá compensación completa por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevistos y en general todo lo necesario para completar la partida (Consultoría de Proyectos Andinos, 2007).

CAPITULO VI: DISEÑO Y REPARACIÓN DE PILOTES

6.1. TRANSPORTE DE PILOTES

6.1.1. Identificación y marcas

“Los pilotes serán graduados con pintura mediante marca a cada metro, a partir de su base hasta los 2/3 de su longitud, después por divisiones cada 0.50 m, en los últimos 3 metros se marcarán cada 10 cm” (Consultoría de Proyectos Andinos, 2007, p. 15).

6.1.2. Transporte y almacenaje

Los pilotes serán izados, y transportados, mediante equipos y métodos que deberán ser definidos por el Contratista y sometido a la aprobación de la Supervisión de Obra.

Medición:

La unidad de medición para esta partida será la Unidad (Und).

Bases de pago:

El pago de esta partida será de acuerdo al avance aprobado por el Supervisor de Obra en la correspondiente planilla de metrados.

El pago de este ítem constituirá compensación completa por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevistos y en general todo lo necesario para completar la partida (Consultoría de Proyectos Andinos, 2007).

6.1.3. Colocación de plantilla

Los pilotes serán izados, y colocados en sitio, mediante equipos y métodos que deberán ser definidos por el Contratista y sometido a la aprobación de la Supervisión de Obra.

Medición:

La unidad de medición para esta partida será la Unidad (Und).

Bases de pago:

El pago de esta partida será de acuerdo al avance aprobado por el Supervisor de Obra en la correspondiente planilla de metrados. El pago de este ítem constituirá compensación completa por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes

sociales, materiales, equipo, imprevistos y en general todo lo necesario para completar la partida (Consultoría de Proyectos Andinos, 2007).

6.2. HINCADO DE PILOTES

Los pilotes deberán hincarse por percusión mediante martillo diésel. La hincada deberá proseguirse hasta obtener la penetración indicada en los planos.

Equipos para la hincada

El Contratista someterá a la aprobación de la Supervisión de Obra antes del inicio de las operaciones de hincada, detalles completos de todo el equipo y accesorios para la hincada (martillo, corredera, guías, grúas, etc.) así como detalle del procedimiento para el manipuleo de pilotes.

Las guías tendrán suficiente rigidez y arriostre para mantener el pilote en posición y alineamiento durante el hincado y hasta la colocación de las vigas.

El equipo de hincada y de manipuleo será aprobado por la Supervisión de Obra antes de iniciar las operaciones.

Los pilotes serán hincados por medio de un martillo a vapor, aire comprimido o diésel, con energía suficiente para hincar los pilotes, pero sin dañar por exceso de impacto.

Los martillos tendrán guías fijas que se extenderán hasta el punto más bajo que avance el martillo.

El Contratista proveerá cojinetes y almohadillas u otro material adecuado para distribuir el impacto del martillo en la cabeza del pilote. El Contratista someterá a la aprobación de la Supervisión de obra las características y dimensiones de estos elementos distribuidores del impacto.

En todos los casos el centro de impacto deberá coincidir con el eje del pilote (Consultoría de Proyectos Andinos, 2007).

Programa de Hincado:

El Contratista presentará a la Supervisión de Obras un listado precisando el detalle de cada pilote, los métodos y medios para el transporte y manipuleo, el avance y cronograma de ejecución.

Hincada de pilotes

Los pilotes serán hincados en las ubicaciones indicadas en los planos y en concordancia con el programa aprobado.

El proceso de hinca continuará hasta lograr el rechazo que determine la carga de servicio, en función del martillo que se use, la fórmula dinámica correspondiente al martillo que se use. Cada uno de los pilotes deberá ser hincado sin interrupción desde el primer golpe del martillo hasta obtener un rechazo aprobado y alcanzar la profundidad mínima especificada, cualquier cosa contraria a este requisito será permitida únicamente por causas imprevistas y previa autorización de la Supervisión de Obra.

La hincada no será detenida sino con autorización de la Supervisión de Obra.

Carga de servicio y control

Los pilotes serán hincados hasta la obtención del rechazo requerido para alcanzar la carga de servicio o hasta obtener la penetración mínima del terreno indicada en los planos.

El rechazo se medirá sobre 3 tandas de 10 golpes de martillo.

El rechazo de los pilotes será evaluado en función a su carga de servicios dada en los planos por la fórmula DELMAG con un coeficiente de seguridad igual a 2. Si el rechazo prescrito no es obtenido a la cota correspondiente a la profundidad mínima especificada, el Contratista deberá continuar el hincado hasta alcanzarlo. El contratista someterá a la supervisión de Obra cada día el parte completo de hinca de la jornada y todos los incidentes eventuales serán incluidos en el reporte (Consultoría de Proyectos Andinos, 2007).

Fórmula Delmag: La fórmula hinca a emplearse para martillos Delmag será:

$$W = \frac{ER}{(cL + S)(R + Q)}$$

En donde:

- W: Carga última previsible en el pilote, igual a dos veces la carga de trabajo prevista en los planos en ton.
- E: Energía por golpe correspondiente al martillo usado en Kg-m.
- R: Peso del pistón del martillo en Kg.
- c: Factor de elasticidad del pilote y suelo, 0.3 para pilotes de acero.
- L: Longitud del pilote a hincar en m.
- S: Penetración promedio por golpe permanente durante los 10 últimos golpes. en mm.

Q: Peso del pilote a hincar en Kg

Tolerancia de hincado

Los pilotes verticales se hincarán con una desviación no mayor de 1 cm. en 100 cm. y con una variación horizontal en la cabeza del pilote, no mayor de 10 cm. de penetración en los dos últimos metros del hincado hasta obtener el rechazo. Se comenzará a registrar el número de golpes cada 10 cm. tan pronto como se observe que la penetración del pilote se haga difícil.

Pilotes dañados

Los pilotes que resulten dañados, desubicados o hincados fuera de su alineamiento o tolerancias aceptables, serán cortados y abandonados para ser reemplazados por pilotes nuevos. Todo esto será según lo disponga la Supervisión de Obra y sin que ocasione gasto alguno al propietario.

Si a juicio de la Supervisión de Obra se encontrará que por fallas durante el proceso de hincado el pilote pudiera haber sido dañado y que como consecuencia se considere que no cumple con los requisitos exigidos, la Supervisión de obra podrá ordenar que sea removido según procedimiento aprobado para verificar su condición.

Medición

La unidad de medición para esta partida será la Unidad (Und).

Bases de pago

El pago de esta partida será de acuerdo al avance aprobado por el Supervisor de Obra en la correspondiente planilla de metrados.

El pago de este ítem constituirá compensación completa por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevistos y en general todo lo necesario para completar la partida (Consultoría de Proyectos Andinos, 2007).

6.3. DESCABEZADO DE PILOTES

Los pilotes serán descabezados manualmente y se cortarán con soplete de oxiacetileno o sierra para acero a los niveles indicados en los planos.

Medición

La unidad de medición para esta partida será la Unidad (Und).

Bases de pago

El pago de esta partida será de acuerdo al avance aprobado por el Supervisor de Obra en la correspondiente planilla de metrados. El pago de este ítem constituirá compensación completa por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevistos y en general todo lo necesario para completar la partida (Consultoría de Proyectos Andinos, 2007).

6.4. DEFENSAS DE ATRAQUE

Se trata reemplazar el sistema de defensas por otro similar en el frente de la plataforma a reconstruirse del muelle Marginal y en el perímetro de atraque del Muelle Espigón a repararse.

El sistema de atraque debe proporcionar condiciones de seguridad en la operación tanto para navíos como para las estructuras del puesto de atraque.

En cada 20 metros se montan cuatro defensas, que coincide con los ejes de dos bitas en el caso del Muelle Espigón, para el Muelle Marginal se realizará cada 15 metros y se montarán tres defensas.

Dicha superficie deberá ser suficiente para emplazar los elementos de goma y los elementos de fijación de las cadenas, que eventualmente pudiera requerir el sistema.

6.5. ELEMENTOS DE GOMA

Los elementos de goma, sean éstos individuales o compuestos, que absorben la energía de las embarcaciones en el atraque a través de su deformación, deberán ser de goma natural o sintética de alta calidad, teniendo suficiente resistencia y propiedades de resistencia al desgaste, envejecimiento, al clima y al uso, para cumplir todas las condiciones de servicio normal. El material deberá ser homogéneo, exento de defectos, como impurezas, poros, grietas, malformaciones, etc.

Medición

La unidad de medición para esta partida será la Unidad (Und).

Bases de pago

El pago de esta partida será de acuerdo al avance aprobado por el Supervisor de Obra en la correspondiente planilla de metrados.

El pago de este ítem constituirá compensación completa por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevistos y en general todo lo necesario para completar la partida (Consultoría de Proyectos Andinos, 2007).

6.6. BOLARDOS

Se trata del desmontaje y montaje de bitas y cornamusas existentes en el muelle Marginal.

El sistema de amarre debe proporcionar condiciones de seguridad en la operación tanto para los buques como para las estructuras del puesto de atraque.

6.6.1. Sistema de fijación de las bitas y cornamusas

La superficie disponible para el apoyo de los bolardos es de 1.00 metros en dirección paralela a la línea de frente, y de 1.00 metro en dirección perpendicular a la misma.

Dicha superficie de apoyo de las bitas y cornamusas será una superficie horizontal, limpia y lisa.

Las bitas y cornamusas deberán estar constituido por una placa de anclaje, de dimensión máxima igual a la de la superficie de apoyo, y por el elemento de toma de amarras propiamente dicho, que se debe fijar a la placa.

Para la fijación de la placa de anclaje se deberán prever los pernos, que serán presentados previos al hormigonado de la losa, y quedarán embebidos en el hormigón fresco. Posteriormente las bitas y cornamusas se fijarán a la placa con arandela y tuerca.

Medición:

La unidad de medición para esta partida será la Unidad (Und).

Bases de pago:

El pago de esta partida será de acuerdo al avance aprobado por el Supervisor de Obra en la correspondiente planilla de metrados.

El pago de este ítem constituirá compensación completa por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevistos y en

general todo lo necesario para completar la partida (Consultoría de Proyectos Andinos, 2007).

6.7. DISEÑO DEL MUELLE BASE NAVAL DE PAITA

6.7.1. Estructura

En la figura 6.1 muestra una descripción de los datos que se requiere para el diseño de un pilote

DATOS PARA DETERMINAR LA LONGITUD DEL PILOTE

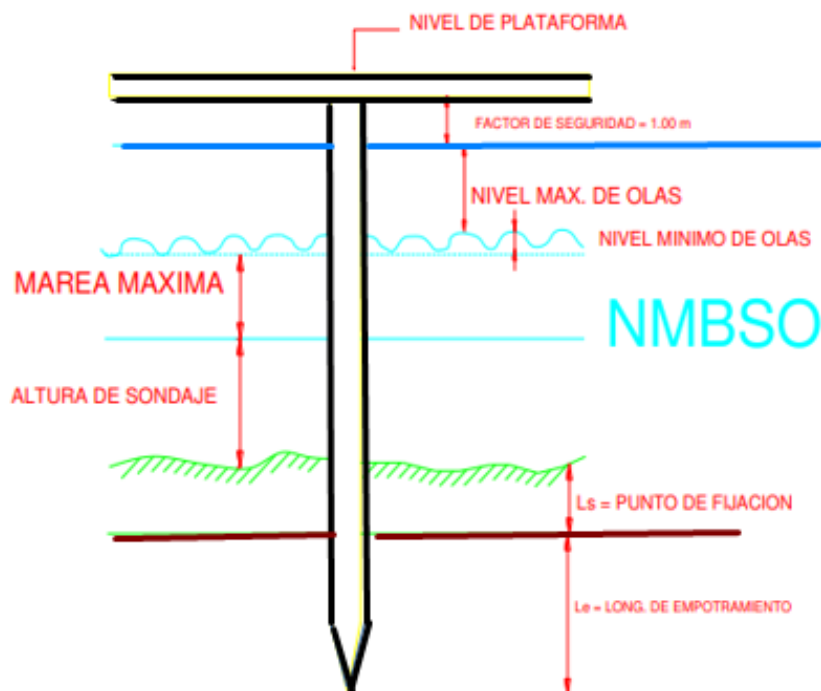
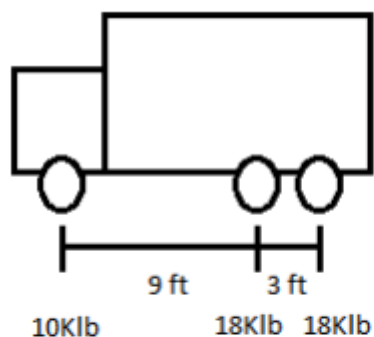


Figura 6.1 Datos necesarios para el Diseño de un Pilote

Se realizó la verificación de la resistencia de los elementos de acero usando el software SAP2000, el acero a utilizar es del tipo A-36, se consideró una carga viva de 500 kilogramos por metro cuadrado y el paso de 2 tipos de camiones de diseño (ver fig.6.2) con las siguientes características:

Camiones de Diseño. -

Camión 1:



Camión 2:

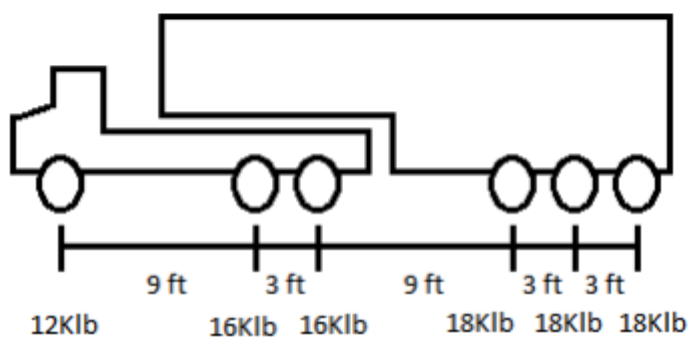


Figura 6.2 Camiones de Diseño

Fuente: Cesar Fuentes Ortiz (2013)

6.7.2. Muelle marginal

El muelle marginal conserva el diseño del muelle anterior, presenta las mismas características, de los elementos estructurales, ver fig.6.3 y fig.6.4

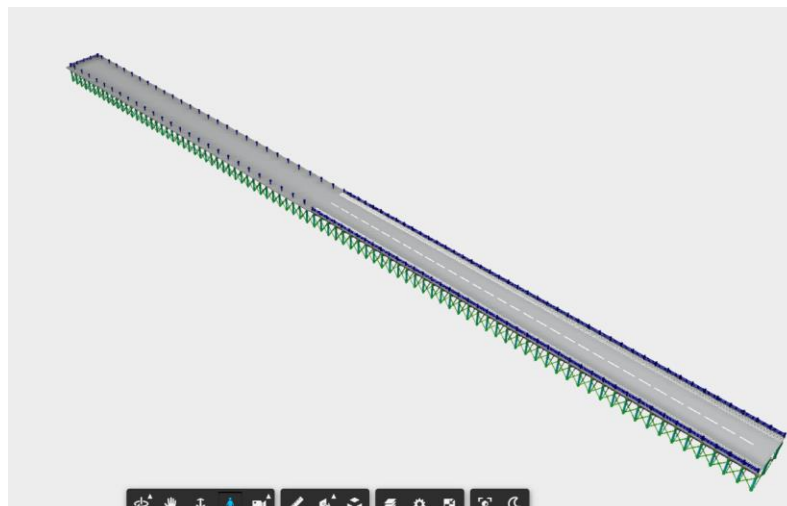


Figura 6.3 Perspectiva del Muelle Marginal

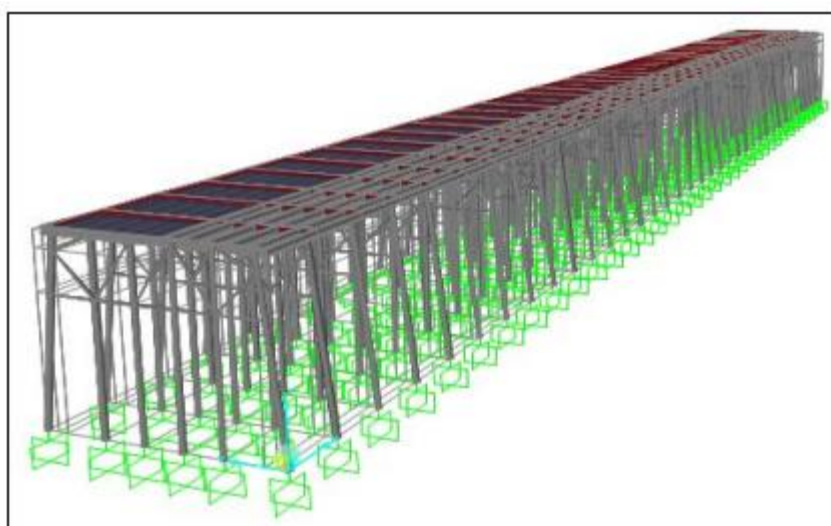


Figura 6.4 Vista Panorámica del Muelle Marginal con SAP 2000

Fuente: Cesar Fuentes Ortiz (2013)

Combinaciones de Cargas

- $1.20 D + 1.60 L$
- $1.25 D + 1.25 L + \text{SISMO X}$
- $1.25 D + 1.25 L + \text{SISMO Y}$

6.7.3. Elementos del muelle en el modelo

Todos los elementos corresponden a los mostrados en los planos, todos los elementos de acero corresponden al acero tipo A-36, los pilotes tienen un espesor de $\frac{1}{2}$ ", ver fig.6.5

6.7.4. Verificación del acero

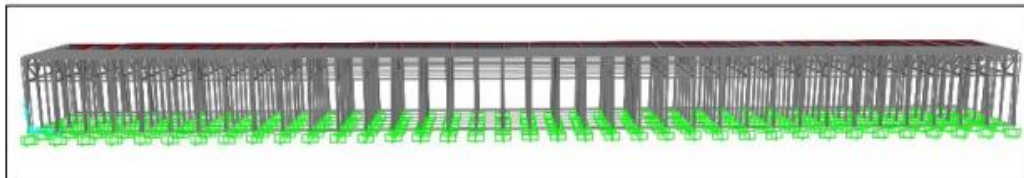


Figura 6.5 Grupo de Pilotes de Acero A-36

Fuente: Cesar Fuentes Ortiz (2013)

Del tramo A, se realizó la verificación del acero de acuerdo al LRFD 99, que se muestra a continuación en la fig.6.6

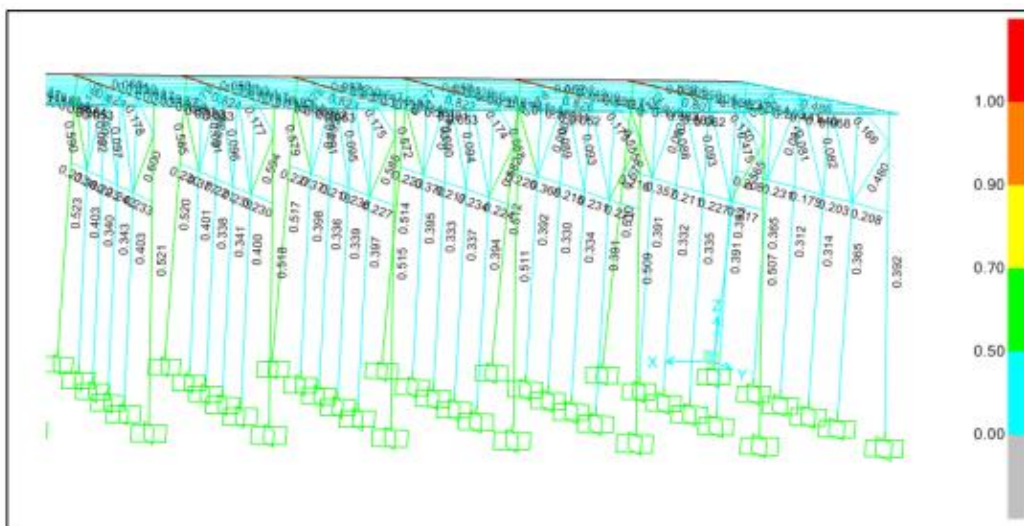


Figura 6.6 Calculo de Valores de las Cargas Aplicadas

Fuente: Cesar Fuentes Ortiz

Como los valores obtenidos son menores a la unidad, la estructura soporta las cargas aplicadas, por lo tanto, el diseño está realizado de manera adecuada.

6.8. REPARACIÓN DEL MUELLE BASE NAVAL DE PAITA

En el muelle de la base naval de Paita se cambiará pilotes deteriorados, arriostre en mal estado, losa deteriorada y restitución de defensas.

6.8.1. Muelle marginal

El proceso constructivo del muelle, después de realizar la demolición y eliminación del desmonte se procederá con la hinca de los pilotes, empezando de tierra hacia mar, se ubica el equipo de caída libre (martillo) entre dos ejes donde el peso de la maza varié entre 5 y 10 toneladas que es accionada mediante un proceso hidráulico de elevado rendimiento y control.

Para realizar la hinca empezando por el pilote de la izquierda y a continuación el de la derecha hasta que hasta alcanzar la profundidad del estrato resistente y después de los 10 golpes se origine el rechazo.

A continuación, se instalarán las vigas mediante soldadura para que el equipo de hinca continúe y logre alcanzar los 20m para los ejes transversales.

Mediante limpieza mecánica las vigas se proceden al mantenimiento con pintura anticorrosiva a continuación se seguirá con los trabajos de encofrado, acero y concreto f'c 280 kg/cm² para la losa de 0. 20m.de peralte.

Se tomará muestra de concreto para realizar los ensayos pertinentes. El curado de la losa se realizará durante 7 días.

Luego se procederá a la instalación de las bitas, cornamusas y las defensas en la línea de atraque del muelle.

6.8.2. Muelle espigón

El proceso constructivo del muelle, en la zona donde hay que sustituir un pilote se tiene que demoler la losa puntualmente donde se encuentra el pilote, posteriormente se desarticula el pilote de las vigas y pilote –arriostre.

Se procede con la extracción del pilote deteriorado para realizar la hinca del pilote nuevo, previa instalación de todos los accesorios para la ejecución de este trabajo.

Una vez hincado el pilote se procede a unir pilote-viga y pilote-arriostre. A continuación, se procede con el encofrado para restituir la losa. En el caso cuando hay que restituir un paño de losa deteriorada, después de realizar la demolición de la zona a reparar y eliminación del desmonte, se continúa con el encofrado, acero y concreto f'c 280 kg/cm² para restituir la losa de 0. 20m.de peralte.

Se tomará muestra de concreto para realizar los ensayos pertinentes. El curado de los paños de losa se realizará durante 7 días.

Después de culminar con la hincas de los pilotes, con la unión pilote-viga, pilote arriostre, reparación de la losa, limpieza mecánica de las vigas se procede al mantenimiento con pintura anticorrosiva.

Luego se procederá a la instalación de las defensas en todo el perímetro del muelle.

6.9. METRADOS

PARTIDA	UND.	METRADO
MUELLE MARGINAL		
Movilización y desmovilización	Gbl.	1
Construcciones provisionales	días	7
Transporte de material a obra	Viaje	20
Trazo y replanteo	m2	1.860
Guardianía de obra	mes	6
Demolición y eliminación	m2	2.156
Hincado de pilotes	und	96
Descabezado de pilotes	und	96
Desmontaje e instalación de vigas	kg	125.467
Instalación de arriostre	und	16
Concreto	m ³	410
Encofrado	m2	2.156
Acero para losa Ø 1/2" y 5/8"	Ton	86
Aditivo curador	m2	2.156
Pilotes Ø 14"	und	102
Tubo Ø 16" (protección de pilote)	und	102
Tubo arriostre Ø 8"	und	17
Pintura viga longitudinal	m2	2.214
Pintura viga transversal	m2	622
Pintura pilotes Ø 14"	m2	1.658
Pintura tubo Ø 16"	m2	726
Pintura arriostre Ø 8"	m2	362
Protección del muelle (llantas)	und	11
Bitas y cornamusas	und	6
Protección catódica	und	34

PARTIDA	UND.	METRADO
MUELLE ESPIGON		
Demolición y eliminación	m2	855
Hincado de pilotes	und	21
Descabezado de pilotes	und	21
Instalación de arriostre	und	18
Concreto	m³	167
Encofrado	m2	855
Acero para reparar losa Ø 1/2" y 5/8"	Ton	28
Aditivo curador	m2	855
Pilotes Ø 18"	und	21
Tubo Ø 20" (protección de pilote)	und	21
Tubo arriostre Ø 8"	und	18
Pintura viga longitudinal	m2	5.258
Pintura viga transversal	m2	1.354
Pintura pilotes Ø 18"	m2	2.417
Pintura tubo Ø 20"	m2	2.204
Pintura arriostre Ø 8"	m2	901
Protección catódica	und	74
Protección del muelle (llantas)	und	65
Viga longitudinal desmontaje	kg	51.060
Viga longitudinal suministro y montaje	kg	51.060

6.10. PRESUPUESTO DE OBRA

Presupuesto Resumen

Obra: Reparación Del Muelle Base Naval De Paita

Fecha :10/11/2013

Moneda: Nuevos Soles

Muelle Marginal	6.038.352,45
Muelle Espigón	3.905.321,90
Costo Directo	9.943.674,35
Gastos Generales (15%)	1.491.551,15
Utilidad (10%)	994.367,44
Sub Total	12.429.592,94
IGV (18%)	1.789.861,38
Presupuesto Total	14.219.454,32

MAQUINARIA Y EQUIPO

Obra REPARACION DEL MUELLE BASE NAVAL DE PAITA
Fecha 10/11/2013
Moneda NUEVOS SOLES

Mano de Obra	Unidad	Precio
Operador de Equipo liviano	hh	16,60
Capataz	hh	20,00
Operario	hh	17,27
Oficial	hh	14,65
Topógrafo	hh	20,00
Personal de mantenimiento	mes	1.500,00
Maniobrista	hh	16,60
Buzo	hh	100,00
Materiales		
Acero corrugado	kg	4,15
Alambre negro	kg	3,80
Madera Nacional p/encofrado	P2	4,90
Clavos C/C 3/4", 2", 3" y 4"	Kg	4,35
Concreto premezclado de 280 Kg/cm2	m3	350,00
Aditivo Curador	gl	33,00
Tubo Ø 8"	und	26.027,36
Tubo Ø 14"	und	16.157,52
Tubo Ø 16"	und	6.770,28
Tubo Ø 18"	und	27.440,18
Tubo Ø 20"	und	8.462,62
Vigas 21WF62	kg	11,20
Pintura Anticorrosiva	m2	39,72
Protección catódica	und	1.300,00
Defensas	und	6.500,00
Movilización	gbl	6.000,00
Transportes de materiales a obra	viaje	5.000,00

Equipos y herramientas

Guía de hincado	hm	50,00
Martillo neumático	hm	150,00
Cargador retroexcavador	hm	180,00
Volquete de 12m3	hm	136,27
Grúa de dos llantas 35 Ton	hm	410,00
Martillo hinca pilotes	hm	150,00
Camión Cisterna (Agua)	hm	136,27
Herramientas Manuales	%MO	0,44
Teodolito	día	79,60
Jalones	und	6,08
Mira	und	7,84
Vibrador de 3/4"-2" concreto	hm	5,45

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

Obra REPARACION DEL MUELLE BASE NAVAL DE PAITA
Fecha 10/11/2013
Moneda NUEVOS SOLES

Partida	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO				
Rendimiento	1,000	GLB/DIA	Costo Unitario directo por: GLB		6.000,00
Descripción de Insumo					
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Materiales					
Flete	GLB		1,0000	6.000,00	6.000,00
					6.000,00

Partida	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES					
Rendimiento	1,000	GLB/DIA	Costo Unitario directo por: GLB			630,00
Descripción de Insumo						
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra						
Mano de obra	EST		0,5000	750,00	375,00	
					375,00	
Materiales						
Madera Nacional	GLB		30,0000	8,50	255,00	
					255,00	

Partida	TRANSPORTE DE MATERIAL A OBRA					
Rendimiento	1,000	GLB/UND	Costo Unitario directo por: GLB			100.000,00
Descripción de Insumo						
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Materiales						
Flete	GLB		20,0000	5.000,00	100.000,00	
					100.000,00	

Partida	TRAZO Y REPLANTEO					
Rendimiento	500,000	M2/DIA	Costo Unitario directo por: M2			1,31
Descripción de Insumo						
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra						
Topógrafo	HH	1,00	0,0160	20,00	0,32	
Oficial	HH	1,00	0,0160	14,65	0,23	
					0,55	
Materiales						
Teodolito	dia		0,0080	79,60	0,64	
					0,64	
Equipos y herramientas						
Herramientas Manuales	%MO		2,0000	0,55	0,01	
Jalones	und	2,00	0,0040	6,08	0,05	
Mira	und	2,00	0,0040	7,84	0,06	
					0,12	

Partida		GUARDIANÍA DE OBRA			
Rendimiento	1,000	GLB/MES	Costo Unitario directo por: GLB		850,00
Descripción de Insumo					
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
Mano de obra	EST	1,00	1,0000	850,00	850,00
					850,00

Partida		DEMOLICION Y ELIMINACION				
Rendimiento	47,911	m2 /Día	Costo Unitario directo por: GLB			500,00
Descripción de Insumo						
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Sub contrato						
SC Demolición y eliminación	m2		1,0000	500,00	500,00	
					500,00	

Partida	ACERO				
Rendimiento	0,26 ton/día		Costo Unitario directo por: día		7.000,00
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
Capataz	hh		0,1	0,8000	20,00
Operario	hh		1	8,0000	17,27
Oficial	hh		1	8,0000	14,65
					117,20
Materiales					
Alambre negro N°16	kg			600	3,80
Acero Corrugado Gr60	kg			1070	4,15
					4440,50
Equipos					
Herramientas manuales	%MO			3	271,36
					8,14

Partida	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA LOSA				
Rendimiento	10,000	M2/DIA	Costo Unitario directo por: M2		53,25
Descripción de Insumo					
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
Capataz	HH	0,10	0,0800	20,00	1,60
Operario	HH	1,00	0,8000	17,27	13,82
Oficial	HH	1,00	0,8000	14,65	11,72
					27,14
Materiales					
Alambre negro N°16	kg		0,2600	3,80	0,99
Clavos C/C 3/4", 2", 3"y 4"	Kg		0,1300	4,35	0,57
Madera Nacional p/encofrado	P2		4,8300	4,90	23,67
					25,22
Equipos y herramientas					
Herramientas Manuales	%MO		3,0000	27,14	0,81
					0,81
Sub-Partida					
Desencofrado	m2		1,0000	8,02	0,08
					0,08

Partida	CONCRETO f' c=280 kg/cm2				
Rendimiento	15,000	M3/DIA	Costo Unitario directo por: M3		403,43
Descripción de Insumo					
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
Capataz	HH	1,00	0,5333	20,00	10,67
Operario	HH	2,00	1,0667	17,27	18,42
Oficial	HH	2,00	1,0667	14,65	15,63
Peón	HH	2,00	1,0667	13,19	14,07
					48,12
Materiales					
Concreto premezclado de 280 Kg/cm2 m3			1,0000	350,00	350,00
					350,00
Equipos y herramientas					
Herramientas Manuales	%MO		5,0000	48,12	2,41
Vibrador de 3/4"-2" concreto	HM	1,00	0,5333	5,45	2,91
					5,31

Partida	CURADO DE LOSA DE CONCRETO				
Rendimiento	200,000	M2/DIA	Costo Unitario directo por: M2		2,34
Descripción de Insumo					
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
Capataz	HH	0,10	0,0040	20,00	0,08
Oficial	HH	1,00	0,0400	14,65	0,59
					0,67
Materiales					
Aditivo curador	gl		0,0500	33,00	1,65
					1,65
Equipos y herramientas					
Herramientas Manuales	%MO		3,0000	0,67	0,02
					0,02

Partida	SUMINISTRO y PREPARACION DE PILOTES Ø 14" Acero SCH 60				
Rendimiento	und /Día	Costo Unitario directo por: und			16.157,52
Descripción de Insumo					
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Sub contrato Suministro					
SC Suministro	m		1,0000	14.957,52	14.957,52
					14.957,52
Sub contrato Preparacion					
SC preparación	m		1,0000	1.200,00	1.200,00
					1.200,00

Partida	SUMINISTRO e INSTALACION TUBO Ø 16" Acero SCH 60				
Rendimiento	und/Día	Costo Unitario directo por: und			
					6.770,28
Descripción de Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Sub contrato Suministro					
SC Suministro	m		1,0000	6.170,28	6.170,28
					6.170,28
Sub contrato Instalación					
SC Instalación	m		1,0000	600,00	600,00
					600,00

Partida	SUMINISTRO y PREPARACION DE PILOTES Ø 18" Acero SCH 60				
Rendimiento	und /Día	Costo Unitario directo por: und			
					27.440,18
Descripción de Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Sub contrato Suministro					
SC Suministro	m		1,0000	26.240,18	26.240,18
					26.240,18
Sub contrato Preparación					
SC Preparación	m		1,0000	1.200,00	1.200,00
					1.200,00

Partida	SUMINISTRO e INSTALACION DE TUBO Ø 20" Acero SCH 60				
Rendimiento	und /Día	Costo Unitario directo por: und			
					8.462,62
Descripción de Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Sub contrato Suministro					
SC Suministro	m		1,0000	7.762,62	7.762,62
					7.762,62
Sub contrato Instalación					
SC Instalación	m		1,0000	700,00	700,00
					700,00

Partida	DESCABESADO DE PILOTES				
Rendimiento	4,000 und/DÍA	Costo Unitario directo por: und			
					132,88
Descripción de Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
Capataz	HH	0,10	0,2000	17,89	3,58
Oficial	HH	1,00	2,0000	14,65	29,30
					32,88
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		4,0000	25,00	100,00
					100,00

Partida	SUMINISTRO e INSTALACION DE ARRIOSTRE Ø 8" Acero SCH 60					
Rendimiento	und /Día				Costo Unitario directo por: und	26.027,36
Descripción de Insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Sub contrato Suministro						
SC Suministro		m		1,0000	25.427,36	25.427,36
						25.427,36
Sub contrato Instalación						
SC Instalación		m		1,0000	600,00	600,00
						600,00

Partida	SUMINISTRO e INSTALACION DE VIGAS WF21x62					
Rendimiento	kg /Día					Costo Unitario directo por: m 11,20
Descripción de Insumo						
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Sub contrato Suministro						
SC Suministro	kg		1,0000	8,40	8,40	
					8,40	
Sub contrato Instalación						
SC Instalación	kg		1,0000	2,80	2,80	
					2,80	

Partida	DESMONTAJE y MONTAJE DE VIGAS WF21x62					
Rendimiento	kg /Día					Costo Unitario directo por: m 4,20
Descripción de Insumo						
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Sub contrato Suministro						
SC desmontaje	kg		1,0000	1,40	1,40	
					1,40	
Sub contrato Instalación						
SC montaje	kg		1,0000	2,80	2,80	
					2,80	

Partida	SUMINISTRO y PINTURA PARA VIGAS WF21x62				
Rendimiento	20,000	m2 /Día	Costo Unitario directo por: m2		39,72
Descripción de Insumo					
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
Capataz	HH	0,10	0,0400	20,00	0,80
Operario	HH	1,00	0,4000	17,27	6,91
Oficial	HH	1,00	0,4000	14,65	5,86
					13,57
Materiales					
Pintura	m2		1,0000	23,00	23,00
					23,00
Equipos y herramientas					
Herramientas Manuales	%MO		5,0000	13,57	0,68
Compresor	HM	1,00	0,4000	6,18	2,47
					3,15

Partida	SUMINISTRO y PINTURA PARA PILOTES				
Rendimiento	20,000	m2 /Día	Costo Unitario directo por: m2		39,72
Descripción de Insumo					
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
Capataz	HH	0,10	0,0400	20,00	0,80
Operario	HH	1,00	0,4000	17,27	6,91
Oficial	HH	1,00	0,4000	14,65	5,86
					13,57
Materiales					
Pintura	m2		1,0000	23,00	23,00
					23,00
Equipos y herramientas					
Herramientas Manuales	%MO		5,0000	13,57	0,68
Compresor	HM	1,00	0,4000	6,18	2,47
					3,15

Partida	SUMINISTRO e INSTALACION DE PROTECCION CATODICA				
Rendimiento	47,911	und /Día	Costo Unitario directo por: und		2.650,00
Descripción de Insumo					
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Sub contrato Suministro					
SC Suministro	und		1,0000	1.200,00	1.200,00
					1.200,00
Sub contrato Instalación					
SC Instalación	und		1,0000	1.450,00	1.450,00
					1.450,00

Partida	SUMINISTRO e INSTALACION DE BOLARDOS 150 Ton.				
Rendimiento	47,911	und /Día	Costo Unitario directo por: und		20.000,00
Descripción de Insumo					
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Sub contrato Suministro					
SC Suministro	und		1,0000	15.000,00	15.000,00
					15.000,00
Sub contrato Instalación					
SC Instalación	und		1,0000	5.000,00	5.000,00
					5.000,00

Partida	SUMINISTRO e INSTALACION DE DEFENSAS				
Rendimiento	47,911	und /Día	Costo Unitario directo por: und		6.500,00
Descripción de Insumo					
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Sub contrato Suministro					
SC Suministro	und		1,0000	5.000,00	5.000,00
					5.000,00
Sub contrato Instalación					
SC Instalación y accesorios	und		1,0000	1.500,00	1.500,00
					1.500,00

Partida	DESMONTAJE y MONTAJE DE BITAS y CORNAMUSAS				
Rendimiento	47,911	und /Día	Costo Unitario directo por: und		2.000,00
Descripción de Insumo					
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Sub contrato Suministro					
SC Suministro	und		1,0000	1.000,00	1.000,00
					1.000,00
Sub contrato Instalación					
SC Instalación y accesorios	und		1,0000	1.000,00	1.000,00
					1.000,00

Partida	SUMINISTRO e INSTALACION DE POTECCION CATODICA DE SKG				
Rendimiento	47,911	und /Día	Costo Unitario directo por: und		1.300,00
Descripción de Insumo					
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Sub contrato Suministro					
SC Suministro	und		1,0000	950,00	950,00
					950,00
Sub contrato Instalación					
SC Instalación y accesorios	und		1,0000	350,00	350,00
					350,00

Obra REPARACION DEL MUELLE BASE NAVAL DE PAITA
Fecha 10/11/2013
Moneda NUEVOS SOLES

PRESUPUESTO

PARTIDA	UND.	METRADO	Precio S/.	Parcial S/.
MUELLE MARGINAL				
Movilización y desmovilización	Gbl.	1	30.000,00	30.000,00
Construcciones provisionales	días	7	630,00	4.410,00
Transporte de material a obra	Viaje	20	5.000,00	100.000,00
Trazo y replanteo	m2	1.860	1,31	2.437,12
Guardianía de obra	mes	6	850,00	5.100,00
Demolición y eliminación	m2	2.156	500,00	1.078.000,00
Hincado de pilotes	und	96	2.500,00	240.000,00
Descabezado de pilotes	und	96	132,88	12.756,48
Desmontaje e instalación de vigas	kg	125.467	4,20	526.960,73
Instalación de arriostre	und	16	600,00	9.600,00
Concreto	m³	410	403,43	165.208,62
Encofrado	m2	2.156	53,39	115.108,84
Acero para losa Ø 1/2" y 5/8"	Ton	86	7.169,50	613.207,34
Aditivo curador	m2	2.156	2,34	5.045,04
Pilotes Ø 14"	und	102	16.157,52	1.648.067,04
Tubo Ø 16" (protección de pilote)	und	102	6.770,28	690.568,56
Tubo arriostre Ø 8"	und	17	26.027,36	442.465,12
Pintura viga longitudinal	m2	2.214	39,72	87.945,45
Pintura viga transversal	m2	622	39,72	24.713,78
Pintura pilotes Ø 14"	m2	1.658	39,72	65.852,58
Pintura tubo Ø 16"	m2	726	39,72	28.827,19
Pintura arriostre Ø 8"	m2	362	39,72	14.378,56
Protección del muelle (llantas)	und	11	6.500,00	71.500,00
Bitas y cornamusas	und	6	2.000,00	12.000,00
Protección catódica	und	34	1.300,00	44.200,00
Costo Directo				6.038.352,45
Gastos Generales (15%)				905.752,87
Utilidad 10%				603.835,25
Sub Total				7.547.940,57
I.G.V. (18%)				1.086.903,44
PRESUPUESTO TOTAL S				8.634.844,01

Obra REPARACION DEL MUELLE BASE NAVAL DE PAITA
Fecha 10/11/2013
Moneda NUEVOS SOLES

PRESUPUESTO

PARTIDA	UND.	METRADO	Precio S/.	Parcial S/.
MUELLE ESPIGON				
Demolición y eliminación	m2	855	770,00	658.196,00
Hincado de pilotes	und	21	2.600,00	54.600,00
Descabezado de pilotes	und	21	132,88	2.790,48
Instalación de arriostre	und	18	600,00	10.800,00
Concreto	m³	167	403,43	67.456,72
Encofrado	m2	855	53,39	45.637,77
Acero para reparar losa Ø 1/2" y 5/8"	Ton	28	7.169,50	197.366,49
Aditivo curador	m2	855	2,34	2.000,23
Pilotes Ø 18"	und	21	27.440,18	576.243,78
Tubo Ø 20" (protección de pilote)	und	21	8.462,62	177.715,02
Tubo arriostre Ø 8"	und	18	26.027,36	468.492,48
Pintura viga longitudinal	m2	5.258	39,72	208.831,47
Pintura viga transversal	m2	1.354	39,72	53.788,82
Pintura pilotes Ø 18"	m2	2.417	39,72	96.008,17
Pintura tubo Ø 20"	m2	2.204	39,72	87.554,00
Pintura arriostre Ø 8"	m2	901	39,72	35.784,46
Protección catódica	und	74	1.300,00	96.200,00
Protección del muelle (llantas)	und	65	6.500,00	422.500,00
Viga longitudinal desmontaje	kg	51.060	1,40	71.484,00
Viga longitudinal suministro y montaje	kg	51.060	11,20	571.872,00
Costo Directo				3.905.321,90
Gastos Generales (15%)				585.798,29
Utilidad 10%				390.532,19
Sub Total				4.881.652,38
I.G.V. (18%)				702.957,94
PRESUPUESTO TOTAL S				5.584.610,32

RESUMEN DE PROGRAMACION DE OBRA

	M1				M2				M3				M4				M5				M6				Meses	
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2
Muelle Marginal																										
Movil., Const. Prov., Trazo y Replanteo																										
Demolicion y Eliminacion																										
Fabricacion en Taller																										
Hinca de Pilotes, instalacion de vigas																										
Encofrado, acero, concreto y curado																										
Instalación Defensas y limpieza de obra																										

RESUMEN DE PROGRAMACION DE OBRA

	M1				M2				M3				M4				M5				M6				Meses
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
Muelle Espigón																									
Movil., Const. Prov., Trazo y Replanteo																									
Demolicion y Eliminacion																									
Fabricacion en Taller																									
Hinca de Pilotes, instalacion de vigas																									
Encofrado, acero, concreto y curado																									
Instalación Defensas y limpieza de obra																									

CONCLUSIONES

- En el diseño de un muelle es necesario tener conocimiento de la profundidad del alto Bordo, mediano Bordo y bajo Bordo.
- Todos los pilotes y vigas utilizados en la reparación del muelle de Paíta son de material de acero, resistente a la corrosión.
- Para la realización de un diagnóstico de daños se debe seguir un procedimiento establecido denominado algoritmo de procedimientos de inspección.
- En la zona de Splash de alta y baja marea, son las zonas más vulnerables en un muelle que se debe inspeccionar para una reparación.
- Las vigas se protegieron con pintura anticorrosiva.
- Para la protección de los muelles marginal y Espigón ante la corrosión, se colocó dos ánodos de zinc en cada eje longitudinal (protección catódica)
- Para el caso de reparación de muelles, es necesario contar con un plan de seguridad en obra, que identifique los riesgos y peligros existentes en todo el desarrollo laboral, afín de salvaguardar la integridad física y emocional del personal trabajador.
- Es muy importante reemplazar el sistema de defensa de atraque, por la constante exposición a la fuerza de impacto de la nave marítima
- Las losas en un proyecto de este tipo suelen fisurarse porque en su diseño no se han considerado juntas de construcción, o también por que la cuantía de acero no es la adecuada para cubrir las grandes luces que se tienen (más de 50 metros).

- Todos los elementos para el anclaje de pernos u otros, serán rellenados con concreto de la misma clase del elemento, con la adición de un aditivo plastificante expansivo del tipo interplastic C de Sika o similar aprobado por la Supervisión.
- Otra de las causas comunes del porqué se originan las fisuras y grietas en las losas de concreto es la falta de experiencia del diseñador o error en los cálculos, así como también el no seguir un correcto procedimiento constructivo adecuado. En el tema del concreto, durante el vaciado seguir una secuencia de vaciado es vital.
- También aparecen fisuras en el concreto porque durante el diseño o la etapa constructiva no se sigue lo que señalan las normas y se incumplen las especificaciones técnicas del proyecto, poniendo en riesgo la calidad y la durabilidad de las estructuras marítimas.
- En el diseño de grupos de pilotes, es muy importante el cálculo comparativo entre diversos métodos de cálculo como el SAP 2000, Geo 5, all pile y el staad pro, para tomar una mejor alternativa de solución para una reparación de un muelle marítimo.
- En el país faltan muchos estudios sobre los costos por la mala calidad en las obras de construcción. Faltan estudios e indicadores que muestren cuánto se gasta (sobrecostos) por reparaciones, reforzamientos y posteriores rehabilitaciones por aparición de fallas en los elementos estructurales de un muelle marítimo. Hay mucho que trabajar sobre este tema a nivel académico.
- Se verificó que, en los pilotes de acero, vigas de acero y la losa de concreto armado puede sufrir diversas patologías entre estas la presencia de agua a la que está expuesto todos los años provocando la corrosión en los metales que debilitan a los elementos estructurales que ocasionan el colapso, los cuales se aplicarán para su reparación metodologías que se han presentado en esta investigación.

- Se concluye que las distintas metodologías presentadas en el procedimiento de reparación de un muelle marítimo contribuirán positivamente a la elaboración de futuros estudios complementarios los cuales serán determinantes para la elaboración de nuevas metodologías.

RECOMENDACIONES

- Antes de iniciar cualquier reparación de muelles marítimos se debe proceder a una inspección ocular de la zona afectada, en algunos casos se debe elaborar una ficha de inspección de campo para hacer un inventario de su estado actual del muelle.
- Los métodos más adecuados de reparación de muelles van a depender de la ubicación, el tipo de material y el uso destinado.
- Previamente al reparar un muelle, se debe identificar y corregir la causa que la originó. Se recomienda la participación de especialistas en reparaciones y reforzamiento de elementos estructurales.
- Después de la reparación, es recomendable realizar el monitoreo periódico de los diversos elementos que componen el muelle marítimo, para conocer si es que vuelve a presentarse y tal vez se deba a un problema mucho mayor que pueda afectar a la totalidad de la estructura del muelle marítimo.
- Se recomienda prestar especial atención en la fase de diseño a la correcta elección de los materiales, y a realizar los cálculos correctos en la etapa de ingeniería; ya que es aquí donde se producen las mayores causas de problemas en las estructuras de concreto.
- Se recomienda no abaratar costos, invertir en medidas de prevención y supervisión de las obras para evitar o reducir la cantidad de fallas que puedan existir en una obra marítima.
- Se recomienda que en cada proyecto se tengan registros de las fallas que se producen y sus causas. Así como también se tenga registrado lo que cuesta reparar esas fallas, para así tener indicadores en los proyectos públicos y privados en el país, de tal manera de conocer cuánto es que se pierde por mala calidad, por trabajos defectuosos en la etapa de ingeniería y en la misma ejecución. Muchos contratistas pretenden siempre de

disminuir la calidad de los trabajos y posteriormente el cliente tiene que asumir estos gastos de reparación del muelle marítimo

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

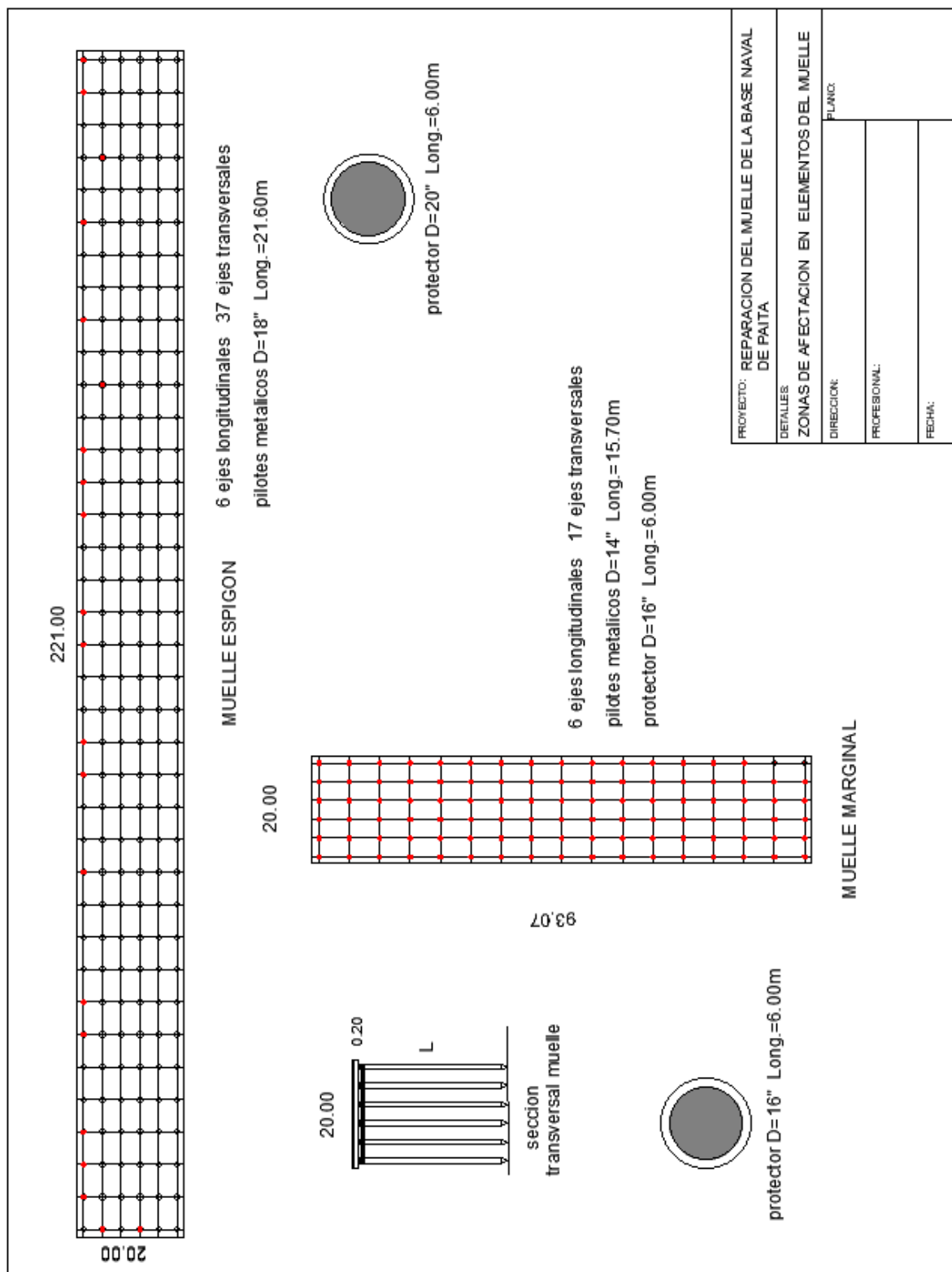
- Aliaga, G., y Castillo, C. (2009). Aspectos relevantes de cimentación con pilotes y proceso constructivo de muelle artesanal [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/273552>
- Alvarado, K. J. (2015). Inspección y evaluación de las patologías en las estructuras de concreto armado del muelle de Yacila –Paita - Piura, septiembre 2015 [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Los Ángeles Chimbote]. Repositorio Institucional ULADECH. https://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/1436/MUELLE_PATOLOGIAS_ALVARADO_RUESTA_KEVIN_JOSUE.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- American Concrete Institute. (1995). Building Code Requirements For Structural Concrete (ACI-318-95) and Commentary (ACI-318R-95). Farmington Hills. https://myyardimci.weebly.com/uploads/1/6/3/4/16347790/building_design_code_english.pdf
- American Petroleum Institute. (2014). Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms- Working Stress Design (22.^a ed.). API Publishing Services. https://tajhizkala.ir/doc/API/API_RP_2A_WSD_22nd_Ed_Nov_2014_Planning.pdf
- Brunet, S. J. (2012). Comportamiento sísmico de estructuras de puerto [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica de Chile]. Repositorio Institucional UC. <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/1757>
- Consultoría de Proyectos Andinos. (2007). Viga Carril Lado Tierra Amarradero 5A Y 5B del Terminal Portuario del Callao. Especificaciones Técnicas. Seace.gob.pe: https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fdocs.seace.gob.pe%2Fmon%2Fdocs%2Fprocesos%2F2007%2F002426%2F000799_LP-3-2007-ENAPU%2520S_A__TP%2520CALLAO-BASES.doc&wdOrigin=BROWSELINK
- Ez Dock. (17 de 09 de 2020). ¿Cómo funciona un muelle flotante? <https://www.ez-dock.com/es/blog/how-does-floating-dock-work/>

- Fuentes, C. (2013). Expediente Técnico del Proyecto de Reparación del Muelle de la Base Naval de Paita.
- Gonzales, G. A. (2021). Propuesta de diseño para un Muelle de Servicio y Atraque para el Terminal de Quinteros. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Federico Santa María]. Repositorio Institucional USM. <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/50450/m18746820-5.pdf?sequence=1>
- Ibáñez, L. O. (2020). Revisión reestructural de estructuras portuarias [Tesis de doctorado, Universidad Central Marta Breu de las Villas]. Repositorio Digital Researchgate. https://www.researchgate.net/publication/338659305_Revision_REstructu ral_de_Estructuras_portuarias
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones aprobado mediante Decreto Supremo N° 011-2006-Vivienda. <https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y-urbanismo/documentos/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>
- Ora, H. (2008). Reparación General del Muelle Industrial de Southern Copper Corporación de la Ciudad de Ilo [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/c189ba39-d513-474b-bb95-09ba1db9e972>
- Tomlinson, M., & Woodward, J. (2008). Pile Design and Construction Practice. (5.^a ed.). Taylor & Francis Group. <https://menglim498.files.wordpress.com/2013/04/pile-design-and-construction.pdf>
- Trub, U. (1977). Superficies de Hormigón Visto. Editores Técnicos Asociados. <https://books.google.com.pe/books?id=1Tn7S0Z0NpUC&pg=PA21&dq=Superficies+de+hormig%C3%B3n+visto&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewi3i4ejlPTLAhWLIR4KHRY%02DyUQ6AEIGjAA#v=onepage&q&f=false>

ANEXOS

- ANEXO A: Planos de elementos afectados
- ANEXO B: Guía para la reparación de muelles
- ANEXO C: Norma ACI 224 extracto

ANEXO A: Planos de elementos afectados



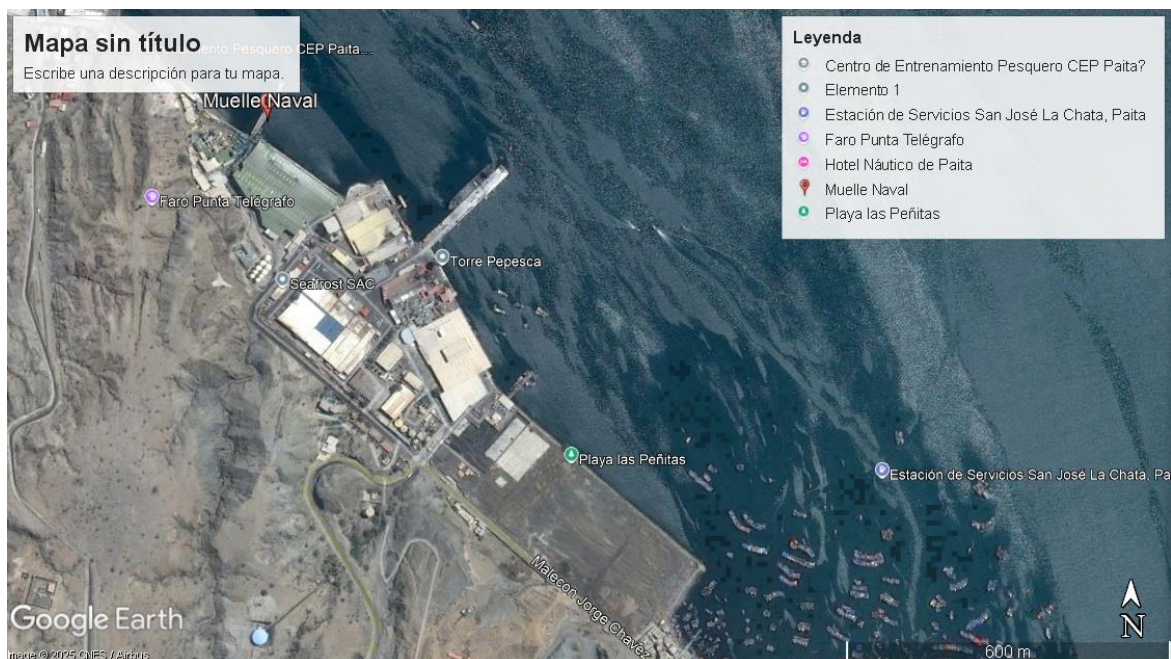


Foto de ubicación del muelle marítimo de la base Naval de Paqueta

Fuente: Google Earth fecha 04-02-2013



Supervisión en los trabajos de muelles marítimos de Paqueta

ANEXO B: Guía para la reparación de muelles

AÑO 2016



NP
Notas Técnicas de Prevención

1.076

Muelles de carga y descarga: seguridad

*Loading docks: safety
Quais de chargement et déchargement: sécurité*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad
e Higiene en el Trabajo (INSHT)

Elaborado por:

José M^º Tamborero del Pino
CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO. INSHT

Ignacio Bellota
ASA Fermetures

Josep Casanova Mancera
CONSTRUCCIONES METÁLICAS CASANOVA S.A.

Noemí Yepes Massaguer
SYSTEM BLOCK S.L.

Esta NTP sustituye a la NTP 985 del mismo título e introduce nuevos sistemas de seguridad aparecidos en los últimos años que mejoran la seguridad de todos los trabajadores implicados en las operaciones de aproximación y estacionamiento de los vehículos de transporte a los muelles de carga y descarga.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

El movimiento de mercancías entre los vehículos de carga y los almacenes de las empresas se realiza habitualmente mediante los muelles de carga y descarga. En estas operaciones, los operarios de los muelles y los conductores de los vehículos de carga y de transporte pueden verse sometidos a riesgos de diverso origen y gravedad.

En esta NTP se recogen las características técnicas que deben reunir los muelles, los riesgos y factores de riesgo y las medidas de prevención y protección correspondientes para eliminar o limitar los riesgos descritos.

2. DEFINICIONES

Los muelles de carga y descarga son unos equipamientos industriales diseñados para facilitar el trasiego de materiales entre naves industriales y vehículos de transporte de mercancías. (Véase la figura 1).

Los elementos más importantes de los muelles de carga son:

- **Abrigos:** Elementos contruidos habitualmente con materiales flexibles, que rodean la caja del vehículo aislando el hueco de carga del ambiente exterior impidiendo la entrada de aire, polvo, agua, etc.
- **Rampa nivelable:** Dispositivo fijo o móvil destinado a cubrir el espacio entre un muelle de carga o zonas similares de carga y la superficie de carga de un vehículo que pueden estar a diferentes niveles. Habitualmente está formada por una plataforma abisagrada en su extremo posterior, que se eleva mediante un sistema mecánico (normalmente hidráulico) hasta la altura de la caja del camión. En el extremo anterior dispone de

un labio articulado o telescópico que se apoya sobre el suelo de la caja del vehículo.

- **Topes:** Elementos amortiguadores que impiden que el camión golpee contra la rampa o sus elementos y absorben en parte el posible impacto del camión contra la obra civil.
- **Puertas:** Sirven para cerrar el acceso a los almacenes. Dependiendo de las características del lugar, los tipos de puerta más empleadas en muelles de carga son las puertas seccionales y las enrollables.
- **Puertas seccionales:** Son puertas rígidas de desplazamiento vertical. La hoja de cierre está formada por una serie de paneles (secciones), normalmente fabricados con un sándwich de chapa de acero y espuma de poliuretano, unidos entre ellos mediante bisagras y que se desplaza hacia el techo mediante unas guías laterales. Normalmente el peso de la hoja se compensa mediante un resorte de torsión y pueden ser automatizadas mediante motores en el propio eje.
- **Puertas enrollables:** Son puertas rígidas de desplazamiento vertical. La hoja de cierre está formada por una serie de lamas de chapa de acero o aluminio, aisladas o no, de pequeño tamaño y montadas de forma horizontal, abisagradas entre ellas por el propio perfilado de la chapa que suben verticalmente enrollándose en un eje situado en el dintel. El eje dispone, habitualmente, de resortes de torsión que compensan el peso de la puerta y pueden ser automatizadas mediante operadores situados sobre el mismo. Existen otros tipos de puertas que pueden utilizarse en muelles de carga tales como las basculantes, batientes, correderas, etc.
- **Guías de camión:** Elementos fijos situados en el suelo y de materiales robustos que encarrilan el camión centrándolo en el muelle de carga.



Figura 1. Muelle de carga y descarga. Tipos de exigencias de utilización.

- **Sistemas de bloqueo de vehículos:** Sistemas que impiden el desplazamiento natural y la partida del camión durante la carga o descarga antes de que la rampa nivelable esté en su posición de descanso y el equipo de manutención fuera de servicio. Algún sistema de bloqueo garantiza la imposibilidad de desbloqueo hasta que la puerta del muelle está cerrada. En el caso de que haya puertas automáticas es recomendable que las mismas no puedan abrirse hasta que el camión esté bloqueado. En el caso de que hayan puertas manuales es recomendable instalar una alarma que se active si el camión no está bloqueado.
- **Sistemas de asistencia al aparcamiento:** Son sistemas señalizadores que informan del estado de la maniobra de aproximación. Este sistema puede comunicarse con los sistemas de bloqueo o calzos que incorporen sensores.
- **Sistemas electrónicos de detección y señalización:** Conjunto de sensores que detectan la posición de algunos elementos que intervienen en la maniobra de carga tales como el camión, la rampa, el abrigo, los calzos, etc.; actúan según una programación establecida, modificando las luces de los semáforos o haciendo funcionar alguna de las partes hasta una posición determinada. (Por ejemplo abriendo la puerta, hinchando el abrigo inflable, etc.).
- **Sistemas electrónicos de detección:** Conjunto de sensores que detectan la posición de algunos elementos que intervienen en la maniobra de carga y descarga.
- **Sistemas electrónicos de señalización:** Conjunto de señales luminicas y acústicas que, por una parte indican al operario del muelle si puede iniciar la carga o descarga y, por otra, indican al chófer si puede entrar o salir del muelle. Las señales luminicas suelen indicarse mediante semáforos que incorporan luces fijas e intermitentes que son de color verde, rojo o naranja según el estado del proceso del trasiego de materiales.
- **Iluminación de zona:** Focos que se encienden a partir de una señal determinada (sensor exterior, apertura de puerta, etc.) iluminando la zona de carga. Existen sistemas de bloqueo de camiones que incorporan iluminación de la zona de maniobra del camión que funcionan con lámparas LED con sensor crepuscular y captor exterior. Este sistema funciona independientemente de si la zona de carga o descarga está iluminada o no.
- **Focos de iluminación del interior del camión:** Focos con brazos articulados, que se orientan hacia la caja del camión iluminando el interior de la misma. Se accionan manual o automáticamente mediante la acción

de alguno de los otros elementos (apertura de puerta, extensión de la rampa, etc.).

3. RIESGOS Y FACTORES DE RIESGO

Los principales riesgos y factores de riesgo asociados a las operaciones de carga y descarga de muelles son:

- **Atrapamiento de personas entre dos vehículos debido a:**
 - Estar situadas entre un vehículo posicionado y otro que está maniobrando. (Véase la figura 2).
- **Atrapamiento de personas entre un vehículo y el muelle o los montantes de la puerta debido a (Véase la figura 3):**
 - Estar situado a nivel del suelo entre la parte trasera del camión y el muelle en las maniobras de aproximación.
 - Estar situado en el muelle junto a los montantes verticales de la puerta al aproximarse un vehículo.
- **Caída de personas al mismo nivel debidas a:**
 - Superficies deslizantes por lluvia o derrame de productos.
- **Caída de personas a distinto nivel debidas a:**
 - Existencia de huecos entre el muelle y el vehículo en carga y descarga debidos a un mal posicionamiento del camión en relación al nivel del muelle (Véase la figura 4).
 - Apertura de la puerta del muelle sin estar el vehículo posicionado y bloqueado.
- **Caída o vuelco de un equipo de manutención debido a (Véase la figura 5):**
 - Maniobrar en la parte superior del muelle sin estar posicionado el vehículo de carga.
 - Movimiento de salida intempestiva del camión por fallo en los frenos o una acción descoordinada entre el camionero y el conductor del equipo que efectúa la carga o descarga.
- **Caída de la carga o parte de ella durante el transbordo debido a:**
 - Salida intempestiva del vehículo y/o desplazamiento natural del vehículo durante la carga o descarga debido a la no utilización de un sistema de bloqueo de camión.
 - Mal posicionamiento del camión.
 - Utilización de planchas móviles de unión entre el muelle y el camión deficientemente fijadas.
- **Basculamiento del remolque debido a:**
 - Cuando el remolque está apoyado en el pie, es decir sin la tractora, sin utilizar un soporte estabilizador del tráiler.

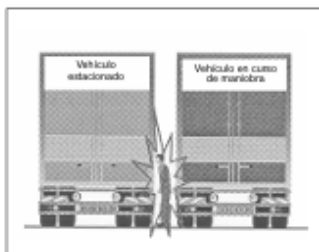


Figura 2. Atrapamiento de personas entre vehículos.

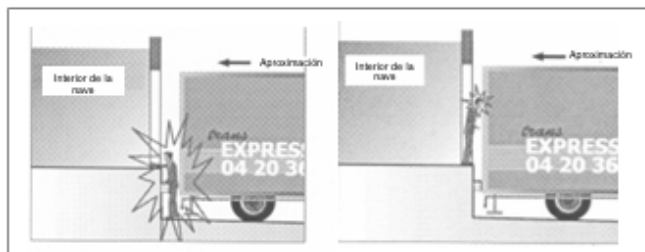


Figura 3. Atrapamiento de personas entre un vehículo y el muelle o los montantes.



Figura 4. Existencia de huecos entre el muelle y el vehículo.

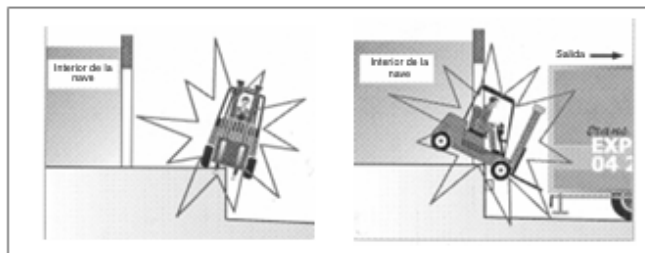


Figura 5. Caída o vuelco del equipo de mantenimiento.

- Choques entre vehículos o atropellos de personas debidos a:
 - Iluminación insuficiente.
 - Falta de organización en las zonas de maniobra donde se permite el funcionamiento simultáneo de vehículos y/o el acceso de personal.

4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

Las medidas de prevención y protección se concretan, principalmente, en el correcto diseño del muelle, la existencia de rampas nivelables, la superficie uniforme de la zona de aproximación, el control de puertas y la existencia de equipamientos de seguridad. Asimismo se desarrollan distintas medidas complementarias de protección y prevención frente a los riesgos descritos y las normas de utilización segura.

Diseño de los muelles

En el proyecto y planificación de la estación de carga y descarga requiere tener en cuenta una serie de aspectos para realizar el proyecto de la misma. Se describen a continuación los más importantes.

- Vehículos de transporte y mercancías.
Las medidas, la diversidad y el tipo de la mercancía tienen un papel importante a la hora de elegir el equipamiento.
Se deben definir el número de estaciones de carga y descarga necesarias en función del número de vehículos que llegan al mismo tiempo, así como la duración de los procesos de carga y descarga, para determinar el espacio de maniobra necesario.
- Conductores.
Los conductores encuentran más fácil y tienen una mejor visibilidad, si realizan las maniobras marcha atrás en el sentido horario. Para garantizar el acoplamiento

del vehículo en el muelle sin dificultad, el ángulo de inclinación del muelle respecto al eje del camión α , debe ser aproximadamente igual al ángulo de visión del conductor β . (Véase la figura 6).

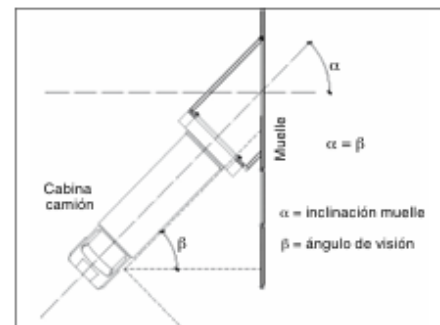


Figura 6. Acoplamiento del vehículo sin dificultad.

- Edificio.
En relación con el uso del edificio se deben tener en cuenta las siguientes cuestiones:
 - Diferentes exigencias, por ejemplo, un almacén, una nave de producción o una cámara frigorífica. (Véase la figura 1).
 - Cómo llegan los productos a la estación de carga y descarga.
 - Medios de transporte utilizados para cargar los productos.
 - Los recorridos deben ser lo más cortos posibles y el equipamiento de la estación de carga y descarga apropiado para el medio de transporte utilizado.
 - Separación de la entrada y salida de mercancías.

- Puede ser conveniente y necesario instalar estaciones de carga y descarga en varios lados del edificio.
- Instalar un buen sistema de iluminación si se van a realizar cargas y descargas durante la noche.

Características constructivas

Se describen las características constructivas de los principales componentes de un muelle de carga y descarga.

Altura y nivelación

Los muelles deben tener una altura que debe definirse en la fase de diseño en función de las alturas medias de las superficies de las cajas de los vehículos que van a utilizarlos, de forma que el desnivel de trabajo no supere el 12,5% (según la norma UNE EN 1398:2010) entre ambas superficies. Para asegurar una correcta nivelación en función de la altura de la superficie de la caja del camión, se utilizan las rampas nivelables que están diseñadas para soportar cargas puntuales superiores a las nominales con superficie antideslizante y que admiten hasta 10 cm de desnivel transversal del vehículo.

Distancia entre las estaciones de carga y descarga

Para facilitar las maniobras de los semirremolques es recomendable una distancia delante del muelle de 32 m. Esta distancia puede reducirse a 30 m si la distancia entre dos camiones es de mínimo 2.000 mm.

Entre dos estaciones de carga y descarga se requiere una distancia mínima de 3.700 mm y óptima de 4.600 mm medida entre los ejes centrales de cada puerta. Aplicando estos datos, en el caso de pared lateral debería haber una distancia mínima de 2.400 mm y óptima de 3.300 mm, entre el eje de la puerta y la pared lateral. (Véase figura 7).

La medida de la puerta de carga y descarga se definirá en fase de diseño en función del tipo de vehículos que van a utilizarlas.

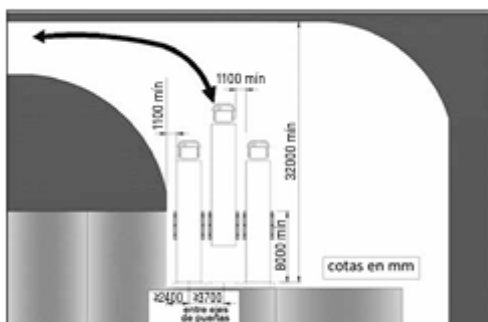


Figura 7. Distancias entre las estaciones de carga y descarga.

Tolva o embudo de carga

Cuando el nivel del suelo de la nave se encuentra por debajo de la superficie de carga del camión, se puede instalar una tolva de carga que permite igualar al máximo ambos niveles. También existe la posibilidad de elevar el suelo de la nave si las condiciones constructivas lo permiten o bien instalar una rampa de carga con labio abatible.

Las características constructivas de la tolva de carga deben ofrecer el espacio suficiente para poder acoplar el vehículo en línea recta sin dificultades.

Para la salida del agua es recomendable una inclinación de 1% en el tramo recto en dirección al pliegue. De esta forma se evita que el agua retenida sobre el camión fluya en dirección al abrigo de muelle. (Véase la figura 8).

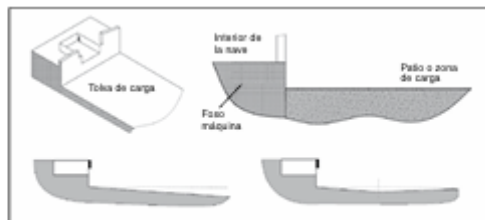


Figura 8. Tolva de carga. Vista general y tipos de secciones.

El largo óptimo de la tolva de carga –sin espacio de maniobra– se calcula de la siguiente forma:

- Aproximadamente 18 m de tramo recto en función de la longitud del camión. Esta longitud debe incrementarse para vehículos de longitud superior.
- Adicionalmente un tramo determinado con inclinación. La longitud del tramo con inclinación depende de dos factores:

• Vehículo: La mayoría de los vehículos permiten una inclinación de hasta un 10%. En caso de sistemas de acoplamiento cortos, la inclinación máxima es del 7%.

• Diferencia de altura entre la calzada y el alto de la rampa.

En la figura 9 se esquematiza un ejemplo de cálculo para un camión con sistema de acoplamiento corto.

La diferencia de altura entre la rampa y la superficie de carga del camión debe ser lo más pequeña posible.

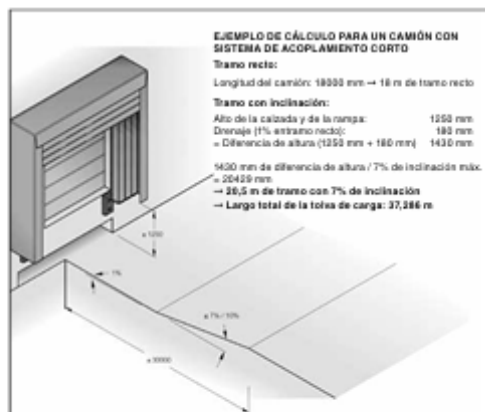


Figura 9. Ejemplo de cálculo de la longitud de una tolva de carga.

En el caso ideal, la rampa se debe encontrar por encima de la superficie de carga del tipo de vehículo que la utilice con más frecuencia. De este modo se obtiene un ángulo de inclinación favorable y se evita que los camiones se desvíen de los topes. En caso de transportes mixtos, es decir con alturas de superficie de carga distintas, se debe elegir un alto de rampa promedio, orientándose en los altos más frecuentes.

Si la tolva de carga no puede realizarse delante del edificio, puede adaptarse la altura de trabajo del edificio

al alto promedio de los camiones, por ejemplo, mediante bancadas.

Normalmente hay diferencias de altura entre los diferentes tipos de camiones (entre 650 mm y 1.650 mm). (Véase la figura 10).

En estos casos, una solución es instalar una tolva de carga escalonada. (Véase la figura 11).

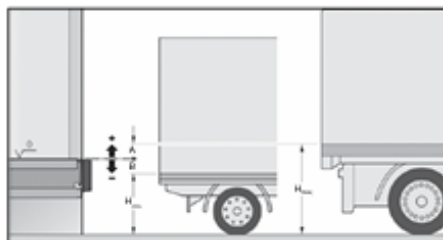


Figura 10. Diferencias de altura entre diferentes cajas de camiones.



Figura 11. Tolva de carga escalonada.

Puntos de carga en diente de sierra

En el caso en que la distancia a la calle sea demasiado corta y no resulte apropiada o posible la instalación de una rampa interior, la disposición de diente de sierra puede ser la solución para incrementar el espacio de maniobra. Esta disposición se puede realizar incluso posteriormente, mediante bancadas y una estructura de túneles en ángulo. (Véase la figura 12).

Cavidad inferior del muelle

Para camiones equipados con plataforma hidráulica propia debe existir un hueco o escotadura de aproximadamente 3.000 mm de anchura y al menos entre 400 y 500 mm de altura y una profundidad suficiente debajo de la

rampa nivelable. El proceso de carga y descarga sobre la plataforma montacargas no está permitido por motivos de seguridad.

Vehículos de carga. Dimensiones

Las dimensiones más habituales de los vehículos de carga y descarga son las siguientes:

- Anchura:
 - Camiones: entre 2.500 y 2.600 mm
 - Furgonetas: entre 2.000 y 2.300 mm
- Altura total:
 - Camiones: entre 3.300 y 4.000 mm
 - Furgonetas: entre 2.800 y 3.100 mm

Las alturas de la superficie de carga más frecuentes son:

- 650/800 hasta 1.000 m (transporte voluminoso)
- 650/800 hasta 1.100 mm (furgonetas)
- 1.100 hasta 1.300 mm (transportes normales)
- 1.300 hasta 1.500 mm (transportes frigoríficos)
- 1.400 hasta 1.600 mm (transporte de contenedores)

Equipos de manutención

El tipo y la cantidad de los equipos de manutención, así como las características de la mercancía tienen un papel muy importante a la hora de definir el equipamiento de una estación de carga y descarga.

Se deben valorar los siguientes aspectos:

- Utilización de diferentes tipos de carretillas elevadoras y/o transpaletas.
- Peso total (Peso propio, medios auxiliares y de la carga de transporte).
- Inclinação máxima permitida de las carretillas elevadoras utilizadas.
- Material de las ruedas de las carretillas.

Rampas nivelables

Son elementos auxiliares que se utilizan para salvar el espacio entre el camión y la rampa e igualan la diferencia de altura. Según la norma UNE-EN 1398 está permitida una pendiente máxima en su posición de trabajo del 12%.

Según su disposición en el muelle, las rampas nivelables se diferencian en cuatro grandes grupos (UNE-EN 1398):

- a) Puentes de carga.
- b) Rampa nivelable fijada al borde de muelle.
- c) Rampa nivelable manual instalada en un foso.
- d) Rampa nivelable automática instalada en un foso.

Según su sistema de accionamiento existen:

- Rampas nivelables hidráulicas.
- Rampas nivelables mecánicas.

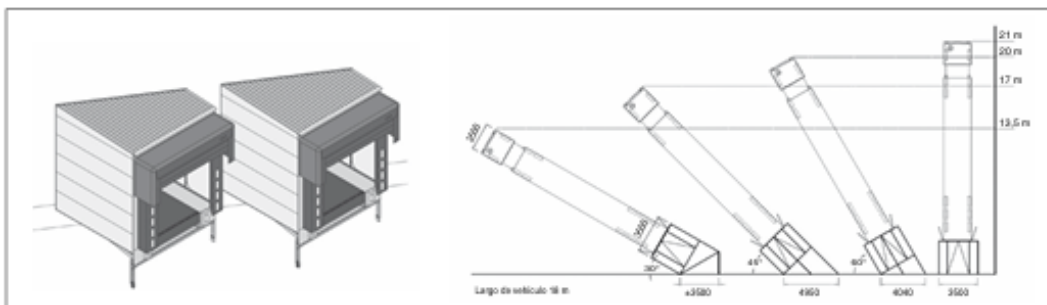


Figura 12. Disposición del muelle en forma de diente de sierra.

La longitud de la rampa nivelable ha de ser tal que se cumpla la relación entre desnivel y pendiente máxima. (Véase la figura 13).

En función del medio de transporte utilizado, se recomienda una pendiente máxima. (Véase la figura 14).

La norma UNE-EN 1398 contempla un largo de solapamiento mínimo de la uña de una rampa nivelable de 100 mm. En consecuencia la longitud de la uña ha de ser tal que permita garantizarlo. (Véase la figura 15).

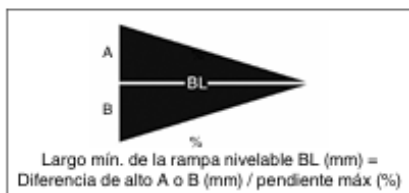


Figura 13. Relación entre la longitud de la rampa y la pendiente.

NOTA:
En caso de una inclinación excesiva, se produce un efecto de "paso a nivel".



Medios de transporte	Pendiente máxima (recomendación)
Contenedor sobre ruedas de accionamiento manual	3 %
Transpaleta manual	3 %
Transpaleta motorizada	7 %
Carretilla elevadora con motor eléctrico	10 %
Carretilla elevadora con motor de gasolina o gas	12,5 %

Figura 14. Relación entre el medio de transporte y la pendiente.

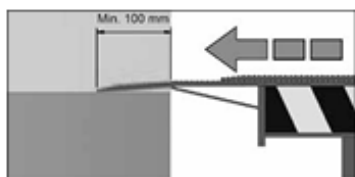


Figura 15. Largo de solapamiento de la uña.

a) Puentes de carga

Son tablas de carga de estructura rígida que salvan pequeñas distancias y desniveles entre el muelle y la plataforma del vehículo. Son especialmente aptas para muelles de carga en los que la frecuencia de carga y descarga es muy baja, o como solución flexible de apoyo puntual a una rampa nivelable de mayores prestaciones. Su capacidad está limitada para soportar el paso de pequeñas cargas.

También conocidas como pasarelas transportables, puesto que no requieren de instalación. (Véase la figura 16).

La cubierta del puente sobre la que transitan los vehículos de manutención está constituida en una sola pieza. Los extremos en contacto con el muelle de carga y la superficie del vehículo ofrecen unas terminaciones anguladas para que el tránsito del vehículo de manutención sea suave y progresivo. Bajo la cubierta del puente se encuentra la estructura de refuerzo que confiere a la tabla de carga su estabilidad estructural.

Se componen de un material ligero que permite su transporte hasta el muelle de carga.

Generalmente disponen de dispositivos de seguridad que mantienen la plataforma en posición, evitando así que se mueva al pasar con el vehículo de carga sobre ella.

Van equipadas con unas ruedas y asideros que facilitan su transporte, manual o con medios mecánicos, hasta la zona de trabajo.

Cuando no están en uso, sus dimensiones permiten almacenarlas en un lugar aislado del muelle.



Figura 16. Puentes de carga.

b) Rampa nivelable fijada al borde del muelle

Es una rampa articulada situada en el borde del muelle de carga, capaz o no de desplazarse sobre él, y accionada mediante medios manuales o motorizados. Es especialmente apta para muelles de carga tipo andén no expuestos a la intemperie o como solución intermedia a una rampa nivelable de mayores prestaciones.

Sus dimensiones la hacen indicada para salvar distancias y desniveles medios; y su capacidad está ajustada a cargas medias y elevadas. En posición de reposo están concebidas para mantenerse en posición vertical sobre la línea del muelle.

También conocidas como pasarelas fijas, si se encuentran en una posición fija, o desplazables, si se pueden desplazar a lo largo de la línea del muelle de carga. Tanto si son de un tipo o de otro, requieren de la instalación de una estructura de soporte previa y en algunos casos de obra civil. (Véase la figura 17).

Para su montaje la rampa se pone en contacto con el muelle de carga instalando una placa de bisagras encargada de sujetar, articular y eventualmente desplazar, la cubierta del puente haciendo las veces de bancada de la máquina.

La cubierta del puente sobre la que transitan los vehículos de manutención está constituida en una o varias

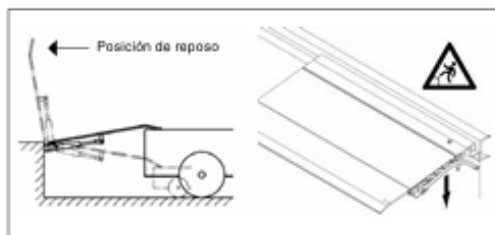


Figura 17. Rampa nivelable fijada al borde del muelle.

piezas solidarias entre sí cuyo extremo en contacto con la superficie del vehículo a cargar ofrece una terminación angulada para que el tránsito del vehículo de manutención sea suave y progresivo. Bajo la cubierta del puente se encuentra la estructura de refuerzo que confiere a la rampa su estabilidad estructural.

Si son de accionamiento automático, un dispositivo motorizado realiza la fuerza necesaria para llevar la cubierta del puente de la posición de reposo a la de trabajo, y viceversa. Si son de accionamiento manual, operando un dispositivo, el operario, ha de poder llevar la cubierta del puente de la posición de reposo a la de trabajo y viceversa. En algunos casos esta maniobra requiere de asistencia mecánica.

Van equipadas con sistemas de bloqueo que impiden que la plataforma caiga desde su posición de reposo de forma incontrolada. (Véase la figura 18).

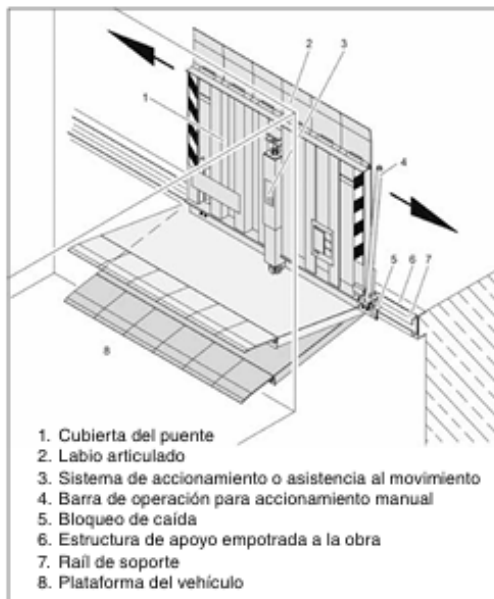


Figura 18. Partes de una rampa nivelable fijada al borde del muelle.

c) Rampa nivelable manual instalada en un foso

La rampa nivelable manual, se aloja en un foso practicado en el muelle de carga de forma que en posición de reposo queda integrada en el muelle de carga. (Véase la figura 19).

Es apta para muelles de carga con un tráfico intenso

de vehículos y especialmente útil en caso de fallo del suministro de energía.

Sus dimensiones la hacen indicada para salvar distancias y desniveles elevados. Al tratarse de un equipo de accionamiento manual, el sistema de asistencia a la maniobra tiene restricciones, y esto limita sus dimensiones y capacidad de carga, reduciendo así sus prestaciones frente a otro tipo de rampas nivelables. En posición de reposo están concebidas para mantenerse integradas con el muelle de carga, alineadas con la superficie del muelle.

Sus elevadas prestaciones en cuanto a capacidad de carga, requieren la construcción de un foso de obra civil en el interior del cual se instala la rampa.

En contacto con el foso de obra civil se instala una estructura que cumple la función de bancada de la máquina.

Sobre la bancada se apoya y articula la cubierta del puente sobre la que transitan los vehículos de manutención, que está constituida en una o varias piezas solidarias entre sí. Bajo la cubierta del puente se encuentra la estructura de refuerzo que confiere a la cubierta del puente su estabilidad estructural.

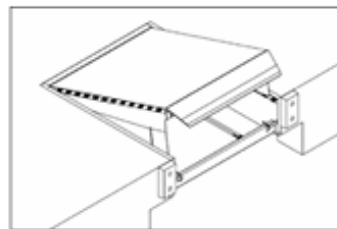


Figura 19. Rampa nivelable manual instalada en un foso.

En movimiento relativo a la cubierta del puente, se encuentra el labio, que puede ser articulado o telescópico según la naturaleza del movimiento. Está constituido por una o varias piezas solidarias entre sí, y bajo su superficie se encuentra la estructura de refuerzo que le confiere su estabilidad estructural. El labio tiene la función de conectar la cubierta del puente con la superficie del vehículo de carga, posibilitando así el tránsito continuo de los vehículos de manutención hasta el muelle de carga.

En su parte interior pero accesible desde la cubierta del puente, se encuentra el mecanismo que asiste al operario para poder llevar la rampa nivelable desde su posición de reposo a la de trabajo y viceversa.

Asimismo disponen de un freno de mantenimiento que bloquea la rampa nivelable en su posición más elevada para permitir realizar las tareas de mantenimiento de manera segura.

d) Rampa nivelable automática instalada en un foso

Es una rampa nivelable similar a la manual pero motorizada. (Véase la figura 20).

Abrigos de muelle

Los abrigos de muelle sirven para obturar el espacio entre el edificio y el vehículo para que, cuando esté abierta la puerta, las mercancías y las personas queden protegidas de las condiciones meteorológicas adversas. Además, reducen eficientemente las pérdidas de calor por ventilación durante el proceso de carga y descarga (Véase la figura 21). Existen diferentes tipos tales como los mecánicos simples, de espuma, inflables, de muelle de lona, etc.

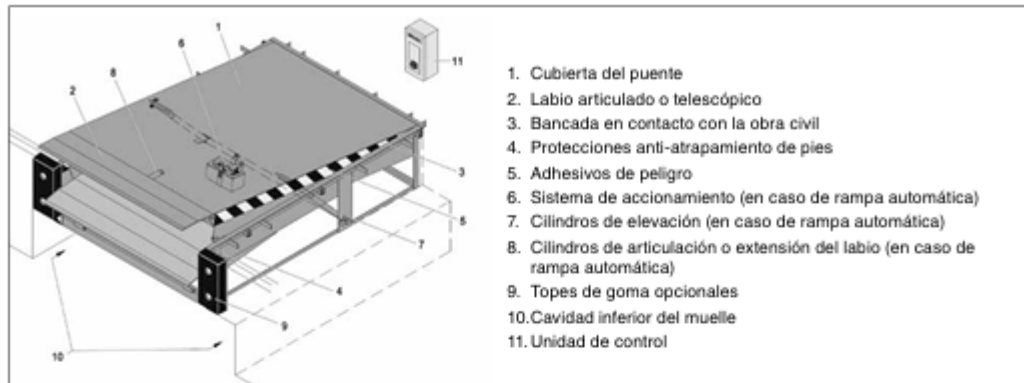


Figura 20. Rampa nivelable motorizada. Partes principales.

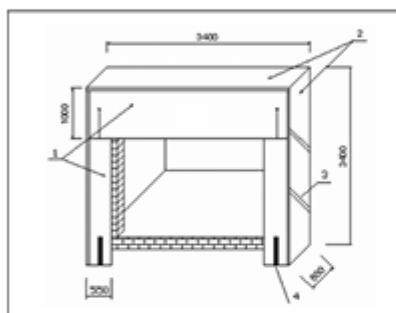


Figura 21. Abrigo de muelle. Vista general y cotas.

Puertas

Las puertas de cerramiento del muelle pueden ser de accionamiento manual o motorizado. Están contempladas en la norma UNE-EN 13241-1.

Equipamientos de seguridad

En este apartado se describen las características de algunos elementos de seguridad complementarios.

Topes de goma

Son unos elementos que sirven para absorber las fuerzas que se producen durante el acoplamiento del vehículo protegiendo así el abrigo de muelle y la rampa de daños. (Véase la figura 22).

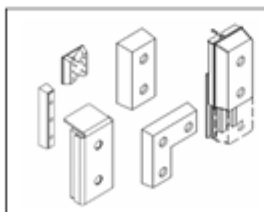


Figura 22. Tipos de topes de goma.

Guías de camión y marcas en la calzada

Las guías de camión permiten situar convenientemente el camión en el centro del abrigo del muelle. Deben estar situadas a cada lado de los pasillos de cada puerta del muelle, su diseño debe ser redondeado sin aristas que puedan dañar las ruedas de los camiones. Pueden estar complementadas con una señalización horizontal amarilla de unos 15 m antes de la de instalación de las guías.

Para garantizar que las guías de rueda establezcan una zona de seguridad deben tener una longitud de 3,00 m y una altura de 0,30 m o 0,35 m. Se debe montar la guía a 5,00 m desde el tope del muelle y la distancia entre guía y guía debe ser de 2,60 m y como máximo de 2,65 m.

En la figura 23 se puede observar una instalación incorrecta de las guías de rueda que no evita el atropello lateral ni el mal posicionamiento del camión. En la figura 24 se puede observar una instalación correcta de la guías de rueda.

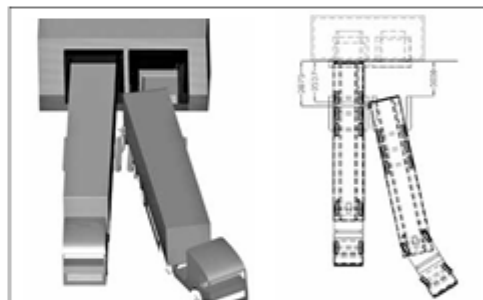


Figura 23. Cotas de montaje de una instalación incorrecta de guías de rueda.

Postes de referencia

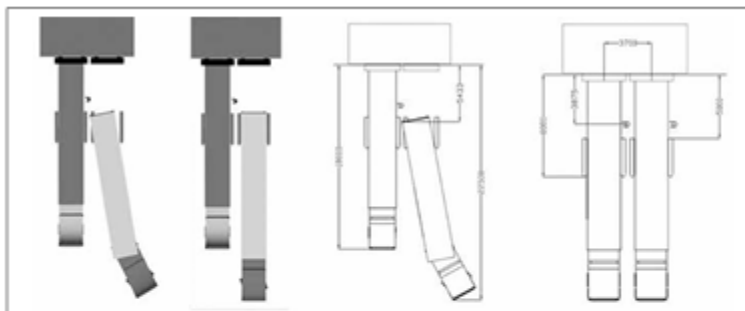
Los postes de referencia de diferentes alturas protegen las puertas y los abrigos de muelle de daños por colisión. (Véase la figura 25).

Sistemas de bloqueo

Es recomendable instalar sistemas de bloqueo que garanticen la inmovilización del vehículo y la imposibilidad de desplazamiento por el movimiento natural durante la carga o descarga. Estos sistemas pueden ser automáticos o manuales.

a) Automáticos

Estos sistemas reducen o eliminan la intervención humana con lo que minimizan el riesgo de atropello lateral, el atrapamiento de personas y la salida intempestiva del camión.



Existen calzos que están conectados a la puerta del muelle y que funcionan también mediante señales lumínicas y acústicas. No obstante, es recomendable calzar dos ruedas y que cumplan con las medidas indicadas.

Los sensores y las alarmas de estos calzos deben controlarse a diario dado que su función puede neutralizarse con un adhesivo o incluso con el barro de un neumático. Es conveniente asegurar el cable que comunica la puerta y el calzo por la facilidad de que pueda ser arrancado. (Véase la figura 29).

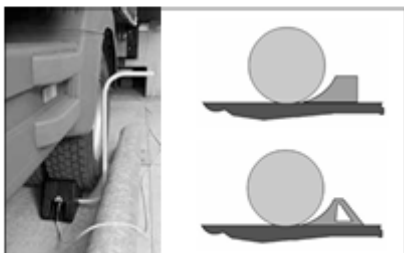


Figura 29. Tipos de calzos.

Sistemas de señalización

Existen diversas combinaciones de sistemas de señalización para mejorar la seguridad en las operaciones de aproximación a cada estación de carga y descarga (Véase la figura 30), tales como:

- Diferentes lámparas de señalización combinadas con células fotoeléctricas.
- Interruptores de aproximación.
- Transmisores de señales acústicas.
- Bloqueos de desplazamiento y cuadros de maniobra especiales.



Figura 30. Sistemas de señalización.

Iluminación

Para la seguridad los trabajadores y de la mercancía es necesaria una buena iluminación en el lugar de trabajo.

La instalación de un foco para rampa situado en una carcasa segura contra golpes permite iluminar el vehículo completamente durante la carga y descarga. (Véase la figura 31).

Los niveles de iluminación recomendables son:

Áreas de circulación exterior	75 lux
Áreas de maniobra y estacionamiento	100 lux
Interior de vehículos sin iluminación autónoma	100 lux
Interior de túneles de intercambio	150 lux
Zona interior de los muelles	200 lux

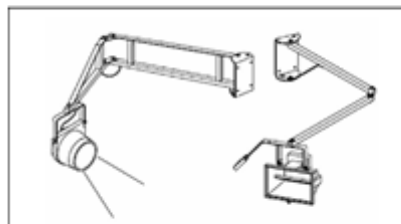


Figura 31. Sistemas de iluminación mediante un foco.

Asistente de acoplamiento

Los asistentes de acoplamiento son sensores de presencia situados en la hoja de la puerta o en los topes combinados con luces de señalización de forma que resulta más cómodo y seguro acercarse a la estación de carga y descarga. Al maniobrar el conductor puede deducir la distancia al lugar de acoplamiento en función del color del semáforo. El semáforo en rojo le indica que ha alcanzado la posición de acoplamiento óptima y que debe detenerse. (Véase la figura 32).

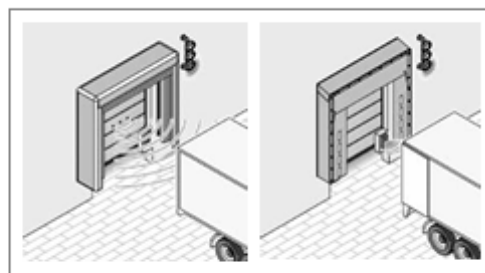


Figura 32. Asistente de acoplamiento mediante sensores y semáforo.

Barreras

En las instalaciones en que se trabaje con las puertas de las estaciones de carga abiertas cuando no dispongan de vehículos atracados, es necesario disponer de un sistema que evite que el conductor del vehículo de mantenimiento se caiga accidentalmente. Por ejemplo, unos bulones macizos integrados en la rampa nivelable que se extraen automáticamente cuando la rampa nivelable se encuentra en la posición de reposo. Otro sistema equivalente es una barrera metálica que impida la salida. (Véase la figura 33).

Escaleras de comunicación entre el muelle y la superficie de rodadura de los vehículos

Facilitan el acceso seguro al muelle desde la zona de aparcamiento de los vehículos. Deben estar dotadas con escalones antideslizantes y barandillas completas. Su número dependerá de la longitud total del conjunto de las estaciones de carga, pero como mínimo deberían disponer de dos, una en cada extremo.

Normas de utilización

Se relacionan a continuación una serie de normas de utilización segura de los muelles de carga/descarga que deben combinarse con sistemas de enclavamiento de



Figura 33. Rampa con bulones extraídos y barrera metálica.

las puertas que garanticen su funcionamiento seguro y coordinado.

- Todas las operaciones de carga o descarga de los vehículos se deben iniciar una vez está el mismo posicionado y asegurado.
- Debe estar totalmente prohibido el maniobrar en la parte superior del muelle sin estar posicionado el vehículo.
- Los operarios auxiliares no deben situarse entre un vehículo ya posicionado y otro que efectúa la maniobra de aproximación, entre su parte trasera y el muelle o entre los montantes de las puertas y la caja del vehículo.
- La puerta debe llevar un sistema de seguridad puerta-rampa que impida que la rampa funcione si la puerta no está abierta.
- La implantación de "permisos de trabajo" a cada trabajador relacionado con los trabajos de carga y descarga en muelles, puede ser un instrumento útil para garantizar la seguridad de todas las operaciones. En el mismo se deberían incluir las normas de utilización segura a seguir para cada caso concreto.

Medidas de protección y prevención específicas complementarias frente a los riesgos descritos

Se exponen una serie de medidas complementarias frente a algunos de los riesgos expuestos no cubiertos por los apartados anteriores.

- Atrapamiento de personas entre un vehículo y el muelle
 - Deben existir unos topes que dejen un espacio mínimo libre de 0,50 m. entre la vertical del muelle y la parte trasera de la caja del camión
 - Habilitar una salida, por ejemplo, una escalera de peldaños entre el nivel inferior y el superior. Cuando el muelle tenga mucha longitud, se le deberá dotar con dos escaleras.
- Caída de personas al mismo nivel
 - Todas las superficies del muelle y de los vehículos deben mantenerse limpias y libres de objetos antes de iniciar cualquier operación de carga o descarga. Si se produce cualquier derrame se debe limpiar de inmediato antes de seguir operando en el muelle.

- Caída de personas a distinto nivel
 - Posicionar el camión en relación al nivel del muelle no permitiendo la existencia de huecos.
 - Cuando no hay vehículos en carga o descarga se debe cerrar la estación de carga correspondiente.
- Caída o vuelco de un equipo de manutención
 - El movimiento de salida intempestiva del vehículo por fallo en los frenos o una acción descoordinada entre el camionero y el conductor del equipo que efectúa la carga o descarga debe prevenirse con los sistemas de bloqueo ya descritos en el punto sobre equipamientos de seguridad.
- Basculamiento del remolque
 - Antes de iniciar las operaciones de carga se debe comprobar que la resistencia de la superficie de apoyo de los dos soportes de remolque sin la cabeza tractora es suficiente. Es recomendable poner un soporte estabilizador del tráiler.

5. MANTENIMIENTO E INSPECCIONES PERIÓDICAS

Mantenimiento

Con carácter general, el marco regulador de la obligación de realizar el mantenimiento a un equipo de trabajo se encuentra en el Real Decreto 1215/1997. En su artículo 3.5 se contempla que "el empresario adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones tales que satisfagan las disposiciones del tercer párrafo del apartado 1. Dicho mantenimiento se realizará teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante o, en su defecto, las características de estos equipos, sus condiciones de utilización y cualquier otra circunstancia normal o excepcional que pudiera influir en su deterioro o desajuste".

El mantenimiento de todos los componentes de los muelles de carga y descarga, debe realizarse de acuerdo con el Manual de Instrucciones de cada fabricante.

Asimismo el propio artículo 3.5 indica que "las operaciones de mantenimiento, reparación o transformación que supongan un riesgo específico para los trabajadores, solo podrán ser encomendadas a personal especialmente capacitado para ello".

Inspecciones

Al margen del mantenimiento general, es recomendable que se realicen como mínimo dos niveles de inspecciones:

- e) Inspección realizada por los operarios antes de iniciar los trabajos. Es recomendable guardar registro escrito de este tipo de revisiones. En cualquier caso, si se detecta cualquier anomalía ésta deberá ser notificada al responsable de la instalación inmediatamente, el cual valorará si el equipo está en condiciones de ser utilizado o no.
- f) Inspección periódica. El alcance y la periodicidad de estas inspecciones tendrán en consideración las indicaciones del manual de instrucciones de cada fabricante. La inspección deberá llevarse a cabo por personal competente.

Cualquier anomalía debe subsanarse por los servicios técnicos correspondientes antes de iniciar los trabajos.

Es necesario llevar un registro escrito de todas las inspecciones.

En particular para la realización del mantenimiento e

inspecciones de las rampas nivelables puede ser útil lo indicado en la norma UNE-EN 1398.

En aplicación de la exigencia de "comprobaciones periódicas" y de la documentación escrita de los resultados de las mismas de los artículos 4.2 y 4.4, 1er párrafo del Real Decreto 1215/1997, se deberá tener un diario de mantenimiento y, como dice el propio artículo, "conser-*varse durante toda la vida útil de los equipos*". Para ello puede ser útil disponer de un libro de mantenimiento donde se recopilarán los registros periódicos y que proporcionará información para una futura planificación, proporcionando, además, información al personal responsable del mantenimiento de las actuaciones previas realizadas.

6. INFORMACIÓN Y FORMACIÓN

Según el artículo 5 del Real Decreto 1215/1997, el empresario, de acuerdo con los artículos 18 y 19 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, debe garantizar que los trabajadores y sus representantes reciban una formación e información adecuadas sobre los riesgos derivados de la utilización de los equipos de trabajo, así como las medidas de protección y prevención. En base a ello, el equipo solo debe manejarse por personal formado en su manejo, incluyendo los procedimientos de evacuación en caso de emergencia, fallo del suministro eléctrico o de los mandos de control. La formación deberá actualizarse periódicamente, en función de la complejidad del equipo, del lugar o de las condiciones de utilización.

7. MARCADO "CE". COMERCIALIZACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO

En relación con el marcado «CE» deben distinguirse los equipos de trabajo puestos en servicio a partir del 1 de enero de 1997 y los puestos en servicios antes de esa fecha.

Equipos de trabajo «CE»

Todos los equipos de trabajo puestos en servicio a partir del 1 de enero de 1997 deben cumplir con las exigencias correspondientes contenidas en la Directiva 98/37/CE (en vigor hasta el 29.XII.2009), derogada por la Directiva 2006/42/CE y traspuesta al ordenamiento jurídico español por el Real Decreto 1644/2008. Se considerarán conformes con el conjunto de las disposiciones del Real Decreto 1644/2008, los que estén provistos del marcado «CE» y acompañadas de la correspondiente Declaración «CE» de conformidad. Para ello, el fabricante antes de la comercialización de la máquina, debe asegurar que es conforme a los requisitos esenciales de seguridad y salud contenidos en el anexo I del real decreto, debiendo elaborar el expediente técnico de construcción y llevar a cabo los oportunos procedimientos de evaluación de conformidad. Además, cada máquina llevará un manual de instrucciones escrito o traducido al castellano. Por ejemplo, para cumplir con los requisitos de las rampas nivelables puede resultar útil la norma UNE-EN 1398.

Equipos de trabajo sin «CE»

Los equipos de trabajo puestos en servicio antes del 1 de enero de 1997 deben cumplir con la Directiva 89/655/CEE modificada por la 95/63/CEE y traspuesta al ordenamiento jurídico español por el Real Decreto 1215/1997. La adecuación debe venir precedida por una evaluación de riesgos y las correspondientes medidas de prevención asociadas.

Comercialización y puesta en servicio

Las disposiciones aplicables relacionadas con la primera comercialización y/o puesta en servicio se pueden encontrar en el Apéndice A de la Guía Técnica de desarrollo del Real Decreto 1215/1997. Edición 2011.

BIBLIOGRAFÍA

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP), modificado por el **Real Decreto 604/2006**.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos de trabajo. Edición 2011.

Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo. Edición 2015.

UNE-EN 1398:2010. Rampas nivelables. Requisitos de seguridad. **AENOR**

UNE-EN 349:1994+A1:2008. Seguridad de las máquinas. Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano. **AENOR**.

UNE-EN 13241-1:2004+A1:2011. Puertas industriales, comerciales, de garaje y portones. Norma de producto. Parte1: Productos sin características de resistencia al fuego o control de humos. **AENOR**

Empresas colaboradoras:

ASA Fermetures

87 bd. de l'Europe. 64230 Lescar. Francia.

Construcciones Metálicas Casanova S.A.

System Block S.L.

C/ Olot, 2-4. Pol. Ind. Casa Nova. 17181 Aiguaviva (Girona)

ANEXO C: Norma ACI 224 extracto

ACI 224.1R-93

Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón

Informado por el Comité ACI 224

Grant T. Halvorsen
Presidente

Randall W. Poston
Secretario

Peter Barlow†‡
Florian Barth†
Alfred G. Bishara*
Howard L. Boggs
Merle E. Brander†
Darvid Darwin†
Fouad H. Fouad

David W. Fowler§
Peter Gergely
Will Hansen
M. Nadim Hassoun
Tony C. Liu†
Edward G. Nawy
Harry M. Palmbaum

Keith A. Pashina
Andrew Scanlon†
Ernest K. Schrader
Wimal Suaris
Lewis H. Tuthill
Zenon A. Zielinski

*Autor contribuyente

† Miembro del Grupo de Trabajo que preparó estas revisiones

‡ Autor principal

§ Presidente del Grupo de Trabajo que preparó estas revisiones

Nota: Los Miembros Asociados Masayatsu Ohtsu y Robert L. Yuan, y el Miembro Consultor LeRoy Lutz contribuyeron a las revisiones de este documento.

*Se resumen las causas de fisuración de las estructuras de hormigón. Se presentan los procedimientos usados para evaluar la fisuración del hormigón y las principales técnicas para reparar fisuras. Se discuten los principales métodos de reparación de fisuras y se brinda una guía para su correcta aplicación.**

Palabras clave: Autocurado; vigas (apoyos); reacciones cemento-agregados; construcciones de hormigón; losas de hormigón; hormigones; consolidación; corrosión; fisuración (fractura); perforación; retracción por secado; resinas epoxi; evaluación; falla; llenado con mortero; calor de hidratación; hormigón masivo; metacrilatos; dosificación de mezclas; plásticos; polímeros y resinas; hormigón premoldado; hormigón pretensado; hormigón armado; reparaciones; reafirmado; sellado; asentamiento (estructural); retracción; especificaciones; diseño estructural; tracción; expansión térmica; cambio de volumen.

TABLA DE CONTENIDOS

Prefacio, p. 2

Capítulo 1 – Causas y control de la fisuración, p. 2

1.1 – Introducción

1.2 – Fisuración del hormigón en estado plástico

* La intención de los Informes, Guías, Prácticas Normalizadas y Comentarios de los Comités ACI es proveer lineamientos para la planificación, diseño, ejecución e inspección de las construcciones. Este documento fue preparado para ser utilizado por personas capacitadas para evaluar la relevancia y limitaciones de su contenido y recomendaciones, personas que se harán responsables por la aplicación del material que contienen las publicaciones. El American Concrete Institute deslinda cualquier responsabilidad por los principios expuestos. El Instituto no será responsable por cualquier pérdida o daño que surgiera de los mismos.

No se hará referencia a este documento en ningún documento contractual. Si el Arquitecto / Ingeniero desea que los elementos de este documento formen parte de los documentos contractuales, dichos elementos deberán ser reescritos en términos obligatorios para poder ser incorporados por el Arquitecto / Ingeniero.

ACI 224.1R-93 reemplaza a ACI 224.1R-90, y entró en vigencia el 1° de Setiembre de 1993.

1.3 – Fisuración del hormigón endurecido

Capítulo 2 – Evaluación de la fisuración, p. 9

2.1 – Introducción

2.2 – Determinación de la ubicación y magnitud de la fisuración del hormigón

2.3 – Selección de los procesos de reparación

Capítulo 3 – Métodos de reparación de fisuras, p. 14

3.1 – Introducción

3.2 – Inyección de resinas epoxi

3.3 – Perfilado y sellado

3.4 – Costura de fisuras

3.5 – Armadura adicional

3.6 – Perforación y obturación

3.7 – Llenado por gravedad

3.8 – Llenado con mortero

3.9 – Colocación de mortero como mezcla seca (Drypacking)

3.10 – Detención de fisuras

3.11 – Impregnación con polímero

3.12 – Sobrecapas y tratamientos superficiales

3.13 – Autocurado

Capítulo 4 – Resumen, p. 21

Agradecimiento, p. 21

Capítulo 5 – Referencias, p. 21

5.1 – Referencias recomendadas

5.2 – Referencias citadas

ACI 224.1R-93 – CAUSAS, EVALUACIÓN Y REPARACIÓN DE FISURAS

evidencia que indique que la fisura se está autocurando (Ver Sección 3.14). Las reparaciones para detener fugas pueden ser complicadas si es necesario efectuarlas mientras la estructura está en servicio.

Es posible que se desee reparar las fisuras del hormigón por motivos puramente estéticos. Sin embargo, las ubicaciones donde están las fisuras pueden ser visibles aún después de aplicar procedimientos cosméticos, y es probable que se requiera algún tipo de recubrimiento sobre la totalidad de la superficie.

Para minimizar futuros deterioros debidos a la corrosión de las armaduras, se deben sellar las fisuras expuestas a ambientes húmedos o corrosivos.

En el Capítulo 3 se describen los métodos más importantes de reparación de fisuras disponibles para lograr los objetivos antes enunciados.

CAPÍTULO 3 – MÉTODOS DE REPARACIÓN DE FISURAS

3.1 – Introducción

Luego de evaluar la estructura fisurada se puede seleccionar un procedimiento de reparación adecuado. Para que un procedimiento de reparación sea exitoso debe tener en cuenta la causa o las causas de la fisuración. Por ejemplo, si la fisuración se produjo principalmente por retracción por secado, es probable que luego de un tiempo la fisura se estabilice. Por el contrario, si las fisuras se deben a un proceso de asentamiento de las fundaciones que aún continúa, las reparaciones serán inútiles hasta que se corrija el problema del asentamiento.

Este capítulo contiene un relevamiento de los métodos de reparación de fisuras, incluyendo un resumen de las características de las fisuras que se pueden reparar con cada procedimiento, los tipos de estructuras que han sido reparadas, y un resumen de los procedimientos usados. El lector también puede consultar el documento ACI 546.1R y la Compilación ACI No. 5 (1980), documentos que tratan específicamente el tema de la reparación del hormigón.

3.2 – Inyección de resinas epoxi

Mediante la inyección de resinas epoxi se pueden adherir fisuras de muy poca abertura, hasta 0,05 mm. La técnica generalmente consiste en establecer bocas de entrada y venteo a intervalos poco espaciados a lo largo de las fisuras, sellar la fisura en las superficies expuestas e inyectar la resina epoxi a presión.

La inyección de resinas epoxi se ha usado exitosamente para reparar fisuras en edificios, puentes, presas y otros tipos de estructuras de hormigón (ACI 503R). Sin embargo, a menos que se haya corregido la causa que originó la fisuración, es probable que vuelva a aparecer una fisura cerca de la fisura original. Si no se puede eliminar la causa de la fisuración hay dos opciones disponibles. Una consiste en perfilar y sellar la fisura, tratándola como una junta, o establecer una junta que acomode el movimiento y luego inyectar la fisura con una resina epoxi u otro material adecuado. Los materiales

epoxídicos utilizados para efectuar reparaciones estructurales deberían satisfacer los requisitos de ASTM C 881 (Tipo IV). El documento ACI 504R describe prácticas para sellar juntas, incluyendo el diseño de las juntas, materiales disponibles y métodos de aplicación.

A excepción de ciertos materiales epoxídicos que toleran el agua, esta técnica no es aplicable si las fisuras tienen fugas activas y no se pueden secar. Las fisuras húmedas se pueden inyectar usando materiales que toleren la humedad, pero los contaminantes presentes en las fisuras (incluyendo material fino y agua) pueden reducir la efectividad del material epoxídico para reparar las fisuras estructuralmente.

La aplicación de un adhesivo flexible, de bajo módulo de elasticidad, en una fisura, no permitirá un movimiento significativo de la estructura de hormigón. El módulo de elasticidad efectivo de un adhesivo flexible en una fisura es básicamente el mismo que el de un adhesivo rígido (Adams et al., 1984); esto se debe a que la capa de material es delgada y hay restricción lateral impuesta por el hormigón que lo rodea.

La inyección de resinas epoxi requiere un alto grado de capacitación, y la aplicación de la técnica puede estar limitada por la temperatura ambiente. Los siguientes son los procedimientos generales involucrados en la inyección de resinas epoxi (ACI 503R):

- **Limpiar las fisuras.**

El primer paso consiste en limpiar las fisuras que se hayan contaminado, tanto como sea posible. Los contaminantes tales como el aceite, la grasa, el polvo o las partículas finas del hormigón impiden la penetración y adherencia de la resina epoxi, y reducen la efectividad de las reparaciones. Preferentemente la contaminación se debería eliminar por aspiración o lavado con agua u otras soluciones de limpieza. Luego la solución se elimina utilizando aire comprimido y un agente neutralizante, o bien se deja transcurrir tiempo suficiente para que se seque al aire. Sin embargo, es importante reconocer las limitaciones prácticas que impiden limpiar completamente las fisuras. Se debería realizar una evaluación razonable de la magnitud y grado de limpieza necesaria. Es posible que haya que realizar una limpieza de prueba.

- **Sellar las superficies.**

Las fisuras superficiales se deben sellar para evitar que el material epoxídico salga antes de gelificarse. Si no se puede acceder a la cara donde está la fisura pero hay material detrás de la misma, o si se trata de reparar una losa de cimentación, algunas veces el material posterior o la sub-base constituyen un sello adecuado; sin embargo, es difícil determinar esta condición de manera anticipada, y una inyección no controlada puede provocar daños tales como la obturación del sistema de drenaje. Por lo tanto, es necesario actuar con extremo cuidado al inyectar fisuras que no son visibles en todas las superficies. Una superficie se puede sellar aplicando un material epoxídico, poliéster u otro material sellador adecuado sobre la superficie de las fisuras y permitiendo que endurezca. Si no se desea que la superficie a lo largo de la fisura tenga aspecto brillante y si no se requiere inyección a

ACI 224.1R-93 – CAUSAS, EVALUACIÓN Y REPARACIÓN DE FISURAS

alta presión, se puede aplicar un sellador superficial plástico removible sobre la cara de la fisura. Una vez completado el trabajo el sellador superficial se puede retirar y la superficie no quedará brillante. Si la apariencia de la superficie acabada es importante también se pueden emplear selladores cementicios. Si se requieren presiones de inyección extremadamente elevadas, se puede cortar en forma de V alrededor de la fisura hasta una profundidad de 13 mm y un ancho de alrededor de 20 mm, llenar con material epoxídico y enrasar con la superficie.

- **Instalar las bocas de entrada y venteo.**

Hay tres métodos de uso generalizado:

- a. **Accesorios insertados en orificios perforados.** Este método fue el primero en utilizarse, y con frecuencia se usa previo perfilado de las fisuras en forma de V. El método consiste en perforar un orificio en la fisura, de aproximadamente 20 mm de diámetro y entre 13 a 25 mm debajo del vértice de la acanaladura en V. Dentro de este orificio se coloca un accesorio, por ejemplo una boquilla para tubería o vástago de válvula, generalmente adherido con un adhesivo epoxi. Los equipos de mandril y broca al vacío o las barrenas tubulares enfriadas por agua son útiles para impedir que las fisuras se obturen con el polvo generado por la perforación.

- b. **Accesorios adheridos a ras.**

Un método generalmente utilizado cuando las fisuras no se perfilan en forma de V, para obtener una boca de entrada, consiste en adherir un accesorio a ras con la cara de hormigón sobre la fisura. El accesorio a ras tiene una abertura en su parte superior para permitir el ingreso del adhesivo y un ala en la parte inferior adherida al hormigón.

- c. **Interrupción del sellado.**

Otro método de entrada consiste en interrumpir el sellado sobre una parte de la fisura. Este método se puede utilizar cuando se pueden conseguir dispositivos especiales tipo arandela que cubren la parte no sellada de la fisura y permiten inyectar el adhesivo directamente en la fisura, sin fugas.

- **Mezclar la resina epoxi.**

Esto se hace por pastones o por métodos continuos. En el mezclado por pastones, los componentes adhesivos se mezclan previamente de acuerdo con las instrucciones del fabricante, generalmente usando un agitador mecánico tal como una paleta mezcladora. Se debe cuidar de mezclar sólo la cantidad de adhesivo que se pueda usar antes que el material comience a gelificarse. Cuando el material adhesivo comienza a gelificarse, comienzan a cambiar sus características de flujo, lo que dificulta cada vez más la inyección a presión. En el sistema de mezclado continuo, dos componentes adhesivos líquidos pasan a través de las bombas de dosificación antes de pasar a través de un cabezal mezclador automático. El sistema de mezclado continuo permite usar adhesivos de fraguado rápido que poseen una vida útil corta.

- **Inyectar la resina epoxi.**

Se pueden utilizar bombas hidráulicas, tanques de presión o pistolas neumáticas. La presión de inyección a utilizar se debe seleccionar cuidadosamente. Con frecuencia una mayor presión no mejora mucho la velocidad de inyección. De hecho, el uso de una presión demasiado elevada puede propagar las fisuras existentes, provocando daños adicionales.

Si la fisura es **vertical** o **inclinada**, el proceso de inyección debería comenzar bombeando resina epoxi en la boca de entrada ubicada a menor altura hasta que el nivel de resina llegue a la boca de entrada inmediatamente superior. Luego la boca de entrada inferior se obtura y el proceso se repite hasta llenar completamente la fisura y obturar todas las bocas.

Si la fisura es **horizontal**, la inyección debería proceder de la misma manera desde un extremo de la fisura hasta el otro. La fisura está llena cuando la presión se puede mantener. Si la presión no se puede mantener, esto significa que la resina epoxi aún está fluyendo hacia partes de la fisura que aún están vacías o que hay fugas.

- **Retirar el sellado superficial.**

Una vez que se ha curado la resina epoxi inyectada, el sellado superficial se debería retirar por trituración u otros medios, según resulte adecuado.

- **Procedimiento alternativo.**

Un procedimiento alternativo para las estructuras masivas consiste en practicar una serie de perforaciones [generalmente entre 20 a 100 mm de diámetro] que intersequen la fisura en varias ubicaciones. Típicamente las perforaciones se practican a intervalos de 1,5 m.

Otro método que se está utilizando recientemente es un método al vacío o por asistencia de succión. Existen dos técnicas: una consiste en encerrar totalmente el elemento fisurado en una bolsa e introducir el adhesivo líquido en el fondo y luego aplicar vacío en la parte superior. La otra técnica consiste en inyectar las fisuras desde un lado y aplicar vacío desde el otro. En general se usan resinas epoxi; sin embargo, también se han usado acrílicos y poliésteres de manera exitosa.

Stratton y McCollum (1974) describen el empleo de las inyecciones de resina epoxi como un procedimiento efectivo de reparación a mediano plazo para tableros de puentes con fisuras en láminas. Como informan Stratton y McCollum, se omiten el primer paso, el segundo y el sexto, y en una ubicación específica el proceso termina cuando sale resina epoxi de la fisura a una cierta distancia de las bocas de inyección. Este procedimiento no detiene el proceso de corrosión. Este procedimiento también se puede intentar para otras aplicaciones, y constituye una de las opciones disponibles aunque no haya sido universalmente aceptado. El éxito de la reparación depende de la ausencia de contaminantes inhibidores de la adherencia en el plano de fisuración. Si se desea inyectar elementos con fisuras en láminas, las resinas epoxi y los procedimientos de inyección se deben seleccionar cuidadosamente. Smith (1982) presenta información sobre tableros de puentes observados durante periodos posteriores a

ACI 224.1R-93 – CAUSAS, EVALUACIÓN Y REPARACIÓN DE FISURAS

la inyección de hasta siete años. Smithson y Whiting describen inyecciones de resina epoxi como método para adherir nuevamente una sobrecapa de un tablero de puente fisurado en láminas. El Comité 224 está desarrollando información adicional sobre esta aplicación para su posterior inclusión en futuras revisiones de este Informe.

3.3 – Perfilado y sellado

El perfilado y sellado de fisuras se puede aplicar en condiciones que requieren una reparación inmediata y cuando no es necesario efectuar una reparación estructural. Este método consiste en agrandar la fisura a lo largo de su cara expuesta y llenarla y sellarla con un sellador adecuado (Figura 3.1). Esta es una técnica habitual para el tratamiento de fisuras, y es relativamente sencilla en comparación con los procedimientos y capacitación requeridos para la inyección de resinas epoxi. El procedimiento se adapta mejor a superficies aproximadamente planas y horizontales tales como pisos o pavimentos. Sin embargo, también se pueden perfilar y sellar fisuras sobre superficies verticales (utilizando un sellador no fluido) y superficies curvas (tubos, pilas y postes).

El perfilado y sellado se usa para tratar tanto fisuras finas de patrón irregular como fisuras aisladas de mayor tamaño. Un uso habitual y efectivo es la impermeabilización mediante sellado de las fisuras en superficies de hormigón en contacto con el agua o expuestas a presión hidrostática. Este tratamiento reduce la posibilidad de que la humedad llegue a las armaduras o atraviese el hormigón, provocando manchas superficiales u otros problemas.

Los selladores pueden ser de diferentes materiales, incluyendo resinas epoxi, uretanos, siliconas, polisulfuros, materiales asfálticos o morteros de polímero. Se deberían evitar los morteros cementicios por su potencial de fisuración. Los selladores utilizados en pisos deberían ser lo suficientemente rígidos para soportar el tránsito anticipado. Un sellador satisfactorio debería ser capaz de soportar deformaciones cíclicas y no debería ser frágil.

El procedimiento consiste en preparar en la superficie una ranura de profundidad variable, generalmente entre 6 a 25 mm. Se puede usar una sierra para hormigón, herramientas manuales o herramientas neumáticas. Luego la ranura se limpia con chorro de aire, arena o agua a presión y se seca. Se coloca un sellador en la ranura y se permite su curado.

Se puede disponer un interruptor de la adherencia en el fondo de la ranura para permitir que el sellador cambie de forma, sin concentrar tensiones en el fondo (Figura 3.2). El interruptor de la adherencia puede ser una cinta o tira de polietileno que no se adhiera al sellador.

Hay que detallar la ranura cuidadosamente de manera que su relación de aspecto (ancho/profundidad) acomode el movimiento anticipado (ACI 504R).

En algunos casos se colocan sobrecapas (overbanding) de forma independiente o en combinación con perfilado y sellado. Este método se utiliza para mejorar la protección contra el descantillado de los bordes y por motivos estéticos para crear un tratamiento de apariencia más uniforme. Un procedimiento

típico de colocación de sobrecapas consiste en preparar un área de aproximadamente 25 a 75 mm a cada lado de la fisura mediante chorro de arena u otros medios de preparación superficial y aplicar un recubrimiento (por ejemplo uretano) de 1 a 2 mm de espesor en forma de banda sobre la fisura. Antes de colocar las sobrecapas en zonas no expuestas al tránsito, algunas veces se utiliza un interruptor de la adherencia sobre fisuras que no han sido perfiladas, o sobre fisuras previamente perfiladas y selladas. Si se anticipa que el movimiento será mínimo se pueden colocar sobrecapas sobre las fisuras, pero si se anticipa que puede haber un movimiento importante, las sobrecapas se deben utilizar en combinación con perfilado y sellado de las fisuras para asegurar una reparación impermeable.

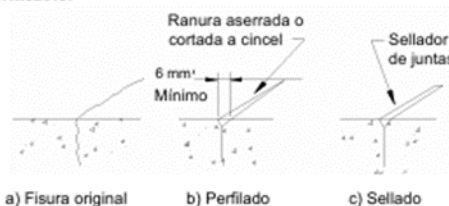


Fig. 3.1 – Reparación de una fisura mediante perfilado y sellado (Johnson, 1965)

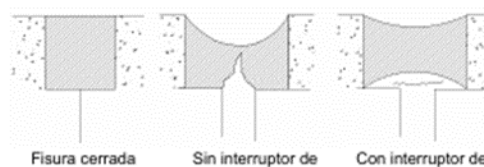


Fig. 3.2 – Efecto del interruptor de la adherencia

3.4 – Costura de fisuras

Coser una fisura consiste en perforar orificios a ambos lados de la fisura, insertar unidades metálicas en forma de U de patas cortas (grampas o bridas de costura) y asegurarlas con mortero como se ilustra en la Figura 3.3 (Johnson, 1965). Se pueden utilizar costuras cuando es necesario restablecer resistencia a la tracción en fisuras importantes (Hoskins, 1991). Al coser una fisura la estructura tiende a volverse más rígida, y esta rigidez puede aumentar la restricción global de la estructura provocando fisuración en otras partes del hormigón. Por lo tanto, puede ser necesario reforzar la sección o las secciones adyacentes. Debido a que la concentración de tensiones es frecuente, puede ser necesario emplear este método conjuntamente con otros.

Los pasos del procedimiento de costura son perforar orificios a ambos lados de la fisura, limpiar los orificios y anclar las patas de las grampas en los orificios, utilizando un mortero que no se contraiga, o bien un sistema adhesivo en base a resina epoxi. Las grampas deben ser variables en longitud, en orientación, o en ambos aspectos, y se las debe ubicar de manera que la tracción transmitida a través de la

ACI 224.1R-93 – CAUSAS, EVALUACIÓN Y REPARACIÓN DE FISURAS

reparación no será satisfactoria. Un monómero volátil que se evapora antes de su polimerización no es efectivo. Hasta el momento la impregnación con polímero no se ha utilizado exitosamente para reparar fisuras finas, sino que se ha utilizado fundamentalmente para lograr superficies impermeables más durables (Webster et al., 1978; Hallin, 1978).

Por otro lado, mediante impregnación con polímero se han reparado vigas gravemente fracturadas. El procedimiento consiste en secar la fractura, encamisarla temporalmente con una banda de chapa metálica impermeable al agua (a prueba del monómero), empapar las fracturas con el monómero y polimerizar el monómero. En regiones comprimidas los vacíos de gran tamaño o áreas rotas se pueden llenar con agregados fino y grueso antes de inundarlos con monómero, logrando así una reparación con hormigón polímero. El documento ACI 548R contiene una descripción más detallada de los polímeros

3.12 – Sobrecapas y tratamientos superficiales

Las fisuras superficiales finas en losas y pavimentos se pueden reparar empleando una sobrecapa adherida o un tratamiento superficial cuando se tenga la certeza de que ya no sufrirán movimientos significativos. Las sobrecapas adheridas se pueden utilizar para cubrir una losa, pero no necesariamente para repararla. Las sobrecapas y tratamientos superficiales pueden ser adecuados para las fisuras provocadas por hechos únicos y que no han penetrado totalmente la losa. Estas técnicas no son adecuadas para efectuar reparaciones en caso de fisuración progresiva, como la inducida por los agregados reactivos y la fisuración de borde.

En climas fríos las losas de cimentación no se deberían reparar utilizando sobrecapas ni tratamientos superficiales que constituyan una barrera de vapor. Una barrera de vapor provocará la condensación de la humedad que pasa de la subrasante, llevando a la saturación crítica del hormigón y a su rápida desintegración durante los ciclos de congelamiento y deshielo.

3.12.1 Tratamientos superficiales –

Para sellar las superficies de hormigón, incluyendo el tratamiento de fisuras muy finas, se han utilizado sistemas a base de resina bajos en contenido de sólidos y de baja viscosidad. Estos tratamientos se adaptan mejor para superficies que no están sujetas a un desgaste significativo.

Las losas de tableros de puente y estructuras para estacionamiento de vehículos, así como otras losas interiores, se pueden recubrir de manera efectiva una vez tratadas por inyección de resina epoxi o mediante perfilado y sellado. Se han aplicado materiales tales como uretanos, resinas epoxi, poliésteres y acrílicos en espesores de 1 a 50 mm, dependiendo del material y el objetivo del tratamiento. A menudo en el material se mezclan agregados antideslizantes, o bien se esparcen sobre la superficie para mejorar la tracción.

3.12.2 Sobrecapas – Las losas que contienen fisuras finas inactivas se pueden reparar aplicando una sobrecapa, por ejemplo una sobrecapa de mortero de cemento portland u hormigón modificado con polímero, o de hormigón con vapor

de sílice. Las losas que presentan fisuras activas se pueden sobrecapar siempre que en la sobrecapa se dispongan juntas directamente sobre las fisuras activas. En aplicaciones para carreteras y puentes se han utilizado con éxito sobrecapas de muy poco espesor, de hasta 30 mm (NCHRP Synthesis 57). Entre los polímeros adecuados se incluyen el estireno butadieno o los látex acrílicos. Los sólidos de la resina deben representar al menos 15 por ciento en peso del cemento portland, aunque el porcentaje óptimo generalmente es 20% (Clear y Chollar, 1978).

La superficie a sobrecapar se debe limpiar para retirar la capa superficial (la capa de material débil y no durable, que contiene cemento, material fino de los agregados, transportados a la superficie del hormigón demasiado húmedo por el agua de exudación), materiales carbonatados o debilitados de alguna otra manera, y otros contaminantes tales como grasas o aceites. Antes de colocar una sobrecapa se debería aplicar con escoba una capa adherente consistente en una fracción de mortero. Debido a que los hormigones modificados con polímero por lo general endurecen rápidamente, se deberían utilizar dosificadoras y mezcladoras continuas. Las sobrecapas modificadas con polímero se deberían mezclar, colocar y acabar rápidamente (en 15 minutos o menos en tiempo cálido). Para estas sobrecapas es habitual aplicar un curado húmedo durante 24 horas.

3.13 – Autocurado

El proceso natural de reparación de fisuras del hormigón conocido como "autocurado" puede ocurrir en presencia de humedad y en ausencia de tensión de tracción (Lauer y Slate, 1956). Tiene aplicación práctica para cerrar fisuras inactivas en ambientes húmedos, condición habitual en muchas estructuras de hormigón.

El autocurado se produce por la continua hidratación del cemento y carbonatación del hidróxido de calcio de la pasta cementicia por parte del dióxido de carbono presente en el aire y el agua que rodea al hormigón. Los cristales de hidróxido de calcio y carbonato de calcio precipitan, se acumulan y acrecen dentro de las fisuras. Los cristales se entrelazan y unen, produciendo un efecto de adherencia mecánica suplementado por la adherencia química entre cristales adyacentes y entre los cristales y las superficies de la pasta y los agregados. Como resultado de este proceso, se restablece parte de la resistencia a la tracción del hormigón a través de la sección fisurada, y es posible que la fisura se selle.

No habrá autocurado si la fisura está activa y sujeta a movimiento durante el período de curado. Tampoco habrá autocurado si hay un flujo de agua positivo a través de la fisura, ya que estos flujos disuelven y lavan los depósitos, a menos que el flujo de agua sea tan lento que se evapore completamente en la cara expuesta provocando que las sales disueltas se depositen nuevamente.

La saturación de la fisura y el hormigón adyacente con agua durante el proceso de curado es fundamental para lograr cualquier resistencia significativa. Sería deseable que la sección