



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

**“PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA TERMINAL
ESPECIALIZADA EN CONTENEDORES, A BASE DE
PILOTES DE ACERO Y PREFABRICADOS”**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

ARMANDO DÍAZ TORRES

ASESOR: M.I. MARCO TULIO MENDOZA ROSAS

México D.F., 2014



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVÁNAMA DE
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/93/2014

Señor
ARMANDO DÍAZ TORRES
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M. EN I. MARCO TULIO MENDOZA ROSAS que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted conforme a la opción I, "Titulación mediante tesis o tesina y examen profesional", para obtener su título en INGENIERIA CIVIL

"PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA TERMINAL ESPECIALIZADA EN CONTENEDORES, A BASE DE PILOTES DE ACERO Y PREFABRICADOS"

- INTRODUCCIÓN
- I. GENERALIDADES
- II. PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS
- III. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
- IV. CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFÍA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 10 de Junio de 2014
EL PRESIDENTE DEL COMITÉ

M. EN I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ
JLTSMTS

Vo. Bo.
14/09/2014

Vo. Bo.
5/09/14
2/09/2014
M.I. Miguel A. Zúñiga

Vo Bo
02/09/2014
A. Deminghi C

Vo. Bo.
Ing. Heberto
15/09/2014
Ing. Ernesto Rene Mendoza Sánchez

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por enseñarme el sendero a la rectitud, el valor de la perseverancia, así como el amor a mi familia.

A mis hermanos por estar a mi lado apoyándome sin nada a cambio más que mi propio crecimiento personal.

A mi amada, quién me ha inspirado cada vez más para alcanzar mis metas, construyendo un futuro sólido para la posteridad.

A mis amigos(as), que me acompañaron a lo largo de esta gran hazaña, demostrando su valía y su gran amistad.

A mis maestros por darme la oportunidad de cultivarme con su inmensa e invaluable experiencia.

Por último, pero no menos importante, agradezco a la vida por poner en mi camino a todas aquellas personas que me amaron, amé y dejaron en mi la huella de su compañía.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	4
GENERALIDADES	4
1.1 Descripción del sitio	5
1.2 Condiciones naturales	5
1.2.1 Vientos	5
1.2.2 Nivel de mareas	7
1.2.3 Oleaje	7
1.2.4 Corrientes	8
1.3 Descripción del proyecto.....	8
1.3.1 Consideraciones generales del diseño propuesto y su construcción	10
CAPÍTULO 2	13
PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS	13
2.1 Suministro y acomodo de pilas de acero.....	13
2.1.1 Normas	13
2.1.2 Especificaciones	13
2.1.3 Características y pruebas de la calidad del acero de la pila ...	14
2.1.4 Transporte marítimo al sitio de los trabajos	14
2.1.5 Plan de estiba y arriostamiento durante el transporte	15
2.1.6 Características del recubrimiento anticorrosivo	16
2.1.6.1 Normas para la aplicación del recubrimiento anticorrosivo	16
2.1.6.2 Sistema de recubrimiento	19
CAPÍTULO 3	20
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	20
3.1 Dragado	20

	CONTENIDO	V
3.1.1 Introducción al CSD		21
3.1.2 Posicionando el CSD		22
3.1.3 Método de dragado CSD		23
3.1.4 Método de descarga CSD		25
3.1.5 Control de Dragado CSD		25
3.1.6 Reclamación		28
3.1.7 Alcance y descripción de los trabajos		34
3.1.8 Dragado de Taludes		36
3.1.9 Construcción de bordos		37
3.1.10 Relleno del área de reclamación		38
3.2 Hincado de pilas.....		38
3.2.1 Control topográfico		39
3.2.2 Control de hincado de pilas		39
3.2.3. Selección y utilización del equipo de hincado de pila		40
3.2.4 Arreglo del anclaje de la barcaza de hincado		42
3.2.5 Secuencia del hincado de pilas		43
3.2.6 Control de calidad en el hincado		43
3.2.7 Criterio de detención del martinete en este proyecto		44
3.3 Relleno de pila con concreto		45
3.3.1 Procedimiento constructivo		46
3.4 Losas y vigas marinas prefabricados		49
3.5 Tapones de Pilas.....		54
3.5.1 Control topográfico		54
3.5.2 Corte de la pila		54
3.5.3 Cimbra		54
3.5.4 Instalación de acero de refuerzo		54
3.5.5 Colado en sitio		54
3.5.6 Procedimientos de Control de Calidad para trabajos de concreto		55
3.6 Capitel de pila		56
3.6.1 Control Topográfico		56
3.6.2 Corte de la pila		56
3.6.3 Cimbra y obra falsa		56
3.6.4 Acero de Refuerzo		57
3.6.5 Colado en Sitio		57
3.7 Pre colado e instalación de muro de contención.....		58
3.7.1 Método de Trabajo		59
3.7.2 Cimbra		59
3.7.3 Acero de Refuerzo		59
3.7.4 Concreto		59
3.7.5 Cama de grava gruesa		60
3.7.6 Instalación de la base pre colada		60

	CONTENIDO	VI
3.7.7 Instalación de placas base prefabricadas		60
3.7.8 Colado en sitio de concreto muro de contención		60
3.7.9 Cimbra de construcción		61
3.7.10 Concreto Curado		61
3.7.11 Retiro de Cimbra y sistema de apoyo		61
3.7.12 Secuencia y Programa		61
3.8 Suministro y colocación de Tie Down.....		62
3.8.1. Recomendaciones de instalación		62
3.8.2 Procedimiento de instalación de Tie Down		62
3.8.3 Alcances		63
3.9 Colado en Sitio de la Losa de Cubierta		64
3.9.1. Diagrama de flujo del proceso de construcción de colado en sitio de la losa de cubierta		65
3.9.2 Métodos de construcción		66
3.10 Suministro e instalación de defensa marina.....		69
3.11 Suministro y colocación de bita de amarre.....		78
3.12 Rieles de grúa		81
3.13 Aterrizaje de rieles de grúa		94
3.14 Suministro de roca para núcleo y coraza		102
3.15 Revestimiento de talud.....		107

TABLAS

Tabla 1 Máxima velocidad y dirección de viento.....	6
Tabla 2. Dirección del viento dominante y la velocidad media del viento	6
Tabla 3. Velocidad del viento mensual promedio	7
Tabla 4. Características del recubrimiento anticorrosivo.	18
Tabla 5. Características del recubrimiento en la zona de oleaje y la zona de inmersión.	19
Tabla 6. Dimensiones de los prefabricados.	50
Tabla 7. Especificaciones requeridas para la defensa marina.....	72
Tabla 8. Tolerancias para la aprobación de la defensa marina.	73
Tabla 9. Propiedades mínimas requeridas para panel frontal de defensa marina.....	75
Tabla 10. Tolerancia del Riel de Grúa Pórtico.	85

Tabla 11. Especificaciones y características de la roca según el proyecto.	104
Tabla 12. Requerimientos para la roca.	108

FIGURAS

Figura 1. Ubicación del puerto	4
Figura 2. Zona de proyecto	5
Figura 3. Diagrama de distribución general del proyecto	8
Figura 4. Distribución de la Fase 1 - Etapa 1A	9
Figura 5. Planta de Pilas y Trabes en Módulo del Muelle	11
Figura 6. Esquema de acomodo de las pilas para su transporte	15
Figura 7. Fotografía de la CDS (Draga de succión y corte)	20
Figura 8. Vista general de una draga de succión y corte (Cutter Suction Dredger, CSD)	21
Figura 9. CSD dragando, girando sobre el puntal	22
Figura 10. Esquema de tubería de succión de una CSD	23
Figura 11. Proceso constructivo de un talud	23
Figura 12. Esquema de los cortes propuestos para el CSD	24
Figura 13. Esquema propuesto para el corte y el retiro del material producto del dragado	24
Figura 14. Esquema de la línea de conducción para el tiro del material dragado	25
Figura 15. Esquema en 3D del monitor de la draga mostrando superficie del terreno vs corte propuesto	26
Figura 16. Esquema de ubicación de zona por debajo del nivel de corte (pozo a 19 m bajo el espejo de agua)	27
Figura 17. Esquema de posicionamiento del puntal de corte	27

Figura 18. Desarrollo de un Área de Reclamación en la Bahía de Bahrain	28
Figura 19. Esquema típico del arreglo de diques y bordos usando bulldozers y una excavadora.....	30
Figura 20. Actividades en un área típica de reclamación	30
Figura 21. División de la tubería hacia diferentes áreas	31
Figura 22. Colocación de tubos en el área de reclamación.....	31
Figura 23. Caja vertedero con placas de control.....	32
Figura 24. Trabajos previos: plástico de protección del talud de bordos.....	32
Figura 25. Croquis esquemático de un sistema de cajas vertedero	33
Figura 26. Sistema de cajas vertedero descargando al mar	33
Figura 27. Vista típica y sección transversal de un croquis de bordos, tubería, bulldozers, excavadora y caja vertedero en un área cerrada de reclamación.....	34
Figura 28. La imagen de arriba muestra el área a dragar, dividido en dos partes "Zona I" y "Zona II".	35
Figura 29. Esquema de la distribución de los patios de contenedores y muelle. ...	35
Figura 30. Esquema de posicionamiento de la draga en el talud para su corte. ...	36
Figura 31. Construcción de bordos	37
Figura 32. Fórmula a utilizar para la conversión del sistema de coordenadas de diseño y construcción.....	39
Figura 33. Esquema de posicionamiento para verificación de alineamiento de las pilas.....	40
Figura 34. Esquemmatización de equipo de hincado.....	41
Figura 35. Esquema de las características de la piloteadora.	42
Figura 36. Arreglo de anclajes y barcaza	42
Figura 37. Fotografías de la maquinaria para hincado de pilas de acero.....	44
Figura 38. Diagrama de flujo del relleno de pila de concreto.	45

Figura 39. Plan esquemático del método neumático de limpieza.....	46
Figura 40. Plan esquemático de la colocación del concreto	47
Figura 41. Zona de producción de prefabricados y zona de colocación.....	49
Figura 42. Planos de vigas de cruce o transversales	51
Figura 43. Planos de vigas longitudinales o de amarre.....	51
Figura 44. Planos de vigas longitudinales o de amarre.....	52
Figura 45. Esquema de acomodo de prefabricados en bahía tipo.	53
Figura 46. Esquema de la línea de conducción del concreto para el tapón de pilas.	55
Figura 47. Diagrama de colocación.....	58
Figura 48. Esquema de colocación de losa base de muro de contención.....	60
Figura 49. La secuencia de construcción de la losa de cubierta	64
Figura 50. Detalle de la losa de cubierta	64
Figura 51. Diagrama de flujo del proceso de construcción de colado en sitio de la losa cubierta	65
Figura 52. Detalle de la construcción de la losa de cubierta	66
Figura 53. Esquema de propiedades de la defensa marina.	70
Figura 54. Dimensiones del cono amortiguador de la defensa marina.....	70
Figura 55. Dimensiones del panel frontal de absorción de energía.....	71
Figura 56. Alineamiento y colocación de cono de absorción de defensa marina ..	77
Figura 57. Sujeción y anclaje de panel de absorción de polietileno.	77
Figuras 58 y 59. Colocación de bitas.	80
Figura 60. Detalle de Riel para Grúa.....	81
Figura 61. Plantilla para la fijación de pernos de anclaje y placa de asiento.....	81

	CONTENIDO	X
Figura 62. Secuencia de Construcción de Riel para Grúa	82	
Figura 63. Diagrama de Flujo para la Construcción de Riel de Grúa	83	
Figuras 64 y 65. Colocación de Grout para relleno y anclaje de riel.	91	
Figura 66. Diagrama de flujo del aterrizaje del riel	95	
Figura 67. Detalle de la conexión de tierra del riel.	96	
Figura 68. Termosoldado de cobre	99	
Figura 69. Dimensiones del dique	107	
Figura 70. Esquema de Protección Riprap de Pendiente y Núcleo de Piedra capa filtrante y geotextil	108	
Figura 71. Fotografía de tiro de roca de núcleo de dique.....	109	
Figura 72. Configuración de núcleo de dique.....	110	
Figura 73. Detalle de revestimiento del recubrimiento de pilas.	111	
CONCLUSIONES.....	112	
BIBLIOGRAFÍA	114	
ANEXOS	116	

ANEXO “A”: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	117
Marco Geológico Regional	117
FISIOGRAFÍA	117
TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO	121
Exploración Geotécnica	121
Ensayes De Laboratorio.....	121
ESTRATIGRAFÍA Y PROPIEDADES	122
Zona de plataformas	122
Estratigrafía en el agua	125
ANÁLISIS GEOTÉCNICO.....	125
Plataforma (tierra)	125
Asentamientos de largo plazo en patios.....	128
Excavaciones	129
Zona De Muelles	131
<i>Discusión de la cimentación</i>	<i>131</i>
Pilotes sujetos a carga lateral	132
ANEXO B: ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN DE PILAS	137
CRITERIO DE DISEÑO.....	139
Códigos de diseño y estándar.....	139
Ambiental	139
INTRODUCCIÓN.....	140

DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURA DE MUELLE	140
PLANOS DE AMARRE Y ATRAQUE	141
INFORMACIÓN DE DISEÑO	141
Introducción.....	141
Dimensión Física.....	142
Peso de Estructura (DL).....	142
Peso de Grúa de Puente (QC)	142
Otro equipo de Campo (VE).....	144
Cargas de Almacén (UDL)	146
Carga de Atraque (B)	147
Carga de Amarre (M)	147
Carga de Transferencia de Grúas (CTL).....	147
ANÁLISIS DE ESTRUCTURA	149
DISEÑO DE CIMIENTOS PROFUNDOS DE ACERO .	150
ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LOS CIMIENTOS PROFUNDOS	150
CONCLUSIÓN.....	151
ANEXO I : MUELLE Y ACOMODO DE CIMIENTOS PROFUNDOS.....	152
ANEXO 2: ANÁLISIS DE CIMIENTOS	154
B1. Combinaciones de Cargas Principales	154
1. CARGUE CASOS PARA RESISTENCIA DE CIMIENTOS.....	155
FUERZA DE CIMIENTOS	157
Esfuerzo y combinaciones en los pilotes.....	159
ANEXO 3: DISEÑO DE CIMIENTO DE ACERO	175

Diseño de Cimientos Profundos de Acero con un diámetro de 1200mm y un grosor de 18mm.	175
Dimensión original de cimientos profundos:	175
Diseño de Dimensiones de Cimientos Profundos a Largo Plazo: ..	175
Diseño de Cimiento de acuerdo a Código de Práctica API, Prácticas Recomendadas 2A-LAFD	175

DISEÑO DE CIMIENTOS PROFUNDOS DE ACERO CON UN DIÁMETRO DE 1000MM Y UN GROSOR DE 18MM..... 177

Dimensión original de cimientos profundos:	177
Diseño de Dimensiones de Cimientos Profundos a Largo Plazo: ..	177
Diseño de Cimiento de acuerdo a Código de Práctica API, Prácticas Recomendadas 2A-LAFD	177

INTRODUCCIÓN

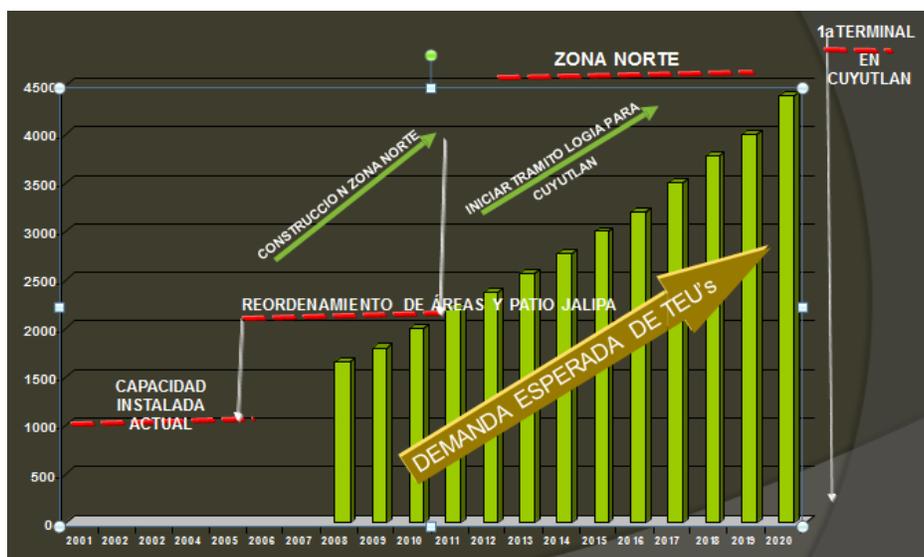
En nuestros tiempos el comercio internacional es la clave para el crecimiento económico. Los barcos y los puertos desempeñan un papel primordial en el comercio mundial y, consecuentemente, en el desarrollo económico tanto nacional como internacional.

El carácter propio de los puertos está cambiando: en el pasado, tan sólo eran la puerta de entrada a las áreas de tierra adyacentes interiores, llamadas en conjunto zona de influencia. Sin embargo, la llegada de las extensas redes carreteras borró dicho concepto.

El puerto moderno es meramente un eslabón de una vasta cadena de transporte entre un amplio conjunto de orígenes y destinos. Ello ha estimulado a los distintos puertos a competir entre sí.

Por lo que el gobierno federal, en conjunto con la inversión privada, decidió invertir en uno de los puertos de altura: el puerto de Manzanillo; este ha tenido el mayor crecimiento en los últimos 20 años en México, por la gran movilidad de carga contenerizada. Dicha inversión asciende a 5,115 mdp. La utilización actual del puerto se encuentra en el 70% de su capacidad total.

El crecimiento de la carga contenerizada hace impostergable la ampliación del puerto actual. Por esta razón, se aprovechó el terreno propiedad del puerto para la terminal 2 de contenedores. A continuación se muestra una gráfica que ejemplifica la demanda de espacio para carga contenerizada, así como un mapa de ubicación de la nueva terminal 2 de contenedores.





La presente tesis se estructuró, de manera general, en tres capítulos y una parte correspondiente a los anexos. El primer capítulo trata las generalidades, como son la descripción del sitio y del proyecto, así como las condiciones naturales a considerar para llevar a cabo el proyecto. El segundo capítulo se centra en la planeación y programación de los trabajos. Asimismo, en él se muestra, de forma global, la programación de la ejecución de los trabajos a realizar, así como insumo de las pilas de acero, ya que sin su hincado no se podrían comenzar los trabajos de construcción del muelle.

En el tercer capítulo, que es el más extenso, se explica detalladamente la ejecución de los trabajos de construcción del muelle, desde el hincado de pilas hasta la colocación de las grúas pórtico de muelle de más de 500 ton. En él, por la extensión del tema, trato los puntos más importantes de la construcción, así como las soluciones dadas ya en la ejecución de los mismos.

En los anexos se explica de forma breve el estudio de la cimentación, el estudio

de sismo, el porqué el diámetro de las pilas de 1.20 m en la zona de los rieles del muelle y el porqué de las pilas de 1 m de diámetro en la zona central de la losa del muelle, así como su comportamiento en el momento de un sismo. Se explicará en un esquema la constitución del fondo marino (según SUC´S) dada la cimentación del muelle y el porqué de la penetración mínima del hincado de las pilas.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

El proyecto de la Terminal Especializada de Contenedores se ubica en la República Mexicana, en la porción central del litoral del pacífico, en las coordenadas geográficas latitud Norte 19°03.45 y longitud Oeste 104°18.08. La terminal se desarrollará específicamente en la zona noroeste del recinto portuario, dentro de la actual zona de reserva para futuro crecimiento del puerto.

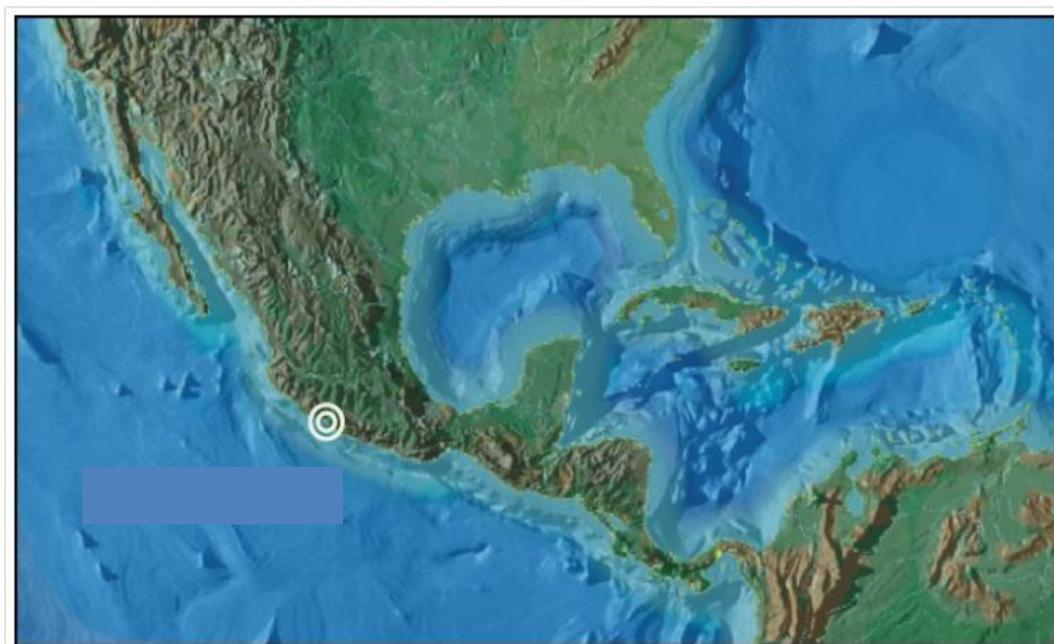


Figura 1. Ubicación del puerto

Se encuentra en proceso de desarrollo e implementación de la infraestructura e instalaciones correspondientes a la Fase 1, Etapa 1A de la Terminal, cuyos alcances incluyen el diseño y la construcción de un muelle de 720 m de longitud.

1.1 Descripción del sitio

El sitio del proyecto está creado mediante el uso de material de dragado de la dársena de navegación. La península es de un aproximado de 2 kilómetros de largo y 500 metros de ancho limitada con el canal de navegación/atraque y aguas poco profundas.



Figura 2. Zona de proyecto

El canal de acceso al Puerto tiene una longitud total de 2.35 kilómetros y un ancho de canal de 150 metros en la bahía interior. El calado máximo de navegación es de 16.0 metros.

1.2 Condiciones naturales

1.2.1 Vientos

De acuerdo a las estadísticas meteorológicas de la zona desde 2001 al 2010, el promedio mensual oscila entre la velocidad del viento 1.5 m/s a 3.1 m/s. Los vientos ocurren con más frecuencia de la dirección norte, mientras que los más fuertes vientos soplan de sur a sureste, con la velocidad del viento máxima de 25.2 m/s (se produce desde la dirección sureste).

Tabla 1 Máxima velocidad y dirección de viento

Mes Año	Ene.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2001	SW	W	SW	WNW	S	S	N	S	SE	SE	W	W
	12.9	8.9	15.5	11.9	11.4	13.4	17.0	17.4	17.7	10.5	14.7	10.1
2002	NW	SW	W	W	WSW	S	E	SE	SSE	SE	E	NW
	9.7	13.0	9.4	11.9	9.4	13.3	16.2	17.0	21.6	18.1	10.5	8.1
2003	SW	S	WSW	NW	W	SW	E	ESE	SE	SE	W	W
	12.3	13.6	11.9	12.2	10.3	10.8	16.7	14.3	17.4	25.2	9.2	8.4
2004	NW	W	NE	S	S	W	SE	SE	SSE	SE	—	N
	11.8	10.6	13.4	20.9	10.9	13.2	17.6	13.4	11.2	6.0	—	7.8
2005	SW	N	SSW	SE	W	SE	SE	SE	N	E	W	W
	15.0	16.1	12.4	9.8	10.6	14.6	19.8	18.5	12.9	17.7	11.5	8.7
2006	S	W	W	S	ENE	N	SE	SE	E	S	NE	W
	10.9	11.5	13.7	13.2	12.0	13.4	12.0	14.0	18.4	24.0	11.2	8.7
2007	N	S	W	W	WSW	SW	SE	SE	SE	N	SW	NE
	12.9	11.8	12.0	11.5	13.2	12.9	19.8	21.3	23.2	21.9	10.4	12.0
2008	W	WSW	SW	—	S	S	S	SE	SE	SSW	WSW	W
	12.6	11.8	15.2	—	18.0	18.6	22.7	18.5	17.3	10.6	13.2	10.1
2009	SSE	SW	SW	S	SW	E	ESE	N	SE	SE	S	W
	14.1	14.0	13.0	20.4	14.6	24.1	17.9	18.0	15.7	21.2	10.4	10.4
2010	SE	SW	W	W	W	SSW	SE					
	16.7	16.7	11.2	14.6	12.3	13.2	15.4					

Tabla 2. Dirección del viento dominante y la velocidad media del viento

Mes Año	Ene.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2001	N	NE	NE	W	W	N	N	N	N	N	N	N
	1.3	1.7	2.1	4.0	3.0	1.2	2.0	2.0	1.8	2.0	2.0	2.0
2002	N	N	N	N	N	W	N	N	N	N	NNE	NNE
	2.0	2.0	1.3	1.2	2.0	3.0	2.0	2.2	2.0	2.0	2.0	2.0
2003	NNE	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NNE	NNE
	2.0	1.7	1.4	1.1	1.2	1.3	1.7	2.0	1.5	0.2	1.3	2.0
2004	N	N	NE	NE	W	NE	N	N	N	N	N	N
	2.3	1.7	1.0	1.0	2.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2	2.1
2005	N	N	N	N	N	SW	N	N	N	N	N	N
	1.7	1.7	1.4	1.0	1.0	3.0	1.5	2.0	2.0	1.3	2.0	1.7
2006	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	1.6	2.0	1.5	1.3	1.3	1.3	2.0	2.0	1.7	1.5	1.7	1.7
2007	N	N	N	N	W	W	N	N	N		N	N
	1.3	1.5	1.0	1.2	4.0	3.7	2.0	2.2	2.0		1.9	1.3
2008	N	N	SW		SW	N	N	N	N	N	N	N
	2.0	2.0	3.4		3.2	2.0	2.2	2.0	2.0	2.0	2.4	2.2
2009	N	N	N	W	N	N	N	N	N	N	N	N
	2.0	1.7	2.0	4.5	1.6	2.0	2.1	2.8	2.3	1.8	2.2	2.5
2010	N	N	N	W	W	W	N					
	2.6	2.0	1.5	3.9	3.2	3.4	1.2					

Tabla 3. Velocidad del viento mensual promedio

Mes Año	Ene.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2001	1.9	1.7	3.1	2.1	1.8	2.0	1.8	2.0	2.4	2.4	1.6	1.5
2002	1.6	1.7	1.6	1.7	1.9	1.9	2.1	2.2	1.9	1.8	1.7	1.9
2003	1.6	1.7	1.6	1.9	1.8	1.4	1.6	1.9	2.2	1.6	1.5	1.8
2004	1.8	1.7	1.6	2.1	1.9	2.1	1.8	1.9	2.2	2.0	—	1.8
2005	1.7	1.8	1.9	1.7	2.0	2.3	1.9	2.3	2.0	1.6	1.7	0.6
2006	1.6	2.3	2.2	2.0	1.9	1.6	1.8	1.6	1.7	1.2	1.3	1.4
2007	1.4	1.1	1.0	1.6	2.5	2.2	2.1	2.7	2.4	—	1.8	1.7
2008	1.9	2.0	1.6	1.7	2.4	2.5	2.8	2.2	2.3	2.1	2.3	2.3
2009	2.2	2.3	2.6	2.8	2.6	2.6	2.4	2.7	2.4	2.2	2.1	2.4
2010	2.5	2.0	2.0	2.2	1.9	2.3	1.9					

1.2.2 Nivel de mareas

Las mareas en Manzanillo son tipo compuesto y sus amplitudes no son tan grandes. Los niveles de mareas para el Puerto son los siguientes:

- Pleamar Máxima Registrada1.260 m
- Nivel de Pleamar Media Superior0.726 m
- Nivel de Pleamar Media / Mean High Water0.657 m
- Nivel Medio del Mar (NMM) / Mean Sea Level0.393 m
- Bajamar media (NBM) / Mean Low Water0.144 m
- Nivel Bajamar Media Inferior (NBMI)0.000 m
- Bajamar Mínima Registrada -0.460 m

1.2.3 Oleaje

La dársena es un cuerpo semi-cerrado de agua, cuyas dimensiones aproximadas son 2.5 kilómetros de largo (norte-sur) y 0.4 ~ 1.0 kilómetros de ancho (este-oeste) y se conecta con el mar a través de una entrada de unos 200 metros de ancho, la cual está ubicada en el suroeste del puerto. El área del proyecto está protegida completamente contra oleaje abierto y el único oleaje es causado por la aproximación de buques, con una altura no mayor a un metro.

1.2.4 Corrientes

Las amplitudes de las mareas son pequeñas y la velocidad de la corriente no es tan alta en el sitio, el valor es de 0.3 m/s hasta el muelle.

1.3 Descripción del proyecto

El desarrollo de la terminal de contenedores está programado para ser desarrollado en tres fases principales, subdivididas en etapas. El crecimiento avanzará paulatinamente y las fases serán subdivididas en etapas intermedias, como sigue:

Fase 1: Etapa 1A: 400,000 TEUs por año (dos muelles)
Etapa 1B 650,000 TEUs por año (dos muelles)

Fase 2: Etapa 2A: 750,000 TEUs por año (dos muelles)
Etapa 2B: 1'000,000 TEUs por año (dos muelles)

Fase 3: Etapa 3A: 1, 500,000 TEUs por año (tres muelles)

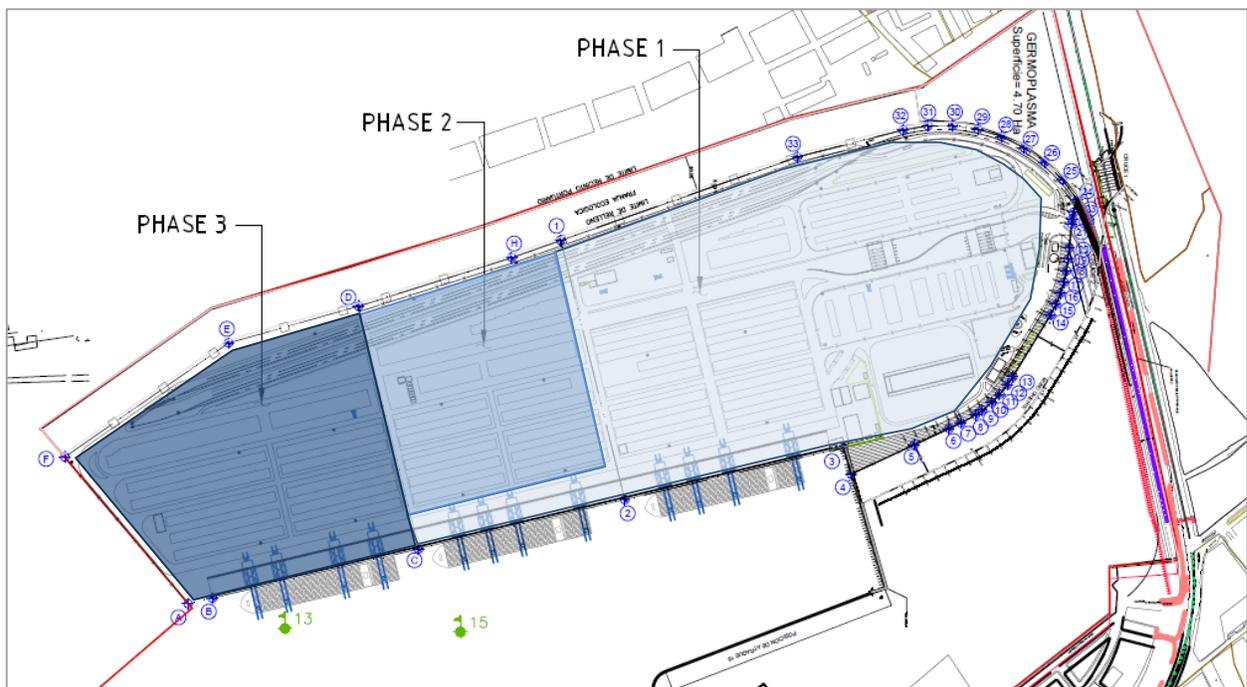


Figura 3. Diagrama de distribución general del proyecto

El proyecto de la Fase1 Etapa 1A, está diseñado para manejar una capacidad

efectiva de 400,000 TEUs por año, contando con la infraestructura marítima que se describe a continuación:

- Muelle con dos posiciones de atraque de 360m de línea de atraque (M-18 y M-19), con un total de 751.2 m de longitud total por 35.5 m de ancho en esta etapa, con un calado suficiente para atender buques Super Post-Panamax y dar servicio a una amplia gama de buques de contenedores (18.000 DWT ~ 175.000 DWT).
- Claro entre rieles para grúas de pórtico será de 100 pies (30.48 metros), contemplando 4 grúas Super Post Panamax eléctricas operando en esta fase.
- El nivel de piso terminado del muelle será de +3.50 metros referidos al Nivel Bajamar Media Inferior (NBMI).
- El dragado de construcción para definir el paramento de atraque con una cota de fondo marino de -16.0 metros (NBMI), más cincuenta metros adicionales en ambos extremos.

Complementariamente se tendría la ejecución de trabajos en 28.5 hectáreas que incluyen patio de almacenaje de contenedores con pavimentos diseñados para el tránsito de carga pesada y las operaciones del equipo manipulador de contenedores, islas de almacenamiento de contenedores, cercado, distribución eléctrica, iluminación, sistema contra incendios, agua potable, infraestructura, sistema de drenaje, servicios e instalaciones requeridas para la eficiente operación de la Terminal Especializada de Contenedores.

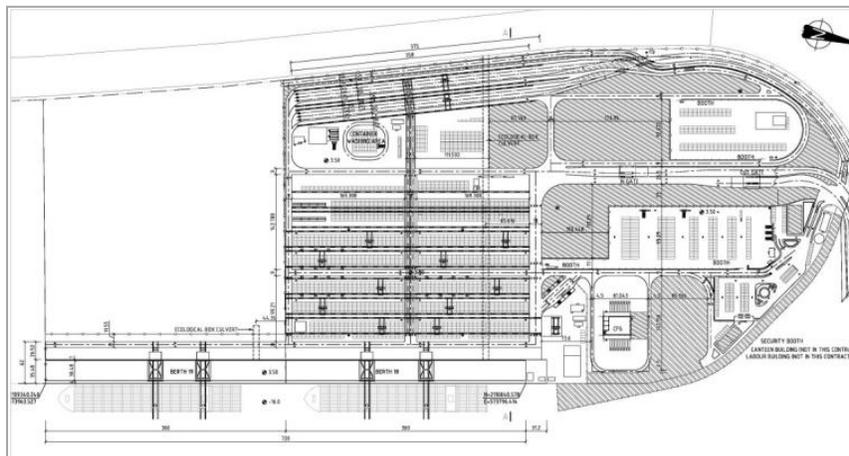


Figura 4. Distribución de la Fase 1 - Etapa 1A

La Terminal de Contenedores contará con áreas de edificios, tales como el edificio administrativo, edificio de facilidades y comedor para los empleados, taller de mantenimiento, casetas de acceso y salida, área para refrigerados (reefers), área para lavador y reparación de contenedores, así como otros edificios de apoyo y otras áreas operacionales.

Finalmente es de considerarse también la Zona Intermodal con todas sus instalaciones ferroviarias y accesorios necesarios para la operación aduanal y ferroviaria eficiente.

1.3.1 Consideraciones generales del diseño propuesto y su construcción

Las infraestructura marítima que comprende el diseño y construcción en este documento para aprobación incluyen la Estructura de Muelle y el Pedraplén de protección.

Los trabajos preliminares de este proyecto iniciaron con una campaña de Investigación Geotécnica de los suelos del Sitio en la zona de agua y en la zona de tierra, identificando que la estratigrafía y las propiedades mecánicas de los suelos no muestra una homogeneidad y varían a lo largo del Sitio de Proyecto.

De la Investigación Geotécnica se definió que las líneas de proyecto de Dragado deberían ser tales que se obtuviera una profundidad de la plantilla de atraque adecuada y por otro lado que permitiera remover el material de suelo no apto y a una profundidad suficiente de manera que la estructura de retención (Dique de Retención) de tierras entre la zona de agua y la zona de tierra pueda ser construido, sobre el que se desplantará la estructura soporte para el elemento de transición de los futuros patio al muelle.

Los sondeos efectuados en la zona de agua y su interpretación geotécnica fueron utilizados para realizar el Diseño Axial de la solución propuesta para la Subestructura (Pilas Metálicas huecas), determinando la longitud y características del Diseño del Dique. Un análisis sísmico específico del Sitio fue desarrollado, el cuál junto con la interpretación de las condiciones de los Suelos, permitiera determinar el potencial de licuación del suelo ante un evento sísmico, determinar la cinemática de la masa de suelo, y las cargas inerciales de la estructura del muelle.

La estructura de Muelle propuesta se configura de los siguientes elementos principales:

- Subestructura a base de 672 Pilas Metálicas de espiral continuo.
- Superestructura para dos posiciones de atraque de 36m de ancho por 720m de largo, dividido en 12 bahías. Cada bahía de 60m de longitud, configurada por 6 ejes de pilas a una distancia aproximada de 6m de centro a centro, referenciadas longitudinalmente del eje A al eje F, y 9 ejes transversales de pilas típicamente a 9m de centro a centro.
-
- Los ejes longitudinales A y F se componen de pilas de 1.20m de diámetro que se ubicarán a una distancia de 4.50m centro a centro, sobre las cuales se desplantarán vigas de concreto reforzado coladas en sitio, sobre las que se desplantarán los rieles para el desplazamiento de las grúas.
-
- Los ejes longitudinales B al E se componen de pilas de 1.00m de diámetro, sobre las que se construirán capiteles de concreto armado, como soporte para las traveses longitudinales y transversales, las cuales estarán conectadas a las traveses principales para los rieles de las grúas. Sobre este arreglo de vigas se colocarán losas prefabricadas (trabe-losa) que en conjunto formarán la plataforma estructural principal del muelle.

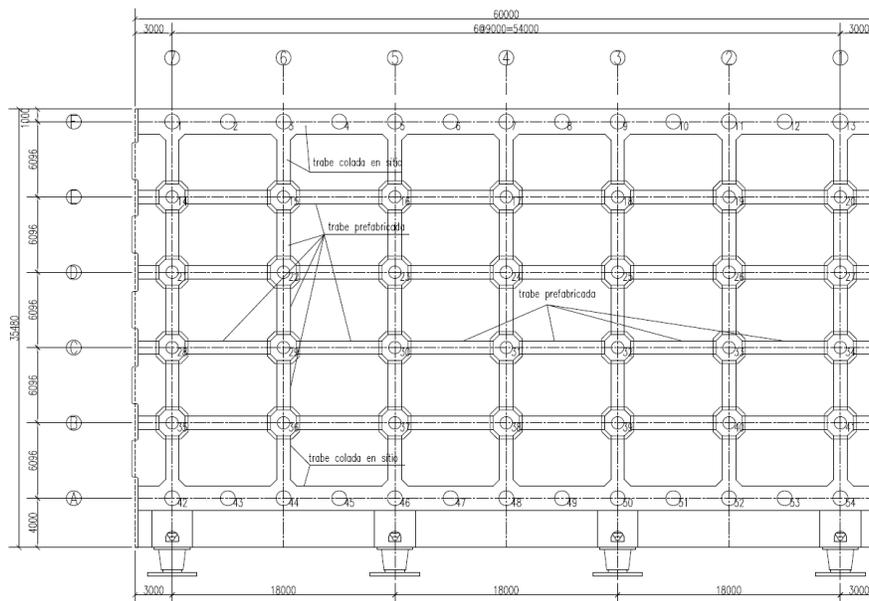


Figura 5. Planta de Pilas y Traveses en Módulo del Muelle

- En el extremo norte la estructura de retención del Muelle se conectará a la Tablestaca existente. En esta zona se construirá una estructura de transición de 34.0m de longitud, con la misma configuración y arreglo a la estructura del Muelle. Es importante señalar que en esta estructura de transición no se prevén cargas originadas por las grúas de muelle.

La estructura de Muelle está diseñada para soportar cargas muertas verticales, cargas muertas de almacenaje (uniformemente distribuida), cargas originadas por las grúas, cargas de atraque y amarre de buques, y para resistir fuerzas sísmicas, resultado de la inercia de la estructura y de cargas cinemáticas del suelo.

CAPÍTULO 2

PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS

2.1 Suministro y acomodo de pilas de acero

2.1.1 Normas

ASTM

- Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel;
- GB/T1591-2008 High strength low alloy structural steels;
- API 5L (44th) Petroleum and natural gas industries-Steel pipe for pipeline transportation systems;
- GB/T228.1-2010
- Metallic materials-Tensile testing-Part1:Method of test at room temperature; GB/T229-2007 Metallic materials-Charpy pendulum impact test method;
- GB/T232-2010 Metallic materials-Bend test;
- GB/T4336-2002 Standard test method for spark discharge atomic emission Spectrometric analysis of carbon and low-Alloy steel(routine method);
- GB/T2651-2008/ISO4136: 2001 Tensile test method on welded joints;
- GB/T2653-2008/ISO5173:2000 Bend test methods on welded joints;
- GB/T2650-2008/ISO9016:2001 Impact test methods on welded joints.

2.1.2 Especificaciones

Suministro, traslado al sitio de la obra, aplicación de recubrimientos anticorrosivos de pilas de acero de diámetros 1000 y 1200 centímetros de espesor 18 milímetros, para las pilas de 1.2m de diámetro, la longitud varía de 35.5 a 37.5m; para las pilas de 1.0 m de diámetro la longitud varía de 33.0 a 35.0m, indicados según proyecto, utilizando acero que cumpla las siguientes especificaciones internacionales: American Standard Testing Materials: A 572/A 572M-06 Grado 50; American Petroleum Institute API 5L,

2.1.3 Características y pruebas de la calidad del acero de la pila

El acero deberá satisfacer una resistencia mínima a la fluencia de f_y 345Mpa (50Ksi), resistencia a la tensión de 450Mpa (65 ksi), con un porcentaje máximo de carbón de 0.25%, Manganeso 1.35%. Previamente de acuerdo a los requerimientos internos de la propia contratista, se realizaron exámenes de verificación:

1. Propiedades mecánicas empleando pruebas de tensión, impacto y dobléz. Las referencias como parámetros mínimos fueron los siguientes $F_y \geq 335\text{MPa}$, Tensión $\geq 470\text{Mpa}$, elongación mayor o ig.
2. Inspección de la composición química empleando espectrómetro de emisión atómica.
3. Prueba de soldadura de tensión.
4. Acabado de la Pila
5. Pruebas de tensión e impacto sobre soldaduras en espiral empleando como criterios de aceptación las normas GB/T1591-2008 y API 5L.
6. Inspecciones de las condiciones de superficie empleando como criterio de aceptación la norma API 5L.
7. Inspección de la circunferencia de la pila empleando como criterio de aceptación la norma API 5L.

Se anexa información relativa a las pruebas antes indicadas del material suministrado para la ejecución de este proyecto.

2.1.4 Transporte marítimo al sitio de los trabajos

El transporte de las pilas tubulares de acero, desde la propia fábrica interna de la contratista al sitio de construcción del proyecto, se realizará sobre cuatro barcasas multi-funcionales, las cuales serán transportadas en un buque semi-sumergible.

A fin de optimizar el espacio de almacenamiento en barcaza, las pilas para su transporte se estibarán por pares introduciendo las pilas de 1.0m de diámetro dentro de las pilas de 1.2m de diámetro, colocando zunchos de algodón alrededor de la pila menor para separar ambas.

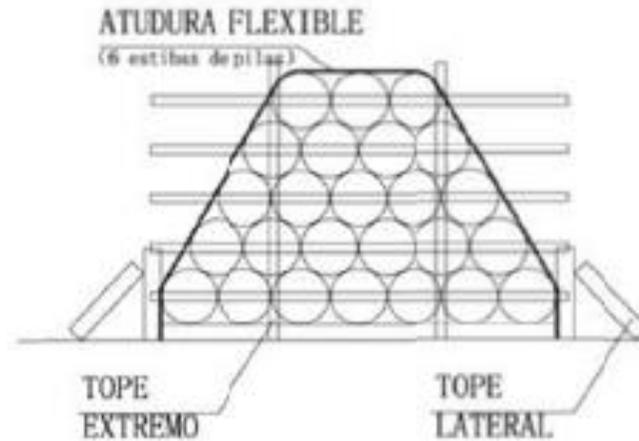


Figura 6.

Esquema de acomodo de las pilas para su transporte.

2.1.5 Plan de estiba y arriostramiento durante el transporte

1. Las pilas de acero son almacenadas longitudinalmente a bordo de las barcasas para su transporte.
2. La capa inferior de tubos de acero son soportados por seis durmientes de estructura de acero de 30 cm x 30 cm con 2.5 cm de espesor de madera y goma de 1 cm.
3. La capa inferior de tubos de acero es confinada por seis estructuras triangulares de madera de 30 cm de ancho (30 grados de ángulo) y seis postes de 0.36m de ancho y 1 m de acero con cinta de goma de 1 cm en ambos lados.
4. Todas las tuberías de acero se colocan en paralelo con una separación entre ellas.
5. La estiba de pilas se trinca contra los soportes en la cubierta de la barcaza, mediante cables de acero, asimismo se colocan contraventeos con eslingas de nylon, los cables de acero se envuelven en una camisa de tela para proteger el acabado de la pila.
6. Las barcasas cuentan con dos topes de estructura de acero en ambos extremos para restringir el movimiento longitudinal de las pilas.

2.1.6 Características del recubrimiento anticorrosivo

El recubrimiento HZF-101 es un epóxico libre de solventes, un producto sustentable con el medio ambiente amigable capa de protección a la corrosión, la cual fue hecha por las resinas epoxi modificadas con la adición de solidificados modificados, anticorrosivo y anti-penetración de pigmentos, aditivos funcionales y algunos otros. El producto tiene la propiedad de excelente adherencia, buena dureza superficial y resistencia superior al impacto causado por la arena y el agua de mar. La capa también es adecuada en ambientes marítimos, aceite, brisa salina, productos químicos y la frecuente alteración de los ambientes húmedos y secos. Además, el recubrimiento puede trabajar en paralelo con ánodos de sacrificio en las aplicaciones de protección contra la corrosión. El espesor del recubrimiento en seco para el recubrimiento puede llegar a más de 500µm y se seca la película en forma rápida. El recubrimiento puede secarse aun en agua marina, que lo hace adecuado para la reparación de recubrimientos de la pila de acero tubular en la zona de mareas. La vida puede ser más de 20 años en algunos en ambientes de corrosión grave como en la zona de marea. Este producto HZF-101 ha sido estandarizado a nivel internacional en la construcción de muelles de última generación en ambientes sustentables para protección contra la corrosión, motivo por el cual fue seleccionado para este proyecto.

El recubrimiento debe cumplir con el objetivo de una vida de diseño de la capa de protección anticorrosiva superior de 20 años. Se seleccionó para el recubrimiento epoxi HZF-101 en la zona de splash, zona de mareas y la zona marítima de inmersión en agua. El diseño del espesor nominal del recubrimiento seco (NFDT, Nominal Dry Film Thickness) total en zona de splash y zona de mareas es 2000µm, en la zona de inmersión de agua de mar es 1000µm. HZF-101 es un producto sustentable libre de solventes y de alto desempeño en contra de la protección contra la corrosión.

2.1.6.1 Normas para la aplicación del recubrimiento anticorrosivo

A continuación se presentan las normas en su versión original debido a que la traducción será burda

- ISO 1517 - Paints and Varnishes - Surface-Drying Test - Ballotini Method
- ISO 2808 - Paints and Varnishes - Determination of Film Thickness, 1997
- ISO 2812 - Paints and Varnishes - Determination of Resistance to Liquids
- ISO 4624 - Paints and Varnishes - Pull-off test for adhesion

- ISO 7253 - Paints and varnishes - Determination of resistance to neutral salt spray
- ISO 7784-2 - Paints and varnishes – Determination of resistance to abrasion-PART 2: Rotating abrasive rubber wheel method
- ISO 8501-1 - Preparation of Steel Substrates before Application of Paints and Related Products Pictorial Surface Preparation Standard for Painting Steel Surfaces, 1994
- ISO 8503- Preparation of Steel Substrates before Application of Paints and Related Products - Surface Roughness Characteristics of Blast-cleaned Steel Substrates
- ISO 15184 - Paint and varnishes- Determination of film hardness by pencil test
- ISO 12944-5: 2007 Paint and varnishes-Corrosion protection of steel structures by protective paint system
- ISO 19840 - Paint and varnishes- Corrosion protection of steel structure by protective paint systems –Measurement of, and acceptance criteria for, the thickness of dry film on rough surface
- GB/T 1768-2006 Paints and varnishes -Determination of resistance to abrasion-Rotating abrasive rubber wheel method.
- GB/T 1771-1991 Paints and varnishes - Determination of resistance to neutral salt spray
- GB/T 1865-1997 Paints and varnishes – Artificial weathering and exposure to artificial radiation – Filtered xenon-arc radiation
- GB/T 5210-2006 Paints and varnishes – Pull-off test of adhesion
- GB/T 6739-2006 Paints and varnishes - Determination of film hardness by pencil test
- GB/T 6753.2-1986 Paints and varnishes – Surface – drying test Ballotini method
- GB/T 7788-2007 General specification for anodic shield coating of ship and marine engineering
- GB/T 8923-1988
Rust grades and preparation grades of steel surface before application of paints and related products
- GB/T 9274-1988 Paints and varnishes – Determination of resistance to liquids

- GB/T13288-1991 The assessment of profile grades of surface before application of paints and related products- ComparatorGB/T13452.2-1992 Paints and varnishes – Determination of film thickness
- JTS 153-3-2007 Technical Specification for Corrosion Protection of Steel Structures for Sea Port Construction

El sistema empleado de recubrimiento puede funcionar de manera adecuada con un sistema de protección catódica mediante ánodos de protección catódica por ánodos de sacrificio o corriente inducida en una etapa posterior.

No.	Partida		Requerimiento	Método de Prueba
1	Tiempo de secado 25±1°C, h	Superficie Seca	≤1	GB/T6753.2
		Superficie Dura	≤24	
2	Adherencia		≥8MPa	GB/T5210
3	Dureza de la película (fractura cohesiva)		5H	GB/T6739
4	Resistencia a la abrasión		≤50mg/500g•1000r	GB/T1768
5	Resistencia al rociado natural de sal		Prueba de 4000hrs	GB/T1771
6	Resistencia al intemperismo Artificial		Prueba de 2000hrs	GB/T1865
7	Resistencia de líquidos 3% NaCl		Prueba de 180 días	GB/T9274

Tabla 4. Características del recubrimiento anticorrosivo.

2.1.6.2 Sistema de recubrimiento

Zona	Revestimiento	Tipo de revestimiento	Preparación de superficie	No de capas	Total NDFT
Zona de Oleaje y splash	HZF-101	primer	1 Sa 2 /2	1	/
	HZF-101	Epóxico libre de solventes	/	3	1950µm (650×3)
	S43-1	anti-UV poliuretano	/	1	50µm
	Total			5	2000µm
Zona de inmersión	HZF-101	primer	1 Sa 2 /2	1	/
	HZF-101	solvent-free epoxy	/	2	1000µm (475×2)
	S43-1	anti-UV poliuretano	/	1	50
	Total			4	1000µm
8	Dilución Catódica		-1.5 V	GB/T7788	

Tabla 5. Características del recubrimiento en la zona de oleaje y la zona de inmersión.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

3.1 Dragado

Draga de succión y corte (cutter suction dredger, csd)

Para las obras contratadas, se utilizará una draga mediana de succión y corte (CSD por sus siglas en inglés).



Figura 7. Fotografía de la CDS (Draga de succión y corte)

Este capítulo trata sobre el método de trabajo general de un CSD. En primer lugar, se proporciona una introducción general, a partir de entonces se explican los métodos de posicionamiento y el dragado. En el párrafo siguiente se explican las diferentes opciones de descarga así como los sistemas de control de dragado CSD.

3.1.1 Introducción al CSD

Una CSD es una draga de succión equipada con un cabezal cortador rotativo. El CSD se coloca en amarres y cables de anclaje durante las operaciones de dragado. Este equipo es adecuado para sedimentos de dragado, arena, arcilla y roca. El proceso de dragado consiste en cortar el fondo del mar (aflojar el suelo) con el cortador de cabeza, que genera una mezcla de suelo y agua succionada por la bomba de dragado a través de un conducto de descarga, para su posterior transporte a un lugar de descarga, o por barcazas de carga. Algunos DCV son autopropulsados, mientras que otros requieren de remolque para su transporte.

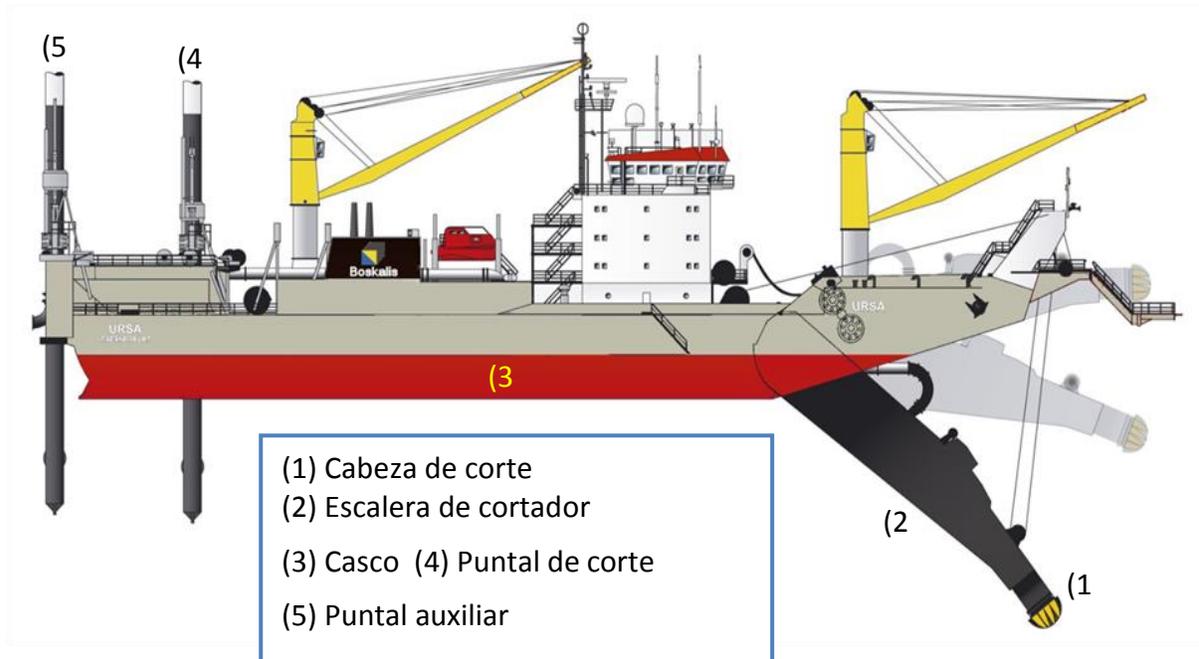


Figura 8. Vista general de una draga de succión y corte (Cutter Suction Dredger, CSD)

Las partes principales de un CSD, como se representa en la figura anterior es:

- El casco, que incluirá los motores, bomba (s), las habitaciones de la tripulación, el puente con el dragado y Control de navegación, etc;
- El cortador de escalera (2), que contiene el cabezal de corte (1), tubería de aspiración y bomba de dragado (opcional);
- El sistema de descarga, que consta de bomba de dragado (s) y la tubería (s);
- Los polos spud (4 y 5) y el carro que proporcionan una posición estable y el movimiento hacia adelante;
- Las anclas y cabrestantes secundarios que proporcionan el movimiento lateral.

Diferentes cabezales de corte se pueden montar en función de las condiciones del suelo esperadas. Los cabezales porta cuchillas son intercambiables, proporcionando la máxima flexibilidad para los diferentes tipos de dragado del suelo. DCV ha de mantener un stock de 'dientes' de corte consumibles.

3.1.2 Posicionando el CSD

Antes del inicio de las operaciones de dragado, CSD es remolcado a la ubicación de dragado. El CSD mantiene su posición con su spud (s) y los dos cables secundarios. La espita de trabajo o puntal principal se deja caer en el lecho marino para asegurar la popa de la draga. Durante el dragado, la CDS gira alrededor del spud principal. Para crear el movimiento requerido de balanceo, el CSD despliega anclajes laterales en ambos lados de la escala de la cortadora; estos están conectados por cables de acero a los winches secundarios a bordo del buque. La CSD permite dragar cortes de 80 m de ancho.

El cabezal de corte CSD consta de 2 cuchillas. El puntal principal, está instalado en un carro móvil que puede moverse hacia adelante y hacia atrás con respecto al casco. La draga está impulsada por cilindros hidráulicos en "pasos" en el orden de 1 m en cada extremo de la oscilación. La distancia real paso a paso depende principalmente de las condiciones del suelo; cada etapa permite al CSD hacer un nuevo corte. El puntal auxiliar está instalado en una disposición estática y es mantenido en posición elevada durante el dragado.

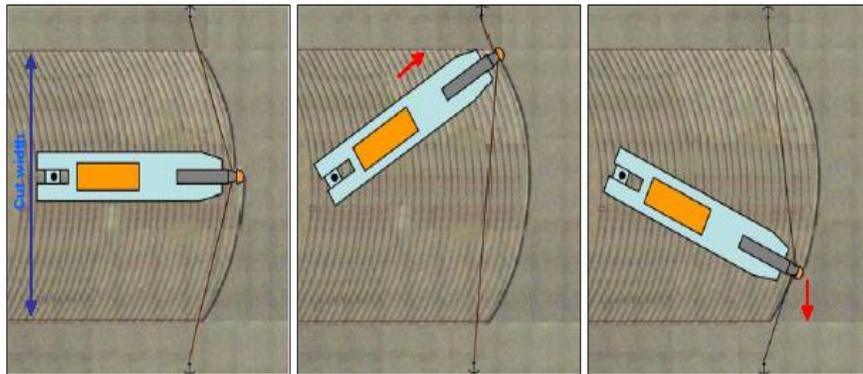


Figura 9. CSD dragando, girando sobre el puntal

Cuando el brazo de dragado está totalmente extendido (6m) de la draga lleva en sí la línea perpendicular del corte. Una vez en esta posición, el CSD baja el puntal auxiliar, levanta el puntal de trabajo y se retrae el pistón hidráulico, moviendo el portador spud hacia adelante. Una vez en posición, el brazo de trabajo se reduce, la cuchilla auxiliar se levanta y se reanuda el dragado.

Los puntos de anclaje se desplazan hacia adelante cuando el ángulo entre el cable lateral y la draga se vuelve desfavorable para la eficacia tirando de la cabeza de corte de un lado a otro. Las Anclas serán manejadas usando un buque de apoyo por equipos en tierra, dependiendo de lo que sea necesario.

3.1.3 Método de dragado CSD

Para comenzar los trabajos de dragado se baja la escala de la cortadora. La cabeza de corte gira, aflojando el suelo del fondo del mar. La entrada de aspiración se encuentra en el interior de la cabeza de corte. La bomba succiona una mezcla de suelo recién cortado y agua a través de la tubería de aspiración a la bomba y sale a través del sistema de descarga. El caudal de la mezcla se esquematiza a continuación.

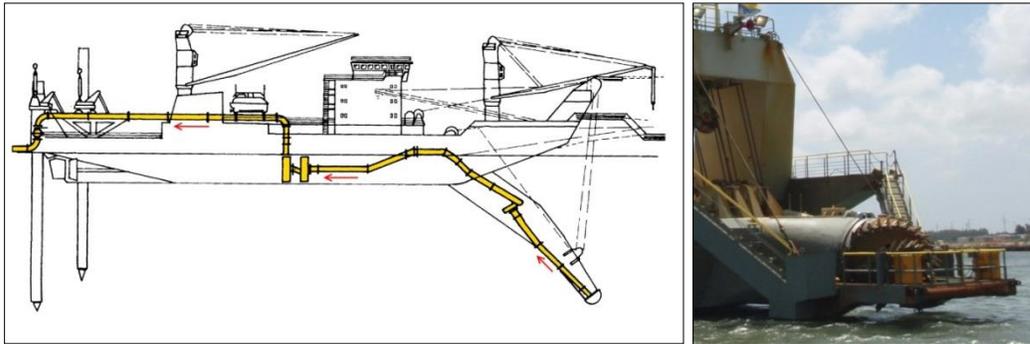


Figura 10. Esquema de tubería de succión de una CSD

Los taludes de los canales o zanjas pueden ser dragados siguiendo el ángulo de inclinación lateral de la cabeza de corte, o con el método más económico de dragado caja-cortes. La estabilidad de los taludes deben ser considerados en los canales o zanjas de drenaje. Esta estabilidad va en función de las características del suelo del lecho marino, y deben considerarse cuando se diseña el ángulo de la pendiente. Un ejemplo de una "Caja de corte" de sección transversal es la siguiente.

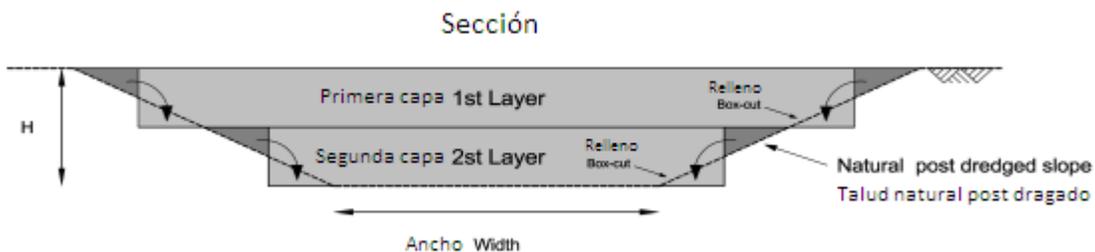


Figura 11. Proceso constructivo de un talud

Puede ser necesario algo de dragado más allá de la profundidad de diseño para crear un espacio adicional para la sedimentación. Durante las operaciones de dragado, se hacen levantamientos periódicos interinos para verificar la profundidad alcanzada y la alineación de las obras y para calcular los volúmenes de dragado de material.

A continuación puede encontrar un esquema con los cortes propuestos para el CDS utilizando la sección transversal del Proyecto, además también es un boceto con una vista desde arriba del corte inicial.

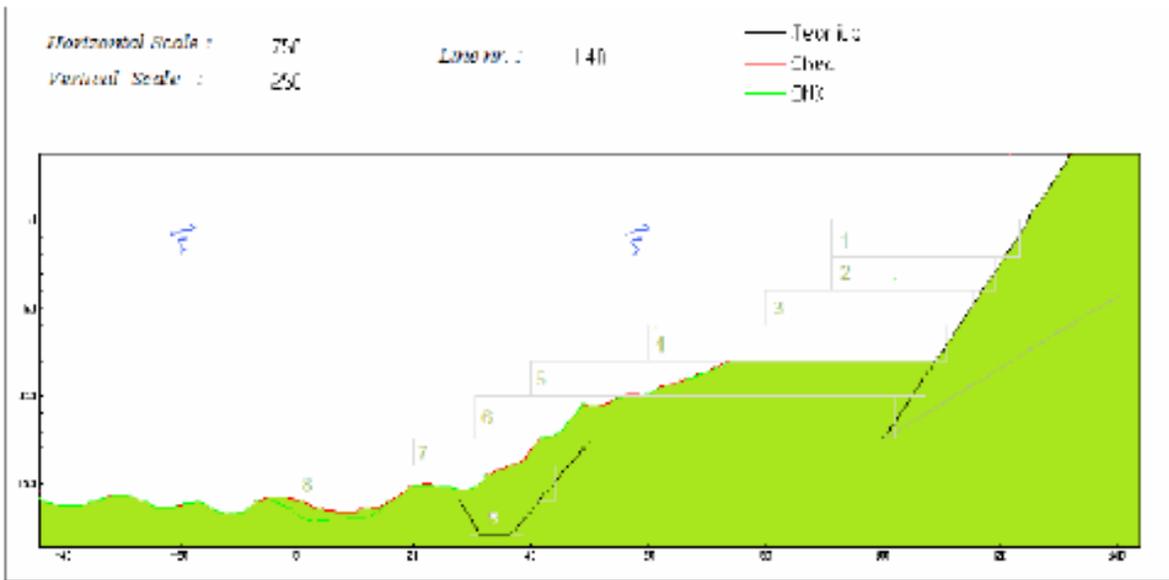


Figura 12. Esquema de los cortes propuestos para el CDS.

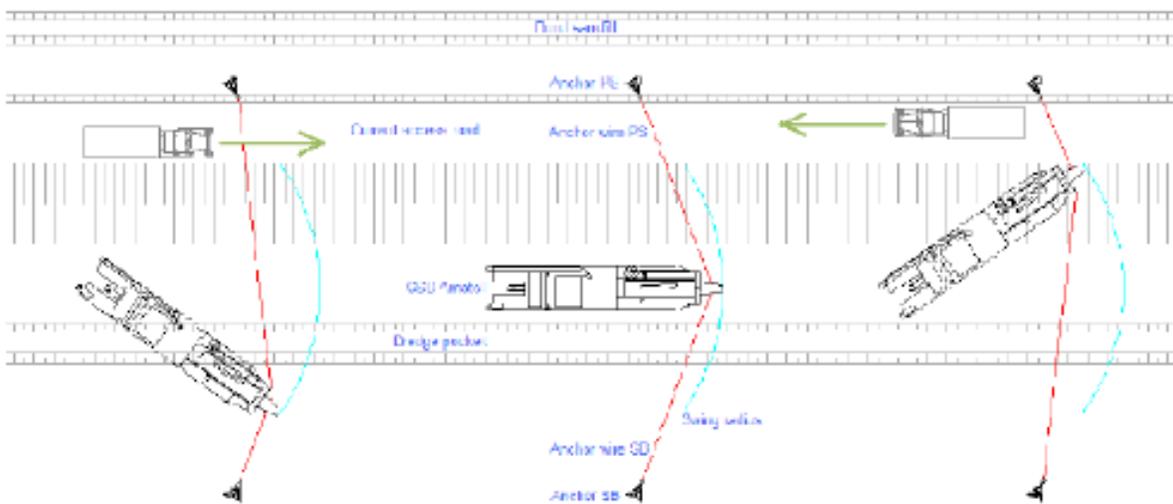


Figura 13. Esquema propuesto para el corte y el retiro del material producto del dragado.

3.1.4 Método de descarga CSD

Para la descarga del material dragado por la CSD, la opción será a través de tubería a una zona de reclamación.

3.1.4.1 Descarga por tubería al área de reclamación

El CSD está conectado directamente a una zona de reclamación en tierra, por una tubería. El recorrido, que consta de línea de flote y en tierra. A medida que avanza la reclamación, la línea de costa se ampliará. La configuración de canalización se esquematiza a continuación.

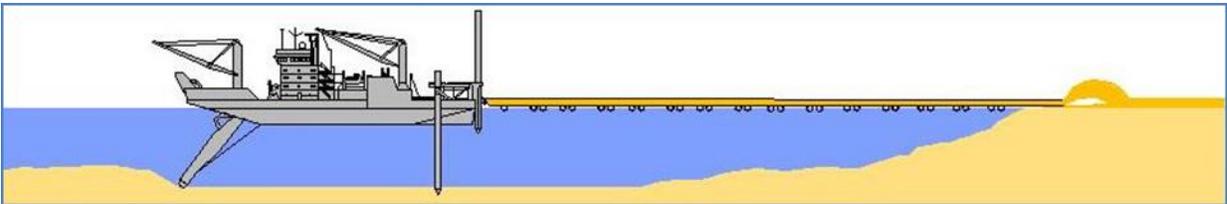


Figura 14. Esquema de la línea de conducción para el tiro del material dragado.

3.1.5 Control de Dragado CSD

Un plan de dragado será preparado con los datos de la batimetría en una de las áreas de dragado. El proceso de dragado se controla mediante el equipo de dragado CSD que corre el software Dredge View 2.0 - Draga de corte Sistema de Monitoreo (DV2-CDMS) exclusivo de Boskalis (desarrollo propio). Los datos de la batimetría y el plan de dragado se cargan en el sistema que proporciona al operador de la draga una visión completa de la información del proceso.

Las variables de entrada para DV2-CDMS son:

- Posicionamiento en los planos vertical y horizontal, en base a una señal de DGPS disponibles comercialmente o utilizando una señal más precisa RTK-DGPS (véase el capítulo batimetría);
- Receptor de señal de marea, proporcionando el nivel del agua en tiempo real;
- Dirección de la CDS, derivado de un girocompás.
- La Lista con el asiento y las mediciones del proyecto sobre la CDS;
- Angulo y presión del agua en la escalera de la CDS;

- El modelo digital del terreno (DTM) que comprende al menos una de las capas siguientes:
 - Diseño, que es la situación deseada, tal como se define por el Contrato;
 - En la batimetría, que es la situación inicial de los fondos marinos como la observada al comienzo de los trabajos;
 - Intermedio o batimetría, la cual es la situación de los fondos marinos a intervalos regulares durante la campaña de dragado real.

La información mostrada por el DV2-CDMS incluye la potencia y los parámetros de la bomba. La posición de la embarcación y la cabeza de corte se visualizan en la pantalla en un contexto de datos batimétricos, corte de nivel y obstáculos (boyas y características especiales, como la presencia de cable existente o de la tubería).

Por ejemplo, una vista en planta se muestra con un gráfico diferencial de color (nivel de reconocimiento intermedio a nivel de diseño) que muestra las áreas a dragar; un perfil en sección longitudinal y transversal indica el nivel de lecho y el diseño. DV2-CDMS permite el máximo control del operador sobre el área de dragado, tanto en los planos horizontal y vertical. Las impresiones de pantallas del operador DV2-CDMS se dan a continuación.

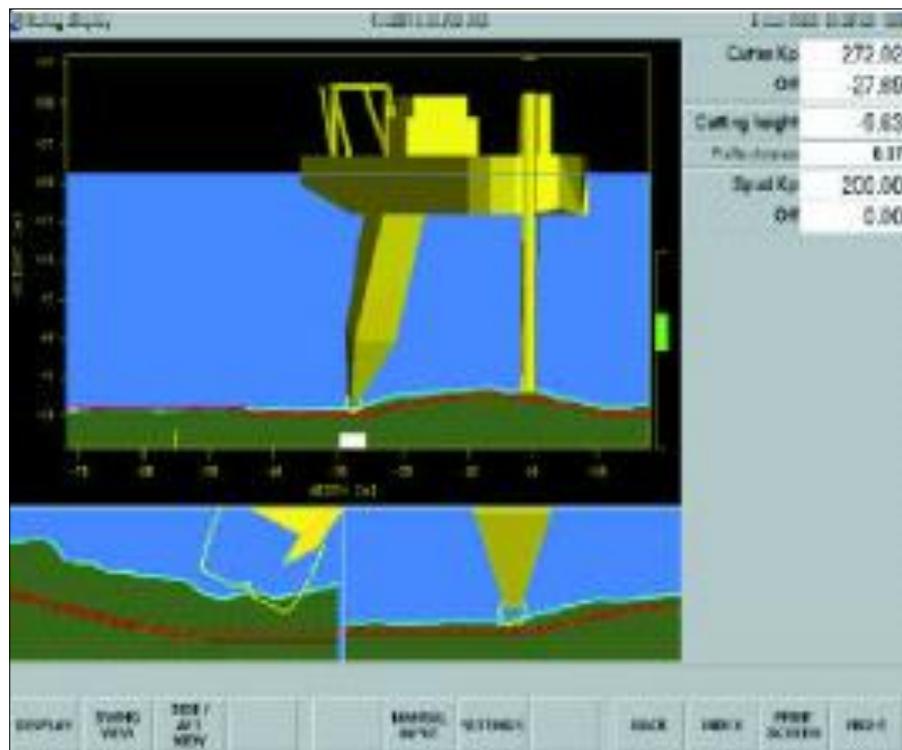


Figura 15. Esquema en 3D del monitor de la draga mostrando superficie del terreno vs corte propuesto

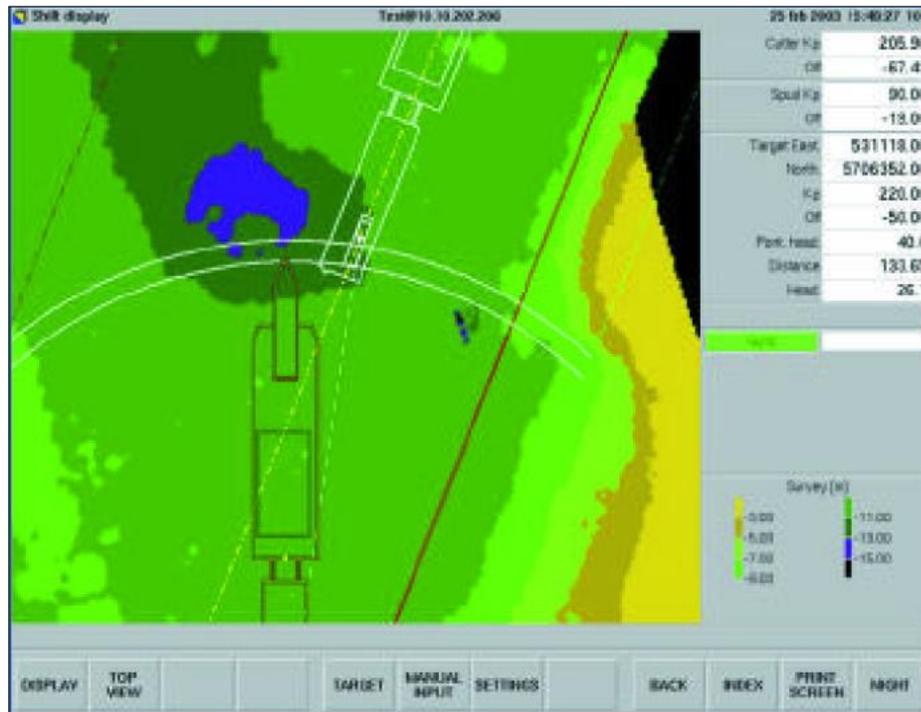


Figura 16. Esquema de ubicación de zona por debajo del nivel de corte (pozo a 19 m bajo el espejo de agua)

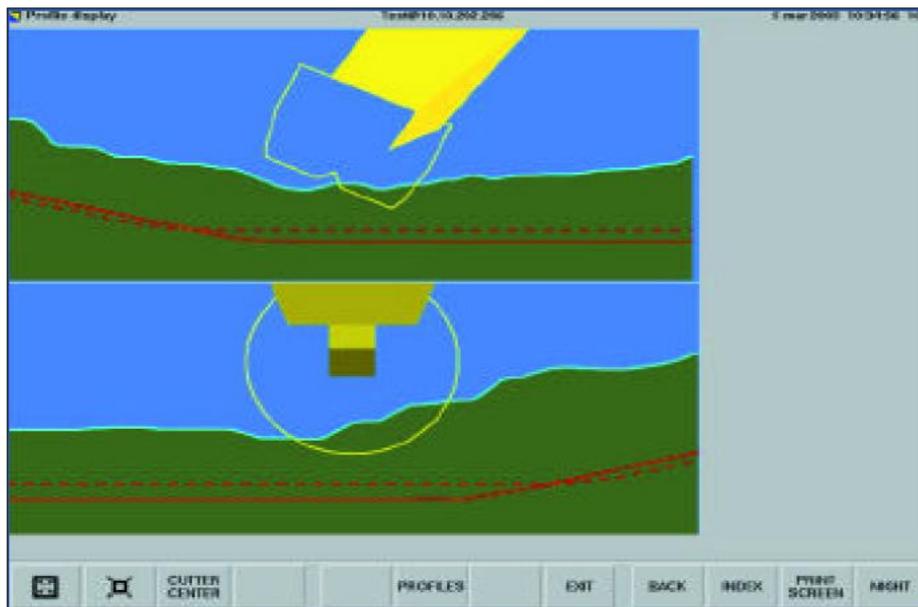


Figura 17. Esquema de posicionamiento del puntal de corte

La Tolerancia de dragado es una función de la precisión de posicionamiento de la embarcación, las variaciones de marea, oleaje, las características del suelo y la habilidad del operador y su experiencia.

3.1.6 Reclamación

3.1.6.1 Área de reclamación

Un área de reclamación es un área de tierra nueva, que se recupera del agua. Esta área se construye de material entregado húmedo o seco. En este capítulo sólo cubre la reclamación de tierras para que los materiales de dragado se bombeen a la orilla y se distribuye en transporte hidráulico. Una impresión de un sitio de reclamación, o de relleno de arena, se da a continuación.



Figura 18. Desarrollo de un Área de Reclamación en la Bahía de Bahrain

3.1.6.2 Equipo en área de reclamación

El tamaño de los equipos de movimiento de tierra en una zona de reclamación se determina de acuerdo con los requisitos de capacidad de elevación, alcance, la producción, y la presión sobre el suelo que se requiere. La cantidad de equipo depende de la producción de la draga, el espesor de la capa de alta, la anchura de la zona de disposición y el tipo de material descargado.

Para un área de reclamación, se requiere lo siguiente:

- Cuchillo de aspiración Draga (CSD), que proporciona una mezcla de material del suelo y agua a través de una tubería;
- Flotadores, oleoductos en tierra con un punto de conexión de descarga de material dragado (por ejemplo, un arco de acoplamiento) para una draga;
- Infraestructura de Reclamación, a saber:
 - Caminos
 - Bordos
- Equipos de Movimiento de Tierra, tales como:
 - Excavadoras, para:
 - Construcción y fortalecimiento de los bordos;
 - Nivelación del material;
 - La compactación del material de relleno, apretando el agua de la arena pasando frecuentemente sobre el material descargado;
 - Colocación de cajas de desbordamiento;
 - Ayudar con la extensión de las tuberías.
 - Cargadora de ruedas, para:
 - Transporte de tuberías y otros equipos;
 - Ayudar en la ampliación de gasoductos;
 - De vez en cuando para el movimiento de tierras para bordos, carga dumpers y nivelación;

Este equipo también se utilizará durante los trabajos de preparación, tales como la instalación de tuberías en tierra, colocación de cajas desbordamientos, etc.

3.1.6.3 Secuencia de trabajo en áreas de reclamación

El material dragado puede ser tomado de diferentes áreas, tales como:

- Cerca de la costa o de zonas de préstamo, con fines de extracción de arena solamente;
- Cerca de las zonas costeras de dragado, donde se va a hacer la excavación.

Las obras para la creación de un área de reclamación pueden formar parte de las siguientes etapas consecutivas:

1. Aumentando las bordos y la preparación de los diques interiores y exteriores con una Draga Excavadora (GD) o Draga retroexcavadora (BHD). Los diques se pueden aumentar con material seco adicional, utilizando camiones de volteo;
2. La draga bombea el material a tierra por medio de una tubería. Los equipos en tierra distribuyen y nivelan el material, amplían el sistema de ductos de la tierra, etc.

3.1.6.4 Disposición del área de reclamación

Después de que se ha establecido la sección inferior (base) de la zona de reclamación, los diques e instalaciones de drenaje pueden ser construidos con el fin de controlar el flujo de la mezcla de material dragado y agua. Una sección transversal de los diferentes métodos de construcción de estos diques es la siguiente.



Figura 19. Esquema típico del arreglo de diques y bordos usando bulldozers y una excavadora



Figura 20. Actividades en un área típica de reclamación



Figura 21. División de la tubería hacia diferentes áreas



Figura 22. Colocación de tubos en el área de reclamación

3.1.6.5 Cierre de área de reclamación

Con el fin de controlar el flujo de salida del agua desde el área de reclamación hacia el mar, se instalan cajas de vertedero (o cajas de agua). Con las cajas de vertedero, el nivel de agua dentro de la zona de reclamación puede ser controlado cambiando la elevación de las placas de caja de vertedero. Ajustando el nivel de rebosadero, el flujo de salida de finos en el mar puede ser controlado. De esta forma pueden ser retenidos más finos significativamente dentro de la reclamación in situ. Como la velocidad de la corriente cerca de la caja de rebosadero puede ser alta, los bordos o taludes en las proximidades de las cajas de vertedero pueden ser cubiertos con plástico. A continuación se muestran fotos y dibujos de una caja de vertedero.

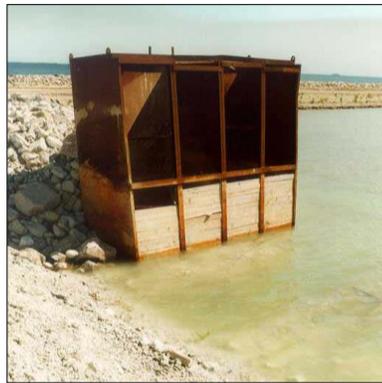


Figura 23. Caja vertedero con placas de control



Figura 24. Trabajos previos: plástico de protección del talud de bordos

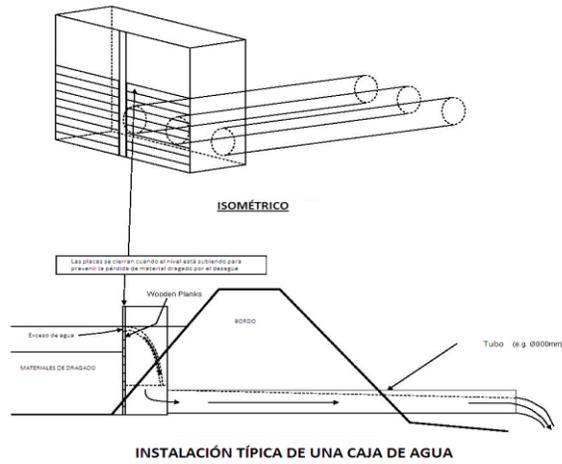


Figura 25. Croquis esquemático de un sistema de cajas vertedero

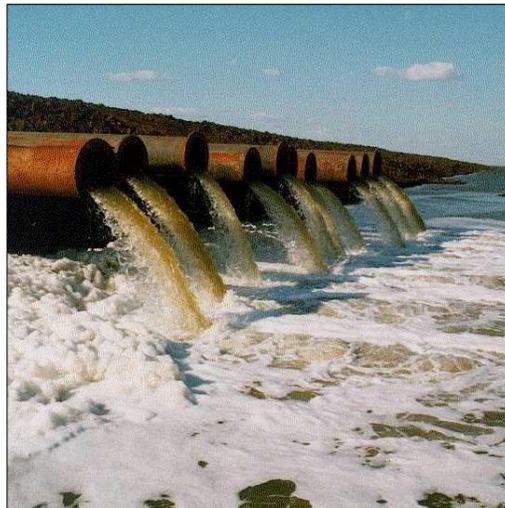


Figura 26. Sistema de cajas vertedero descargando al mar

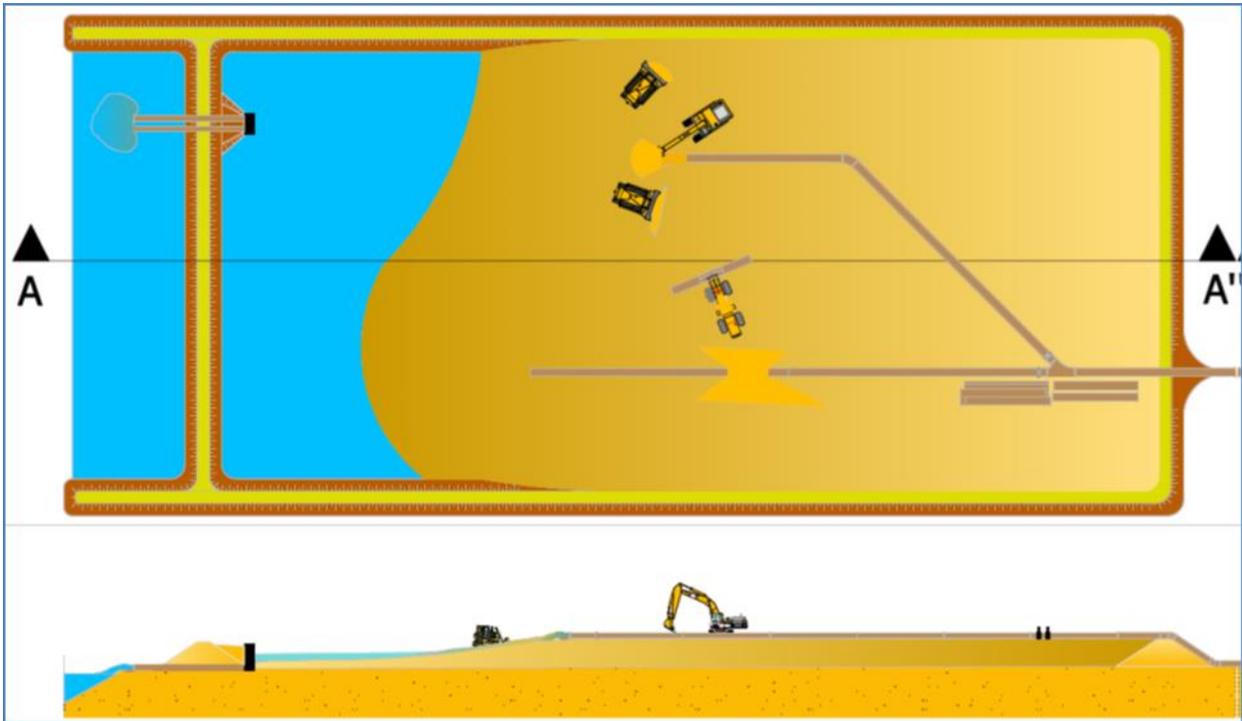


Figura 27. Vista típica y sección transversal de un croquis de bordos, tubería, bulldozers, excavadora y caja vertedero en un área cerrada de reclamación.

3.1.7 Alcance y descripción de los trabajos

Los trabajos de dragado propuestos para el desarrollo de la terminal de contenedores se harán con una draga de corte y succión (CSD). Las obras de dragado incluyen una zanja para protección contra la socavación a lo largo de la base del futuro muro del muelle en una longitud de 720 m. Además, una berma será dragada detrás del futuro muro del muelle sobre un ancho de aprox. 50 m y una longitud de 720 m. El diseño muestra actualmente pendientes de dragado de 1:2, sin embargo la información de suelos disponibles indican que una pendiente más suave es necesaria para asegurar que la pendiente sea estable durante la etapa de construcción de las obras. El dragado se hará de acuerdo con las batimetrías de diseño y se llevarán a cabo batimetrías adicionales durante el proceso, para garantizar la estabilidad del talud. Si una variación de tolerancia se encuentra, un nuevo dragado se hará para satisfacer el diseño de sección cruzada.

Las obras de dragado se dividen en dos partes, como se muestra en la siguiente figura:



Figura 28. La imagen de arriba muestra el área a dragar, dividido en dos partes "Zona I" y "Zona II".

Todos los materiales de dragado, se depositarán en áreas de reclamación que también se dividen en dos áreas principales, como puede verse a continuación.

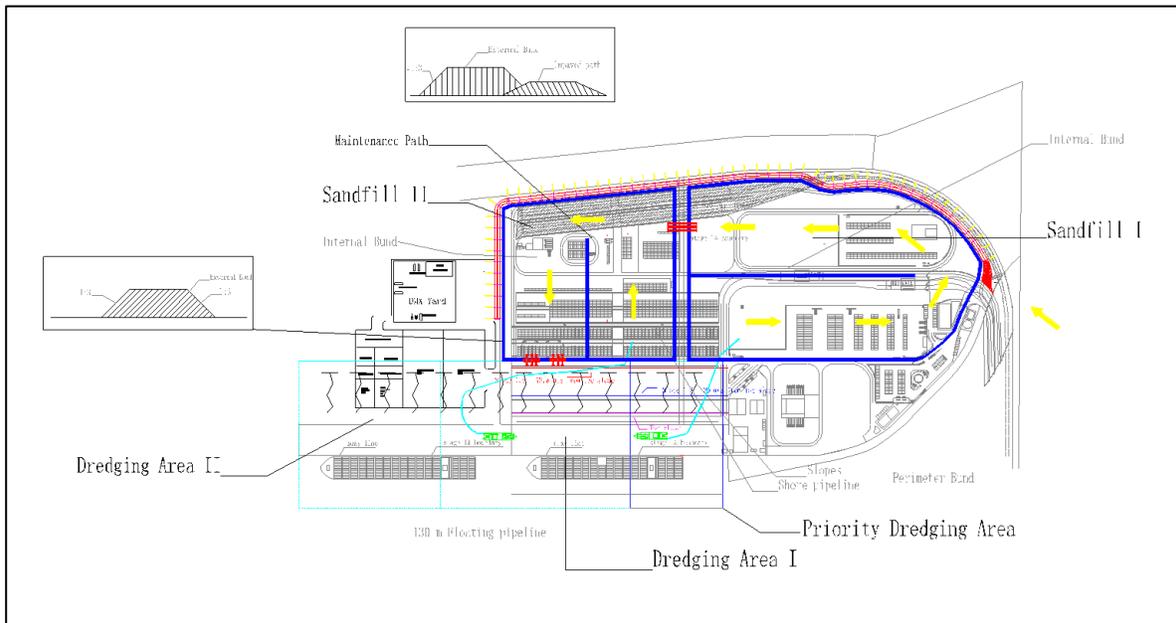


Figura 29. Esquema de la distribución de los patios de contenedores y muelle.

El procedimiento operativo a seguir se describe a continuación:

- La draga de corte y succión (CSD) comienza las obras de dragado en el "Área de Dragado I". Primero en el final del talud, y luego en las laderas debajo del futuro muelle; todo el material dragado será bombeado a las áreas de reclamación " I & II".
- Posteriormente continuará dragando en el "Área de Dragado II". Primero en la zona de la laguna y luego en las laderas debajo del futuro muelle, todo el material dragado será bombeado al área de reclamación " I".

El agua de las zonas de reclamación I y II saldrá a través de las cajas vertedero y tendrá como destino final la laguna; estas cajas vertedero estarán instaladas en la esquina de la zona de reclamación II.

Para construir el área de reclamación de una longitud de aprox. 2.150 metros, tendrán que ser construidos diques perimetrales y aprox. 850 metros de diques internos. Se prevé que se requiere usará una longitud máxima de 500 m de tubería flotante y longitud de 350 m tubería orilla.

3.1.8 Dragado de Taludes

Los patrones de dragado, las posiciones exactas de dragado y los cortes se determinarán tan pronto como los detalles de diseño más precisos estén disponibles.

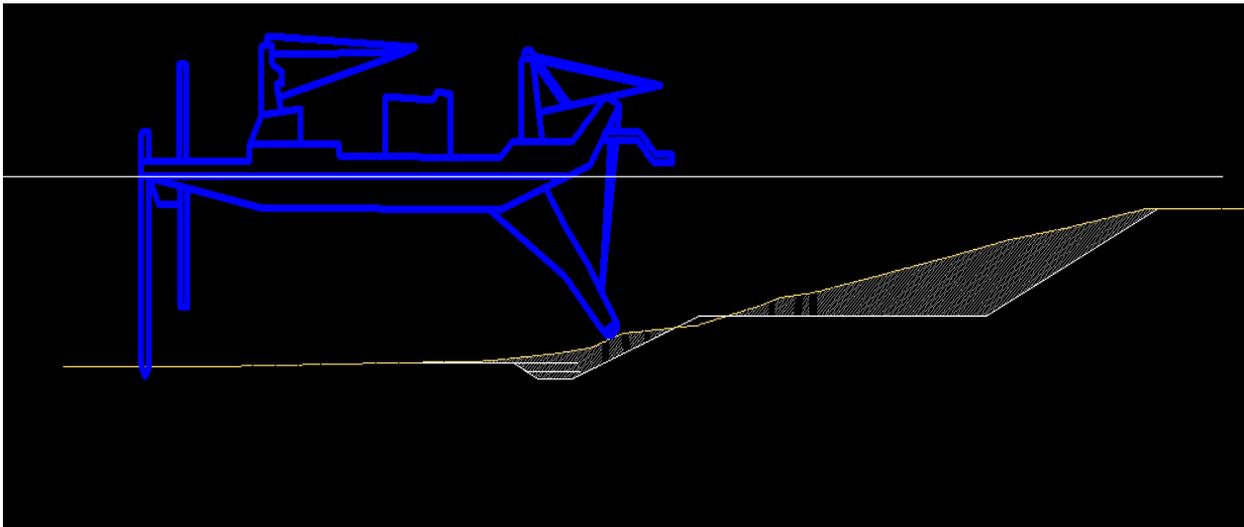


Figura 30. Esquema de posicionamiento de la draga en el talud para su corte.

La mayoría de los trabajos de dragado se llevarán a cabo en paralelo a la pared del muelle futuro y sólo en las zonas superficiales (parte superior de la pendiente) detrás de los futuros recortes del muelle la posición tendrá que ser perpendicular a la alineación de muro del muelle.

3.1.9 Construcción de bordos

Los bordos de reclamación serán construidos con el material disponible en el área de trabajo existente. No se prevé que cualquier material será proporcionado desde fuentes externas para la construcción de los bordos. Las obras de construcción de los diques se realiza mediante equipos para movimiento de tierras, como bulldozers y excavadoras. Los bordos tendrán una base de 6 a 8 metros de ancho y una altura de aprox. 2,5 metros. La construcción de los diques tomará aproximadamente 4 semanas. (Ver la imagen de abajo)

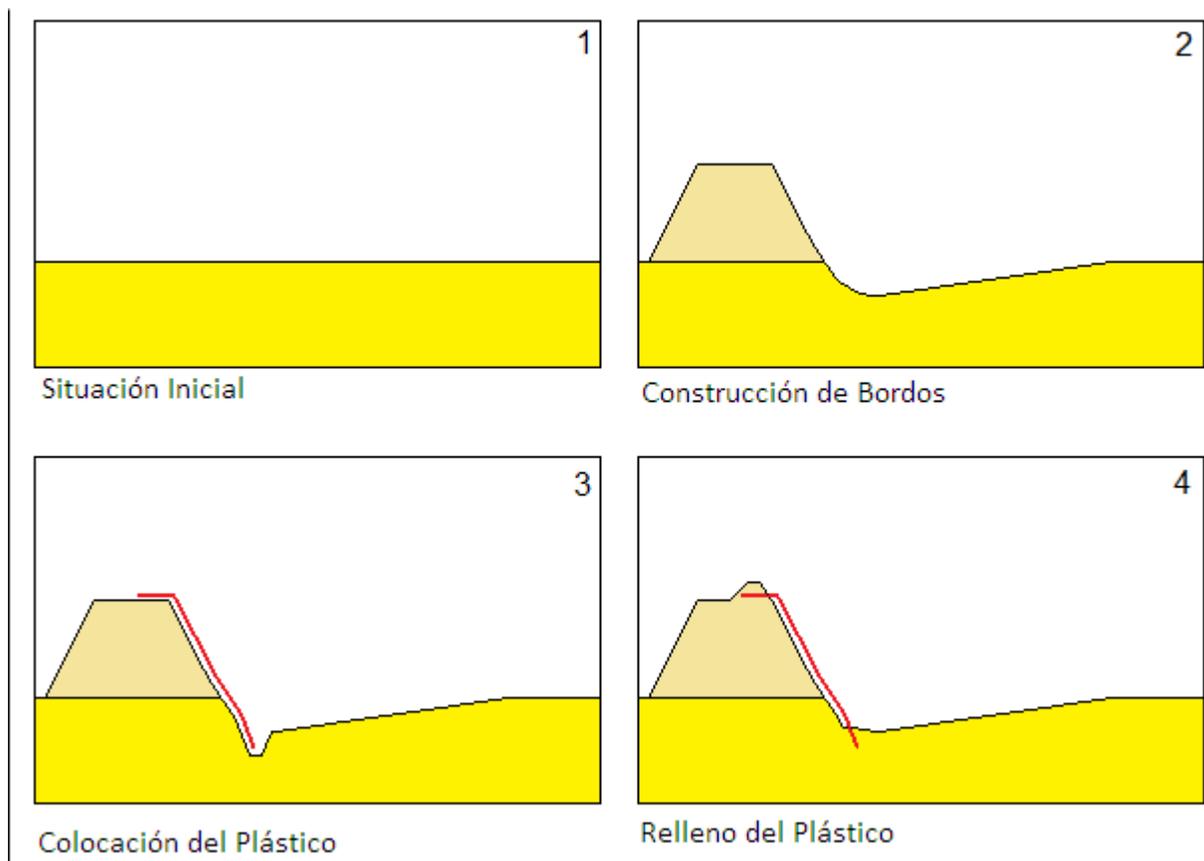


Figura 31. Construcción de bordos

3.1.10 Relleno del área de reclamación

El relleno de las zonas se hará mediante el bombeo del material dragado (una mezcla de arena y agua) a través de tuberías flotantes y tuberías en tierra. El equipo de tierra se encuentra en movimiento y va a distribuir el material a través del área de reclamación.

3.2 Hincado de pilas

Entre los alcances se encuentran: Hincado de pilas metálicas tubulares que constituyen la subestructura Del muelle. Las pilas soportarán su peso propio, las cargas muertas y vivas impuestas para buques de contenedores con capacidad de 15,000 TEUs y grúas de pórtico tipo Súper post-panamax. El análisis geotécnico de la capacidad de la pila, para determinar la longitud suficiente del pilote para resistir la demanda de las cargas axiales, se basa en los datos de las investigaciones geotécnicas del sitio y el Análisis D dinámico de Pilas (PDA) en campo para determinar la fricción del fuste y la capacidad de punta del extremo, en las pilas de 1.2m y 1.0m de diámetro. La elevación de la punta determina las longitudes de las pilas. Para las pilas de 1.2mm de diámetro, la longitud varía de 35.5 a 377.5m; para las pilas de 1.0 m de diámetro la longitud varía de 333.0 a 35.0m. El procedimiento constructivo para el posicionamiento de las pilas utiliza un sistema de gran precisión constituido de tres receptores GPS duales y un scanner que guían el Hincado. La cimentación a base de pilas ubicadas con las mínimas tolerancias de excentricidad, soportará una superestructura integrada por un sistema de cabezales, traveses y losas prefabricadas y coladas en sitio.

Almacenamiento:

Las pilas fueron fabricadas en China y se transportarán mediante barcas especializadas hasta el sitio, se desembarcan con el uso de grúas desde tierra y se manipulan con eslingas de nylon para evitar daños en el recubrimiento protector, se almacenarán temporalmente en un patio dentro del área del proyecto, ubicándolas de acuerdo al orden de su colocación.

3.2.1 Control topográfico

Construcción del sistema de coordenadas para re-planteamiento.

Se establecerá para el control de los trabajos topográficos un alineamiento que definirá el trazo de desplante del muelle denominada “línea de planeación del muelle”, que coincide con el alineamiento del paramento de atraque, teniendo como origen la esquina norte de las coordenadas de la línea de muelle de norte a sur por las coordenadas de A, en el extremo norte del lado mar en dirección del lado B, estableciendo el sistema de coordenadas de la construcción.

El sistema de coordenadas de diseño y construcción estarán basados en la aplicación de la siguiente fórmula de conversión:

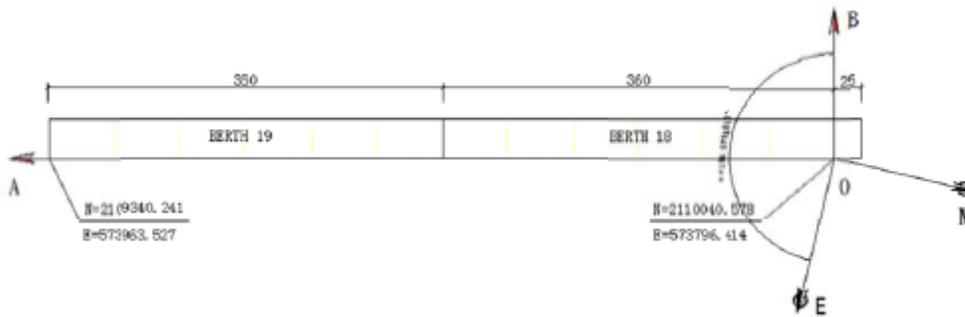


Diagrama 1.1

$$A=(N-N_0)\times\cos\alpha+(E-E_0)\times\text{sen}\alpha$$

$$B=-(N-N_0)\times\text{sen}\alpha+(E-E_0)\times\cos\alpha$$

Donde:

α : eje X del sistema de coordenadas UTM

$\alpha=186.5791016^\circ$ (constante);

A, B: Puntos de coordenadas convertidas;

N, E: Puntos de coordenadas a ser convertidas (sistema de coordenadas UTM)

N_0, E_0 : sistema de coordenadas de proyecto originales (sistema de coordenadas UTM),

$N_0=2110040.578, E_0=573796.414$.

Figura 32. Fórmula a utilizar para la conversión del sistema de coordenadas de diseño y construcción.

3.2.2 Control de hincado de pilas

Las pilas se hincarán empleando un sistema de posicionamiento global por satélite que consiste en 3 receptores GPS dual instalados en la barcaza de hincado. Para garantizar la precisión del hincado de la pilas, se deberán instalar dos teodolitos y un nivel en forma simultánea, para comprobar la posición e inclinación de la pila desde tierra.

El sistema de medición GPS consiste en: las estaciones base de tierra, sistema receptor de posicionamiento de la embarcación y sistema de escaneo de la pila.

Previo a la construcción se deberá utilizar la red de medición de la primera etapa para establecer la estación GPS 6502MK (doble frecuencia RTK), estarán instaladas sobre la barcaza de hincado tres receptores GPS 6502MK (dual RTK) para posicionar las pilas.

Precisión de la medición del sistema: posición del plano de 110mm +0,55 ppm, el error de plano deberá ser menor de 5 cm, elevación de 10 mm+0.55 ppm, el error de posición será menor de 77.5 cm, y una inclinación máxima de 1/150 de la longitud de la pila.

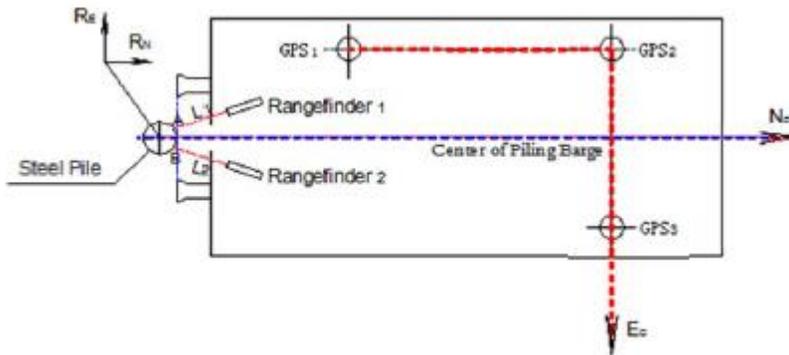


Diagrama 2.1

Figura 33. Esquema de posicionamiento para verificación de alineamiento de las pilas.

Se utilizará nivel topográfico, se marcará el nivel de corte de la pila y se mantendrá sin movimiento en la dirección vertical. Posteriormente se utilizarán dos teodolitos para verificar la pila en dos direcciones y el nivel de corte o penetración que se mantendrán durante el proceso del hincado de la pupila.

3.2.3. Selección y utilización del equipo de hincado de pila

Una vez establecida la posición de la pila, ésta se trasladará desde el patio hasta la barcaza de hincado la cual realizara el izaje y colocación en el punto de hincado. Se utilizará una barcaza de hincado tipo “San Hang”, incluye una guía de hincado con un marco de 80 metros de altura, eslora 56 metros, manga de 26 metros, puntal de 4.50 metros. Incluye martinete de hincado SHEM Deelmag DE-1128, pistón 12.8 toneladas, energía por golpe 426.5 kN*Nm, número de golpes

por minuto 36-45, fuerza máxima de la presión de una explosión en la pila 36600kNm, golpe a la energía nominal máxima: 340 cms. La selección del equipo se realizó de acuerdo a las características geotécnicas y al desempeño del equipo.

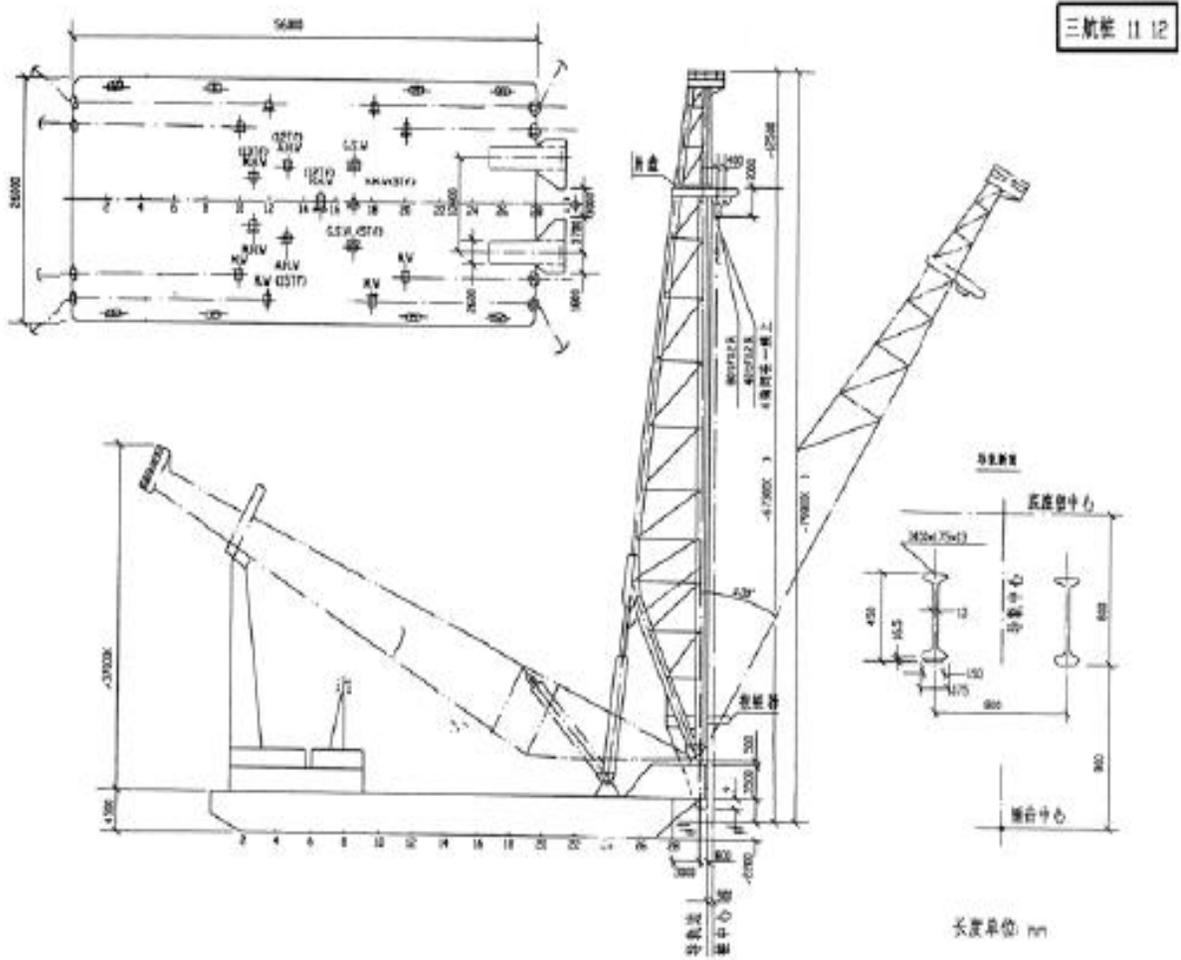


Figura 34. Esquematzación de equipo de hincado

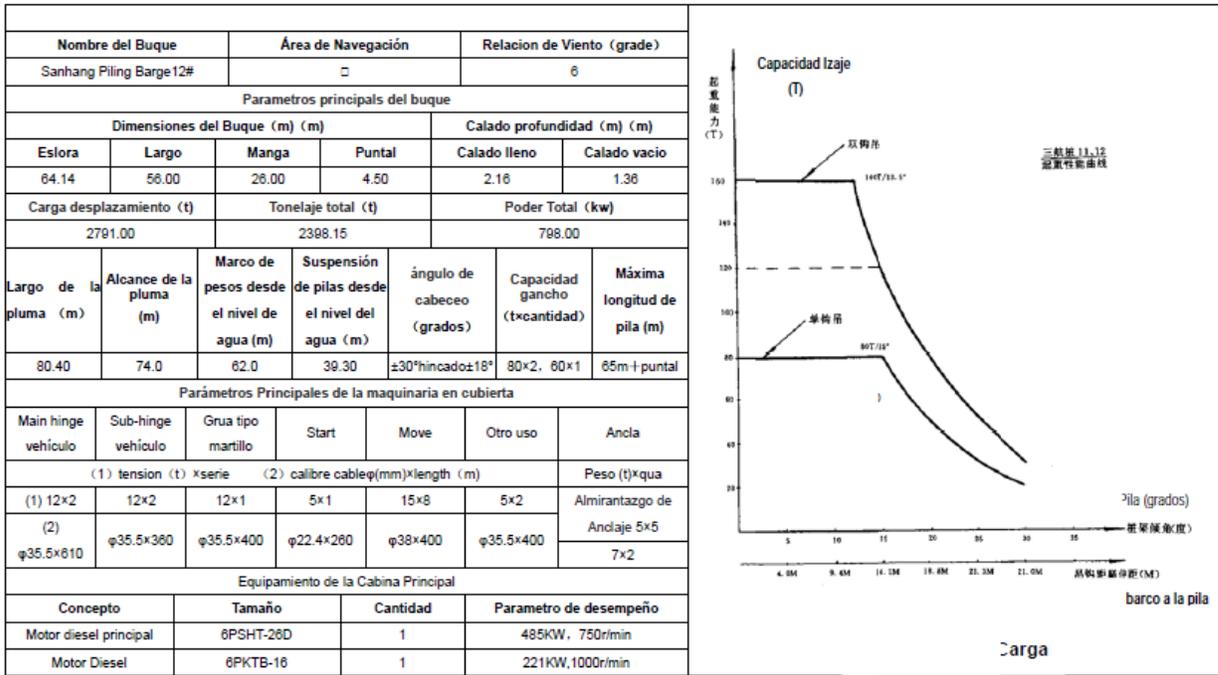


Figura 35. Esquema de las características de la piloteadora.

3.2.4 Arreglo del anclaje de la barcaza de hincado

La barcaza cuenta con un sistema que sincroniza la señal del posicionamiento por GPS con un sistema de guarnido en cubierta que cobra o suelta los cables (través) anclados al fondo marino y en tierra para ubicar la posición de la pila, de acuerdo al diagrama de anclaje mostrado en la figura 3.3. Cada anclaje en agua debe estar asegurado y señalizado mediante boyas. Las anclas que se encuentren en tierra deben estar señalizadas adecuadamente.

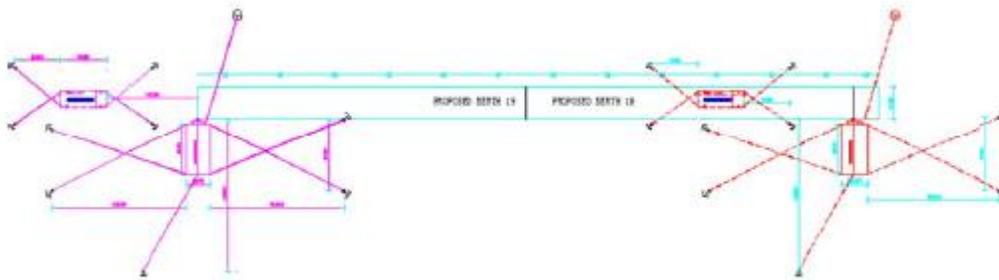


Figura 36. Arreglo de anclajes y barcaza

3.2.5 Secuencia del hincado de pilas

De acuerdo con las condiciones de obra, las características del proyecto y los requisitos de programación de obra, la secuencia de hincado se realizará en forma longitudinal comenzará desde el extremo del muelle 18 comenzará en dirección al muelle 19.

3.2.6 Control de calidad en el hincado

1. La Inspección de las pilas se hará en el momento en que serán transportadas al sitio y se realizarán los registros de inspección, se informará al ingeniero supervisor para su verificación y aceptación.
2. Previo al inicio del hincado, se realiza la marcación a cada 2550 mm en la pila para controlar la elevación. Cada pila debe estar identificada con su número de identificación y su longitud para el cálculo de penetración y control de la elevación.
3. Para el izaje de cada pila, el cabezal de golpe del martinete deberá estar limpio, y no debe haber ningún tipo de escombros en la parte inferior de la pila.
4. Durante el hincado se deberá ajustar la energía del martinete de acuerdo a la penetración, para mantenerse alineado verticalmente y prevenir una excentricidad.
5. Los topógrafos deberán observar la verticalidad previa al golpeteo del martinete sobre la pila, se deberán realizar los ajustes sobre la barcaza de hincando ajustando el marco guía de hincando basados en las observaciones.
6. Cuando durante el hincado de la pila ocurra algo anormal, deberá detenerse la hinca, así como investigar, en conjunto con la supervisión y el diseñador, las causas y realizar los ajustes necesarios para llevar cabo el proceso normal de hincado.
7. Cuando la posición de la pila excede el requisito de la desviación estándar, el hincado debe ser suspendido, se deberá informar inmediatamente a la supervisión, al diseñador, los trabajos sólo se continuarán hasta que se dé una solución.
8. Después del hincado, el reporte de hinca se deberá proporcionar en forma inmediata a la supervisión.

3.2.7 Criterio de detención del martinete en este proyecto

El Control de la penetración y la elevación son los principales aspectos en la hincada de las pilas, en principio, para controlar el hincado.

Cuando la parte superior de la pila quede por encima de la elevación de diseño, una vez alcanzado el empotramiento mínimo, debido a una menor penetración al alcanzar la longitud suficiente del pilote para resistir por resistencia a la fricción y punta la demanda de las cargas axiales.

Cuando la parte superior de la pila ha alcanzado la cota de diseño y se cumpla con la longitud suficiente del pilote para resistir por resistencia a la fricción y punta la demanda de las cargas axiales.

		
<p>1. Maniobra de pila metálica en sistema San Hang</p>	<p>2. Posicionamiento de barcaza de hincado</p>	<p>3. Izaje de pila metálica hasta la posición de verticalidad y aseguramiento de mordazas</p>
		<p>Nota: El izaje se realiza mediante eslingas de nylon para prevenir daños a la protección del recubrimiento anticorrosivo.</p>
<p>4. Control mediante sistema GPS 6502MK</p>	<p>5. Hincado de pila metálica empleando martinete Diesel SHEM Delmag DE-128</p>	

Figura 37. Fotografías de la maquinaria para hincado de pilas de acero.

3.3 Relleno de pila con concreto

Sólo se rellenarán con concreto las Pilas de los ejes F y E de la bahía 1 a 12; la elevación de concreto para la adaptación final de la fila F pilas es -15.5m y para E fila pilas es -16.0m, hasta el fondo de los tapones de las pilas.

Diagrama de Flujo

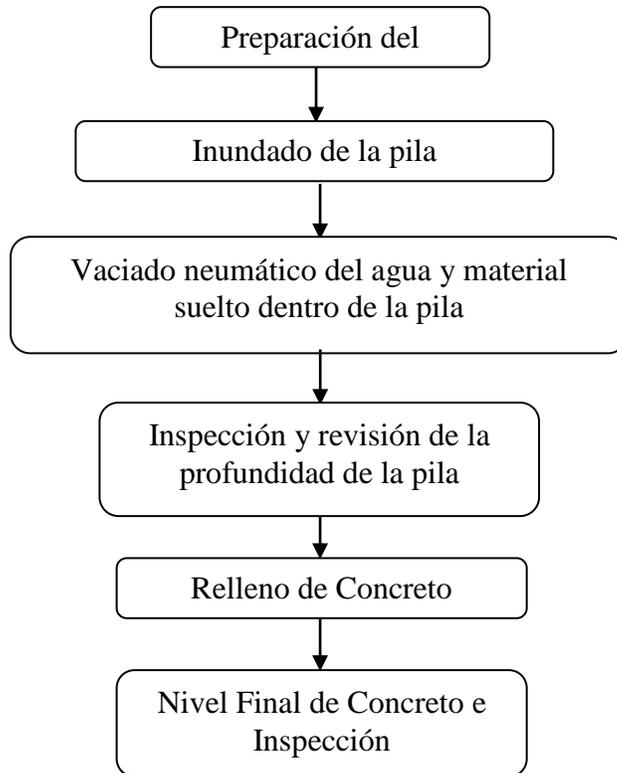


Figura 38. Diagrama de flujo del relleno de pila de concreto.

3.3.1 Procedimiento constructivo

3.3.1.1 Método para eliminar la suciedad de pilotes de acero

Método neumático de limpieza; se utiliza para eliminar el material dentro de los pilotes tubulares de acero. La presión de agua de la bomba se utiliza para aflojar el suelo. El método neumático de limpieza se caracteriza por su alta eficiencia y facilidad de operación en comparación con la tecnología tradicional. El plan esquemático se muestra en la siguiente figura:

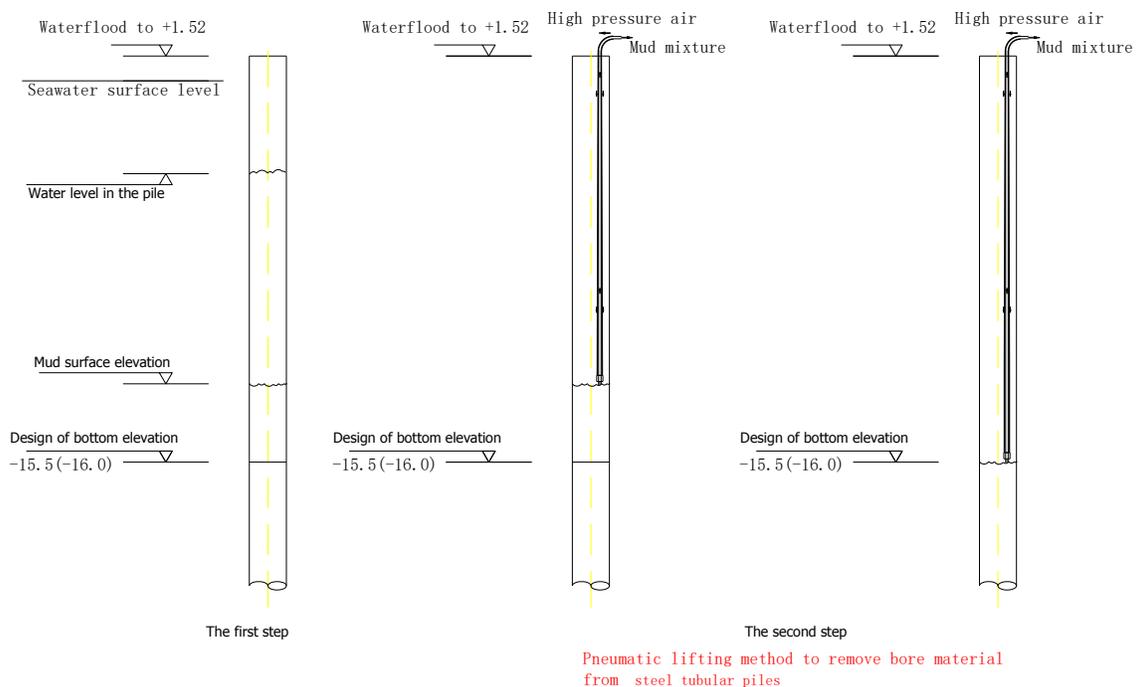
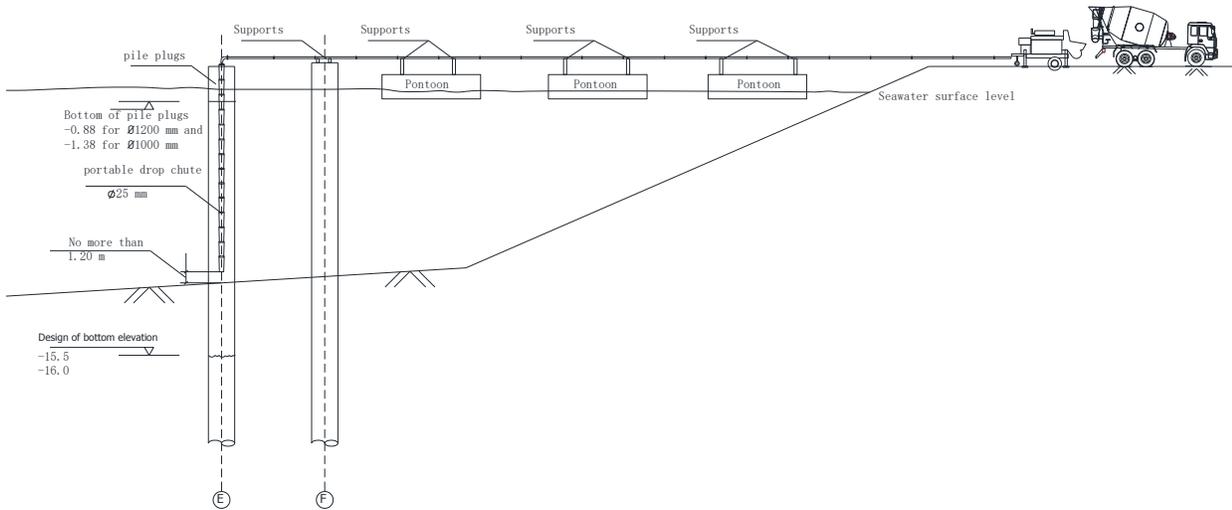


Figura 39. Plan esquemático del método neumático de limpieza

3.3.1.2 Trabajos de concreto

Colocación de concreto con conos antes de colocar el concreto, se deben extraer el agua y el material suelto. El concreto se coloca utilizando una bomba para concreto hidráulico y se verterá a la parte inferior de la pila por la línea de tubería de concreto. La planta esquemática de la colocación del concreto se muestra en la siguiente figura:



Concrete placement of portable drop chute and Concrete pump

Figura 40. Plan esquemático de la colocación del concreto

La línea de colocación consiste en una serie de conos de metal unidos uno a uno. Los diámetros de los conos son 300 mm en un extremo y 250 mm en la base. (ACI 304R-00)

En todo momento, se mantiene dentro de la tubería una cantidad suficiente de concreto para asegurar la presión en la línea. La tolva o línea de tubo de concreto de la bomba de concreto debe estar limpio en todo momento. El concreto de limpieza utilizado para purgar la tubería no debe ser depositado en la pila, se coloca en un cubo para su eliminación posterior o en la pila de la tercera fila (fila D). La línea de tubería de concreto o el conducto de caída portátil se extenderá a la base de la perforación, a no más de 1,2 m de la parte inferior. La salida del conducto de caída portátil se mantendrá al menos 1,2 m. por encima de la superficie del concreto en todas las etapas del vertido. Se comprueban niveles de la salida de tubo de concreto para garantizar que se cumpla este requisito. La línea de tubería de concreto o conducto de caída portátil se retirará hacia arriba suavemente, y no estarán sujetos a ningún golpe o movimiento brusco o bien en desalojar el concreto dentro de la tubería, o por cualquier otra razón.

3.3.1.3 Colocación de concreto directamente de la bomba

Como medida alternativa para la colocación de concreto de relleno en las pilas se utiliza el tiro directo del concreto usando la manguera de la bomba telescópica. Esta práctica ha sido evaluada y aprobada para su aplicación en campo.

3.3.1.4 Secuencia y programa

De acuerdo con las condiciones de emplazamiento de la obra, las características del proyecto y los requisitos de programación, la secuencia de trabajos es: desde la Bahía # 1 → ...→ Bahía 12 #.

3.3.1.5 Procedimientos de control de calidad de obras de concreto

1. Todo el nivel concreto en las pilas será controlado por un nivelador. Se hará un levantamiento previo al colado.
2. Antes de colocar el concreto, se debe comprobar que:
 - Los equipos, herramientas y personal están listos para recibir el concreto por lo menos 60 min. Antes de la operación.
 - La calidad de concreto es correcta, y que se hizo la prueba preliminar estándar (Temp., Slump). Las muestras deben tomarse por personal de laboratorio calificado y de acuerdo a la norma ACI 318.
3. Una vez que el vertido de concreto se termine, el nivel de acabado debe estar de acuerdo con los planos.

3.4 Losas y vigas marinas prefabricados

Para la construcción de las losas y vigas precoladas, cabe mencionar que se preparó un área especial dentro del sitio, para la fabricación de las mismas, dicho lo anterior se presenta un plano con la ubicación del sitio de construcción de prefabricados.

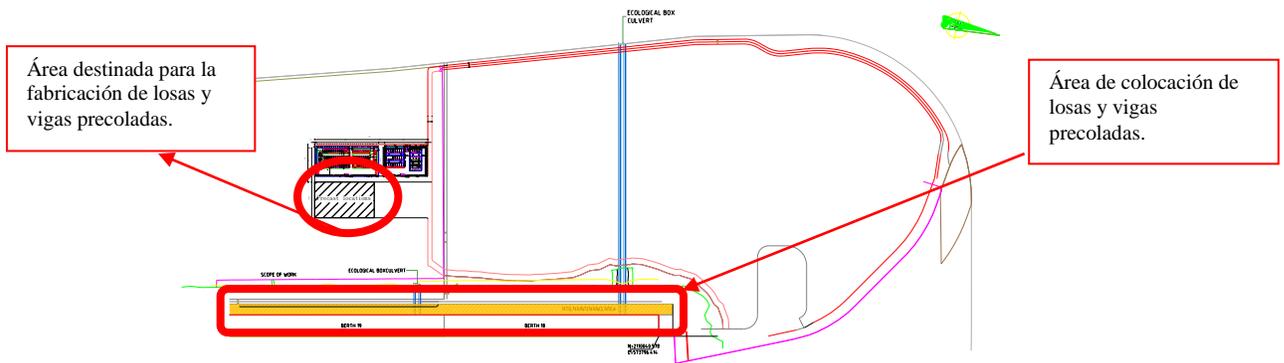


Figura 41. Zona de producción de prefabricados y zona de colocación.

Existen dos tipos de vigas prefabricados, las vigas de cruce o transversales a la pantalla del muelle y vigas de amarre o longitudinales a la pantalla del muelle.

A continuación se muestra una tabla con el tipo y cantidad de vigas y losas prefabricados:

Tipo	Clave	Dimensión (mm) (L*A*H)	Piezas	Sitio de montage
Viga de Cruce o Transversal	CB1	4046*1100*1360	10	<i>Bahía 0</i>
	CB4	4046*1100*1360	10	
Viga de amarre o longitudinal	TB1	6950*1100*1510	10	
	TB1-1	6950*1100*1510	4	
	TB1-2	6950*1100*1510	1	
	TB2	6950*1100*1510	2	
	TB2-1	6950*1100*1510	1	
Losas Prefabricados	S1	7900X4996X250	14	
	S1-1	7900X4996X250	1	
Losas de transición	TS4	7430X5142X500	4	
	TS4-1	7430X5142X500	1	
	TS4-2	7430X5142X500	1	
Viga de Cruce o Transversal	CB1	4046X1100X1360	192	<i>Bahía 1 a 12</i>
	CB2	4046X1100X1360	24	
	CB3	4046X1100X1360	36	
Viga de amarre o longitudinal	TB1	6950X1100X1510	288	
Losas Prefabricados	S1	7900X4996X250	216	
	S2	7900X4546X250	144	
Losas de Transición	TS1	6980X4498X500	109	
	TS1-1	6980X4498X500	5	
	TS1-2	6980X4498X500	2	
	TS2	6680X4498X500	13	
	TS2-1	6680X4498X500	3	
	TS3	6980X5236X500	14	
	TS3-1	6980X5236X500	10	

Tabla 6. Dimensiones de los prefabricados.

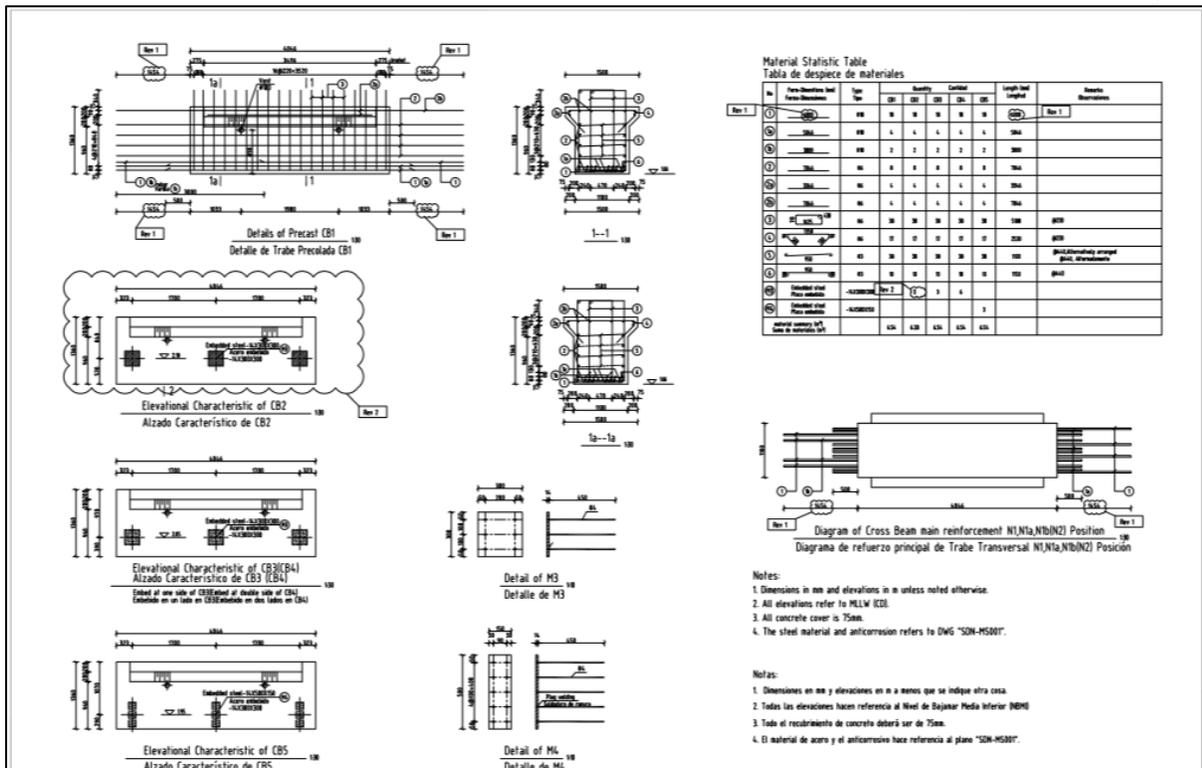


Figura 42. Planos de vigas de cruce o transversales

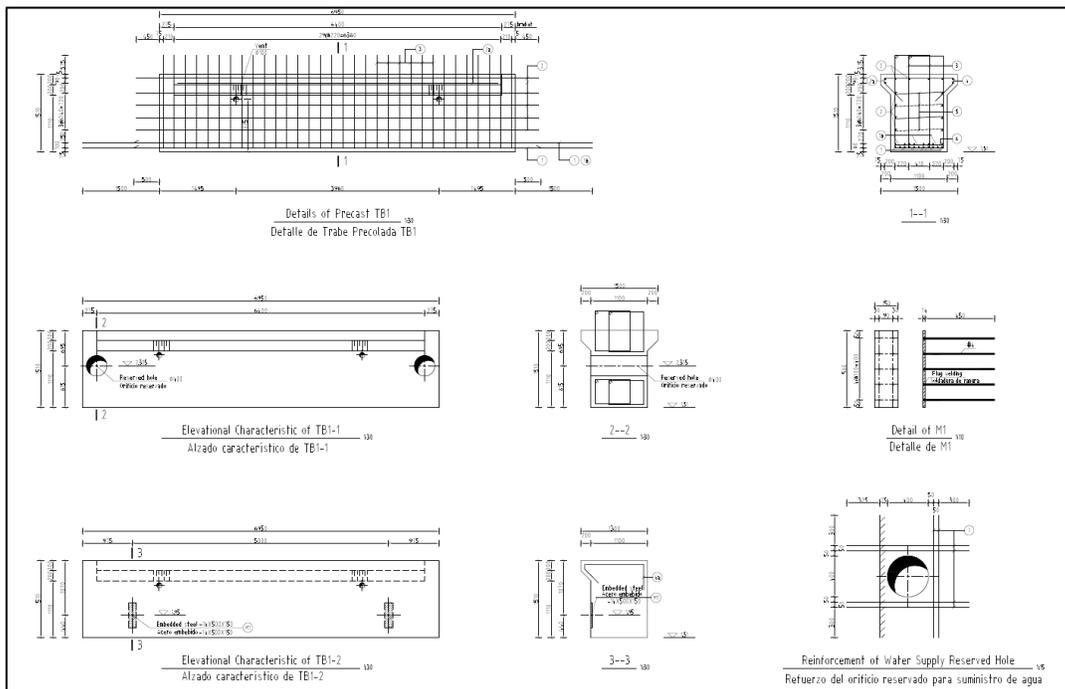


Figura 43. Planos de vigas longitudinales o de amarre

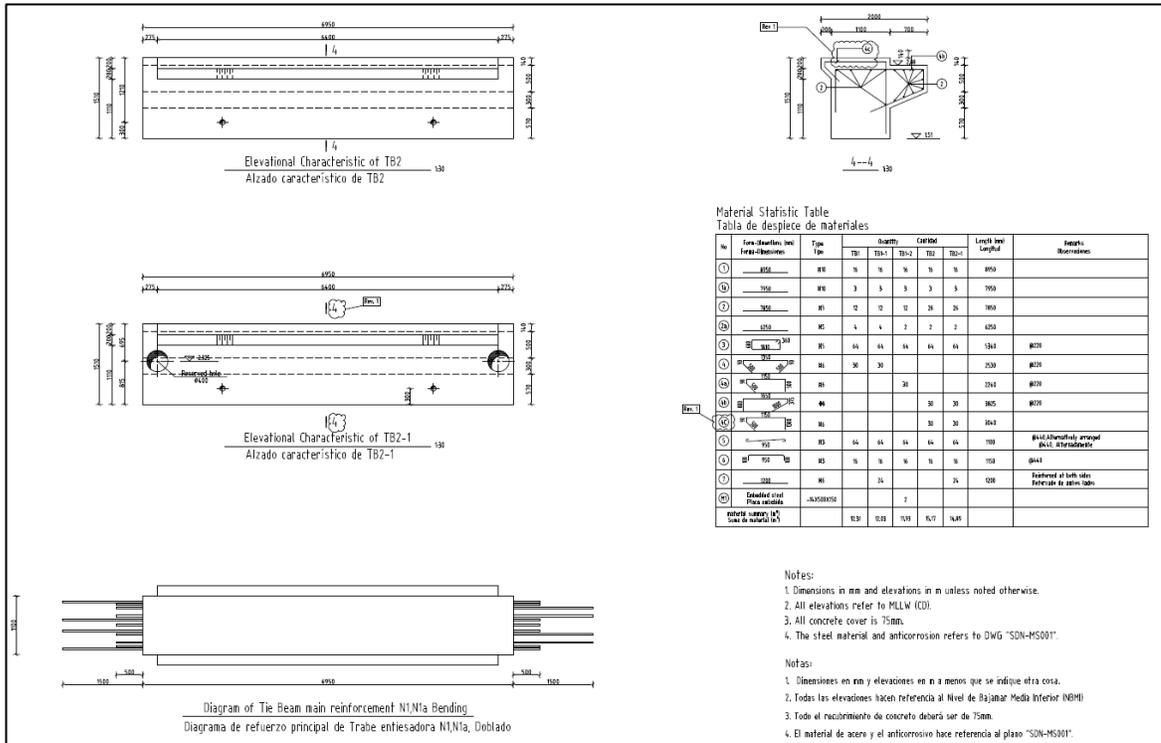


Figura 44. Planos de vigas longitudinales o de amarre

El acomodo de los elementos se realiza después del colado del capitel de pila, ya que éste es el punto de apoyo y fijación de las vigas transversales con las longitudinales. Esto es para rigidizar las vigas y trabajen en conjunto a la hora de la distribución de cargas vivas y por sismo respectivamente.

A continuación se presenta un esquema del acomodo de los elementos ya que estos deben colocarse, respecto a su tiempo de fraguado y curado. Cabe mencionar que para la fabricación de estos elementos se utilizó un concreto de fraguado rápido y de resistencia temprana, el concreto alcanzaba el 85 % de su resistencia máxima en tres días, esto fue fundamental en el desarrollo de la obra puesto que ahorró tiempo de espera, que al final se traduciría en retrasos en la obra.

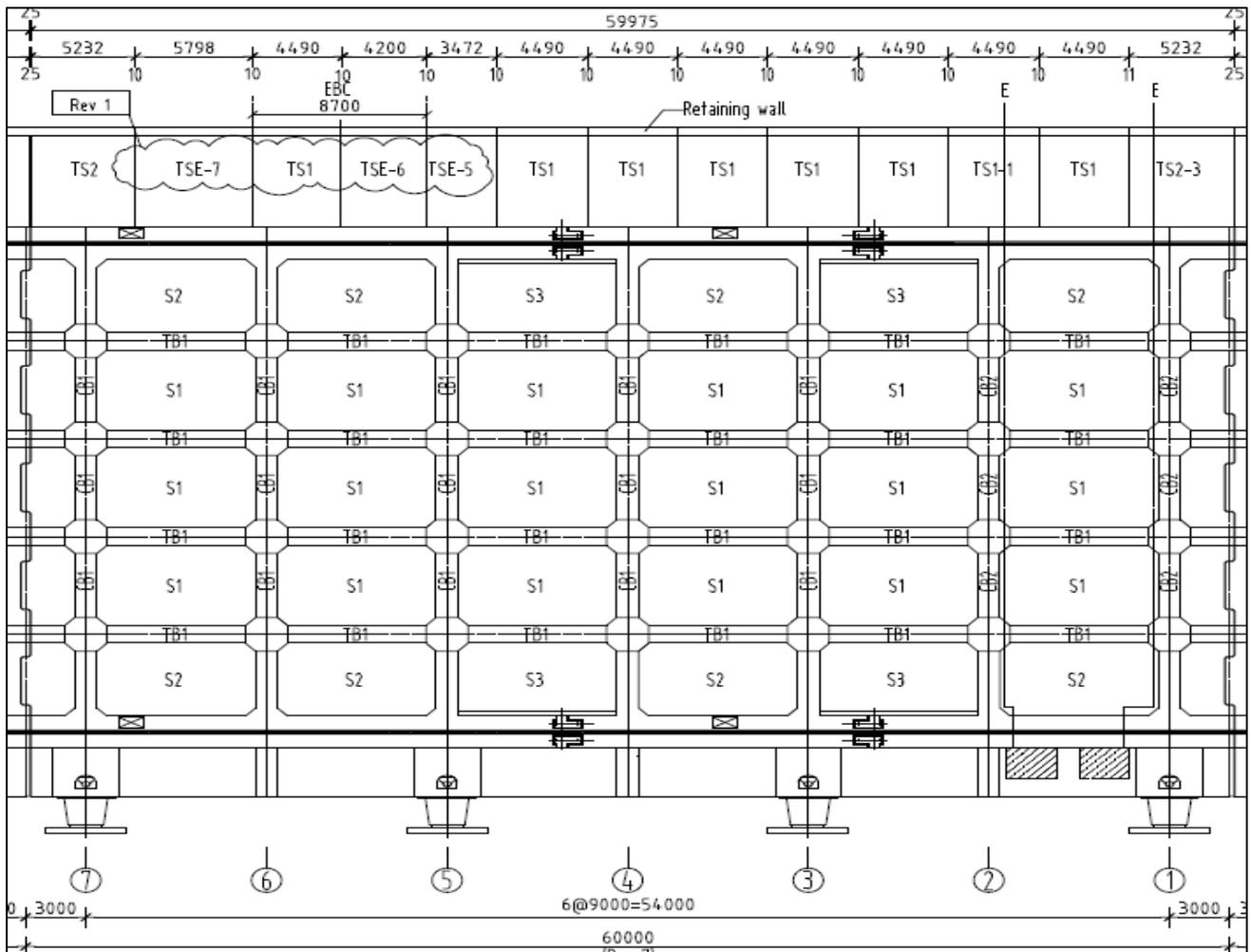


Figura 45. Esquema de acomodo de prefabricados en bahía tipo.

Este arreglo se presenta en general, en todas las bahías (12 bahías en total.) que conforman por el momento dos posiciones de atraque, ya que en etapas posteriores a esta construcción se pretende ampliar la longitud del muelle a una posición de atraque más.

Para la construcción de las vigas, se realizó una supervisión minuciosa respecto a las condiciones, tanto de almacenamiento del acero de refuerzo como del suministro y vertido del concreto. Debido a las condiciones climáticas, (ya que a partir de las 11hr se alcanzaban temperaturas de más de 34 grados Celsius.)

3.5 Tapones de Pilas

3.5.1 Control topográfico

La elevación de la cabeza del pilote estará controlada con el nivel. Dato Altitud: MLLW (CD), el nivel de corte de las pilas será de 20 ~ 60 mm por encima del lecho bajo del tapón. Las coordenadas del punto de borde del tapón serán controladas con una estación total.

3.5.2 Corte de la pila

Antes de cortar la cabeza del pilote el inspector debe verificar que el nivel de corte sea de acuerdo a los planos, en función del punto de control que marca el nivel de corte en cada pila. La cabeza del pilote se cortará con el acetileno. Durante el corte de la pila, las zonas de corte estarán envueltas con geo textiles húmedos y con recubrimiento anticorrosivo de protección. Si se encuentra algún daño en la pintura de recubrimiento, esta será reparada.

3.5.3 Cimbra

El tablón de 50 mm de grosor y la madera de 100 * 100mm se utilizarán como el encofrado inferior. El encofrado inferior se fijará con arreglo al acero de refuerzo con 4suspensores de Ø16 armaduras.

3.5.4 Instalación de acero de refuerzo

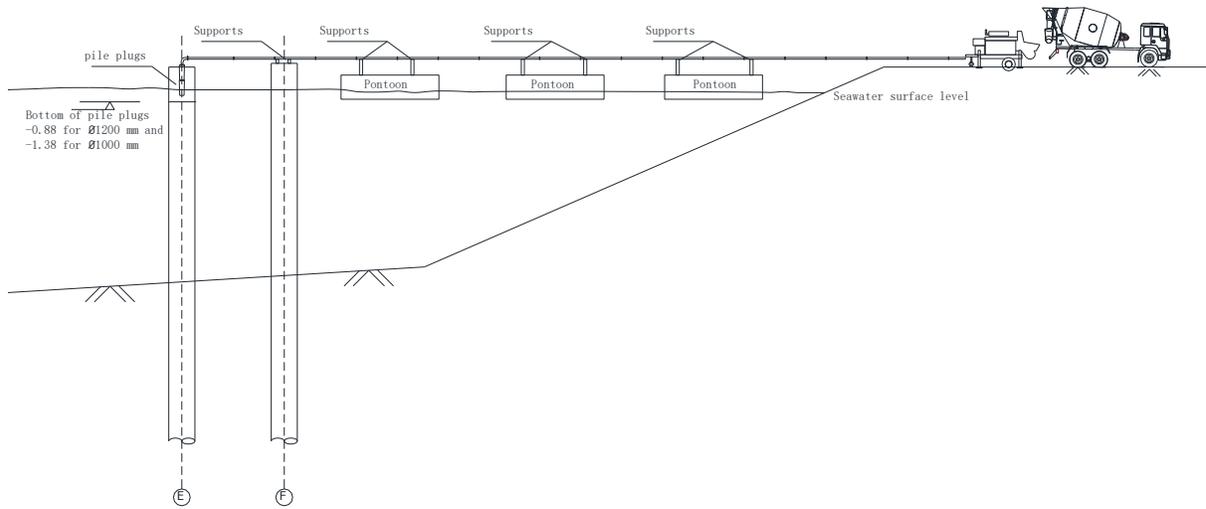
Se corta y dobla el acero de refuerzo de acuerdo a la norma ACI 315.

La colocación y fijación del acero de refuerzo debe de cumplir con los niveles, posición y recubrimiento especificados en los planos para construcción.

3.5.5 Colado en sitio

Se utiliza concreto $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ para el colado de los tapones y se coloca usando una bomba de concreto o con grúa y olla con compuerta en la base, dependiendo de la cantidad y distancia del colado.

Las piezas de tapón se cuelan en una sola operación, evitando juntas frías. El concreto se compacta usando vibradores internos para producir una masa densa y homogénea.



Concrete placement of Concrete pump

Figura 46. Esquema de la línea de conducción del concreto para el tapón de pilas.

3.5.6 Procedimientos de Control de Calidad para trabajos de concreto

1. El corte y doblado del acero de refuerzo ha de estar de acuerdo con la norma ACL315. El recubrimiento de concreto, colocación, calidad del acero, y la corrosión del acero, la posición y el tipo, se efectuará de acuerdo con las especificaciones y los planos de diseño.
2. El elemento debe ser adecuadamente limpia y se rociará agua potable en la superficie de cimbra para mantener la humedad inmediatamente antes de la colada de concreto.
3. El equipo de colado estará listo antes del colado de concreto.
4. Antes de ordenar el concreto debe de comprobarse que el grado de concreto ordenado es correcto, y luego se llevan a cabo las pruebas estándar preliminares. Las muestras deben tomarse de acuerdo a las normas ACL 318 y por personal de laboratorio cualificado.
5. Una vez que el vertido del concreto se termina, el acabado de superficie debe ser de acuerdo con los planos y especificaciones. Las medidas de curado y la superficie de control de calidad deben ser conforme a lo especificado.

3.6 Capitel de pila

El método de trabajo contempla las siguientes etapas.

3.6.1 Control Topográfico

La elevación de la cabeza del pilote debe estar controlada con el nivel. Dato Altitud: MLLW (CD), el nivel de corte de las pilas es de 20 ~ 60 mm por encima del lecho bajo del tapón. Las coordenadas del punto de borde del tapón son controladas con una estación total.

3.6.2 Corte de la pila

Antes de cortar la cabeza del pilote el inspector debe verificar que el nivel de corte sea de acuerdo a los planos, en función del punto de control que marca el nivel de corte en cada pila. La cabeza del pilote se corta con el acetileno. Durante el corte de la pila, las zonas de corte están envueltas con geo textiles húmedos y con recubrimiento anticorrosivo de protección. Si se encuentra algún daño en la pintura de recubrimiento, ésta será reparada.

3.6.3 Cimbra y obra falsa

1. Se instala una banda circular de acero alrededor de la pila y se soldan dos soportes a ella.
2. Se colocan dos canales de acero en los dos soportes. El canal de acero se extenderá a la pila contigua y se asegura con abrazaderas de $\Phi 12\text{mm}$.
3. Se coloca un entarimado de madera de $100 \times 100\text{mm}$ @ 250mm en la parte superior de los Canales de acero y se aseguran con alambre.
4. Se clava madera laminada de 15mm como fondo de la cimbra. Se coloca además Laminado de madera de alta Resistencia para formar los costados del capitel. Se rigidiza la cimbra utilizando tubos de acero de 48mm (OD.) aplicados como costillas horizontales y un entarimado de madera de $100 \times 150\text{mm}$ como costillas verticales.

3.6.4 Acero de Refuerzo

1. Se corta y dobla el acero de refuerzo de acuerdo a la norma ACI 315.
2. La colocación y fijación del acero de refuerzo debe de cumplir con los niveles, posición y recubrimiento especificados en los planos para construcción.

3.6.5 Colado en Sitio

1. Se usará concreto $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ para el colado de los capiteles y se colocará usando una bomba de concreto o con grúa y olla con compuerta en la base, dependiendo de la cantidad y distancia del colado. (Ver Figura 1)
2. Las piezas de capitel se colarán en una sola operación, evitando juntas frías.
3. El concreto se compactará usando vibradores internos para producir una masa densa y homogénea.
4. La cimbra se retirará a los 14 días de haberse colado el elemento y se revisarán los defectos menores a satisfacción de los supervisores.
5. Curado: Se mantendrá húmeda la pieza y se envolverá con polietileno para protegerla del agua del mar.

Dado el nivel de los capiteles, la colocación de concreto tendrá lugar durante la marea baja, y se tendrá cuidado de terminar todo este proceso antes de que suba la marea.

3.7 Pre colado e instalación de muro de contención

Diagrama de colocación

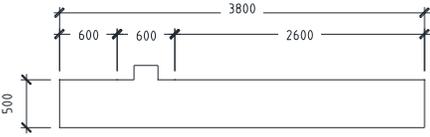
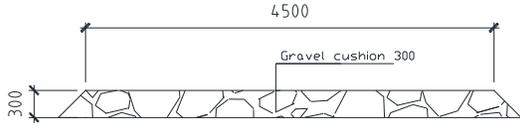
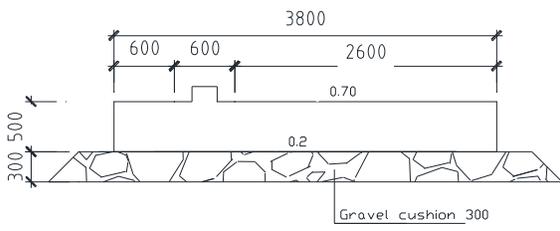
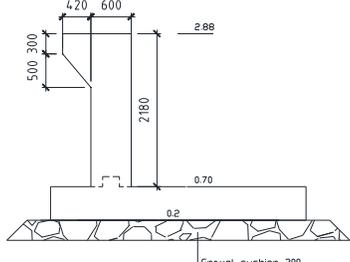
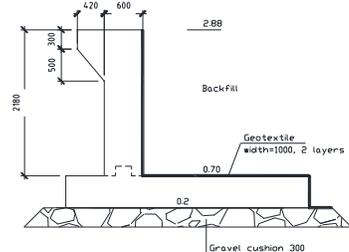
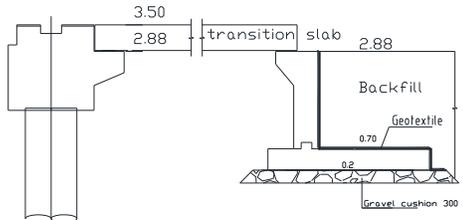
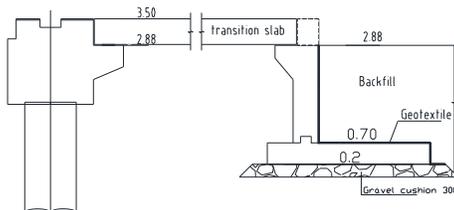
	
<p>1. Prefabricados de placa base para pared de contención de concreto</p>	<p>2. Nivel 300 mm cama de grava gruesa</p>
	
<p>3. Instalación de la placa base para pared de contención de concreto</p>	<p>4. Colado en sitio de concreto para muro de contención</p>
	
<p>5. Relleno</p>	<p>6. Instalación de losa de transición</p>
	
<p>7. Colado en sitio de concreto para muro de contención</p>	

Figura 47. Diagrama de colocación

3.7.1 Método de Trabajo

Base pre colada para muro de contención

Estructura de Base:

La cama de colados tiene un espesor de 120mm y es fabricada con concreto de 15MPa (Se le aplica parafina como agente liberador).

3.7.2 Cimbra

La madera contrachapada de 15 mm de espesor se utiliza como cimbra de la placa base.

3.7.3 Acero de Refuerzo

Se corta y dobla el acero de refuerzo de acuerdo a la norma ACI 315.

La colocación y fijación del acero de refuerzo debe de cumplir con los niveles, posición y recubrimiento especificados en los planos para construcción.

3.7.4 Concreto

Para el colado de la base pre colada se utilizó concreto $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y se colocó usando una bomba de concreto o con grúa y olla con compuerta en la base, dependiendo de la cantidad y distancia del colado. (Ver Figura 47)

Las bases pre coladas se cuelan en una sola operación, evitando juntas frías.

El concreto se compacta usando vibradores internos para producir una masa densa y homogénea.

3.7.5 Cama de grava gruesa

Se colocó de cada lado 3 m 6 # canal de acero como una guía, la elevación del canal es de 0,75 m. Luego, utilizando la excavadora se esparció la cama de grava.

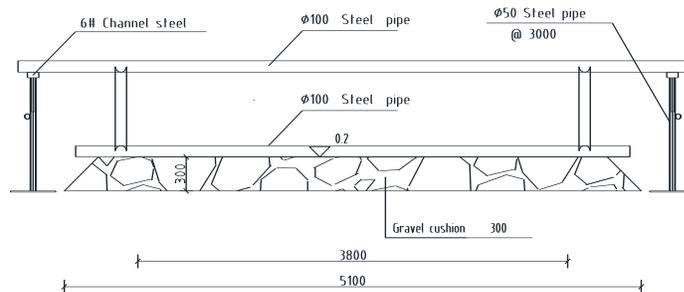


Figura 48. Esquema de colocación de losa base de muro de contención.

3.7.6 Instalación de la base pre colada

La transportación de piezas pre coladas se mueven cuando alcancen el 80% de la resistencia esperada a 28 días. La base pre colada se mueve con una grúa de 100 t a una cama baja para su transportación.

3.7.7 Instalación de placas base prefabricadas

1. Todos los elementos deben marcarse previa transportación, para facilitar su identificación.
2. Los izajes se hacen a velocidad controlada para garantizar la distribución uniforme de esfuerzos.
3. Se marcan líneas de referencia de instalación para definir la posición del pre colado durante su instalación. Si existe conflicto en el acero de refuerzo al ser instalado, este se doblará ligeramente siempre y cuando cumpla con lo establecido en la norma ACI 315.

3.7.8 Colado en sitio de concreto muro de contención

Los cortes y dobleces de las barras de refuerzo se harán de acuerdo con la norma ACI 315 y los planos actualizados.

1. La fijación de las barras de refuerzo cumplió con los planos de construcción.

2. Las varillas de refuerzo se pueden fabricar en productos semi-acabados en el taller de procesamiento de refuerzo, y fueron transportado al sitio de construcción mediante el uso de remolque. Se debe impedir la curvatura y deformación del acero de refuerzo durante el proceso de transporte.
3. Antes de transporte y almacenamiento de barra de acero con diferentes grados, diferentes marcas son marcados en la barra de refuerzo, respectivamente, para distinguir entre sí.

3.7.9 Cimbra de construcción

La Cimbra lateral es de madera contrachapada 18 mm de espesor. La Cimbra lateral se fija con barras de varilla roscada # 4 redonda. La Cimbra lateral se instala con una grúa y dependiendo del caso se instalará a mano.

En La Cimbra superior deberá utilizarse madera contrachapada de 15 mm de espesor, y con 10cm x 10cm una parrilla de madera rectangular 10cm x 10cm de distribución en plataformas rectangulares de 30cm.

Se usa concreto $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ para el colado y se cuela usando una bomba de concreto o con grúa y olla con compuerta en la base, dependiendo de la cantidad y distancia del colado. (Ver Figura 1)

Las piezas se cuelean en una sola operación, evitando juntas frías.

El concreto se compacta usando vibradores internos para producir una masa densa y homogénea.

3.7.10 Concreto Curado

Para cada elemento de concreto colado in situ, se adoptan las siguientes medidas de curado; se rocía un geo textil colocado sobre la superficie de concreto con agua limpia cada dos horas y de esta forma se mantiene constantemente húmedo el concreto. El geo textil se utiliza para cubrir la superficie de concreto.

3.7.11 Retiro de Cimbra y sistema de apoyo

La cimbra lateral se retira después de que el concreto alcance 80% de la resistencia especificada a 28 días.

3.7.12 Secuencia y Programa

De acuerdo con las condiciones de emplazamiento de la obra, las características del proyecto y los requisitos de programación, las obras secuencia de marina losa

prefabricada de concreto: Bahía 0 # → → Bahía 2 # Bay3 → → Bahía 12 #.

3.8 Suministro y colocación de Tie Down

Descripción: Suministro y colocación de "Tie Down", con anclas, tuercas, roldanas, recubrimiento, pintura, rotulado y demás elementos de fijación y anclaje.

Normas: BSI (British Standards Institution) BS 6349 Code of Practice for Maritime Structures.

Alcances: Suministro y colocación de TIE DOWN de acuerdo a proyecto, incluye Juego de anclas, tuercas, roldanas y demás elementos de fijación y anclaje.

3.8.1. Recomendaciones de instalación

1. Los TIE DOWN son de acero al carbón.
2. Los TIE DOWN deben cumplir los requerimientos con el grado 50 de la norma ASTM A572 con límite de fluencia de 350 Kg/cm², resistencia a la tensión 450 Kg/cm².
3. Los anclajes deben ser manufacturados en base a la resistencia y otra propiedades de acuerdo con la norma ASTM A325, ASTM A354 (Grado B7), o según lo especificado por proyecto. Los anclajes, tuercas, arandelas y las arandelas de la placa serán galvanizados por inmersión en caliente.
4. Se debe asegurar que todas las camisas o anclajes se encuentren seguros en su posición previa la colocación del concreto. Deben verificarse las dimensiones de los barrenos de los anclajes antes de verter el concreto.

3.8.2 Procedimiento de instalación de Tie Down

1. Verificar mediante un control topográfico la posición final donde se ubicarán los anclajes y su nivelación del mismo.
2. Se procede a verificar previo al vertido del concreto que los armados cumplan con lo especificado por el diseñador, para garantizar que el área tenga la suficiente resistencia a los esfuerzos y la adecuada transmisión de las cargas a través de los anclajes y garantizar la estabilidad del elemento de acuerdo a proyecto.
3. Se iza el elemento mediante el empleo de una grúa ubicándola en su posición, en su instalación se verifica su nivelación y posteriormente se procede a dar el torque adecuado a las tuercas de los anclajes.

4. Se procede al colado de concreto entre el sistema de anclaje y fijación, el concreto empleado será de acuerdo a las especificaciones particulares sobre el mismo.

3.8.3 Alcances

1. Trazo, colocación y fijación en el sitio definitivo.
2. El suministro de la TIE DOWN, los materiales de fijación y consumo menor, sus mermas y desperdicios, la mano de obra, el equipo, la herramienta y todo lo necesario para efectuar la correcta ejecución de los trabajos. P.U.O.T.
3. Las maniobras de manejo, carga, acarreo y descarga del sitio de almacenamiento al sitio de colocación, la presentación, fijación del elemento, y control topográfico para garantizar la nivelación.
4. Suministro y colocación de anclas según diseño de proyecto.
5. Maquinaria, equipo, herramienta, mano de obra y todo lo que corresponda para la correcta ejecución del concepto de trabajo.

3.9 Colado en Sitio de la Losa de Cubierta

La secuencia de la construcción de la losa de cubierta se muestra en la siguiente figura:

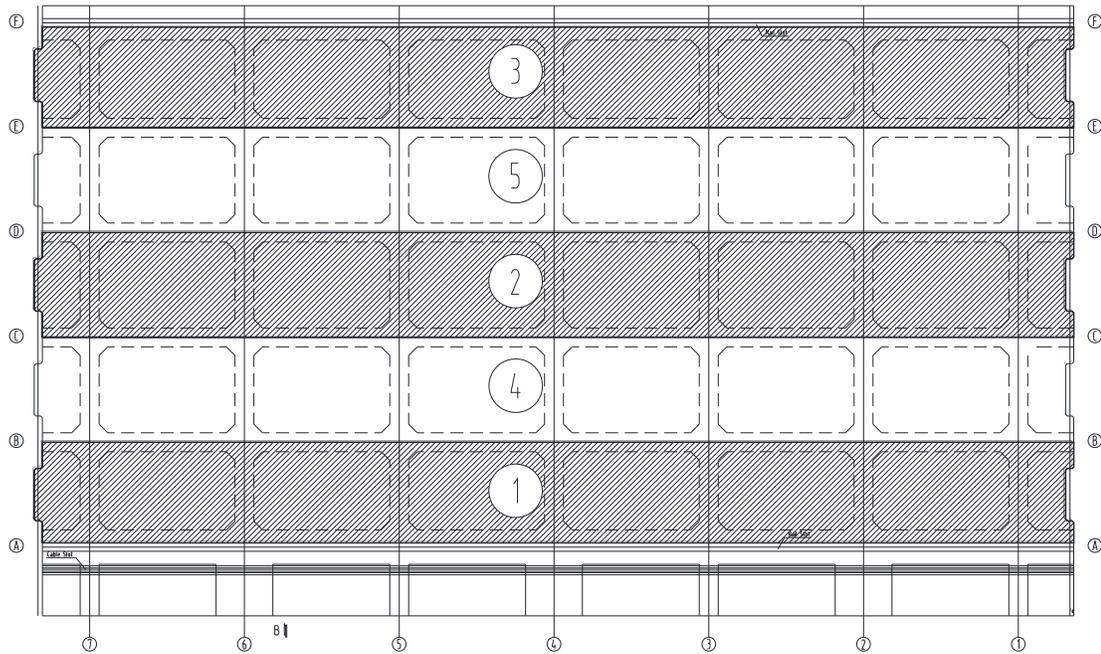


Figura 49. La secuencia de construcción de la losa de cubierta

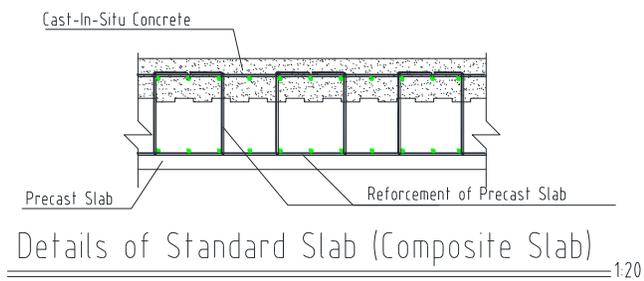


Figura 50. Detalle de la losa de cubierta

3.9.1. Diagrama de flujo del proceso de construcción de colado en sitio de la losa de cubierta

El Diagrama de flujo del proceso de construcción de la losa de cubierta se muestra en la figura 50.

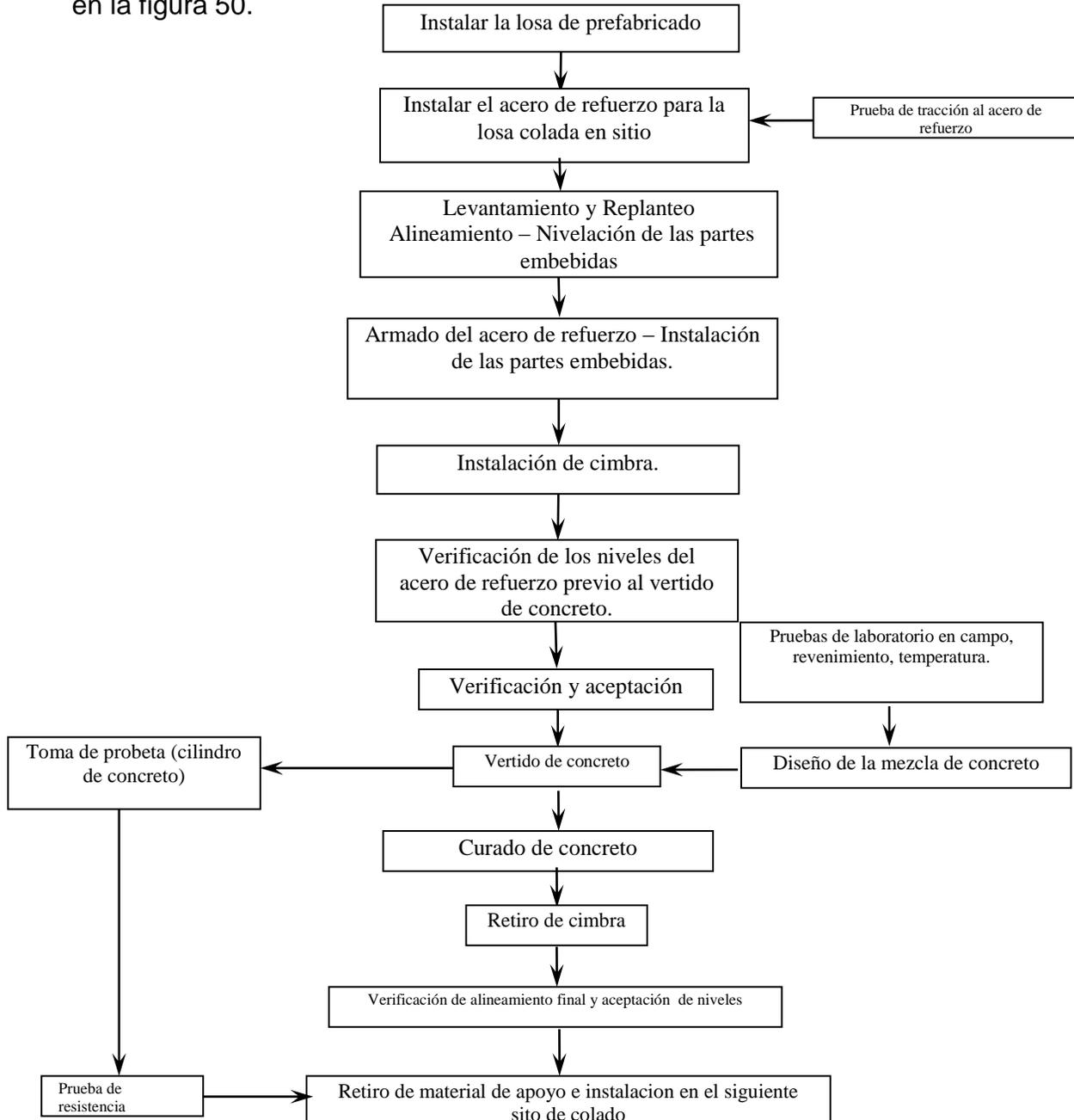


Figura 51. Diagrama de flujo del proceso de construcción de colado en sitio de la losa cubierta.

3.9.2 Métodos de construcción

Una vez que las losas prefabricadas se han instalado, se coloca el acero de refuerzo para el colado en sitio. Los colados en sitio por bahía se ejecutaron en secciones de 6,0 m aproximadamente de ancho a lo largo de la bahía desde el lado del mar (desde el canal de riel para grúa) siguiendo hacia el lado de tierra hasta el otro canal de riel para grúa, a la elevación de diseño colando en una sola operación, como se muestra en las figuras 1, 2 y 3.

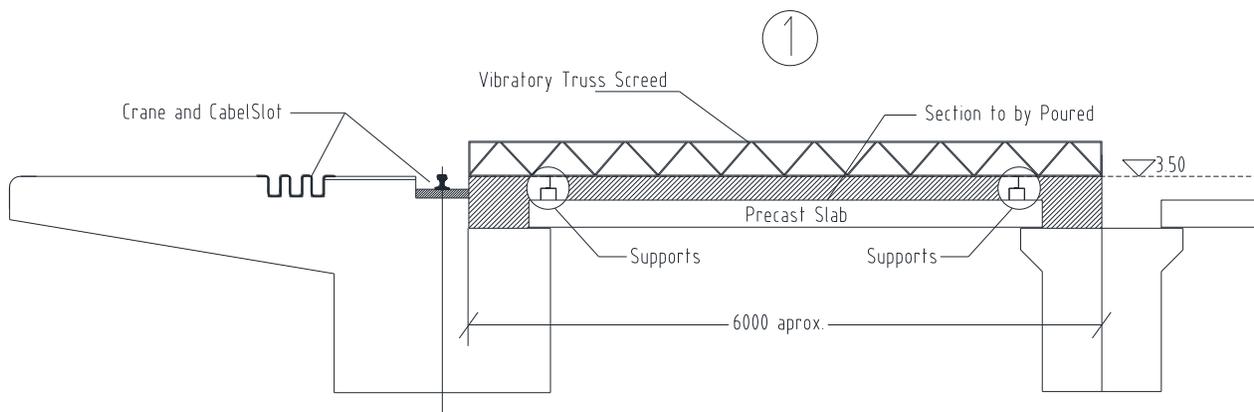


Figura 52. Detalle de la construcción de la losa de cubierta

3.9.2.1 Transporte y montaje de acero de refuerzo

1. Cortar y doblar barras de refuerzo de acuerdo con ACI 315.
2. La fijación de barras de refuerzo cumple con los planos de construcción.

La barra de refuerzo se puede fabricar en productos semi-acabados en el taller de procesamiento de refuerzo, y es transportada al sitio de construcción mediante el uso de remolque, entonces es entregada a la cubierta por gabarra grúa y montada sobre la losa de cubierta. Se debe impedir curvatura y deformación de la varilla durante el proceso de transporte.

Antes de transporte y almacenamiento de varillas de acero con diferentes grados, las piezas deben ser marcadas respectivamente, para distinguirlas entre sí.

3.9.2.2 Instalación de cimbra lateral

Para la Cimbra lateral se usará madera contrachapada 18 mm de espesor y se fortalecen con barras roscadas de refuerzo redondas #4.

3.9.2.3 Colado del concreto

Se debe quitar toda la basura, gravilla, etc virutas del interior del cimbra y salpicaduras de agua sobre la superficie del cimbra para mantenerlos húmedos antes de que el concreto sea colocado.

La losa se colará en sitio para cada bahía en secciones de 6,0 m aproximadamente de ancho a lo largo de la bahía de una vez.

El concreto debe ser mezclado en planta de concreto y se carga en camiones mezcladores, a continuación, se vertirá en un cimbra mediante el uso de la bomba de concreto. La vibración de concreto se realiza mediante el uso de enrasador vibratorio y el vibrador de inmersión. Todo el concreto de la cubierta de muelle deberá tener un acabado de cepillo. Todos los bordes expuestos tendrán chaflanes de 20 mm.

Los defectos de superficie (si los hay) se arreglarán en un plazo de 24 horas después de la eliminación de cimbra.

3.9.2.4 Curado del concreto

Por cada miembro colado en sitio, se cura con el líquido de curado y se utiliza para cubrir la superficie de concreto y mantenerlo constantemente húmedo.

3.9.2.5 Extracción de cimbras y construcción de la plataforma

La Cimbra lateral se retira después del colado; la cimbra inferior y la plataforma de construcción deben ser desmanteladas después de las actividades de concreto conforme a las normas y especificaciones vigentes.

3.9.2.6 Secuencia y Programa

De acuerdo con las condiciones de emplazamiento de la obra, las características del proyecto y los requisitos de programación, la secuencia de colados de losa en sitio es: Bay 0 # 1 # → → → Bay 2, # 3 # → Bay 12 #.

3.9.2.7 Procedimientos de control de calidad de obras de concreto

1. El corte y doblado del acero de refuerzo ha de estar de acuerdo con la norma ACL315. El recubrimiento de concreto, colocación, calidad del acero, y la corrosión del acero, la posición y el tipo, se efectúa de acuerdo con las especificaciones y los planos de diseño.
2. El elemento debe ser adecuadamente limpia y se rociará agua potable en la superficie de cimbra para mantener la humedad inmediatamente antes de la colada de concreto.
3. El equipo de colado debe estar listo antes del colado de concreto.
4. Antes de ordenar el concreto debe de comprobarse que el grado de concreto ordenado es correcto, y luego se llevan a cabo las pruebas estándar preliminares. Las muestras deben tomarse de acuerdo a las normas ACL 318 y por personal de laboratorio cualificado.
5. Una vez que el vertido del concreto se termina, el acabado de superficie debe ser de acuerdo con los planos y especificaciones. Las medidas de curado y la superficie de control de calidad deben ser conforme a lo especificado.

3.9.2.8 Procedimientos de seguridad

1. Deben cumplirse todas las normas legales.
2. El operador y el maniobrista siempre estarán presentes durante las operaciones de elevación. El supervisor debe asegurarse de que ningún trabajador está de pie / trabaja debajo o al lado de una carga suspendida.
3. Todos los trabajadores deben usar Equipo de Protección Personal apropiado. Se debe asegurar que los trabajadores tengan ropa, lentes protectores y guantes.

4. Asegurar Soportes suficientes en la estructura de cimbra por el supervisor, control periódico sobre las estructuras de soporte los andamios y cimbra.
5. Proporcionar acceso adecuado a la plataforma de trabajo, proporcionar salvavidas y cinturones de seguridad. Barandilla de seguridad se erigirá en su caso.

3.10 Suministro e instalación de defensa marina

Descripción: Defensa tipo "Supercono" TD-AA1600HX1X1, altura de 1600 mm, sin contar con el espesor del panel frontal, con una capacidad mínima de energía de absorción de 158.26 toneladas (1577 kn m), y una fuerza de reacción mínima de 182.45 toneladas (1818 kn), incluye marco frontal 2250mm (horizontal) por 4700 mm (altura), deflexión máxima del 70% y anclas anti fouling superiores, sus accesorios de fijación y anclaje, incluyendo los gastos de importación y gastos aduanales, las maniobras de fletes y almacenamiento, puesta en el sitio de obra.

Normas: BSI (British Standards Institution) BS 6349 Code of Practice for Maritime Structures; 2. Marine Works section 2.4; AWS (American Welding Society):1 D1.1 Structural Welding Code - Steel; PIANC (Permanent International Association of Navigation Congresses) 1 Guidelines for Design of Fender Systems

Alcances: Suministro y colocación de defensa marina defensa tipo SUPER CONO TD-AA1600HX1X1 se hará de acuerdo a los procedimientos de pruebas cíclicas del PIANC 2002 Guidelines for the Design of Fenders Systems and Marcom, Working Group33, secciones 6.1 y 6.2. El resultado de la prueba deberá demostrar que la defensa no muestra ningún daño e insignificante desgaste por fricción.

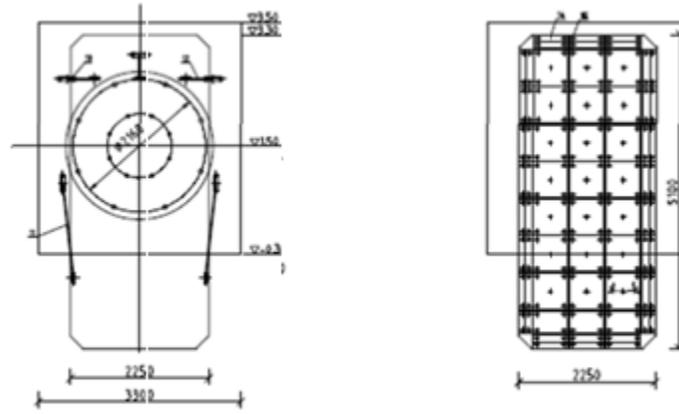


Figura 53. Esquema de propiedades de la defensa marina.

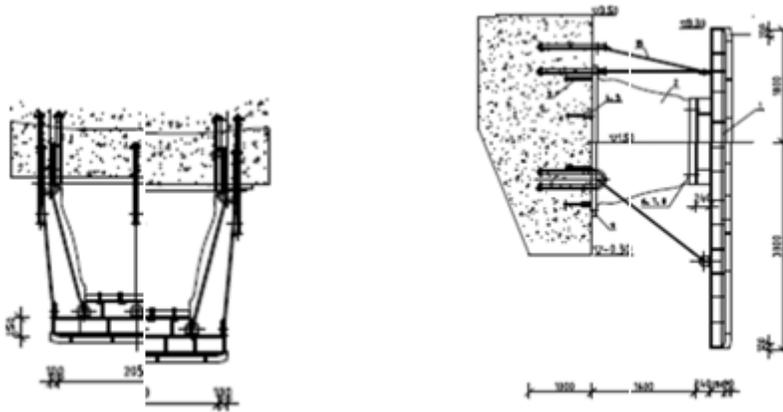


Figura 54. Dimensiones del cono amortiguador de la defensa marina.

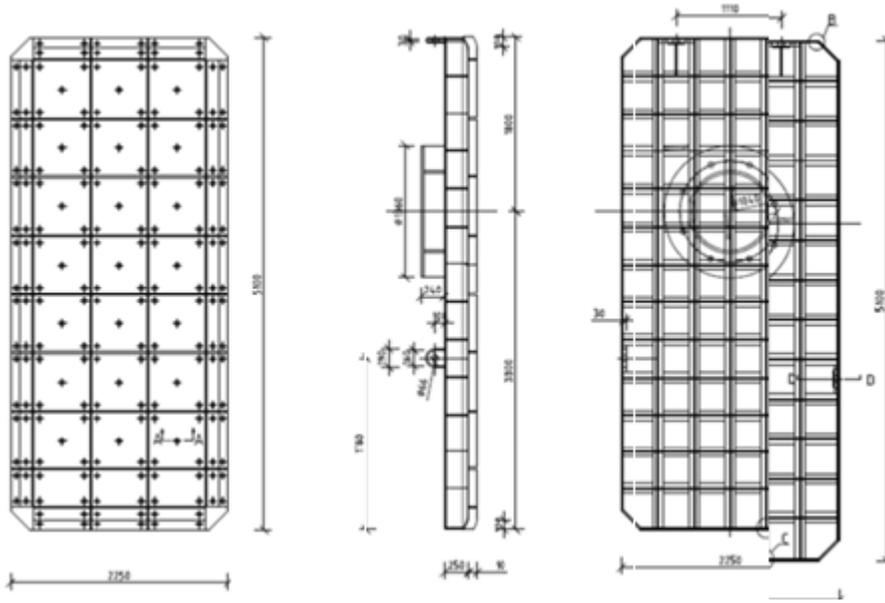


Figura 55. Dimensiones del panel frontal de absorción de energía.

Las defensas deben contar con cadenas antifouling para evitar que los cabos de amarre se enreden en el cuerpo y pantallas de las defensas, dichas cadenas deben ser de 19 mm. de diámetro mínimo y se deberán considerar todos los aditamentos y accesorios para su correcta instalación.

Las defensas deben de ser diseñadas con los valores de desempeño de acuerdo con los requerimientos de prueba del P.I.A.N.C, vigentes.

3.10.1. Particularidades del cuerpo de hule de las defensas

El cuerpo de hule debe de ser un cono truncado hueco en forma de campana, ensamblado con placas de acero ahogadas en ambos extremos y firmemente adheridas a la sección circular a través de un proceso de vulcanización a modo de formar un módulo unitario conocido como cuerpo de hule. En el extremo de menor diámetro del cono cuenta con un adaptador metálico donde se ensambla la pantalla de la defensa. El cuerpo de la defensa es de un solo elemento que, por sus características multidireccionales, puede absorber cargas en cualquier dirección.

3.10.2. Materiales

El hule de fabricación debe de ser hule natural o sintético vulcanizado o una mezcla de ambos, y debe de ser reforzado con negro de humo para resistir el envejecimiento, abrasión y darle estabilidad cuando se encuentre en contacto con el agua de mar. El hule debe de ser homogéneo en calidad, estar libre de materiales extraños, burbujas de aire, daños, grietas u otros defectos.

El hule del cuerpo de la defensa debe de cumplir con la siguiente especificación:

Condición	Propiedad	Unidad	Requerimiento	Estándar de prueba y condiciones
Antes del curado	Resistencia a la tensión	Mpa	Min. 15	JIS K 6301-1975 ítem 3 Dumbbell No. 3 Alt. ASTM D412 BS903 A2
	Elongación	%	Min. 350 min.	
	Dureza	Grados	Max 78	JIS K 6301-1975 ítem 5ª resorte tipo A, Similar ISO2783 ASTM D2240 BS903 A26
Después del curado	Cambio en la resistencia a la tensión	%	No menor a 80% de su valor original	JIS K 6301 Dumbbell No. 3 70°C +/- 1°C x 22 horas, curado por medio de aire caliente o ASTM D573 BS903 A26
	Cambio en elongación	%	No menor a 80% del valor original	
	Dureza	grados	Valor original + 8 grados max.	
70 grados ±1°C por 22 horas		Compresión %	30 máximo sin grietas visibles	JJIS K 6301-1975) 70 deg. C x 22 hrs heat treatment (Alt. ASTM D395-67/BS 903 A6)

Tabla 7. Especificaciones requeridas para la defensa marina.

3.10.3. Estándares de inspección de las defensas

A. Método de inspección

- a. Apariencia: Inspección visual
- b. Dimensiones: Regla convexa, calibrador vernier
- c. Desempeño: Una muestra representativa del lote debe de ser probada en una prensa Amsler

B. Criterio de Prueba

- a. Apariencia: Las defensas deben de estar libres de defectos antes de su uso, y se inspeccionaran todas las defensas
- b. Dimensiones: Confirmar las dimensiones con la siguiente tabla

	Diámetro	Altura	Espesor
Tolerancia	+4%	+4%	+5%
	-2%	-2%	-2%

Tabla 8. Tolerancias para la aprobación de la defensa marina.

C. Desempeño

- a. La defensa debe ser comprimida hasta su deflexión nominal
- b. La defensa debe de cumplir con los siguientes valores
- c. Tolerancia: $\pm 10\%$
- d. Lote de Prueba: De acuerdo ER sección 2.4.2A

El desempeño de la defensa es expresado por el valor de la energía absorbida durante la compresión hasta la deflexión nominal, y el máximo valor de la carga de reacción generada.

La deflexión nominal es la deflexión a la cual el radio (E/R), del valor de la energía de absorción (E) al valor de la reacción (R) establecida en las curvas de desempeño de la defensa es máxima.

En la prueba de desempeño de la defensa, la compresión debe de ser aplicada en general verticalmente en dirección a la cara superior de la defensa, a una velocidad de 8 cm por minuto debe de ser repetida tres veces hasta la deflexión nominal. La carga y la deflexión de cada prueba deben de ser registradas. Los resultados de la compresión deben de ser tomados del promedio de los ciclos 2 y 3.

El desempeño de los cuerpos de hule de las defensas probadas de acuerdo con las guías anteriores debe de satisfacer los parámetros de diseño establecidos.

3.10.4. Pantalla frontal

La propuesta del panel será en forma rectangular con deflector. La longitud vertical del panel es 5100mm. El ancho horizontal del panel se 2250mm. El panel debe ser diseñado y construido de acuerdo al Manual de especificaciones de Construcción en Acero AISC. Todas las soldaduras se harán de conformidad con AWS D1.1 última edición. Todas las soldaduras de filete deberán ser soldaduras de costura para evitar corrosión. Todo el acero será un equivalente al acero A-36. Todos los orificios serán perforados. El fabricante deberá proporcionar procedimientos actuales de soldadura, así como soldador calificado individualmente. Todo trabajo de soldadura inadecuado será motivo de rechazo del suministro de la defensa, por parte del representante de la contratante.

- Ancho: 2250 mm parte plana.
- Alto: 5100 mm hasta deflector

La pantalla frontal debe de ser diseñada para resistir la máxima compresión, máximo momento de flexión en dirección vertical y horizontal, tensión, torsión y corte.

Tuercas hexagonales de acero inoxidable 304 deben de ser soldadas a la parte posterior de la cubierta para permitir la inserción de las almohadillas de polietileno UHMW-PE de 30 mm de espesor en color azul, se colocan en el frente de la pantalla utilizando tornillos de acero inoxidable 304. Los espárragos no son permitidos.

3.10.5. Propiedades del polietileno (UHMW-PE)

Propiedad	Requerimiento	Método de Prueba
Peso específico	0.92-0.96 g/cm ²	ASTM D792
Dureza	Shore >65	ASTMD2240
Resistencia a la tensión	Mínimo 38Mpa	ASTM D638
Elongación (%)	>350%	ASTM D638
Coefficiente de fricción	<0.15	ASTM D1894
Resistencia al impacto (Izod j/m) DIN 53453/ISO 179	1,495	ASTM D256A

Resistencia a la abrasión medida por el volumen de pérdida de material durante un examen de lechada de arena con 50% de arena y 50% de agua a 1750 rpm durante 7 horas, con el estándar de acero al carbono asignados 100 en el índice de abrasión		Mínimo 12
--	--	-----------

Tabla 9. Propiedades mínimas requeridas para panel frontal de defensa marina.

Los ojillos de carga deben de ser provistos en ambos extremos de la parte superior de la pantalla para permitir el fácil montaje de la unidad en el muelle.

3.10.6. Tratamiento anticorrosivo

El panel frontal, estará sometido al siguiente tratamiento anticorrosivo:

1. Preparación del material base: Chorro de arena SIS Sa 2.5 (SSPC SP10)
Nombre de la Pintura: TAR
2. Primario epóxico: Primario rico en zinc 75 micrones película seca.
3. Acabado: Color blanco. Espesor de la pintura epóxico: 2 manos de 190 micrones cada uno. Espesor de Pintura total: Min. 450 micrones.

3.10.7. Material de los grilletes

Las cadenas que se enlazan a los anclajes deberán de cumplir con las siguientes especificaciones:

1. American Bureau of Shipping, Grado 2 A
2. Lloyd’s Register of shipping, Grado U2
3. JIS F3303, Class 2

3.10.8. Recomendaciones de instalación ER 2.4.3

1. Se debe asegurar la posición de las inserciones necesarias para los anclajes de la defensa necesarios en su lugar antes de la colocación del concreto colado en el lugar o en unidades prefabricadas.
2. Instalación del sistema de defensa, de acuerdo con las instrucciones del fabricante y los detalles indicados en los planos de taller.
3. Suministro de cuatro plantillas de acero incrustados en el concreto.
4. Se debe retocar y reparar todas las abrasiones, cortes, rozaduras y otros defectos en el recubrimiento, soldaduras, y las zonas sin recubrimiento que se requieran para proporcionar un sistema completo continuo de revestimiento integral en todas las superficies de acero especificado para ser pintado.
5. Aplicar el retoque del recubrimiento de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Llevar a cabo reparaciones en el revestimiento cuando la temperatura del aire y la humedad relativa se encuentren dentro del rango permisible de las especificaciones del fabricante de la pintura y el tiempo de curado requerido. Proteger el trabajo adyacente durante el tiempo de aplicación del recubrimiento y remover posterior a la aplicación.

3.10.9. Procedimiento de montaje de defensa marina

El proceso de instalación de la defensa es el siguiente:

1. Las camisas de los anclajes y los soportes de las cadenas de cortante son colocadas en su posición coladas en los módulos prefabricados.
2. Las defensas son transportados a la superficie del muelle, mediante el uso de remolque, entonces se levanta mediante grúa móvil, se instala en la posición correcta y se fija usando pernos de anclaje.
3. El panel de la defensa es levantado con grúa y se instalará en la defensa usando pernos de sujeción.
4. Las cadenas se instalan entre el panel de la defensa y las inserciones de anclaje que estaban incrustadas en el concreto.



Figura 56. Alineamiento y colocación de cono de absorción de defensa marina



Figura 57. Sujeción y anclaje de panel de absorción de polietileno.

3.10.10 Alcances

1. Suministro de la defensa, pruebas por parte del fabricante sin cobro adicional y sus accesorios antes señalados, gastos aduanales, de importación, impuestos, fletes, manejo, almacenamiento, montaje y otros, mano de obra, maquinaria, equipo, herramienta y todo lo necesario para efectuar la correcta ejecución del concepto de trabajo.
2. Trazo y control de niveles con equipo topográfico durante el montaje.

3.11 Suministro y colocación de bita de amarre

Descripción: Suministro y colocación de bita de hierro dúctil, para 200 ton. de capacidad, incluye juego de anclas, tuercas, roldanas, y demás elementos de fijación y anclaje, primario, recubrimiento amershield y rotulado.

Planos y/o croquis de referencia:

Normas: BSI (British Standards Institution) BS 6349 Code of Practice for Maritime Structures Part 4: 1994 “Code of Practice for design of fendering and mooring systems”.; CONTECON MANZANILLO Employer Requirements Volume 2, Marine Works section
2.3.8H; ASTM A148 Grade 80-90; ASTM A325;ASTM A354 (Grade B7);

Alcances: Suministro y colocación de bita de hierro dúctil, para 200 ton. de capacidad, incluye juego de anclas, tuercas, roldanas, y demás elementos de fijación y anclaje, primario, recubrimiento amershield y rotulado.

Recomendaciones de instalación:

1. Las bitas deben ser de hierro dúctil con una capacidad mínima de 200 toneladas (por bita).
2. La superficie externa de las bitas se pinta de color negro, se enumeran secuencialmente en la cara superior, también se pintan en la trabe cabezal en lado mar y en la cara hacia tierra.
3. Las bitas de hierro dúctil deberán cumplir los requerimientos con el grado 80 a 90 de la norma ASTM A148 con límite de fluencia de 348Mpa.
4. Todas las bitas tienen una placa base para facilitar la sustitución. La conexión a la estructura del muelle debe estar diseñada para asegurar la falla sin dañar la estructura del muelle.
5. Los anclajes deben ser manufacturados en base a la resistencia y otras propiedades de acuerdo con la norma ASTM A325, ASTM A354 (Grado B7), o según lo especificado por el fabricante de las bitas. Los anclajes, tuercas, arandelas y arandelas de la placa son galvanizados por inmersión en caliente.
6. Se verifica que todas las camisas o anclajes se encuentren seguros en su posición previa la colocación del concreto. Se debe verificar las dimensiones de los barrenos de los anclajes antes de verter el concreto.
7. Se puede emplear soldadura integrada a placas incrustadas y las tuercas de las barras de anclaje, asegurándose de que los pernos de anclaje no entren en conflicto con el acero de refuerzo y que se instalen en la adecuada proyección.

3.11.1 Procedimiento de instalación de bitas de amarre

1. Se debe verificar mediante control topográfico la posición final donde se ubicarán los anclajes y la nivelación de los mismos.
2. Se procede a verificar, previo al vertido del concreto, que los armados cumplan con lo especificado por el diseñador y garantizar la estabilidad de la bita de acuerdo a proyecto.
3. Se procede al colado de concreto del sistema de anclaje y fijación, el concreto que empleado será de acuerdo a las especificaciones particulares del mismo.

4. Se iza la bita mediante el empleo de una grúa, ubicándola en su posición, en su instalación se verifica su nivelación y posteriormente se procederá a dar el torque adecuado a las tuercas de los anclajes.
5. Se emplea grout auto nivelante Isoflex 880 o similar, para garantizar la integridad del conjunto y la adecuada transmisión de los esfuerzos de tensión.



Figuras 58 y 59. Colocación de bitas.

3.11.2 Alcances

1. Trazo, colocación y fijación en el sitio definitivo.
2. El suministro de la bita, los materiales de fijación y consumo menor, sus mermas y desperdicios, la mano de obra, el equipo, la herramienta y todo lo necesario para efectuar la correcta ejecución de los trabajos.
3. Las maniobras de manejo, carga, acarreo y descarga del sitio de almacenamiento al sitio de colocación, la presentación y fijación definitiva.

3.12 Rieles de grúa

El detalle del Riel para Grúa se muestra en la figura 62:

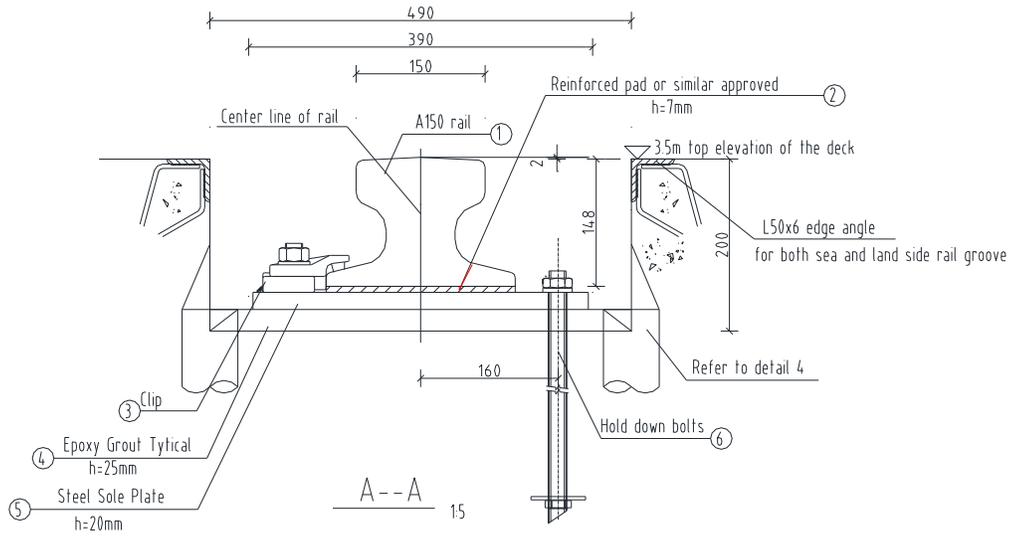


Figura 60. Detalle de Riel para Grúa

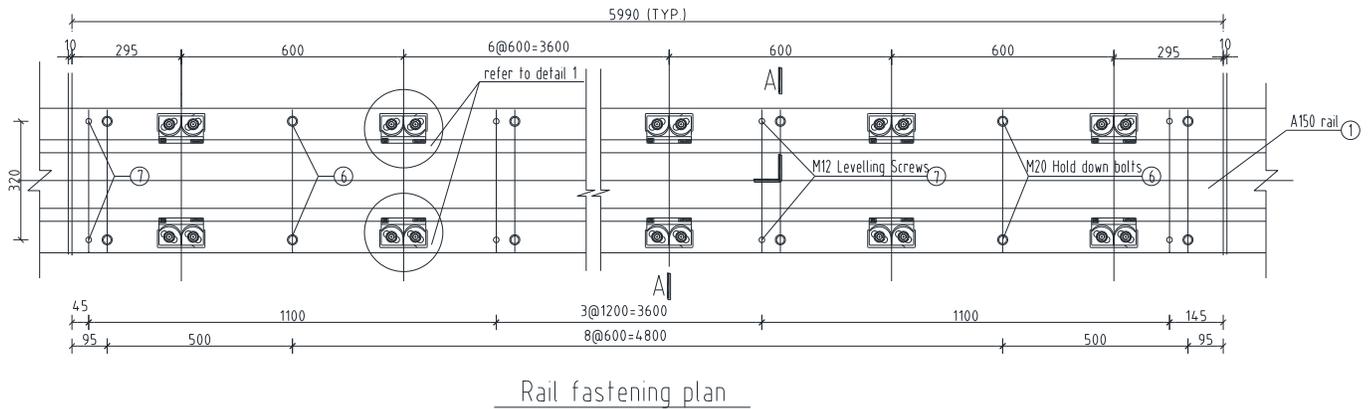


Figura 61. Plantilla para la fijación de pernos de anclaje y placa de asiento

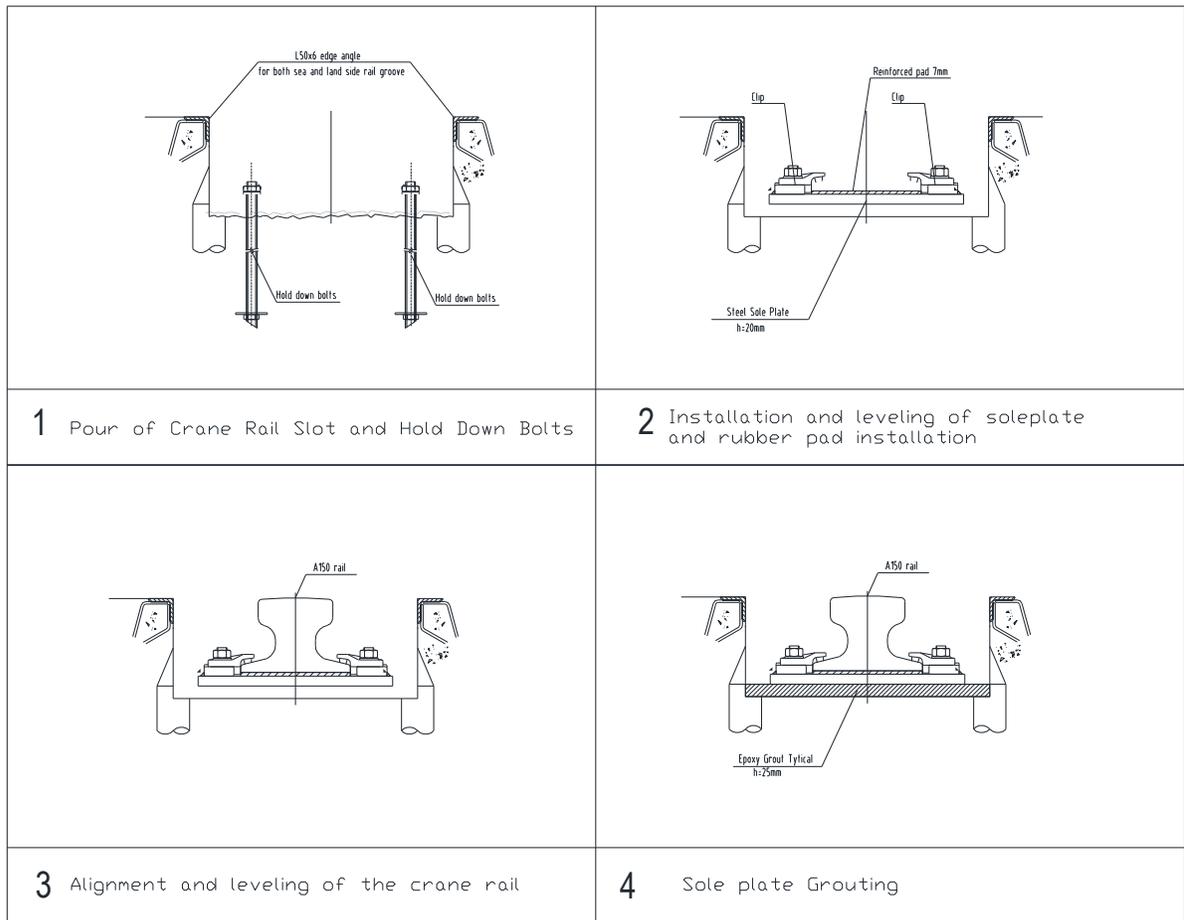


Figura 62. Secuencia de Construcción de Riel para Grúa

3.12.1 Secuencia de construcción de riel para grúa

Diagrama de Flujo para la Construcción de Riel de Grúa

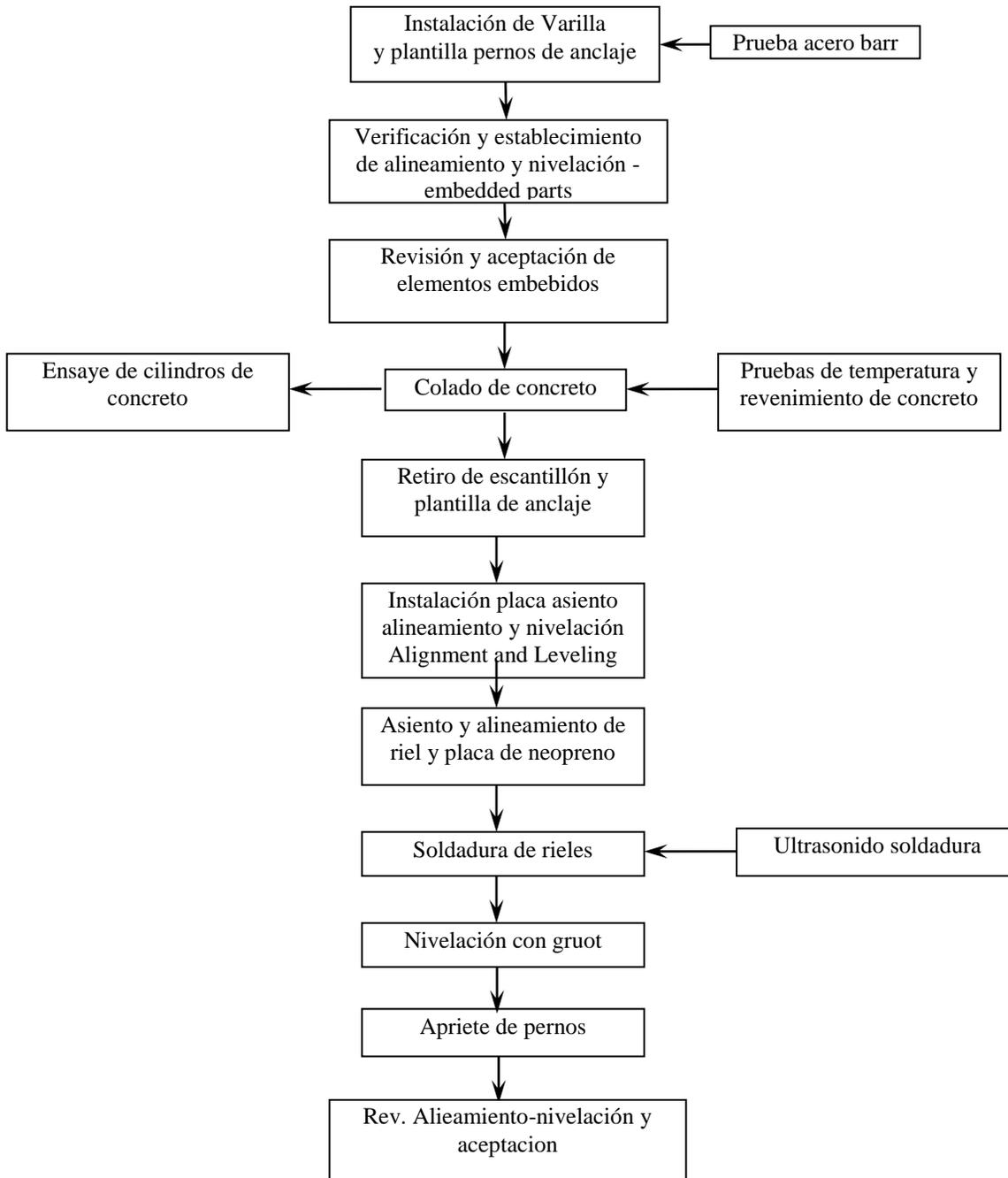


Figura 63. Diagrama de Flujo para la Construcción de Riel de Grúa

3.12.2 Procedimientos constructivos

Durante el proceso de ranurado para la fijación de pernos de anclaje del riel, se debe asegurar que la posición de la plantilla en dirección horizontal y vertical tenga una desviación $\leq 5\text{mm}$.

1. El desalineamiento de la ranura para la fijación de pernos de anclaje del riel debe cumplir los siguientes requisitos; en caso contrario regular la ranura del riel de grúa antes de verter el concreto.
2. La desviación de la posición de diseño del eje central de la ranura del riel de grúa $\leq 5\text{mm}$.
3. La desviación de la elevación superior de la ranura del riel de grúa deberá ser $\leq 5\text{mm}$.
4. La desviación del desplazamiento de los pernos de anclaje y el centro de la ranura del riel $\leq 5\text{mm}$.
5. Las anclas se deberán colocar en el nivel correcto $\pm 3\text{ mm}$ y a menos de 1 grado de la vertical.

Nota: La base del hueco deberá ser cubierta por un mínimo de 8 mm y deberá ser escarificada hasta el nivel requerido dentro de una tolerancia de $\pm 5\text{ mm}$.

3.12.3 Instalación de la Placa de Asiento del Riel de Grúa

Durante el proceso de instalación de la placa de asiento del riel de grúa, debemos asegurarnos de lo siguiente:

1. El concreto deberá ser escarificado para asegurar la adecuada adhesión de la capa de grout.
2. Las placas de asiento deberán tener un espesor mínimo de 20 mm y ser galvanizadas por inmersión en caliente.
3. Cada perno debe tener por lo menos una arandela de acero debajo de la tuerca o la cabeza del tornillo, lo que sea que se deba girar durante el apriete.
4. Cada perno deberá apretarse contra una superficie normal al eje del perno

- y las arandelas, por lo tanto, deberán estrecharse según sea necesario.
5. La longitud del perno deberá ser tal que, después de apretar firmemente, al menos un hilo completo de la rosca se proyecte sobre la cara exterior de la tuerca de seguridad.
 6. Las placas de asiento son levantadas y colocadas sobre los pernos de anclaje a lo largo del primer tramo de vía.
 7. La almohadilla resistente se coloca entre las bases de los clips. La superficie lisa deberá estar en contacto con la superficie de la placa de asiento.

Description	Tolerancia
Vertical	
Nivel Especificado	± 5 mm
Gradiente Longitudinal	Menor que 1 en 1,000
Juntas	± 0.5 mm
Horizontal	
Calibrador	± 3 mm
Alineamiento	± 3 mm over full length
Juntas	± 1 mm
Rectitud	± 3 mm in 10.0 m
Ajuste Lateral al interior del Clip de Riel	± 8 mm

Tabla 10. Tolerancia del Riel de Grúa Pórtico.

Ajuste lateral máximo después de la instalación será de ±5 mm.

3.12.4 Instalación de Riel para Grúa

Los rieles deberán ser presentados correctamente y de manera fiel al alineamiento y niveles mostrados en los planos de definición. Los rieles deberán ser presentados de tal manera que el extremo delantero de que muestra los detalles de fabricación se coloque contra el extremo posterior del riel adyacente.

Las juntas entre rieles deberán ser verticales y ortogonales al eje longitudinal de la vía.

Las juntas no deberán ser colocadas dentro de los 3.0 m de distancia de cualquier junta de expansión de la estructura de soporte y serán escalonados entre pares de

rieles tal que sólo una rueda en pares adyacentes de vagón este en una junta en cualquier momento. Los rieles deberán ser cuidadosamente asentados sobre la placa resistente de neopreno de tal manera que ésta no sea visible en ninguna de sus partes a través de la base del riel. En caso de que en algunas áreas la placa de neopreno resistente esté descentrada, será rectificadas mediante la remoción del riel, realineamiento de la placa y realineamiento del riel. El forzar la placa para ubicarla en la posición correcta usando barretas o algo parecido resultará en un daño a la placa por lo que no está permitido. El ajuste de los clips a la placa de asiento se lleva a cabo de tal manera que se evite la deformación de la placa.

3.12.5 Soldadura del riel

Los empalmes del riel deben bajarse en bloque junto a su ubicación final.

Los rieles deberán colocarse sobre soportes a una distancia aproximada de 100 y 200 mm cuadrados a cada lado de la junta a soldar.

Las juntas de los rieles se sueldan de la manera siguiente:

1. Espacio y ajuste horizontal

Para obtener el espacio correcto se posicionan los rieles con una barra especial y cortar con una sierra para riel donde sea necesario.

Antes de la soldadura, los rieles deben ser inclinados para garantizar que la junta sigue siendo plana después de enfriarse. La junta del riel no debe formar un hueco.

2. Alineamiento del Riel

Alinear la cara interna de ambos rieles.

3. Torsión

Verificar con la placa inferior, ambas inclinaciones de la base del riel. Colocar la placa inferior debajo del riel y verifique que toca correctamente corriéndola debajo de la base.

4. Instalando los moldes

Instalando el molde (placa base, conjunto de módulos laterales, montaje de abrazadera) de manera similar para todos los perfiles de riel.

- Colocar la placa base bajo la pata del riel.
- Aplicar pasta cementante cemento/arena para apoyar la placa base
- Nivelar la placa base presionando la pasta cemento/arena
- Placa inferior deberá ser presionada bajo base y estar centrada por el eje de:
 - a) La ranura
 - b) La pata del riel
- Aplicar más pasta cementante cemento/arena bajo la base y presionar firmemente. Asegurarse que la placa base no se mueve.
- Colocar la primera mitad del molde en su marco Colocar el molde de la primera mitad en su marco y posteriormente sobre la junta del riel, centrándola arriba y abajo en relación con el eje del hueco.
- Colocar la segunda mitad del molde y centrar.
- Centrar los moldes con relación al eje de la ranura y apretar la abrazadera del molde firmemente.

5. Sellado con cementante

Aplicar la pasta cementante/arena en todo el contorno del molde.

6. Bandeja de Escoria

Charolas de molde se proporcionan para recoger el material sobrante.

7. Pre calentamiento

El pre calentamiento se lleva a cabo con un quemador de oxígeno/gas propano.

- La punta de la boquilla se deberá colocar a 80mm por encima de la superficie.
- Centrar la boquilla en la cámara del molde:
 - a) en relación al eje de la ranura

b) en relación al eje del riel

El quemador es alimentado con propano y oxígeno. En condiciones de baja temperatura, dos cilindros de propano se recomiendan mantener a una presión constante.

8. Encendido del soplete

- Progresivamente, abrir el grifo de oxígeno luego el de propano
- Colocar el soplete bajo el precalentador para encender la mezcla
- Abrir progresivamente los grifos de propano y oxígeno hasta que el quemador funcione de manera estable.
- Ajustar el flujo para obtener una correcta carburación, una luz brillante de color azul de aproximadamente 20 - 30cm aparecerá desde las salidas.

9. Precalentamiento de las charolas de escoria

10. Colocar el soplete dentro del molde

- Precalentar la placa base 2 minutos para obtener sólo caliente (no incluido en el tiempo de precalentamiento)
- Después de dos minutos abrir progresivamente los grifos de propano y oxígeno, hasta que el grifo de oxígeno está completamente abierto. Ajustar el flujo en el grifo de propano para obtener la carburación correcta, una llama amarilla de aproximadamente 20 - 40 cm aparecerán de las salidas de los moldes. Debe evitarse un ruido burbujeante de la llama.
- Ahora comienza el tiempo de precalentamiento. Se fijara de acuerdo al perfil.
- Precalentar el desviador en la salida de la flama.

El precalentamiento se completara cuando el tiempo del sistema haya transcurrido.

11. Crisol de un uso

No se requiere preparación para el crisol:

- El crisol se carga con la porción de soldadura y está listo para usarse
- Se recomienda retirar cualquier elemento contaminante o sustancia que contamine la bolsa
- Revisar el crisol para detectar cualquier daño
- Proteger el crisol de la lluvia o humedad una vez retirada la bolsa.

12. Fundición

Es importante que se utilice solamente la carga soldadura contenida en el crisol. Nunca mezclar el contenido de dos diferentes crisoles. Nunca utilizar un crisol que esté dañado o incompleto. No se debe agregar nada.

Una vez completado el precalentamiento, Colocar el tapón y embalar ligeramente, a fin de prevenir el aumento bajo la presión ferrostática del metal en fusión.

- Colocar el crisol sobre los moldes. Deberá centrarse correctamente en el molde y el eje del riel.
- Encender el iniciador en la flama del precalentador.
- Sumergir el iniciador en el crisol a través de la perforación central en la parte superior.

La reacción se desarrolla en unos segundos y el vertimiento se efectúa automáticamente al final. El exceso de corindón, resultante de la reacción aluminotérmica, se deposita en las charolas de escoria.

Retirar las charolas de escoria y después de la solidificación el crisol y el resto del equipo podrá ser retirado.

13. Desmoldado

- Cortar la parte superior de los moldes con el cincel para corte caliente y comprobar que el acero se ha fijado.
- Inclinar las partes rotas

* Precaución No desmoldar si el acero aún no se ha fijado.

14. Corte

Iniciar la operación de corte después de desmoldar por:

- Superficie de rodamiento
- Hongo del riel
- Extremos del riel

Dos posibilidades:

- Cortadora hidráulica con cuchillas planas
- Corte con cincel

15. Esmerilado

Esmerilado de asperezas:

- Ningún exceso del metal con un espesor superior a 0,5 mm. Debe permanecer en la parte superior de la cabeza de carril o en la superficie

lateral adyacente a la superficie de rodamiento.

- Acabado pulido:
- Acabado pulido pretende deshacerse de cualquier discontinuidad geométrica debido a la soldadura. Esto debe llevarse a cabo después de concluida la soldadura.

16. Alineamiento final

Revisar la rectitud de la soldadura en su posición final y de ser necesario pulir nuevamente cuando la soldadura tenga temperatura ambiente.

17. Fijación del riel:

Fijar los clips de las tapas como sigue:

- Insertar los pernos de sujeción en la base, Gire hacia la derecha hasta que quede en posición.
- Colocar el cuerpo del clip sobre los pernos con la nariz de neopreno en la cara superior del ala inferior del riel.
- Mover la tapa del clip en contacto metal a metal con la parte inferior del riel.
- Colocar la arandela endurecida especial sobre los pernos.
- Girar las tuerca/tuercas hacia abajo y apriete hasta que se comprima el caucho hasta que la superficie inferior de la cabeza del clip este en pleno contacto con la base.
- Usando un martillo de aproximadamente, golpear la tapa del clip en hacia lo largo del riel en dirección de las ranuras.

18. Base de Grout

Una estación total o teodolito se usa para alinear la rectitud del riel, con las tolerancias según las condiciones del contrato.

El hongo del riel se coloca en su nivel preciso final y será revisado por el la supervisión y el contratista. Esto se logra usando los tornillos de nivelación sobre las placas base.

19. Superficies de concreto

Las superficies de concreto serán dimensionalmente estables, libres de aceite, grasa, lechada y otros contaminantes. Desbastar mecánicamente la superficie, para obtener concreto limpio, sano por medios mecánicos aceptables, hasta exponer el agregado grueso.

Antes de la colocación, las superficies de concreto estarán visiblemente secas.

20. Superficies metálicas

Donde se requiera adherirse a las superficies de metal, la superficie deberá ser limpia, libre de aceite, grasa, óxido y otros contaminantes.

21. Cimbrado

Los encofrados deberán ser contruidos con materiales no absorbentes rígidos, bien anclados, calafateados, estancos y lo suficientemente fuertes para resistir las fuerzas desarrolladas durante la colocación del grout. Se deberán colocar chaflanes en las aristas interiores antes de verter el grout.

La cimbra deberá ser construida para que la lechada se coloque a través de la distancia más corta posible. La separación entre Encofrados y placa base será suficiente para permitir la caja principal. La separación para los lados restantes será de 25 a 75 mm.



Figuras 64 y 65. Colocación de Grout para relleno y anclaje de riel.

3.12.6 Trabajos de concreto de la ranura del Riel de Grúa

1. Transporte y montaje de barras de refuerzo

- a. Cortar y doblar la varilla de acuerdo con ACI 315.
- b. La fijación de la varilla de refuerzo deberá cumplir con los planos de proyecto.

La varilla deberá fabricarse en productos semielaborados en el taller de procesamiento de refuerzo y será transportada a la obra por medio de trailer, entonces será entregada a la cubierta por barcaza-grúa y deberá montarse en la losa de cubierta. Se deben prevenir doblajes y deformación de las Barras de refuerzo durante el proceso de transporte.

Previamente a la transportación y almacenaje de las varillas de acero de diferentes grados, estas deberán ser marcadas para distinguirse entre ellas.

2. Instalación de la cimbra

En el encofrado lateral se debe utilizar madera contrachapada 18 mm de espesor.

El encofrado lateral deberá reforzarse.

3. Vaciado del concreto

Extraer del interior del encofrado todos los contaminantes, virutas de desperdicios, virutas, etc. y rociar agua sobre la superficie de encofrado para mantener húmedas antes de colocar el concreto

La ranura del riel de grúa por ambos lados será llenada con concreto en secciones de 60 m de ancho aproximadamente a lo largo del módulo en un solo colado.

El concreto deberá ser mezclado en planta y se cargará por camión revolvedora, se colocará dentro de la cimbra usando bomba de concreto. El vibrado del concreto se efectuará mediante el uso de vibrador de inmersión. La superficie del concreto tendrá un acabado cepillado. Todos los bordes expuestos tendrán chaflanes de 20 mm.

Los defectos superficiales (en su caso) se reparan dentro de las 24 horas posteriores al retiro de la cimbra.

4. Curado del concreto

Para cualquier elemento de concreto colado en sitio las medidas a tomar durante el curado serán: la aplicación de curacreto líquido cubriendo toda la superficie expuesta y mantener húmedo constantemente el concreto.

5. Retiro de la cimbra

El retiro de la cimbra se realiza de acuerdo al estándar de especificación.

6. Secuencia y programación

De acuerdo a las condiciones del sitio, características del proyecto y requerimientos del programa, la secuencia de colado será la siguiente: Bahía 1#→ Bahía 2#→ Bahía 3#.....→ Bahía 12#.

3.12.7 Procedimientos de control de calidad

Trabajos de concreto

1. El cimbrado de la ranura del riel de grúa, partes embebidas, barrenos y plantilla de pernos de anclaje y algunas otras partes serán controladas mediante estación total y nivel. Un reporte de inspección se realizara previo al colado.
2. Los trabajos de corte y doblado del refuerzo serán de acuerdo con ACI315. El recubrimiento del refuerzo, colocación, calidad del acero y corrosión del acero y embebidos, posición y tipo, serán de acuerdo con la especificación y los planos de diseño.
3. La superficie interior de la cimbra deberá ser adecuadamente limpiada y humedecida con agua potable justo antes del colado de concreto.
4. El equipo en general, equipo de fundición, preparación en contra de lluvia, deberá estar listo antes del colado.
5. Previamente al colado se debe revisar el que el tipo de concreto sea correcto, realizar las pruebas preliminares standard (revenimiento, temperatura), el muestreo se realizara de acuerdo al ACI 318 y por personal de laboratorio calificado.

Control de Calidad de Pruebas de Soldadura

1. Todas las soldaduras deberán ser probadas.
2. Las pruebas de soldadura deberan ser por examen de ultrasonido. El contratista notificara de manera previa y oportuna a la supervisión del inicio de las pruebas.
3. Todos los operadores del equipo de ultrasonido deberán ser altamente calificados, y el 10 % de las soldaduras se examinaran desde ángulos suficientes para garantizar el total llenado de las juntas.
4. Durante la examinación se elaborara un reporte de pruebas para cada junta soldada o reparada examinada, Además de un croquis de todos los tamaños del defecto y ubicación y nivel dB para cada defecto requerido. El reporte incluirá conclusiones así como su aceptación o rechazo.
5. El contratista deberá hacer una evaluación inicial de defectos según criterios de aceptación.
6. Todos los reportes de ultrasonido incluirán recomendaciones.
7. Cuando en las interpretaciones positivas no pueda determinarse acertadamente en ningún caso el tipo de defecto, se considerará que la

soldadura es defectuosa se rechazara y se requerirá eliminarla y realizarla nuevamente.

3.12.8 Procedimientos de seguridad en los trabajos

1. Todos los estatutos y otras reglas de seguridad se deberán cumplir.
 Un supervisor se asegurará de que las embarcaciones estén ancladas de manera segura y que las boyas de anclaje cuenten con luces de seguridad.
2. Tanto el montador como el banderero deberán estar presentes durante las operaciones de elevación. Un supervisor de maniobras de elevación se asegurará que no haya trabajadores que permanezcan debajo o cerca una carga suspendida.
3. Todos los trabajadores usarán equipo de seguridad apropiado, se asegurará el uso de ropa de protección y guantes.
4. Las motosierras deberán contar con capuchón de protección.
5. Un supervisor se asegurará de que la cimbra tenga apuntalamiento y andamiaje suficientes para soporte de la estructura.
6. Proveer acceso adecuado y plataforma de trabajo, proveer línea de vida y arneses de seguridad. Debe montarse un barandal de seguridad si se requiere.

3.13 Aterrizaje de rieles de grúa

Este procedimiento establece la metodología propuesta para la construcción de los aterrizajes en los rieles de las grúas Puente que operarán sobre el muelle de la terminal de contenedores, siguiendo la normatividad de calidad y seguridad aplicada en todos los materiales y labores ejecutadas.

Se aplicarán en este Procedimiento metodologías específicas de calidad y seguridad y serán objeto de revisiones periódicas durante su ejecución. Se harán las observaciones respectivas, cuando haya cambios, teniendo cuidado de que

todas las etapas cumplan con los requisitos especificados para cada actividad; y se garantizará el adecuado desempeño para mantener la seguridad de la estructura y el personal involucrado en el proceso.

El sistema de aterrizaje del muelle abarca los trabajos necesarios para aterrizar el

riel de 714 m de largo para la grúa, incluyendo la soldadura entre el acero y la varilla de tierra plana embebida en el concreto (Tipo A)* o la soldadura entre el alambre de cobre y la varilla de acero embebida en concreto (Tipo B)*, la conexión de la terminal de compresión del conductor de cobre y la soldadura entre pin y e riel.

NOTA: * El tipo de aterrizaje a usar (A o B) puede decidirse en sitio.

Diagrama de flujo de los trabajos de aterrizaje de riel

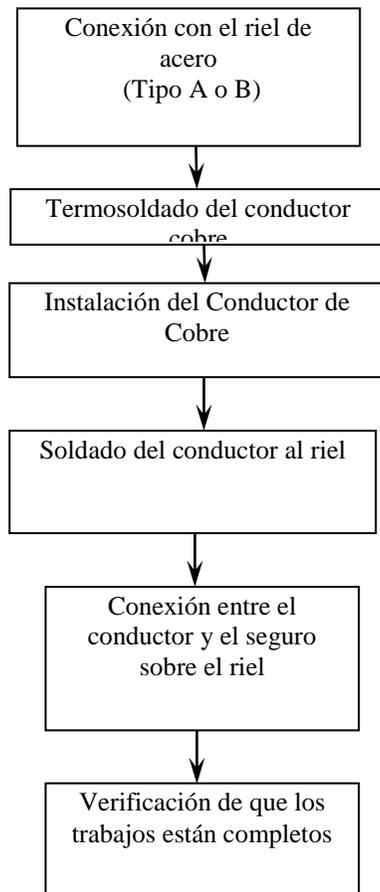


Figura 66. Diagrama de flujo del aterrizaje del riel

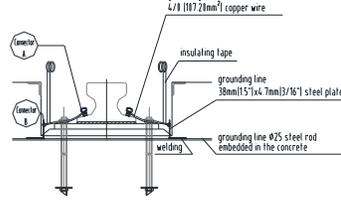
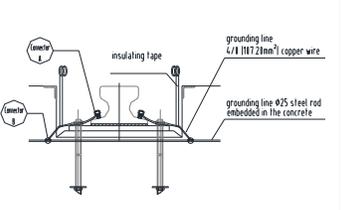
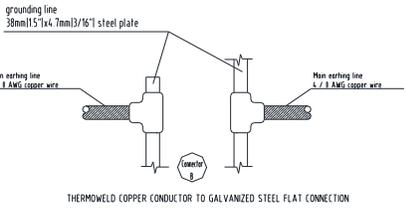
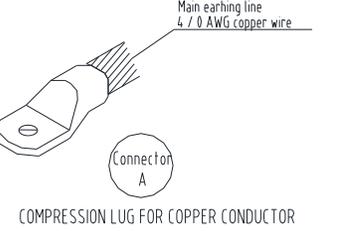
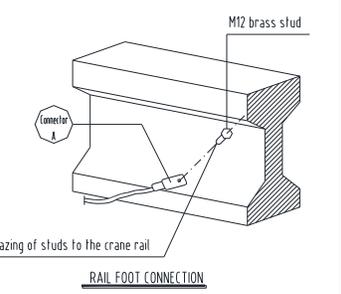
 <p>Type A of grounding connection with steel rail 110</p>	 <p>Type B of grounding connection with steel rail 110</p>	 <p>THERMOWELDED COPPER CONDUCTOR TO GALVANIZED STEEL FLAT CONNECTION</p>
<p>1a. Soldadura entre la solera de hierro y la varilla de acero embebida en concreto (Tipo A)</p>	<p>1b. Soldadura entre el cable de cobre y la varilla embebida en el concreto. (Tipo B)</p>	<p>2. Detalle del termosoldado del conductor de cobre.</p>
 <p>COMPRESSION LUG FOR COPPER CONDUCTOR</p>	 <p>RAIL FOOT CONNECTION</p>	
<p>3. Conector para conductor de cobre.</p>	<p>4. Conexión con el riel.</p>	

Figura 67. Detalle de la conexión de tierra del riel.

NOTA: * El tipo de aterrizaje a usar (A o B) puede decidirse en sitio.

3.13.1 Definición y características

1. Termosoldadura de cobre

El proceso de conexión es un método simple y eficiente para soldar cobre con cobre o cobre al acero. Una ventaja es que no se requiere energía externa cuando se utiliza el proceso exotérmico. El proceso utiliza la alta temperatura de la reacción del óxido de cobre en polvo con el aluminio. La reacción tiene lugar en un molde semi-permanente de grafito. Estos moldes deben durar para aproximadamente cincuenta o más soldaduras si se cuida bien. La reacción tiene lugar muy rápidamente, por lo tanto, la cantidad total de calor aplicado a los conductores o superficies es considerablemente menor que la aplicada con soldadura fuerte o soldadura blanda.

La conexión es una soldadura molecular. La soldadura tiene el mismo punto de fusión que el cobre. Este factor, junto con la mayor área de sección transversal de la conexión y la siguiente aseguran:

- Las conexiones no se ven afectadas por un aumento de alta corriente. Las pruebas han demostrado que el conductor eléctrico se fundirá antes de la conexión, cuando se somete a alta corriente de cortocircuito.
- Las conexiones no se aflojarán ni habrá corrosión en el punto de soldadura. No hay superficies de contacto o presiones mecánicas implicadas.
- Las conexiones tienen la capacidad de conducción de corriente igual o mayor que la de los conductores.
- La inspección de los trabajos de soldadura:
 - La junta de soldadura será brillante en la superficie e incluso en el filete.
 - No habrá exceso de calor en la junta de traslape, no habrá oxidación considerable en la superficie, la junta de soldadura no será áspera, etc.
 - No habrá inclusión, grietas y huecos en la junta de soldadura.

2. Soldadura autógena de pasador

Se utilizan varios campos de aplicación de soldadura fuerte de pasador para garantizar una conexión eléctrica segura en diferentes tipos de metal.

El proceso de soldadura de pasador es ideal para muchas aplicaciones, incluyendo el enlace de continuidad entre las tuberías que conectan los cables de medición y prueba, así como la instalación de ánodos de sacrificio y postas de prueba.

3. Conexión Rápida y Fácil

La soldadura de pasador ofrece una conexión segura y duradera con la soldadura automatizada tomando sólo de 1.5 a 2 segundos. La soldadura fuerte de pasador es fácil de usar en el sitio, así como en el taller. El sistema de soldadura de pasador tiene la capacidad de usar un generador de soldadura como fuente de energía en situaciones en las que una gran cantidad de conexiones deben hacerse en un solo lugar, como patios de revestimientos de tuberías, tendido barcazas, etc.

4. Beneficios

- **Velocidad de Conexión:** Rápido y fácil.
- **Baja Temperatura:** Tanto el bajo punto de fusión de la soldadura (hasta 650 °) y el corto tiempo de soldadura fuerte reducen los efectos térmicos en el metal a un mínimo.
- **Todo Clima:** El viento, la lluvia y el frío no impiden que el operador trabaje de forma segura y eficaz. Las condiciones húmedas no suponen ningún problema.
- **Fácil de usar:** Los operadores pueden ser entrenados en menos de una hora para mantener eficazmente y utilizar el equipo.
- **Versátil:** La naturaleza portátil del equipo significa que las conexiones se pueden hacer en casi cualquier ubicación por encima o por debajo del suelo.

3.13.2 Procedimiento constructivo

1. Limpieza

Antes de soldar, debe limpiarse la suciedad grasienta y rebaba que queda en la superficie de la solera plana de hierro galvanizado con el fin de mantener limpio y seco el extremo de la solera la cara de soldadura. Además, el óxido de cobre y aluminio en polvo también se mantendrá en condiciones limpias y secas.

2. Soldadura entre la solera de hierro y el cable de cobre

La Soldadura entre el alambre de cobre y la solera de acero se lleva a cabo por medio de la Termo soldadura de cobre, mostrada en la figura 69.

		
<p>1) Se colocan los conductores limpios en el molde seco que se ha precalentado o usado para hacer una junta de prueba.</p>	<p>2) Coloque el disco de metal en el fondo del molde.</p>	<p>3) Deposite la pólvora dentro del molde, teniendo cuidado de no regarlo.</p>
		
<p>4) Cierre el molde, agregue un poco de pólvora en la parte de encendido.</p>	<p>5) Prenda la pólvora de la parte de encendido.</p>	

Figura 68. Termosoldado de cobre

3. Conector para el conductor de cobre

- Seleccione el juego de tubos apropiados para el cable 4/0.
- Inserte el enchufe, ponga el cable en la cabeza, y luego inserte el enchufe superior para cable entre los dos sockets.
- Bombee la manija hasta llegar a la presión máxima, a continuación, gire el tornillo para liberar la presión manualmente. El pistón se retraerá y podrá sacar el cable.

4. Soldando el perno y el riel

- Ubicación y conexiones

Marque la posición deseada en el riel. No use marcadores de aceite como esmalte en spray, porque contaminará la unión.

- Preparación de la superficie
 - Es necesario desengrasar el área del perno y zonas adyacentes del aterrizaje antes de lijar.
 - Limpie y lije el área del riel de acero donde ejecutará la soldadura.
 - Deje una superficie brillante al lijar. Remueva todos los sobrantes y marcas.
 - Para prevenir futura oxidación del acero, deberá fijarse no más de cinco minutos después de lijar.
- Perno
 - Fije el accesorio de plomo para aterrizar en la superficie limpia.
 - Inserte el perno M12 x 34 mm y la férula.
 - Ajuste la pistola especial.
 - Ubique el perno en la posición requerida sobre el acero.
 - Aplique una presión sostenida en la pistola hasta que exista un contacto completo entre la férula y el material (o la superficie de acero cuando use pernos roscados).
 - Sujete firmemente la pistola y cierre el circuito jalando del gatillo. Evite mirar la flama.
 - Mantenga el gatillo oprimido hasta que se complete la soldadura.
 - Aproximadamente a los dos segundos el cable fusible se romperá y la soldadura estará completa.
 - En caso de que el cable fusible no se rompa en el tiempo esperado, Retire la pistola del área de trabajo manteniendo el gatillo oprimido.

- Cuando se haya roto el fusible, mantenga la pistola en su posición para por tres segundos para que se solidifique la soldadura.
- Remueva la pistola jalándola en la misma dirección en que se encuentra el perno.
- Si la férula permanece en la herramienta rómpala. Tenga cuidado de no tocar la férula caliente.
- Sostenga la pistola en posición vertical, y presiones el botón de expulsión para sacar el remanente del cable fusible. Detenga el cable con la mano para asegurarse que lo ha retirado.

3.13.3 Seguridad y salud

1. General

El equipo de seguridad mínimo para estos trabajos es el siguiente:

- Casco de seguridad
- Tapones para oídos/ orejeras
- Calzado de seguridad
- Protección ocular (lentes)
- Guantes y overol
- Y cualquier otro equipo requerido por el operador en sitio

2. Riesgos específicos

Lijado

- Hay riesgo con el metal desprendido o las partículas generadas. Observe las precauciones necesarias. Use lentes y guantes.
- Soldadura del perno
- 3. Durante la operación de soldadura del perno, se genera calor y puede expulsar metal fundido. Asegúrese de sostener firmemente la pistol en la posición correcta para minimizar cualquier derrame. Use protección ocular adecuada, guantes y overol.
- Flama de la Soldadura
- Evite mirar la flama durante la operación de soldadura. Se recomienda que el operador mire para otro lado cuando la flama aparezca.

3.14 Suministro de roca para núcleo y coraza

Normas: SCT OBRAS DE PROTECCION: Enrocamientos N-CTR-PUE-1-02-001/06, Bermas N-CTR-PUE-1-02-002-06; Filtros N-CTR-PUE-1-02-006-07; N-CTR-PUE-1-02-007/06–Geotextiles; BS 6349-2: 1988 Code of practice for Maritime structures Part1: Code of practice for general criteria Section 57; CONTECON MANZANILLO Employer Requirements Volume 2, Marine Works section 2.2.3 Materials; US Army Corps of Engineers Shore Protection Manual; CIRIA / CUR “The Rock Manual- The Use of Rock in Hydraulic Engineering” 2007.

Especificaciones: Suministro, traslado al sitio de la obra de roca natural para núcleo de 10 a 100 kilos, y coraza de 100 a 300 kilogramos para la formación del dique de muelle.

3.14.1 Características y pruebas de la calidad de la roca

El suministro, extracción, acopio, acarreo, selección, carga, regalías de banco, derechos de paso, pesaje, accesos, obras auxiliares, acondicionamiento y conservación de caminos localizados fuera de carretera, trabajos necesarios para el ingreso y retiro de los equipos de construcción y colocación de piedra natural para núcleo de 10 a 100 kilos, y coraza de 100 a 300 kilogramos para la formación del dique de muelle. A cotas y trazos de proyecto, con densidad mínima de 2,650kg/m³, con aristas angulosas, sin foliados y sana sin fracturas o fisuramientos.

Debe incluir permisos de banco de materiales autorizado, pruebas de laboratorio, regalías de banco, derechos de paso, explotación, extracción, acopio, selección, carga, acarreo, pesaje, mantenimiento de caminos de acceso, obras auxiliares y retiro de las mismas al término de los trabajos, acondicionamiento y conservación de caminos localizados fuera de carretera, trabajos necesarios para el ingreso y retiro de los equipos de construcción y colocación de roca.

La piedra natural se ha utilizado tradicionalmente en la construcción de obras de protección en obras marítimas tales como espigones, protecciones marginales, filtros (núcleo) y coraza. La piedra para las obras de protección debe ser dura con una buena durabilidad. Debe estar libre de láminas y planos de debilidad y debe ser de tal naturaleza ser resistente a la desintegración o la erosión de la acción del aire, agua, procesos de mojado y secado, y al impacto debido a la acción de las olas. Debe ser capaz de ser manipulado y colocado sin fractura indebida o daños por almeja o el empleo de gánguiles.

Las piezas individuales se debe prismoidal en la forma y la dimensión más larga no debe exceder de 2.5 veces su dimensión mínima. Al considerar fuentes alternativas para una adecuada piedra, la primera opción debería ser las rocas ígneas que suelen ser las más duraderas. Las rocas sedimentarias y metamórficas requieren más cuidado en la selección, pero las mejores fuentes pueden ser examinadas para analizar si cumple con los requerimientos del proyecto, en este caso se deberá consultar con un ingeniero geólogo.

La roca será angulosa y con aristas, no se aceptarán boleos. En ningún caso se aceptarán piedras sedimentarias (por ejemplo tipo calcárea ni areniscas). Las rocas ígneas que se aceptan serán granito, granodiorita (intrusiva), basaltos, riolita y andesitas (tipo extrusivas) para la coraza y el núcleo.

Adicionalmente se hace hincapié en las siguientes condiciones de aceptabilidad por origen; la roca deberá ser granito, granodioritas, andesita, diorita o riolita, encontradas en la región, no se aceptará roca sedimentaria como calizas, areniscas, ó lutitas. Se aceptará roca de carácter metamórfico como HORNFELS, incluyendo los conglomerados altamente silicificados existentes en la región, dado que estas pueden presentar oposición a la disolución y erosión. Definiéndose como altamente silicificados cuando su contenido de sílice sea mayor o igual al 65%. Serán motivo de rechazo rocas ígneas que tengan un alto grado de intemperismo. La dureza de piedra deberá ser mayor a 6 de acuerdo a la escala de dureza de Mohs.

3.14.2 Requerimientos de la roca

En la determinación de la calidad de la roca disponible para su uso en estructuras de protección, se deberá realizar la evaluación consistente en una serie de métodos de prueba. Las pruebas que se muestran a continuación están destinadas para la piedra de la coraza principal y las normas especifican los siguientes valores límite. Las normas británicas permiten la reducción de los límites para elementos de filtro o núcleo, de acuerdo a la norma BS 812.y las especificaciones del proyecto:

Prueba	Requerimiento
Absorción (ASTM C 127)	No más de 2.0%
Abrasión, 500 revoluciones (ASTM C535)	No más de 30.0% de pérdida
Perdida Magnesio Sulfato (ASTM C535)	No más de 15.0% de pérdida
Examen Petrográfico	Ausencia de debilidades o materiales que puedan resultar en una alteración de la roca y reducir La
	durabilidad
Degradación (ASTM D3744)	Índice no mayor que 35.

Tabla 11. Especificaciones y características de la roca según el proyecto.

La roca tendrá una unidad de masa no menor de 2650 kg/m³, la gravedad específica (saturada y superficialmente seca) no será inferior a 2.65. Cada tipo de roca se clasificará entre los límites especificados, la dimensión más larga de cualquier pieza no deberá exceder de 2.5 veces su dimensión más pequeña.

Para piedras de coraza y de núcleo el tamaño nominal se define como:

$$D (mm) = 1000 * \left(\frac{W (kg)}{2.650 \frac{kg}{m^3}} \right)^{1/3}$$

Dónde: W es la masa en kilogramos (kg) y D es el tamaño máximo nominal en milímetros (mm).

Por lo menos 14 días antes del inicio de los trabajos de la protección marginal mediante enrocamiento, se deberá realizar la verificación de los resultados de

los análisis y pruebas de clasificación para cada material propuesto para su uso.

Se deberá efectuar una investigación de los bancos de la región, verificando que éstos cumplan con las características de los materiales solicitados en la presente especificación, asimismo, deberá comprobar que éstos cuenten con los permisos emitidos por la autoridad competente. El banco deberá contar con todos los estudios de impacto ambiental y los Permisos ecológicos, correspondientes emitidos por SEMARNAT, CNA, Gobierno del Estado, Etc.

La explotación del banco, incluye: todos los tramites, trabajos y regalías para lograr la extracción de la roca, preparación del banco, barrenación, explosivos, accesorios, poblado, tronado, amacice, despate, moneo, limpieza y retiro de los desperdicios. El uso de explosivos deberá estar en conformidad con la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos y su Reglamento, de la Secretaría de la Defensa Nacional.

El Acarreo de la Piedra deberá tomar en cuenta para el suministro, el Reglamento sobre el Peso, Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Auto Transporte que Transitan por los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal (NOM-012-SCT-2-1995) y su modificación publicada en el diario oficial de la federación 19 octubre de 2000.

Acarreo de piedra para capa de coraza y núcleo, desde el banco de piedra, hasta el sitio de su disposición final de acuerdo a cotas y trazos de colocación. El acceso exclusivo a la obra, será a través de la vialidad principal “pez vela”-“fondeport”, debiendo accesar al recinto portuario por la calle lateral a Fondeport.

Los vehículos en los que se transporte la piedra serán aprobados y pesados para determinar su tara previamente por un representante de la Contratista y la Supervisión.

Los convenios que establezca el contratista para los acarreos de los materiales, serán bajo su exclusiva responsabilidad, para efecto de los ajustes de costos que pudieran presentarse durante la ejecución de los trabajos.

La roca se colocará con redes para piedra, garfios, tenazas o cualquier otro dispositivo para su finalidad; debiendo considerar todos los imprevistos, o trabajos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos. Se deberá considerar los equipos con la capacidad necesaria para ejecutar los trabajos en forma adecuada para la formación de la berma, el núcleo, coraza del dique y el dentellón anti socavación.

La unidad de medición es la tonelada aceptándose como máximo un 5% de contenido de finos. El pesaje deberá ser avalado mediante el ticket expedido por una báscula.

La báscula se instalará dentro del proyecto, la cual contará con su certificación y calibración.

3.14.3 Alcance global

1. Suministro de la piedra que incluye: análisis de laboratorio, trámite de permisos para uso de explosivos, licencias, permisos para la explotación del banco (SERMANAT, CNA, SEDENA, Gobierno del Estado, Etc.), mantenimiento de los caminos de acceso, regalías, adecuación y calibración.
2. Extracción, Clasificación, carga, acarreo, pesaje, descarga y traspaleo de la piedra, así como, su colocación de acuerdo a trazo y niveles de proyecto.
3. Trabajos de topografía necesarios durante la ejecución del concepto de trabajo.
4. Maquinaria suficiente en banco y en obra, mano de obra, herramienta, equipo topográfico y todo lo que corresponda para la correcta ejecución del concepto de trabajo.
5. Obras auxiliares de acceso y maniobras para la realización de los trabajos y retiro de las mismas al término de estos.
6. Acarreo de roca de piedra para núcleo de 10 a 100 kilos, coraza del dique de 100 a 300 Kilos., con densidad de 2,650kg/m³, incluye carga al camión con el equipo adecuado.
7. Tiempo perdido de los vehículos de transporte y equipos de carga, descarga y colocación.
8. Limpieza del camino, desde el banco de material hasta el sitio de la obra.
9. Coeficiente de vacíos.
10. Señalamientos, obras de desvío y auxiliares.
11. Agua para riego de las áreas de circulación en terracerías.
12. Consumibles y maniobras.
13. Limpieza en las áreas de trabajo.
14. Capa de rodamiento y retorno con piedra producto de rezaga, para el tránsito de la grúa.
15. Colocación a líneas y niveles de proyecto de la roca, mediante grúa con garfios, tenazas o redes para piedras, o cualquier otro dispositivo autorizado.
16. Las diferentes condiciones de clima marítimo durante el emplazamiento de la piedra deberán ser tomadas en cuenta por el contratista.

17. Trabajos necesarios para el ingreso y retiro de los equipos de construcción al sitio de la obra.
18. Equipo, herramienta, materiales, mano de obra y todo lo que corresponda para la correcta ejecución del concepto de trabajo.

3.15 Revestimiento de talud

Descripción: Colocación de roca de 10 a 100 kg en capa núcleo y de 100 a 300 kg en capa coraza para revestimiento de talud y construcción del dique de retención del muelle.

Normas: SCT OBRAS DE PROTECCION: Enrocamientos N-CTR-PUE-1-02-001/06, Bermas N-CTR-PUE-1-02-002-06; Filtros N-CTR-PUE-1-02-006-07; BS 6349-2: 1988 Code of practice for Maritime structures Part1: Code of practice for general criteria Section 57.

Alcances: Suministro y Colocación de roca de 10 a 100 kg en capa núcleo y de 100 a 300 kg en capa coraza para construcción del revestimiento de talud y construcción del dique de retención del muelle.

La estructura del enrocamiento se describe a continuación, la figura es ilustrativa, los niveles y dimensiones deberán ser tomados de los planos de referencia:

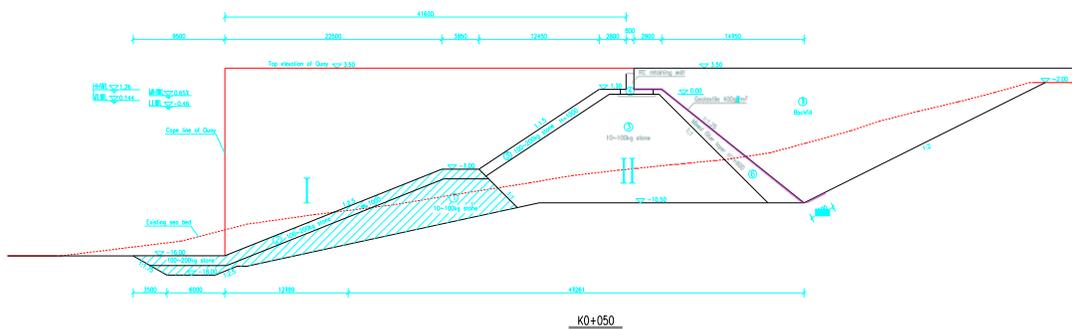


Figura 69. Dimensiones del dique

El ancho de corona del dique es de aproximadamente 6.5m; el nivel superior es de 1.3m considerando el nivel del agua durante la construcción. La altura del dique es de 11.8m a 15.6m dependiendo del nivel del fondo marino después del dragado. El talud exterior tiene una inclinación de 1:1.5 a 1:2.5; y el talud interior tiene una inclinación de 1:1 to 1:1.25.

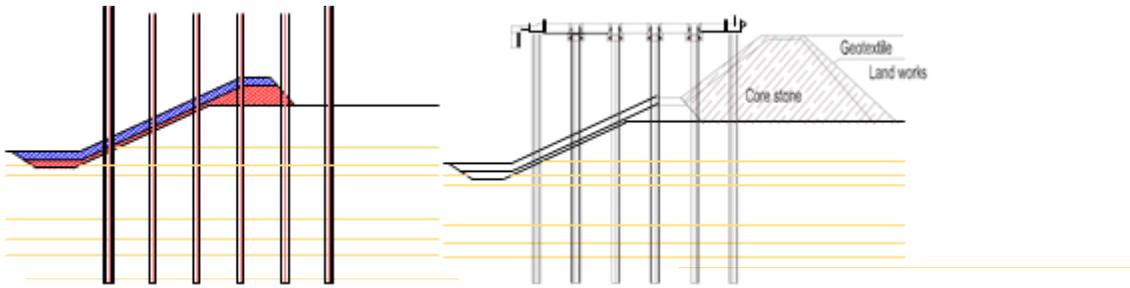


Figura 70. Esquema de Protección Riprap de Pendiente y Núcleo de Piedra capa filtrante y geotextil

Explicación: El revestimiento del talud será realizado después del hincado de pilas y antes de la colocación de las losas prefabricadas.

3.15.1 Requerimientos para la roca

Todo el material rocoso deberá ser piedra producto de la explotación de banco, densa, angular, de superficie rugosa, dureza, durabilidad, libre de materia orgánica, sin juntas o costuras u otros defectos, resistente al rompimiento por manipulación o por los cambios de clima, y que no sea sujeta de deterioro por el agua de mar, deberá cumplir satisfactoriamente las siguientes pruebas:

Absorción (ASTM C127)	No mas del 2.0%.
Abrasion, 500 Revoluciones (ASTM C535)	No mas del 30.0% de perdida.
Resistencia a los sulfatos de magnesio, 5 Cycles (ASTM C88)	No mas del 15.0% de perdida.
Examen petrográfico	Ausencia de defectos o materiales que pudieran resultar en una significativa alteración y reducción de la durabilidad de la piedra.

Tabla 12. Requerimientos para la roca.

La roca deberá tener una masa unitaria no menor de 2,650kg/m³, i.e., una densidad (saturada y superficialmente seca) no menor de 2.65.

Cada tipo de roca deberá estar graduada entre los limites especificados, la dimensión mayor de las partículas no deberá ser mayor de 2.5 veces la menor.

3.15.2 Procedimiento constructivo del talud

1. Dimensionamiento

Previamente a la colocación de la piedra, se deberá estimar la cantidad de piedra en un área de 2.0m x 2.0m, de acuerdo a la topografía del fondo marino de conformidad con los planos de la batimetría. El área se dividirá en una malla de 2.0m x 2.0m, se utilizará una grúa para la colocación de la piedra de acuerdo a su posición y profundidad.

2. Almacenamiento de la piedra

La piedra se transportará a un depósito temporal desde el banco por medio de camiones de volteo, se cargará a una barcaza con grúa, y se transportará por barcaza hasta la posición de su colocación.

3. Procedimiento Constructivo del Dique

La piedra se transportará desde el banco al sitio de construcción por medio de camiones de volteo, se utilizará una excavadora para la conformación del talud. Favor de observar la figura y dibujos siguientes:



Figura 71. Fotografía de tiro de roca de núcleo de dique.

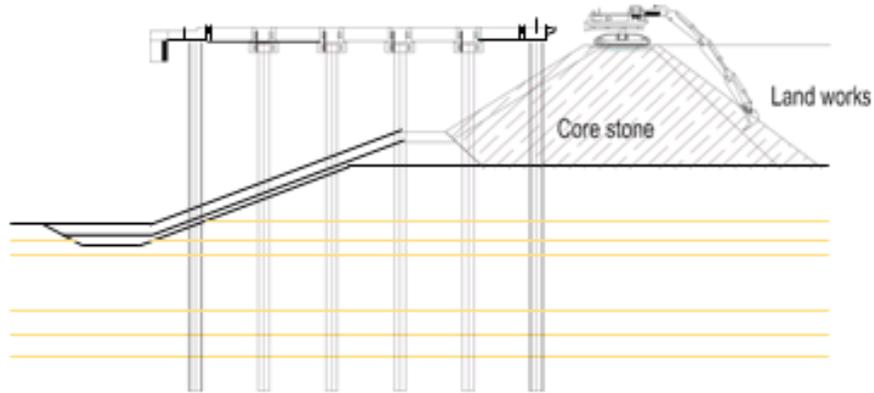


Figura 72. Configuración de núcleo de dique.

4. Recubrimiento protector de las pilas tubulares de acero

Para prevenir daños al recubrimiento de las pilas, ocasionados por la colocación de la piedra, se utiliza una camisa cilíndrica a base de lámina galvanizada, la cual es colocada alrededor de la pila desde la parte superior previamente a la colocación de la piedra. El detalle se muestra en la figura siguiente:

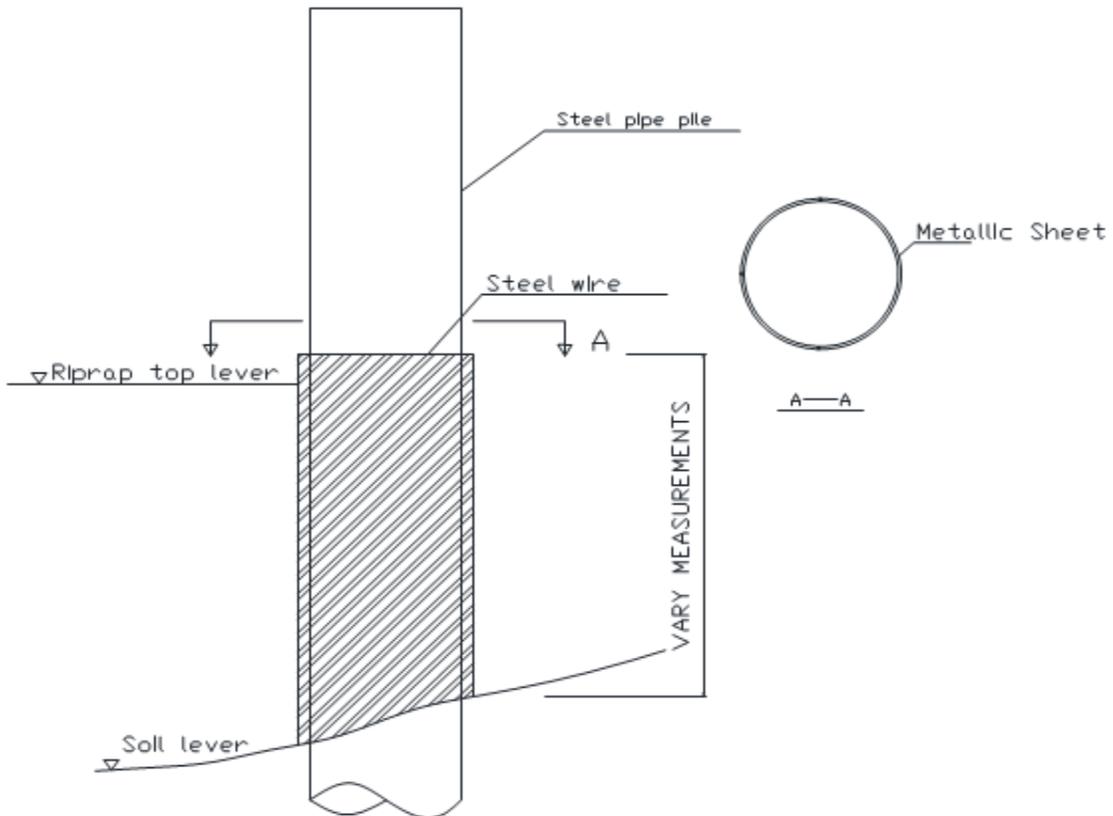


Figura 73. Detalle de revestimiento del recubrimiento de pilas.

3.15.3. Control de calidad del enrocamiento

- Un levantamiento con la utilización de GPS y ecosonda se realiza previamente a la colocación de la piedra, la cual se realiza después de la aprobación de la Supervisión.
- Se realiza una inspección batimétrica durante la ejecución del enrocamiento, cuyos datos son plasmados en planos para la posterior conclusión del enrocamiento.
- GPS y ecosonda se utilizan para examinar la sección del enrocamiento para verificar la uniformidad del mismo y colocar piedra nuevamente en las áreas faltantes.
- Una vez concluido el enrocamiento, se examina la sección de acuerdo a la sección de proyecto, los resultados de dichos exámenes se envían a la supervisión para su revisión y aceptación.
- **Procedimientos de seguridad de los trabajos**
 1. Se cumplirá con todos los estatutos, reglamentos y regulaciones.
 2. Un supervisor se asegurara de que las balsas de trabajo estén debidamente ancladas y que las luces de seguridad estén en las boyas ancladas.
 3. Un maniobrista instalador y un banderero estarán presentes durante las operaciones de elevación, el supervisor se asegurara que al lado o debajo de algún elemento elevado o suspendido no se encuentre personal trabajando.
 4. Todos los trabajadores deberán usar equipo de protección adecuado, asegurándose de usar ropa protectora y guantes.
 5. Proveer acceso y plataforma de trabajo apropiados, dotar de línea de la vida y arneses. Pasamanos de seguridad debe ser instalado si fuera necesario.
 6. Proveer un banderero de control de tráfico para el suministro de la piedra.

CONCLUSIONES

Es indudable que la construcción de esta terminal II de contenedores se realizó con rotundo éxito y con retrasos menores, debido a que se efectuaban reajustes semanales a la programación de los trabajos, además de incrementarse la fuerza de trabajo, según se fue observando en el transcurso de la obra.

Un punto que es importante destacar es el de la construcción de las pilas de acero, ya que éstas se entregaron en cinco grandes lotes; en ninguno de los casos se retrasaron, debido a que se anticipó su construcción y el hincado, lo cual dio tiempo suficiente a que los embarques llegaran según lo previsto en la programación de los trabajos.

Cabe resaltar que, con el paso de los años, México se ha convertido en uno de los principales destinos para la movilidad de contenedores entre el Océano Pacífico y el Océano Atlántico. Por lo que durante 20 años no se había invertido en infraestructura portuaria, a pesar de que representa una punta de lanza para la inversión en infraestructura carretera y ferroviaria, para brindar un mejor servicio tanto a los inversionistas extranjeros como al resto del país, abriendo más y mejores vías de comunicación, permitiendo modernizar muchas más.

La inversión realizada en la construcción de la terminal de contenedores no sólo benefició al recinto portuario, ya que en conjunto se realizó una modernización del entorno urbano, creando distribuidores viales, pasos a desnivel, túneles ferroviarios y un cambio radical en el boulevard del puerto. Esto contribuirá directamente en el ámbito turístico, lo que resultará en efectos positivos en la calidad de vida de los habitantes del lugar.

A este respecto es de gran importancia señalar que este tipo de proyectos deben tanto impulsar como mejorar la infraestructura y competencia del sitio en cuestión, y a su vez proponer las mejoras en cuanto a la calidad de vida de las personas, promoviendo un entorno urbano armónico.

CAMPOS DE APLICACIÓN

Respecto a los campos de aplicación de las áreas de Ingeniería Civil en la construcción de puertos, sería de gran ayuda para el sector portuario que en nuestra Máxima Casa de Estudios la Universidad Nacional Autónoma de México, mediante nuestra alma mater la Facultad de Ingeniería, se impartieran especialidades que satisfagan la necesidad de este sector, se promulgue mayor información de este sector para formar profesionales como especialistas en obras de atraque, obras de protección marítima, en obras costa fuera.

Asimismo, es necesario promover la investigación en el campo de los materiales, optando siempre por hacer uso de materiales reciclados. Un ejemplo de ello sería crear tetrápodos (piezas prefabricadas de concreto que sirven para contener y dispersar la energía de una ola) de caucho de neumático, bañados con PET, para evitar la abrasión del mismo, y siendo éstos los productos desechados con mayor proliferación entre la ciudadanía.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Alcerreca, José., Boyyer Orozco, José., Sempere Ramirez, Roberto.(1977). **Ingeniería de Ríos y Costas**. México.
- Bustamante Ahumada, Roberto. (1976). **Ingeniería Marítima**. Tesis UNAM. México.
- Carter, R.W.G. (1988). **Coastal Environments**. Academic Press. United States
- Clark, J.R. (1996). **Coastal Zone Management Handbook**. CRC Lewis Publishers.
- Crowell, M. y Leatherman, S.P. (1999). **Coastal Erosion Mapping and Management**. Coastal Education & Research Foundation.
- Davis, R.A. (1985). **Coastal Sedimentary Environments**. Springer Verlag.
- Dean, R.G. y Dalrymple, R.A. (2002). **Coastal Processes with Engineering Applications**. Cambridge University Press.
- Echávez Aldape, Gabriel. "Introducción a los Modelos Hidráulicos de Fondo Fijo y a la Ingeniería Experimental". UNAM, CONACYT, AHM. Primera Edición. México, 1996.
- Esteban Chapapría, Vicent, (2005). **Obras marítimas**. Editorial de la UPV, España, Valencia.
- Georges Andre Govaere Vicarioli. (1997). **Acción del Oleaje sobre estructuras marítimas no rebasables**, Tesis, UNAM. México.
- Goda, Y. (2000). **Random Seas and Design of Maritime Structures**. World Scientific Press.
- González de la Cotera. (1988). **Exposición La Corrosión del Concreto en el Ambiente Marino**, I Congreso Nacional de Ingeniería Estructural y Construcción, Diciembre 1998, Pág. 15-17
- Herbich, J. (2000). **Handbook of Coastal Engineering**. McGraw Hill.
- Horikawa, K. (1988). **Nearshore Dynamics and Coastal Processes**. University of Tokyo Press.
- Iribarren Cavanilles Ramón., Nogales y Olano Casto. (1954). **Obras marítimas: oleaje y diques**. Dossat
- Longuet - Higgins, M.S., **On the Joint Distribution of the Periods and Amplitudes of Sea Waves**, Vol. 80., 1975

- Losada, M.A. (1995). **Proyectos y construcción de playas artificiales y regeneración de playas.** Volumen especial de la revista Ingeniería del Agua.
- Macdonel Martínez, Guillermo et al. (1999). **Ingeniería Marítima y Portuaria,** Alfaomega.
- Manual Básico para Residentes de Obras Marítimas y Portuarias, Centro de Actualización Profesional. CICM. México. 1980.
- Mena Ferrer, (2005). **Durabilidad de Estructuras de Concreto en México,** Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC), Edición 1, Pág. 3-28
- PIANC. (1996). **Análisis de diques de abrigo en talud.** Informe del Grupo de Trabajo ni 12.
- Soulsby, R. (1997). **Dynamics of Marine Sands.** Thomas Telford.
- Stevens, J.C. (1942), **Hydraulic models Manuals of Engineering Practice** No. 25, American Society of Civil Engineers, New York.
- U.S. Army Corps of Engineers (1976), **Coastal Protecion Planning and Desígn,** Tech. Report No. 4.
- Vergara, M.A. (1993), **Técnicas de Modelación en Hidráulica,** Alfaomega , México, D.F., 1993.
- van Rijn, L.C. (1998). **Principles of Coastal Morphology.** Acqua Publications.

Contenido

ANEXO “A” ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

Marco Geológico Regional	117
FISIOGRAFÍA	117
TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO	121
Exploración Geotécnica	121
Ensayes De Laboratorio.....	121
ESTRATIGRAFÍA Y PROPIEDADES	122
Zona de plataformas.....	122
Estratigrafía en el agua	125
ANÁLISIS GEOTÉCNICO	125
Plataforma (tierra).....	125
Asentamientos de largo plazo en patios.....	128
Excavaciones	129
Zona De Muelles.....	131
<i>Discusión de la cimentación</i>	<i>131</i>
Pilotes sujetos a carga lateral	132

ANEXO “A”: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

Marco Geológico Regional

FISIOGRAFÍA

De acuerdo con la clasificación de las provincias fisiográficas de la República Mexicana, elaborada por INEGI en 1981, el estado en cuestión pertenece a la provincia de la Sierra Madre del Sur y a la provincia del Eje Neovolcánico porción Sur.

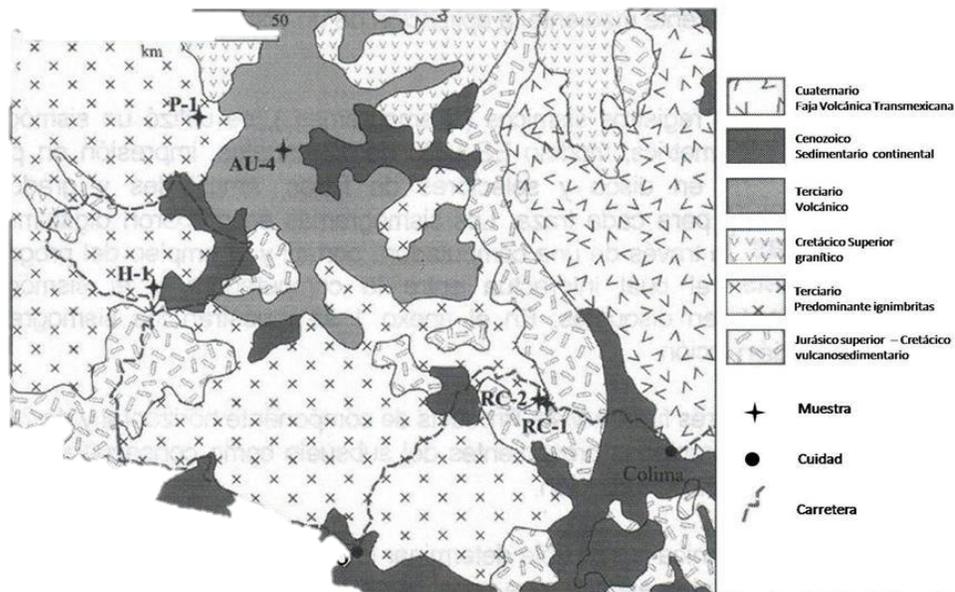


Fig. 1 Geología regional, Estado de Colima, Provincia de la Sierra Madre del Sur

Esta provincia ocupa la parte centro – occidental del Estado de Colima; colinda al noroeste con Jalisco al sur con el Océano Pacífico y al norte con el Eje Neovolcánico. Está subdividida en dos sub- provincias denominadas Subprovincia de las Sierras de la Costa de Jalisco y Colima y Subprovincia de las Sierras de la Costa de Jalisco y Colima y Subprovincia de la Cordillera Costera del Sur con superficie de 3540 y 1240 km² cada una respectivamente.

La Subprovincia de las sierras de la Costa de Jalisco y Colima es la más grande y se caracteriza por prestar un sistema montañoso que alcanza alturas hasta de 2560 msnm, en el cerro Grande al norte de la entidad. Las topofomas son planicie costera, lomeríos, valles, cañones y sierras escarpadas, orientadas al norte y oeste que constituyen las serranías occidentales de Colima.

La Subprovincia de la Cordillera Costera del Sur abarca la porción centro-oriental del territorio y se caracteriza por presentar un sistema de topofomas de sierras escarpadas paralelas y valles intermontanos, con orientación norte-sur y norte-oeste. Las elevaciones de este sistema accidentado son de 300 a 1200 msnm, con el cual forman las serranías orientales de Colima.

El material de las playas de la zona costera de Colima consiste de arenas finas de cuarzo, fierro, titanio y zircón, que corresponden a un medio ambiente litoral. Son arenas ferrotitaníferas de color negro debido al contenido de fierro magnético. El litoral costero mide 160 km de longitud con un ancho promedio de playa de 150 m y una profundidad de 5 m.

El río Cihuatlán, Armería y Coahuayana depositan en el mar cantos, gravas, arenas, limos y arcillas; forman ellos de esta manera un medio ambiente de tipo deltaico. Las barreras de playa separan las lagunas costeras de Colima con el mar y forman el medio ambiente lagunar. Estas barreras constan de arena fina, arcillas, limos y material orgánico. Las lagunas que constituyen el medio ambiente lagunar son Cuyutlán y Potrero Grande. Estas contienen sedimentos finos fluviales y agua salobre que origina sales. Ver Fig. 3.

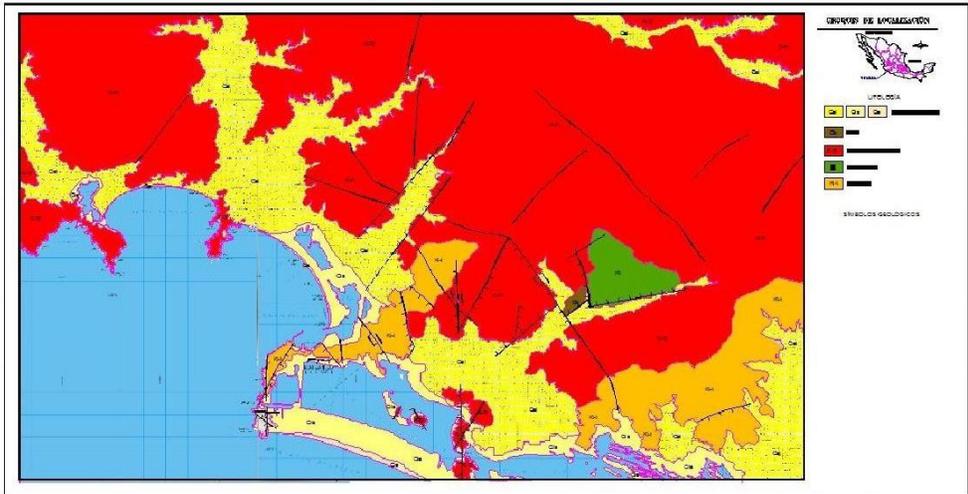


Fig. 2 Geología superficial, Manzanillo, Col. Región del batolito de Manzanillo

El batolito de Manzanillo forma parte de una amplia faja de magnetismo reconocido en la Sierra Madre del Sur (SMS). En forma particular, las rocas intrusivas que forman parte de la zona batolítica de las costas de Jalisco y Colima han sido fechadas por diferentes métodos encontrándose edades del Cretácico Tardío en la porción sureste del batolito de Manzanillo se reportan edades terciaria (Schaaf et al., 1995; Morán – Zenteno et al. 1999, 2000). Asimismo se puede señalar la presencia en la región de rocas volcánicas del Cretácico Superior – Paleoceno (Ferrari et al., 2005).

El cálculo del espectro de diseño propuesto conforme a este manual, pero sobre todo las aceleraciones del terreno asociadas al sitio se determinan atendiendo a las coordenadas del sitio. En la elaboración de los espectros se toman en cuenta las siguientes premisas:

- Los espectros de diseño varían en forma continua dentro del territorio mexicano.
- La construcción de los espectros de diseño se inicia con un parámetro relacionado con el peligro sísmico, que es la aceleración máxima en terreno rocoso, y se continúa con factores con que se toman en cuenta las condiciones del terreno.
- Las aceleraciones máximas en roca están asociadas a coeficientes de diseño que son óptimos para el estado límite de colapso de estructuras del Grupo B y

corresponden a periodos de retorno que varían espacialmente en forma continua.

- Los espectros de diseño son transparentes, es decir, carecen de factores de reducción ajenos al peligro sísmico.
- Las ordenadas espectrales corresponden al 5% del amortiguamiento crítico estructural. Podrán modificarse cuando se justifique un valor de amortiguamiento diferente o se consideren

Efectos de interacción suelo–estructura.

- A periodo estructural largo, los espectros de desplazamiento que se derivan de los espectros de aceleración tienden correctamente a los desplazamientos máximos del terreno.
- Se suministran espectros de diseño para el estado límite de servicio que no están afectados por la no linealidad del suelo.
- Se proporcionan aceleraciones para tres niveles de importancia estructural: convencional (B), importante (A) y muy importante (A+) (sólo para zonas de alta sismicidad).

De acuerdo a este manual, la construcción de un espectro de diseño sísmico se realiza conforme a los pasos siguientes:

1. Determinación de la aceleración máxima en roca localizando el sitio. Ello se logra mediante el empleo del programa de cómputo PRODISIS. En este paso se ingresa el tipo de estructura. (B, A o A+).
2. Se define un factor de distancia relativa a las fuentes sísmicas.
3. Cálculo del periodo dominante del terreno y la velocidad de propagación de ondas de corte.

Con ello se define dinámicamente el terreno.

4. Establecimiento de los factores del sitio de comportamiento lineal. Estos son el factor de sitio y el factor de respuesta.
5. Establecimiento de los factores del sitio de comportamiento no lineal. Estos son el factor no lineal y factor de velocidad.
6. Mediante la aceleración máxima en la roca se calcula la aceleración máxima en el suelo, el factor de sitio y el factor no lineal.
7. Se continúa con la definición del coeficiente sísmico con la aceleración máxima del suelo y el factor de respuesta.
8. Se determinarán los límites de la meseta espectral con el periodo dominante del terreno y el factor de velocidad.
9. Opcionalmente se puede determinar el factor de amortiguamiento para valores diferentes a 5%.
10. Al final se construye el espectro, que puede resultar de tres o cuatro ramas dependiendo del periodo dominante del terreno.

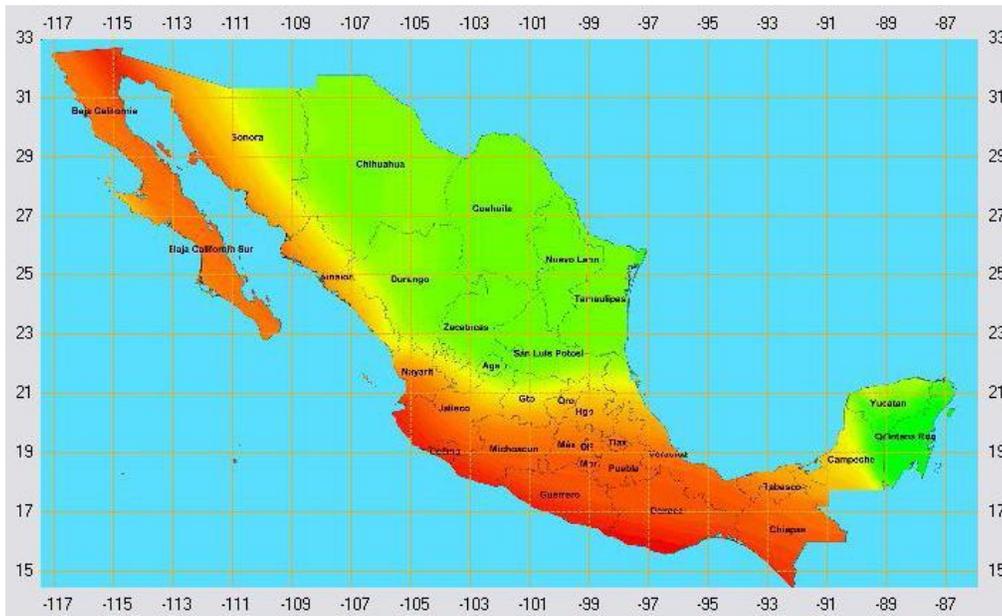


Fig. 3 Peligro sísmico óptimo de la República Mexicana (MDOC, 2008)

En lo que sigue se presentan espectros de respuesta representativos para los estratos rocosos de Manzanillo, Sin. Cabe aclarar para ello se utilizó el programa de cómputo mencionado, y que se incluyen aspectos tales como: espesores de suelo, períodos fundamentales del terreno, velocidades de propagación de ondas, velocidades de onda en el manto rocoso, tipo de estructura, factores dependientes del sitio (comportamientos lineales y no lineales, de terreno rocoso)

Los espectros de diseño contemplados en el Manual reflejan la totalidad del peligro sísmico.

Las ordenadas del espectro de aceleración para diseño sísmico $S_a(T_e)/g$, expresadas como fracción de la gravedad y en función del periodo estructural quedan definidas como sigue:

$$a = \frac{S_a(T_e)}{g} = \begin{cases} a_0 + (\beta c - a_0) \frac{T_e}{T_a} & \text{si } T_e < T_a \\ \beta c & \text{si } T_a \leq T_e < T_b \\ \beta c \left(\frac{T_b}{T_e} \right)^r & \text{si } T_b \leq T_e < T_c \\ \beta c \left(\frac{T_b}{T_c} \right)^r \left[k + (1-k) \left(\frac{T_c}{T_e} \right)^2 \right] \left(\frac{T_c}{T_e} \right)^2 & \text{si } T_e \geq T_c \end{cases} \quad (1.12)$$

TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO

Exploración Geotécnica

A la fecha de realización de este estudio no se contaba con una posición definitiva de las estructuras por construir. De hecho este estudio servirá como una base preliminar, ya que en función de las resistencias encontradas, se mencionó, se haría la distribución de los diferentes elementos que conforman la futura terminal.

El número, distribución y profundidad de los sondeos realizados, se definió en función de la geometría en planta de la plataforma, y la posición probable de los muelles de proyecto. En el diseño del programa de investigación del subsuelo se tomaron en cuenta de forma explícita las características encontradas en el subsuelo de zonas cercanas, en estudios previos. Cabe aclarar que durante el desarrollo de los trabajos el alcance fue ampliado, aumentándose en cuatro sondeos del tipo mixto, y cuatro del tipo de cono eléctrico. También algunos de los sondeos en agua fueron también profundizados. Estas medidas sin duda contribuyen a mejorar la calidad de la información recabada para una mejor caracterización del subsuelo.

De esta forma, los trabajos de campo consistieron en la realización de 8 sondeos profundos del tipo mixto. Para completar la información, y estudiar las características de los suelos superficiales, se ejecutaron cuatro pozos a cielo abierto.

Finalmente, y para proponer los materiales para rellenos y para los pavimentos, se estudiaron varios bancos de material. Estos se reportan en un inciso específico para este tema.

Los sondeos quedaron como sigue:

Las muestras obtenidas durante los trabajos de exploración fueron etiquetadas y protegidas contra la pérdida de humedad, y enviadas al laboratorio central, para su estudio y análisis.

La columna estratigráfica en ambas modalidades de exploración se presenta en el Anexo I de Figuras, Figs. 2 a 22, así como los números de golpes registrados en el hincado del penetrómetro, prueba SPT; en todas se presentan los pruebas físicas realizadas y que se comentan más adelante, y que se reportan en el Anexo II de laboratorio.

Por otra parte, durante los trabajos de exploración de campo se detectó la presencia del nivel de aguas freáticas (NAF) a profundidades comprendidas entre 1.00 m y 1.20 m de profundidad, respecto al nivel +2.5 (nivel del terreno existente o del relleno).

Ensayes De Laboratorio

En todas las muestras recuperadas durante los trabajos de exploración y enviadas al laboratorio se practicaron los siguientes ensayos índices:

1) Clasificación manual y visual según el SUCS, norma ASTM D 2488-93

2) Contenido de agua (norma ASTM D2216 – 92, w

A muestras representativas de estratos típicos se les determinó

3) Límites de consistencia líquido y plástico (Norma ASTM D4318 – 95^a), LL y LP

4) Porcentaje de finos o fracción que pasa la malla No 200 (norma ASTM D 1140-97), F (%)

5) Análisis granulométrico por mallas (norma ASTM D422- 63)

A muestras inalteradas, además, se les determinó:

- 6) Densidad de sólidos (norma ASTM D 854 – 92), S_s
 - 7) Resistencia al corte en compresión triaxial rápida (Q) (norma ASTM D2850 – 95), C_{uu} y ϕ_{uu}
 - 8) Compresibilidad en compresión unidimensional (norma ASTM D2435 –96)
 - 9) Grado de saturación (Gw), relación de vacíos (e) y peso volumétrico (Sm), calculados
- Con estos resultados se identificó la naturaleza de los materiales, utilizando para ello el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).
Las gráficas y resultados de los ensayos efectuados en laboratorio se muestran en el Anexo I y II. Algunos de los resultados se incluyen también en los perfiles estratigráficos que se muestran en las Figs 2 a 22 ya citadas en el Anexo I de Figuras. Las prueba mecánicas se pueden consultar en las

ESTRATIGRAFÍA Y PROPIEDADES

Con base en la información recopilada, los trabajos de exploración y los resultados de laboratorio, se estableció la secuencia de estratos que componen al subsuelo. Se presenta a continuación una descripción detallada de las unidades generales que forman el perfil estratigráfico:

Por conveniencia la descripción de materiales se divide en los correspondientes a plataforma (tierra), y en aquellos situados en agua, para el apoyo de pilotes o tablestacas. En lo que sigue las profundidades a que se hace referencia son respecto al nivel del terreno existente - nivel + 2.5 -.

Zona de plataformas

En la superficie existe una arena fina a gruesa predominantemente suelta, cuyo espesor varía en la dirección norte - sur entre 3.00 m a 4 m. El valor de N (número de golpes conforme a la prueba de penetración estándar de campo, SPT) varía entre 2 y 10. Sus contenidos de agua natural, w, varían entre 10 % y 52 %, si bien en la porción sur, sondeo S-5, dichos contenidos llegan a ser tan bajos como 2 % a 5 %. En cuanto a la plasticidad de la porción fina se refiere, los límites líquidos, LL, varían entre 66 % y 85 % y los límites plásticos, LP, de 26 % a 52 %. Su porción fina es arcilla de plasticidad baja, CL, y limos plásticos del tipo MH, conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS.

Al anterior estrato de relleno le continúa un depósito cohesivo que se extiende hasta profundidades en el rango de 7.10 m (S-108) y 14.2 (S-105). Cabe aclarar que en este último caso, lado sur del predio o plataforma el depósito cohesivo es una secuencia de arcillas blandas color café y gris, con limos color gris oscuro con

fragmentos aislados de materia orgánica. En la parte central, sondeos S-107 y S-106 el depósito es limo arenoso, MH, con materia orgánica, mientras que en el S-108, lado norte, es arcilloso. En todos los casos la consistencia va de blanda a media, con valores de $2 < N < 4$, solamente en el sondeo S-106, entre -8 y -11 m de profundidad la consistencia se eleva a muy rígida, aún siendo limo gris oscuro con materia orgánica, M.O. Sus contenidos naturales de agua varían entre 55 % y 91 %, si bien existen interestratificaciones limosas con M.O. muy blandas con valores w entre 156 % y 259 %. Los valores de LL varían entre 65 % y 81 %, y los lentes limosos con MO alcanzan el rango de 171 % y 231 %; sus LP en las interestratificaciones limosas con M.O. Varían entre 70 % y 205 %, si bien sus valores más reducidos alcanzan el rango entre 42 % y 50 %, cuando no contienen M.O. Sus pesos volumétricos varían entre 1.21 ton/m³ y 1.91 ton/m³, correspondiendo los rangos mayores a arcillas arenosas color café, mientras que los menores a los limos arenosos color gris oscuro con M.O. Los valores de la relación de vacíos, e_i , alcanzan valores entre 0.87 y 1.88 en las arcillas arenosas de consistencia blanda, pero en los limos con M.O. alcanzan valores tan alto como en el rango de entre 2.27 y 5.57. Finalmente, la cohesión determinadas en condiciones rápidas, no consolidada - no drenada, de 0.21 kg/cm² a 0.62 kg/cm², es decir, de consistencia blanda a media.

Al estrato anterior le sigue un estrato arenoso color gris y gris oscuro que se interrumpe entre los sondeos S-106 y S-105. En este último sondeo la secuencia de arcillas y limos se extiende hasta 14.2 m de profundidad, como se indicó anteriormente. El manto arenoso es de compacidad media, con respecto a la parte sur de la plataforma, puede decirse que la parte más blanda termina aproximadamente a 11.0 m de profundidad (S-8), con un estrato muy potente de consistencia blanda, consistente en un limo arenoso que va de 3.0 m a 9 m de profundidad. Este estrato presentó una resistencia a la penetración estándar de solamente 2 golpes en promedio. A partir de esta profundidad siguen suelos más competentes. El mismo estrato se localiza en la porción oriente, representado por el sondeo S-7. En este sondeo tal estrato se extiende aproximadamente de 4 m a 11.2 m de profundidad; sin embargo, la consistencia es de blanda a rígida. A partir de esta profundidad los materiales presentan compresibilidad más moderada. Así, consistentemente los materiales presentan mejores características en la parte oriente de la plataforma.

Las capas compresibles detectadas en sondeos con cono eléctrico fueron como se indica en la tabla 1 siguiente:

Tabla 1: Capas compresibles y valores asociados

SC-1		
Prof. m	Espesor, ΔZ , en m	qc, en kg/cm ²
2.8- 6.9	6.6	20 (0.83)
6.40-8.40	2.00	16 (0.67)
SC-2		
3.9- 7.5	3.6	28 (1.17)
8- 9.6	1.6	22 (0.92)
10.6- 14.4	3.8	21 (0.88)
SC-3		
1.6- 5.0	3.40	3 (0.23)
5.0- 5.30	0.3	20 (0.84)
6.10- 7.3	1.20	2 (0.15)
C-4		
2.00- 3.2	1.2	18 (0.75)
3.2- 4.40	1.2	20 (0.83)
4.4- 4.8	0.4	12 (0.5)
4.8-6.6	1.8	20 (0.83)
6.6- 7.2	0.6	15 (0.63)
7.4- 9.8	2.2	12 (0.5)

Los valores entre paréntesis corresponden a valores de cohesión aparente en condiciones no drenadas, en kg/ cm² para las siguientes condiciones:

Tipo de suelo	qc	C, en triaxial
UU		
Blando	< 5	qc/13
Arcilla dura	> 10	qc/24
Arcillas blandas	5<qc< 10	qc/13

Estratigrafía en el agua

Corresponde a la estratigrafía derivada a partir de los sondeos ejecutados en agua, sondeos S-100 al S-104. A continuación se describe la estratigrafía, siempre con referencia al nivel del lecho marino. Se opta por describir globalmente los suelos arenosos encontrados, pero poniendo énfasis en las capas cohesivas encontradas en ellos, sobre todo en el sondeo S-100.

ANÁLISIS GEOTÉCNICO

La investigación de campo y de laboratorio, así como el entorno geológico y sísmico, sirvieron como base para definir los criterios de cimentación.

Por facilidad, se opta por discutir los aspectos geotécnicos por separado para la plataforma o área de contenedores, y los relativos al muelle nuevo.

Plataforma (tierra)

Es importante señalar que la plataforma todavía deberá ser sobreelevada hasta la cota +3.5, esto es,

1 m por arriba del nivel actual. Sin embargo, los espesores de pavimento por colocar, en caso de decidir por un sistema de bloques de concreto, representarán espesores muy próximos a 1 m.

Con mucho la fuerte heterogeneidad de la secuencia estratigráfica, y la fuerte presencia de materiales limo arenosos con materia orgánica, incluyendo espesores diferenciados, tendrá una influencia de primer orden en el comportamiento futuro del soporte del área de contenedores.

Las resistencias importantes detectadas en el cono eléctrico iniciaron a partir de 10.80 m, y 14.40 m en la parte poniente (sondeos SC-1 y SC- 2), mientras que en el lado oriente, representado por los sondeos SC-3 y SC-4 lo hicieron a 9.80 m, en promedio. Quiere decir que la proximidad del manglar de alguna manera afecta a los espesores blandos explorados.

El comportamiento a largo plazo de las plataformas será función de la respuesta que presente el subsuelo ante las solicitudes impuestas por las cargas, ellas serán de dos

tipos: las propias del relleno por colocar (1 m adicional), y las debidas a las cargas impuestas por las estructuras. Estas últimas se estima sean bajas a moderadas. Así pues, las descargas mayores será la suma relleno por colocar más el peso de los propios contenedores.

En lo que siguen se discuten los aspectos de resistencia y de deformabilidad, sobre todo en condiciones estáticas.

Por separado, en el Anexo IV se presentan los estudios sismológicos, en la modalidad de sonda suspendida (Down -hole) para caracterizar las propiedades dinámicas en puntos representativos de la plataforma, en especial los rellenos nuevos colocados por la APIMAN. En este apartado se discute detalladamente cada estrato, sus propiedades dinámicas (relaciones de Poisson, velocidades de corte y amortiguamientos). Este estudio también sirvió como referencia para el análisis de licuación realizado específicamente para la zona de plataformas o de contenedores.

También por separado se discute a detalle el análisis de licuación. Se analizan varios sondeos, atendiendo a la resistencia a la penetración estándar que exhibieron cada uno de ellos; además se consideraron como referencia los resultados de los sondeos de cono. Este informe por separado se presenta en el Anexo V. Ahí se discute y se concluye sobre el potencial de licuación que presentan algunos estratos. Con base a ello se presentan varias opciones de mejoramiento para mitigar el riesgo de licuación. Es indudable que este eventual mejoramiento repercutirá en el comportamiento estático del mismo estrato de apoyo de la cimentación. C_r es la consistencia relativa del suelo de apoyo, caso de suelo cohesivo de apoyo. En este caso se utilizan valores promedio del lado de la seguridad, para un valor de $\Phi = 28$. En otras zonas tal capacidad puede ser mayor, ya que se encuentran arenas arcillosas de compacidad media.

La capacidad de carga admisible q_a del sistema suelo-cimentación se establece incluyendo un factor de seguridad FS en la expresión anterior que, para este tipo de cimentaciones se considera generalmente entre 2 y 4. Con ello, la ecuación que define la capacidad de carga admisible queda representada por,

$$E.c\ 3: q_a = q_{uf} / F_s$$

Para ilustrar algunos valores de presiones de contacto admisible, en donde ya se toma en cuenta un factor de seguridad FS = 3 para condiciones estáticas. En la tabla 2 se proponen valores de dichas presiones para zapatas para una profundidad de

desplante promedio, Df, a 1.50 m, bajo el nivel de la plataforma existente en el sitio. Cabe aclarar que las zapatas atravesarán el metro adicional de relleno, que necesariamente será compactado y controlado:

Sustituyendo valores representativos de peso volumétrico de 1.8 ton/m³ para suelos granulares, y de un ángulo de fricción interna, Φ , igual a 28°, se obtienen valores de q_a (en donde $q_a = q_u / 3$) para cimientos cuadrados entre 15 y 19 ton/m², y para cimientos rectangulares de 17 ton/ m² a 21 ton/m² para diferentes anchos, según se indica en la Tabla:

Tabla 2. Capacidad de carga admisible, zapatas desplantadas a 1.50 m

B, m	L, m	Qa, ton/m²
1	1	15
1.5	1.5	17
1.5	10	17
1.8	1.8	19
1.8	10	19
2	2	19
2	5	19
2.5	3	22

En cualquier caso el sistema de cimentación empleado deberá presentar la rigidez suficiente para garantizar la distribución uniforme de esfuerzos en la superficie donde se apoya.

La porción sur de las plataformas, representada por el sondeo S-105, en donde dichos materiales existen hasta profundidades de -14 m de profundidad. Estos materiales tienen compresibilidad alta, con valores del coeficiente de compresibilidad volumétrica unitaria, m_v , en el rango de 0.08 cm²/kg. Los asentamientos teóricos a largo plazo, se determinaron deformaciones verticales mediante la siguiente ecuación:

$$\delta = \sum m_v \cdot \Delta\sigma_1 \cdot \Delta d_i \quad (6)$$

Donde: δ = asentamiento total en los estratos "i", cm
 m_v = coeficiente de compresibilidad volumétrica unitaria, en cm / kg
 $\Delta\sigma_1$ = incremento de esfuerzo al centro del estrato "i", kg/cm
 Δd_i = espesor del estrato "i", cm

Las geometrías utilizadas para la estimación de deformaciones a largo plazo fueron las mismas a las utilizadas para las zapatas mostradas en la tabla 3. En estos cálculos se utilizaron las presiones de contacto admisibles.

Tabla No 3: asentamientos en zapatas para diferentes sondeos

	Sondeo	Dimensión de la zapata							
		1 x 1	1.5 x 1.5	1.5 x 10	1.8x 1.8	1.8 x 10	2 x 2	2 x 5	2.5 x 3
	S-8	1	3	14	4	18	7	14	13
	S-7	1	4	15	5	19	7	15	14
	S-5	2	4	14	5	18	7	15	14
	S-6	1	3	12	4	15	6	13	12
	S-108	6	11	15	9	18	7	18	18
	S-107	1	1	6	2	7	8	6	5
	S-106	1	3	12	3	15	5	12	11
	S-105	1	3	12	4	16	6	13	12

Tabla 3. Asentamientos en zapatas para diferentes sondeos.

Los cálculos anteriores son solamente ilustrativos. Los asentamientos finales deberán determinarse una vez que se conozcan los niveles de descarga finales.

Asentamientos de largo plazo en patios

Los asentamientos anteriores son para el caso de zapatas aisladas. Sin embargo, quizás lo más crítico sea la sollicitación representada por la carga muerta en zona de patios con contenedores parcial o totalmente cargados. En la Fig. 7 de este cuerpo principal del reporte. Aparece un diagrama en donde se muestra un área cargada en una secuencia de bloques de contenedores cargados. Esto se hace con fines ilustrativos. En la zona cargada se muestran cuatro puntos de análisis de asentamientos a largo plazo. El punto C es un punto intermedio entre la orilla y el centro del área

El nivel de asentamientos anterior sugiere que el subsuelo del sitio necesariamente deberá mejorarse, si es que se requiere cumplir con niveles de deformaciones máximas a largo plazo de 10 cm.

La decisión de mejorar el terreno de forma masiva obedecerá a la conjugación de los dos efectos: asentamientos diferenciales, y por otro lado, el potencial de licuación de algunos estratos, ante sollicitaciones sísmicas.

Excavaciones

Las excavaciones tanto para las zapatas, así como cualquier otro elemento o dispositivo que se pretenda enterrar, se deberán considerar los criterios expuestos en los siguientes párrafos.

El análisis para la estabilidad de los taludes se fundamentó en los trabajos propuestos por Jambu y Taylor. De acuerdo con Jambu el Factor de Seguridad F_s considerando sobrecargas y agrietamiento, se determina a partir de la siguiente expresión.

$$F.S = \frac{\mu_g \mu_w \mu_t}{\gamma H + q - \gamma_w H_w} N_o C_o$$

Donde:

- N_o = número de estabilidad. Función del ángulo del talud y fricción del material
- c = cohesión aparente a lo largo de la superficie de falla
- q = suma de solicitaciones verticales totales al nivel de la excavación por peso propio del material
- $\mu, \mu_w \mu_t$ = factores de reducción por sobrecarga, presión hidrodinámica y Agrietamiento, respectivamente.

En este caso particular aplica solamente el factor de reducción μq .

Haciendo los análisis correspondientes, para el caso de las zapatas de cimentación las excavaciones podrán ejecutarse con una inclinación de 0.3:1 (x:y). Esta inclinación podrá conservarse para corte hasta de 5 m para conformar los niveles de piso terminado de proyecto.

La estabilidad de los taludes, en particular la de los cortes para una excavación, depende entre otros factores, de que se conserven los parámetros de resistencia, específicamente las condiciones de cohesión aparente. Por ello es importante proteger los cortes de la exposición ante agentes erosivos. Así, en este caso los cortes que puedan ser expuestos por un periodo mayor a 6 días, deberán ser protegidos con malla de tela metálica “tipo gallinero” y una capa de 3 cm de mortero aplicada en las paredes y hombro de los mismos; con ello, la excavación puede permanecer abierta por un periodo de hasta 60 días.

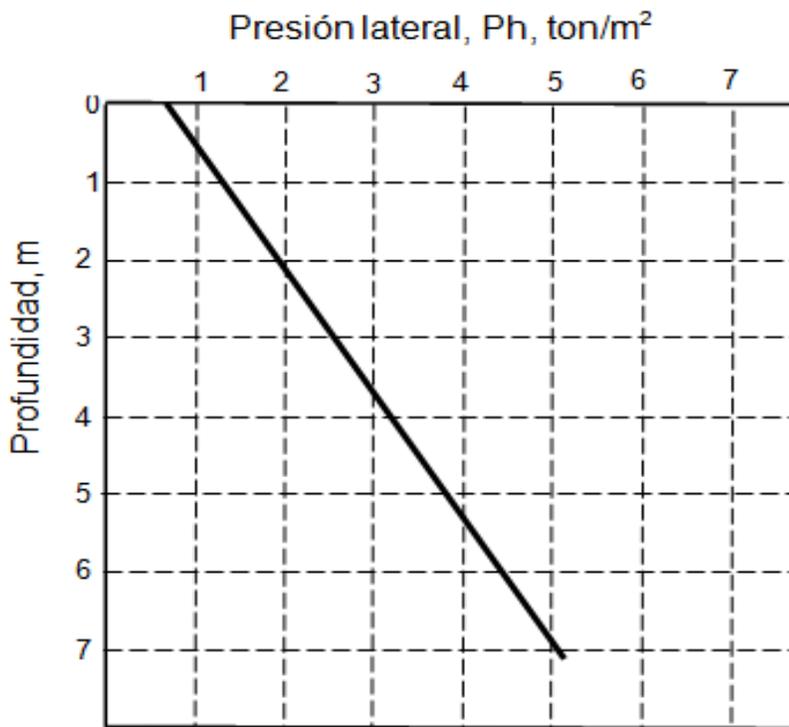


Fig. 4 Presión horizontal en muros

Estas acciones se considerarán cuando el exterior de las fosas o sus muros perimetrales están sujetos efectivamente a presiones laterales, y sin que existan por ejemplo tanques o rellenos que los confinan; es decir aplica únicamente durante su construcción o mantenimiento de las trincheras y, siempre que esta condición

prevalezca por un periodo de tiempo prolongado. Se entiende que cuando las fosas estén llenas de agregados o fragmentos sólidos o líquidos de almacenaje las presiones prácticamente se nulifica entre sí, las interiores y las exteriores.

Zona De Muelles

Discusión de la cimentación

Como ya se comentó, y tal como se muestra en el perfil de suelos obtenido a partir de los sondeos ejecutados en agua, el subsuelo del sitio a lo largo del futuro muelle es heterogéneo. Existe fuerte predominio de suelos arenosos, con algunas interestratificaciones de suelos cohesivos, sobre todo en el sondeo S-102. En el resto de los sondeos se encontraron arenas en diferentes grados de compacidad.

Considerando el probable nivel de solicitaciones representado por los pesos de las grúas en la zona de muelles, la cimentación más adecuada será del tipo profundo, a base de pilotes o de pilas, cuyas dimensiones y profundidad de desplante estarán en función de las cargas transmitidas por el muelle,

A_s = área del fuste del pilote, en contacto con el suelo

A_p = área de sección transversal del pilote en la punta

q = resistencia al esfuerzo cortante del suelo, para que el pilote sea capaz de trabajar por punta

F = capacidad unitaria por fricción de contacto, entre suelos granulares y pilotes. Este valor se puede expresar como sigue:

K_o = coeficiente de empuje de tierras

σ_{eff} = esfuerzo efectivo de confinamiento, a la profundidad considerada

Φ = ángulo de fricción entre el fuste del pilote y el suelo granular, que es función del ángulo de fricción interno del mismo suelo

Por otra parte, de acuerdo a la teoría del Dr. Zeevaert (Ref. 6), cuando un pilote trabaja por fricción se produce en el suelo circundante un incremento en los esfuerzos verticales que finalmente redundan en una mayor carga de fricción positiva en relación con la que se tendría si únicamente se consideran los esfuerzos verticales previos al hincado de los pilotes.

En la tabla 5 se resumen los resultados de capacidad de carga obtenidos para diferentes secciones y longitudes de pilotes; en el Anexo VI se presentan los análisis realizados bajo diferentes condiciones, así como un ejercicio realizado mediante un programa de computadora denominado "All Pile" (ver Ref.12), En este programa se

utilizan los criterios expuestos en la Ref. 5 que considera el mismo criterio de análisis, para un pilote y un grupo de ellos. Estos análisis servirán de guía una vez que se cuente con la magnitud de cargas definitivas.

Para el análisis del comportamiento de los pilotes ante cargas laterales, se utilizó un procedimiento debido a H. Matlock y L. Reese (Ref. 13), de acuerdo con el cual, el suelo que rodea al pilote cargado lateralmente se describe en términos de curvas que relacionan la resistencia del suelo con la deformación que sufre el pilote; dichas curvas se calculan para varias profundidades bajo la superficie del terreno y tienen forma no lineal, la cual depende de varios parámetros que incluyen la profundidad, la resistencia al corte, el tipo de suelo y la carga lateral aplicada en la cabeza del pilote, la cual puede ser estática o cíclica.

Pilotes sujetos a carga lateral

Para el análisis del comportamiento de los pilotes ante cargas laterales, se utilizó un procedimiento debido a H. Matlock y L. Reese (Ref. 13), de acuerdo con el cual, el suelo que rodea al pilote cargado lateralmente se describe en términos de curvas que relacionan la resistencia del suelo con la deformación que sufre el pilote; dichas curvas se calculan para varias profundidades bajo la superficie del terreno y tienen forma no lineal, la cual depende de varios parámetros que incluyen la profundidad, la resistencia al corte, el tipo de suelo y la carga lateral aplicada en la cabeza del pilote, la cual puede ser estática o cíclica.

Los resultados de estos análisis para diferentes secciones de pilotes se indican en la Tabla 5 (derivada de la Ref. 12).

Tabla 3: Capacidad de carga en pilotes para diferentes secciones y longitudes propuestas del Sondeo

Sección del pilote (m)	Prof. (m)	T. A. (m)	Capacidad de carga vertical				Capacidad de carga lateral (Empotrado en su cabeza)				
			Última total KN	Última fricción KN	Última punta KN	Qad KN	Deflexión de la cabeza cm	Carga lateral KN	Momento máximo KN-m	Punto de deflexión "nula", m	Observaciones
0.45	39	14	4,841	2,976	1,865	2,916	7.88	50	592	20.0	Vertical
							(251)				
0.50	39	14	5,916	3,370	2,445	3,520	5	50	572	20.4	Vertical
0.55	39	14	7,391	3823	3568	4332	3.44	50	560	20.9	Vertical
							(43.8)				
0.45	49	14	5,994	3,762	2,232	3,624	8.8	50	640(en la	20.4	Vertical
0.50	49	14	7,398	4,341	3,057	4,422	5.55	50	608(en la	20.9	Vertical
0.55	49	14	9,201	4,939	4,264	5,423	3.73	50	591(en la cabeza)	21.4	Vertical
0.45			4,735	2,911	1,824	2,852	7.92	50	591	21.6	12°
							(26)				
0.50	39	14	5,787	3,297	2,489	3,443	5.13	50	572(en la cabeza)	20.7	12°
0.55	39	14	7,229	3,739	3,490	4,237	3.6	50	568	21.4	12 ^a
							(46.60)				
0.45	49	14	5,863	3,680	2183	3545	8.9	50	640	20.7	12°
0.50	49	14	7,236	4,246	2,990	4,325	5.65	50	610	21.3	12°
0.55	49	14	9,109	4,939	4,170	5,378	3.88	50	599	21.9	12°

$p'z$ = presión vertical efectiva generada por el suelo al nivel de desplante de la pila, en t/m^2 . Depende del sondeo considerado

Nq = factor de capacidad de carga en función del ángulo de fricción interna del suelo, depende del sondeo considerado

FSf = factor de seguridad para la fricción, 2 y 1.7 para condiciones estáticas y accidentales, respectivamente

FSp = factor de seguridad para la punta, 3 y 2 para condiciones estáticas y accidentales, respectivamente.

Sustituyendo los valores correspondientes la capacidad de carga admisible para las pilas de cimentación en función del diámetro, y del sondeo considerado, en condiciones estáticas, se presenta en la Tabla 4 que se compararán contra cargas de servicio.

Tabla 4: Capacidad de carga total admisible

L= 11m Sondeo 100			L= 11m Sondeo 101		L= 15m Sondeo 100		L=15m Sondeo 101	
ϕ , m	Qtae, ton	Qtas	Qtae, ton	Qtas	Qtae, ton	Qtas	Qtae, ton	Qtas
0.6	31	47	47	70	50	75	71	107
0.8	52	77	81	121	83	124	121	180
1	77	115	123	184	124	185	183	273
1.2	108	161	175	262	173	258	258	386
1.4	143	214	235	352	229	343	345	517
1.5	163	243			260	390	394	590
L= 18m Sondeo 100			L= 18m Sondeo 101		L= 21m Sondeo 100			
ϕ , m	Qtae, ton	Qtas	Qtae, ton	Qtas	Qtae, ton	Qtas		
0.6	65	96	85	127	98	146		
0.8	105	157	141	211	161	241		
1	155	232	212	317	240	359		
1.2	215	320	297	445	335	501		
1.4	283	424	397	594	445	666		
1.5	321	480	452	676	506	757		

Qtae: Capacidad de carga admisible en condición estática

Qtas: Capacidad de carga admisible en condición sísmica

Capacidad de carga a tensión. La fuerza de tensión inducida a una pila, es resistida por la fricción lateral que se desarrolla a lo largo del fuste y por el peso propio de la pila, la magnitud se puede estimar utilizando la expresión siguiente (Ref. 8):

$$QT = Q + W \dots \quad (14)$$

Dónde:

QT = capacidad de carga a tensión, t
 Qfa = capacidad de carga admisible por fricción, t
 Wp = peso propio de la pila, t

Tabla 5: Asentamientos, pilas desplantadas a 21 m (respecto al lecho marino).

ϕ , m	ρ_B , CM
0.60	1.5
0.80	2
1.00	2
1.20	2
1.40	3
1.5	3

Se analizó la estabilidad del talud tendido 1:5 (vertical: horizontal) que se extiende hacia la zona del muelle. En la actualidad tal talud existe. En teoría sobre él se colocarán rellenos o enrocamientos, según sea la solución adoptada para resolver el

muelle. Sin embargo, los factores de seguridad asociados con fallas de talud - esto es, aquellos en donde el círculo de falla no involucra profundidad importante - son algo escasos, prácticamente iguales a la unidad.

En el análisis de taludes se utilizó un criterio de equilibrio límite, según la fórmula.

$$F_m = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} \left[b_i + (v_I - u_I b_i) \overline{\text{TAN}\phi} \right] M_{\alpha i}}{\sum_{i=1}^{i=N} w_i \text{SIN}\alpha i}$$

$$\text{where : } M_{\alpha i} = \text{COS}\alpha i \left(1 + \frac{\text{TAN}\alpha i \text{ TAN}\phi}{F_m} \right)$$

ANEXO B: ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN DE PILAS

CRITERIO DE DISEÑO	139
Códigos de diseño y estándar.....	139
Ambiental	139
INTRODUCCIÓN.....	140
DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURA DE MUELLE	140
PLANOS DE AMARRE Y ATRAQUE	141
INFORMACIÓN DE DISEÑO	141
Introducción.....	141
Dimensión Física	142
Peso de Estructura (DL)	142
Peso de Grúa de Puente (QC).....	142
Otro equipo de Campo (VE).....	144
Cargas de Almacén (UDL)	146
Carga de Atraque (B).....	147
Carga de Amarre (M)	147
Carga de Transferencia de Grúas (CTL)	147
ANÁLISIS DE ESTRUCTURA.....	149
DISEÑO DE CIMIENTOS PROFUNDOS DE ACERO .	150
ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LOS CIMIENTOS PROFUNDOS.....	150
CONCLUSIÓN	151
ANEXO 1: MUELLE Y ACOMODO DE CIMIENTOS PROFUNDOS.....	152

ANEXO 2: ANÁLISIS DE CIMIENTOS.....	154
B1. Combinaciones de Cargas Principales	154
2. CARGUE CASOS PARA RESISTENCIA DE CIMIENTOS	155
FUERZA DE CIMIENTOS	157
Esfuerzo y combinaciones en los pilotes.	159
ANEXO 3: DISEÑO DE CIMIENTO DE ACERO	175
Diseño de Cimientos Profundos de Acero con un diámetro de 1200mm y un grosor de 18mm.	175
Dimensión original de cimientos profundos:	175
Diseño de Dimensiones de Cimientos Profundos a Largo Plazo: ...	175
Diseño de Cimiento de acuerdo a Código de Práctica API, Prácticas Recomendadas 2A-LAFD.....	175
DISEÑO DE CIMIENTOS PROFUNDOS DE ACERO CON UN DIÁMETRO DE 1000MM Y UN GROSOR DE 18MM.	177
Dimensión original de cimientos profundos:	177
Diseño de Dimensiones de Cimientos Profundos a Largo Plazo: ...	177
Diseño de Cimiento de acuerdo a Código de Práctica API, Prácticas Recomendadas 2A-LAFD.....	177

CRITERIO DE DISEÑO

Códigos de diseño y estándar

- I. BS 6349 Código de Práctica Estándar Británico para Estructuras Marítimas (*British Standard Code of Practice for Maritime Structures*) Partes I a IV.
- II. API RP-2A-LRFD

Ambiental

- (1) Temperatura máxima: 40 grados centígrados
mínima: 15 grados centígrados
- (2) Viento
 - I. Para componentes fijos: Según lo marca el “Manual de Diseño por Viento”, Comisión Federal de Electricidad (CFE); MDOC-CFE cap.C1-4
 - II. Para embarcaciones amarradas: Soplo de viento 35m/s (30 s) desde cualquier dirección.
 - III. Para la grúa puente: 56 m/s (sostenido) cuando en reposo; 20 m/s (sostenido) cuando en operación. Factor de soplo de viento será aplicado en diseño detallado.
- (3) Corrientes: nominal 0.3 m/s paralelo al muelle
- (4) Olas: Olas generadas por botes, altura igual a 1 metro
- (5) Marea:
 - I. Agua Alta en lo más Alto (HHW) = 0.1260m
 - II. Media Más Alta de Agua Alta (MHHW) = 0.726m
 - III. Media de Agua Alta (MHW) = 0.657m
 - IV. Media Nivel de Mar (MSL) = 0.393m
 - V. Media Agua Baja (MLW) = 0.144m
 - VI. Media Baja de Agua Baja (MLLW) = 0.0m
 - VII. Agua Baja en lo más Bajo (LLW) = -0.460m
 - VIII. Cero hidrográfico (*Chart Datum*) (CD) = MLLW
 - IX. NGVD datum: 0.393m Cero hidrográfico.

INTRODUCCIÓN

El Puerto de Manzanillo está ubicado en la costa occidental de México. La Terminal de Contenedores Fase 1 – Etapa 1A propuesta está situada en el norte de dicho Puerto, a una latitud aproximada de 19°04'49" Norte y una longitud de 104 °17'57" al Poniente.

El proyecto incluye la construcción de un muelle de 720m de largo con dos puntos de amarre para barcos que podrán ser usados por una gran variedad de naves; áreas de almacenaje pavimentadas; puertas de entrada y de salida de camiones; un andén de vías multi-usos y todo los servicios y edificios relacionados. La terminal se encuentra en un sitio de aproximadamente 28.5 hectáreas.

DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURA DE MUELLE

El tipo, cimientos profundos forjados, se adopta para el muelle. Los cimientos son cimientos profundos de acero y las estructuras altas son vigas y forjados, acomodo de acuerdo a #forma.

El nivel del muelle es de +3.50m, referirse a MLLW (CD).

El nivel del sitio de atraque es de -16.0m, referirse a MLLW (CD), y el diseño permite 0.5m para sobre-dragado inferior.

El muelle mide un total de 720m y se divide en 12 plazas de carga y descarga, cada una de 60m. El intervalo doblado es de 9m y hay 7 doblados en cada plaza.

La estructura de forjado se usa para la superestructura del muelle, usando concreto reforzado.

PLANOS DE AMARRE Y ATRAQUE

El muelle está diseñado para un rango de naves de 18,000t a 175,000t.

Se proporcionan Defensas Cono TD-AA1600H (P0) en el muelle para el atraque de los botes más grandes. El máximo espacio permitido entre defensas es de 18m lo cual se acomoda también a los botes más pequeños. Dichas defensas están diseñadas para absorber energía de botes como lo dicta el reporte: Análisis de Atraque.

Bolardos sencillos 2000kN se seleccionan de acuerdo a una velocidad de viento 35m/s, para consideración general de instalaciones auxiliares, el espacio entre bolardos es el mismo que entre defensas de hule. La selección del Bolardo estaba en el reporte de Análisis de Amarre.

INFORMACIÓN DE DISEÑO

Introducción

El muelle consiste de cimientos profundos de acero, y vigas colocadas-en-sitio (*full cast-in-situ*) son empleadas para grúas de dos vigas para el acomodo de los cimientos profundos; vigas parcialmente-preestablecidas (*partial-precast*) se usan para otros transversales y vigas longitudinales entre grúas de dos vigas. Para instalar las vigas parcialmente-preestablecidas, se empleará un tapón que distribuya la carga en cada cruce de nodos. El diámetro de los cimientos bajo la grúa de dos vigas es de 1200mm y la de los otros es de 1000mm. El muelle se equipa con bolardos y defensas para botes, y con vías a la medida para grúas de muelle.

El tamaño del muelle se determina con base en la capacidad de la grúa que se proporcionará sobre el mismo y que tenga suficiente espacio para darse

mantenimiento y el acceso de vehículos.

Dimensión Física

El tamaño del muelle es de 720m x 35.48m

Peso de Estructura (DL)

El peso de estructura significa el peso de todos los componentes permanentes de la estructura. La estructura de concreto reforzado es de 25.0kN/m³.

Peso de Grúa de Puente (QC)

Grúa de Puente se considera una “*Super Panamax Quay Crane*”. Las cargas de diseño se sustraen del Suplemento de Especificación de Contrato, la carga horizontal en la tabla deberá de ser ‘t/llanta’ en vez de ‘t/vía’ como se clarifica en RFI.

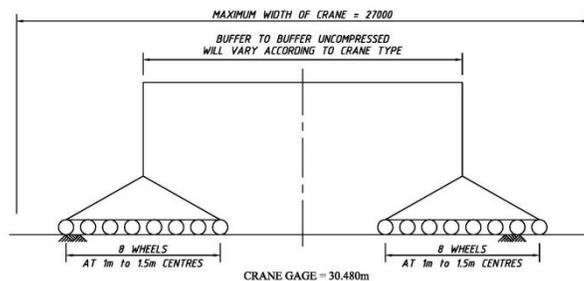


Figura 1 Esquema de la Grúa Pòrtico

[(i) Anchura máxima de grúa = 27000; (ii) Búfer a búfer no comprimido variará de acuerdo al tipo de grúa; (iii) 8 llantas/ A 1m a 5m CENTROS; (iv) 8 llantas/ A 1m a 5m CENTROS; (v) Medición de Grúa = 30.480m]

TIPO DE CARGA	MAX.CARGA EN MAR	MAX. CARGA EN TIERRA
TIPO 1: DESCARGA DE GRÚA VERTICAL-CARGA DESCENDENTE (t/llanta)	Por ser confirmado por proveedor de grúa	
TIPO 2: ESTADO DE OPERACIÓN (Incluyendo Impacto & 20m/s Viento) <u>VERTICAL</u> - CARGA DESCENDENTE (t/llanta)	76	65
<u>HORIZONTAL</u>	8	7
CARGA PERPENDICULAR A VÍAS(t/llanta)	40	37
CARGA PARALELA A VÍAS (t/VÍAS)		
TIPO 3: <u>ESTADO DE SOBRECARGA</u> (Grúa operando sobrecarga & 20m/s Viento)		
<u>VERTICAL</u> - CARGA DESCENDENTE (t/llanta)	84 ⁽¹⁾	84 ⁽¹⁾
<u>HORIZONTAL</u>	10	11
CARGA PERPENDICULAR A VÍAS(t/llanta)	138	117
CARGA PARALELA A VÍAS (t/VÍAS)		
TIPO 4: <u>ESTADO DE REPOSO</u> (Con 55m/s Carga de Viento, Brazo de Grúa levantada)		
<u>CARGAS VERTICALES</u>	85	105
DESCARGA TONNES/LLANTA	200	200
CARGA TONNES/ESQUINA		
<u>CARGAS HORIZONTALES</u>	8	11
CARGA PERPENDICULAR A VÍAS(t/llanta)	155	131
CARGA PARALELA A VÍAS (t/VÍAS)		

Tabla 1 Cargas propias y resultantes de la grúa

Notas:

(i) Se asumen sobrecargas de operación.

Otro equipo de Campo (VE)

- (1) El muelle también servirá para operar el siguiente equipo de campo en tierra firma con las vías de la grúa marítima.
- (2)

I. Tractor de Contenedor/Unidad de Trailer

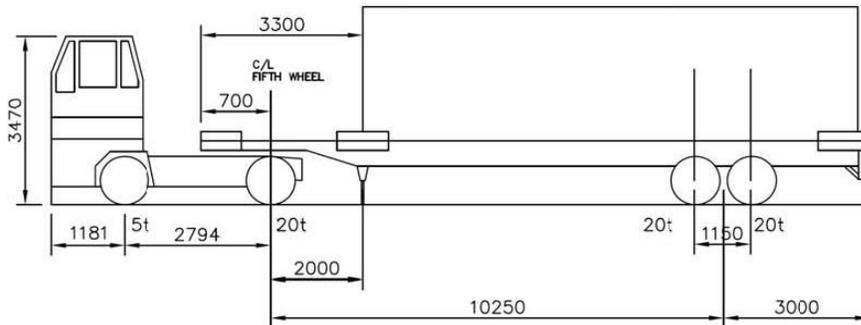


Figura 2 Cargas de equipo de patios

Peso de servicio de tractor — 6600 kg

Todas las dimensiones están en milímetros a menos de que se indique lo contrario.

Cargas de llanta se miden por eje para un tráiler con una capacidad máxima de 55t

Información obtenida de un tráiler dutch lanka kalmak Ottawa 4x2 .

II. Grúa para Alcanzar y Apilar Contenedores (*Reach Stacker*)

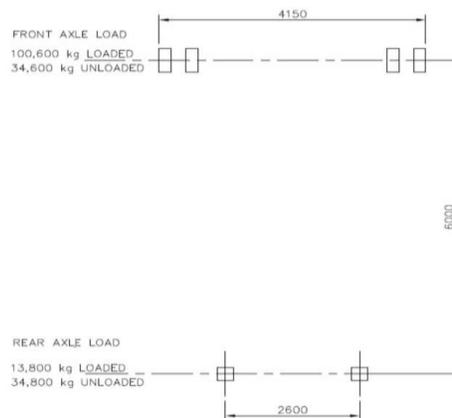


Figura 3 Características de grúa de patios RTGC (cargada)

[(i) Carga del eje delantero; (ii) 100,600kg cargados; (iii) 34,600 kg descargados; (iv) Carga del eje trasero; (v) 13,800kg cargados; (vi) 34,800kg descargados]

Capacidad bajo distribuidor: 45t

Tamaño del modelo: 18.00x25

Presión del modelo: 10.2kg/cm² (145 psi)

Peso de servicio: 68,200kg

Información obtenida de un kalnar reach stacker drt — 450.60S5M

Todas las dimensiones están en milímetros a menos de que se indique lo contrario.

III. Manejador de Contenedores Vacíos 9T (9T Empty Container Handler)

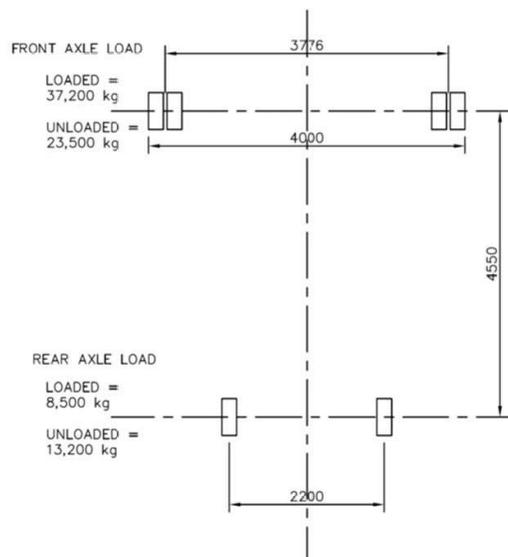


Figura 4 Características de grúa de patios RTGC (vacía)

[(i) Carga del eje delantero; (ii) 37,200kg cargados; (iii) 23,500 kg descargados; (iv) Carga del eje trasero; (v) 8,500kg cargados; (vi) 13,200kg descargados]

Capacidad bajo distribuidor: 9000kg

Tamaño del modelo: 14.00x24

Presión del modelo: 10.2kg/cm² (145 psi)

Peso de servicio: 36.7kg

Información obtenida de un kalnar DCE90-E7

Todas las dimensiones están en milímetros a menos de que se indique lo contrario.

- (3) El muelle del lado del mar en la vía del mar, incluyendo cables y cubiertas de pit deberán de ser diseñadas para cargar 15kPa, carga uniformemente distribuida y carga de llanta de una camioneta de carga (*pick-up*) de 1 tonelada.
- (4) Incluye 20% de margen para impacto dinámico y efecto de frenado.
- (5) Para análisis de cimientos, la carga VE no controla.

Cargas de Almacén (UDL)

El UDL es 30.0kN/m², lo cual no tendrá lugar a 1.5m de las vías.

Cargas de almacén en contenedor se basarán en contenedores apilados en torres de 3, acomodados sin un patrón uniforme, seleccionado para producir el efecto más adverso al elemento en consideración. Cargas de Esquina (*Corner Loads*) se basarán en contenedores de 40 pies de largo con una carga valuada de 30 toneladas apilados en torres de 3 para poner una carga en cada esquina de 180kN.

Para análisis de cimientos, el contenedor de cargas de almacén no controlan sobre el UDL, calculado como se aprecia más adelante:

La carga de almacén de contenedor es de ' $180 \times 4 / (12.192 \times 2.438) = 24.23 \text{ kN/ m}^2$ '

lo cual es menor a UDL que es 30.0 kN/m^2 .

Cubiertas de puertas (*hatch covers*) pueden ser apiladas en torres de 3 entre o en el lado en tierra de las vías. Cada cubierta pesa aproximadamente 35 toneladas. Para efectos de análisis de cimiento, la cubierta de puerta se supone que es de 15.0 kN/m^2 cuando en realidad la carga es de $340 \cdot 3 / (12 \cdot 13) = 6.74 \text{ kN/m}^2$.

Carga de Atraque (B)

La B es 1818 kN por cada defensa en activo, 2 defensas atendidas.

Carga de Amarre (M)

La carga de bolardos máxima es de 2000 kN . El cálculo para cimientos profundos en análisis es una plaza, hay 4 bolardos en dicha plaza. La cantidad de bolardos atendidos y ángulos de amarre por cada análisis de amarre.

Carga de Transferencia de Grúas (CTL)

Una sección específica del muelle deberá de ser capaz de aguantar cargas que resulten de la transferencia de grúas de muelle y de grúas RTGC a y desde barcos usados para entregas. La sección reforzada está diseñada para aguantar una capacidad de 50.0 kN/m^2 .

1.1. Combinaciones de cargas

Tipo de Carga	Descripción
No.1	Operando QC
	UDL o VE o Contenedores
	M(Viento Aceptable)
No.2	QC Resguardado (Viento Aceptable)
	UDL o VE o Contenedores
	B
No.3	Operando QC con sobrecarga
	50%:UDL o Contenedores
No.4	Operando QC
	50%:UDL o Contenedores
	Q
No.5	100%:UDL o Contenedores
	Q
No.6	Resguardado QC(Viento Extremo)
	50%:UDL o Contenedores
No.7	Resguardado QC(25 m/s Viento)
	50%:UDL o Contenedores
	M(25 m/s Viento)
No.8	Cargas de Transferencia de Grúas (CTL)

Tabla 2. Combinación de cargas en grúa RTGC

1.2. Combinación de Carga y Factores Límite Estado Carga

Número de ítem	Descripción	Combinación de Carga y Factores						
		Carga			Sobrecarga			
		1	2	3	4	5	6	7
1	Cargas de Muelle							
1.1	Peso de Estructura	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
1.2	Carga Activa Impuesta (Vehículo o UDL)	1.6	1.6	1.05 ⁽³⁾	1.05 ⁽³⁾	1.05	1.05 ⁽³⁾	1.05 ⁽³⁾
1.3	Atraque		1.6					
1.4	Amarre(Viento Aceptable)	1.6						
1.5	Amarre (Tormenta)							1.05

1.6	Efectos Sísmicos							
2	Grúa							
2.1	Carga de Llanta Aceptable	1.45 ⁽¹⁾		1.05				
2.2	Sobrecargas aceptables ⁽¹⁾			1.05				
2.3	Carga de Llanta / Resguardado Viento Aceptable		1.45 ⁽¹⁾					
2.4	Carga de Llanta / Pins Viento Extremo						1.3	1.3
2.5	Wheel Load (Sísmico)				1			
3	Tierra							
3.1	Tierra(Estática)	1.6	1.6	1.05			1.05	1.05
3.2	Tierra(Sísmica)				1	1		

Tabla 3. Factores Límite Estado Carga RTGC

Notas:

1. Sobrecargas aceptables se deben a que al montar la carga se materialice algún obstáculo.
2. Factor de composite obtenido combinando 1.6x efectos del viento/carga cargada y 1.25 peso de estructura.
3. 50% de UDL.

ANÁLISIS DE ESTRUCTURA

El análisis del muelle se lleva a cabo usando el software Robot Millennium (V.20.1). El muelle se modela usando tecnología de tercera dimensión. Los cimientos profundos están conectados por elementos rígidos e sus topes y se fijan a cierta profundidad por debajo del lecho del mar. La profundidad de la fijación del cimiento profundo depende de la condición de la tierra obtenida de los registros de perforación.

Una plaza típica de muelle se modela para análisis de cimientos.

El presente análisis de cimientos profundos no incluye análisis sísmico, para ello refiérase al reporte: Evaluación de Capacidad Sísmica para el muelle apoyado en cimientos profundos.

Las cargas principales para el análisis de cimientos incluyen DL, QC, UDL, B, M.

Los resultados del análisis se encuentran en el Anexo 2.

DISEÑO DE CIMIENTOS PROFUNDOS DE ACERO

El diseño de la capacidad del cimiento profundo se basa en BS8004. Para seleccionar el tamaño del cimiento profundo, la habilidad de manejo del cimiento para la tierra en cuestión y la capacidad geotécnica del cimiento también son consideradas. Una revisión de la capacidad estructural del cimiento también se lleva a cabo con el código API 2A-LAFD. El diámetro de los cimientos bajo la grúa puente es de 1200mm (diámetro externo) x 18mm (grosor) y otros son de 1000mm (diámetro externo) x 18mm (grosor).

El diseño de cimientos profundos para el muelle se encuentra en el Anexo C.

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LOS CIMIENTOS PROFUNDOS

Análisis geotécnico de cimientos profundos ha sido llevado a cabo en cimientos del muelle para estimar qué longitud se requeriría de cada cimiento profundo. Los estimados de cimiento compresos y las capacidades de tracción se llevan a cabo basado en requisitos de cimientos BS.

Factores estáticos de seguridad para cargas de trabajo axiales es de 2.0 y

bajan a 1.5 cuando el CTL se combina.

Los resultados se mostrarán en el reporte: Análisis Geotécnico de Cimientos Profundos.

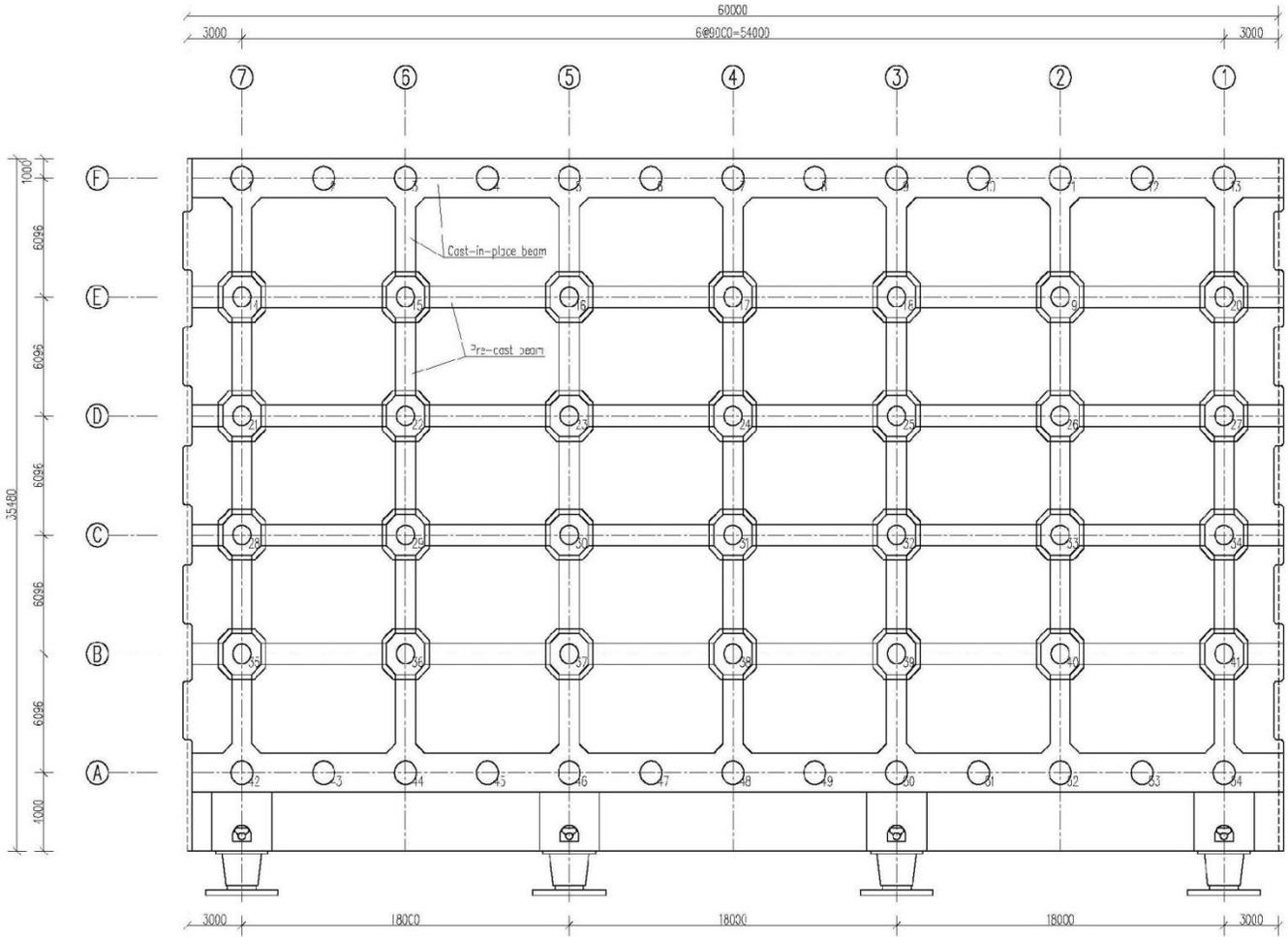
CONCLUSIÓN

Las ilustraciones del Anexo A indican la dimensión del muelle y el acomodo de los cimientos profundos.

ANEXO I : MUELLE Y ACOMODO DE CIMIENTOS PROFUNDOS

Descripción de la figura:

(i) Viga colocada en el sitio; (ii) Viga pre-colocada; (iii) Acomodo de cemento y de vigas de típica plaza del muelle.



Cross Beam and Pile Arrangement of Typical Quay Bay

Figura 5. Elementos que conforman una bahía tipo

De la figura se observa lo siguiente:

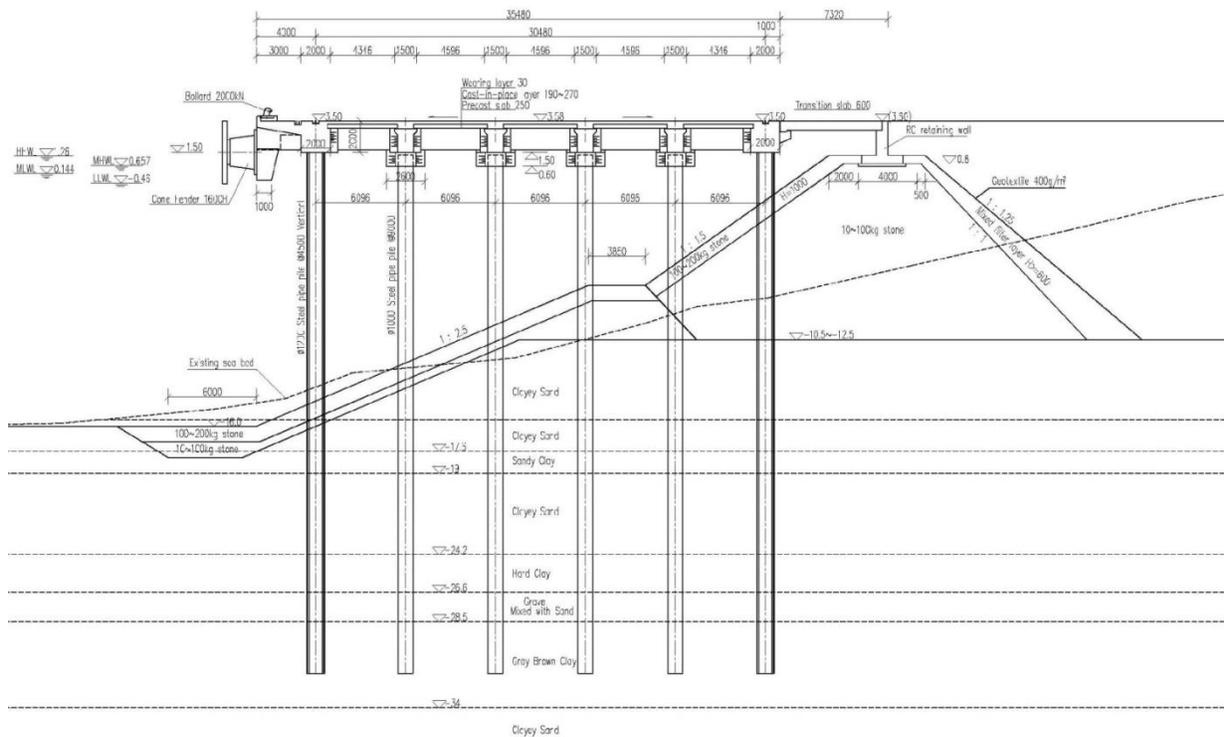
(i) Bolardo 20 CokN; (ii) Capa de Desgaste 30, Capa de Colocado en Sitio 190-270, Pre-Colocada 250; (iii) Forjado de Transición 600

(i) Contenedor 160CH; (ii) Pared que retiene RC

(i) Cimiento profundo de acero 4500 Vertical; (ii) 1000 Cimiento profundo de acero; (iii) 100-200KG de piedra; (iv) 10-100kg piedra; (v) Capa de filtro mezclado; (vi) Geolexlite 400g/m².

(i) Lecho de mar existente; (ii) Arena tierrasa; (iii) Arena tierrasa; (iv) Arcilla arenosa; (v) Arena tierrasa; (vi) Arcilla dura; (vii) Grava mezclada con arena; (viii) Arcilla dura; (ix) Arcilla café gris; (x) Arena tierrasa.

(i) Sección típica del Muelle y Estructura de Conexión con Costa.



Typical Section of Quay and Connecting Shore Structure

Figura 6. Elementos que conforman el talud

ANEXO 2: ANÁLISIS DE CIMIENTOS

B1. Combinaciones de Cargas Principales

1. CARGUE CASOS PARA FUERZA DE CIMIENTOS

No.	Descripción	Combinaciones de Carga y Factores							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Peso de estructura	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	Carga Activa Impuesta (UDL)	1.0	1.0	1.0	1.0 ⁽¹⁾	1.0 ⁽¹⁾	1.0 ⁽¹⁾		1.0 ⁽¹⁾
3	Atraque		1.0						
4	Amarre(Bolardo)			1.0 ⁽²⁾			1.0		
5	Carga de Llanta operable	1.0	1.0	1.0					
6	Carga de Llanta, Viento Extremo al lado que da el mar				1.0		1.0		
7	Carga de Llanta, Viento Extremo al lado que da la tierra					1.0			
8	Carga de Llanta sobrecarga								1.0
9	Cargas de Transferencia de Grúas (CTL)							1.0	

(1) 50% UDL

(2) 50% Carga Bolardo (2000kN) con Viento Operable

Tabla 5 Combinación de cargas en pilotes

1. CARGUE CASOS PARA RESISTENCIA DE CIMIENTOS

No.	Descripción	Combinaciones de Carga y Factores							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Peso de estructura	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
2	Carga Activa Impuesta (UDL)	1.6	1.6	1.6	1.05 ⁽¹⁾	1.05 ⁽¹⁾	1.05 ⁽¹⁾		1.05 ⁽¹⁾
3	Atraque		1.6						
4	Amarre(Bolardo)			1.6 ⁽²⁾			1.05		
5	Carga de Llanta operable	1.45	1.45	1.45					
6	Carga de Llanta, Viento Extremo al lado que da el mar				1.3		1.3		
7	Carga de Llanta, Viento Extremo al lado que da la tierra					1.3			
8	Carga de Llanta sobrecarga								1.05
9	Cargas de Transferencia de Grúas (CTL)							1.3	

50% UDL

50% Carga Bolardo (2000kN) con Viento Operable

Tabla 6 Combinación de cargas en pilotes

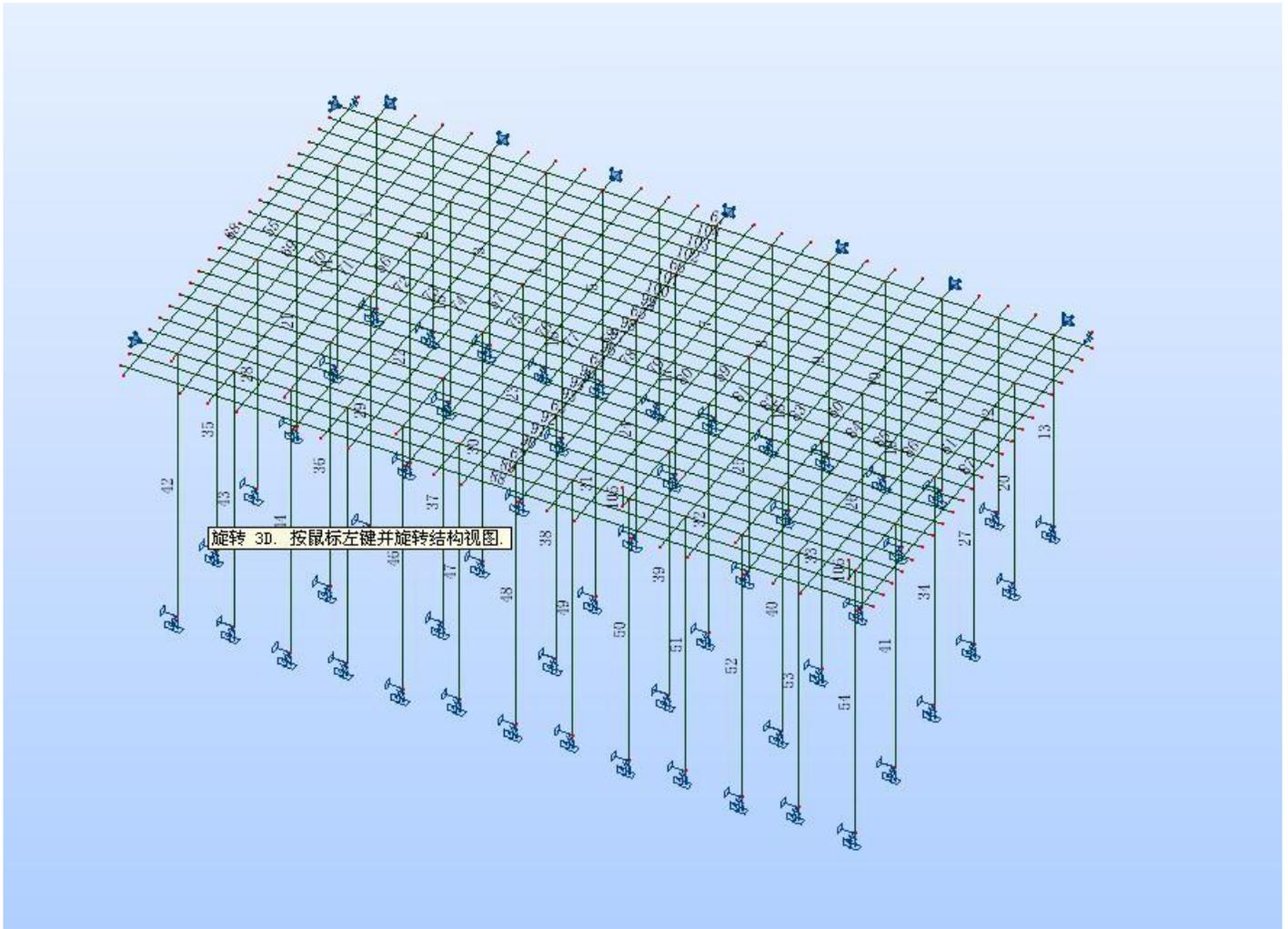


Figura 7 Resultados de Análisis de Cimientos Profundos en ROBOT Tercera Dimensión

FUERZA DE CIMIENTOS

Pile Force in Combinations								
Pipe No.	Com1	Max	Com2	Max	Com3	Max	Com4	Max
1	4770	4862	3939	4979	4857	4857	1787	1787
2	3720	3876	3750	3982	3749	3810	1447	1447
3	3701	3701	3730	3808	3706	3706	1273	1276
4	3623		3658		3619		1028	
5	3680		3727		3671		832	
6	3620		3676		3607		789	
7	3642		3712		3623		867	
8	3587		3664		3564		793	
9	3680		3770		3651		844	
10	3610		3704		3579		1049	
11	3701		3808		3660		1276	
12	3876		3982		3810		1345	
13	4862		4979		4730		1409	
14	3330	3578	3326	3555	3357	3577	2140	2538
15	3414		3382		3402		2165	
16	3461		3411		3462		2089	
17	3427		3358		3446		2087	
18	3449		3362		3487		2115	
19	3414		3314		3464		2203	
20	3349		3253		3354		1969	
21	3017		3010		3042		2252	
22	3514		3500		3504		2495	
23	3578		3555		3576		2518	
24	3553		3520		3561		2509	
25	3556		3514		3577		2538	
26	3480		3432		3510		2528	
27	3000		2954		2993		2131	
28	2960		2956		2993		2137	
29	3440		3446		3434		2423	
30	3501		3510		3496		2497	
31	3474		3485		3467		2516	
32	3490		3502		3484		2511	
33	3428		3441		3424		2444	
34	2935		2954		2877		2022	
35	3292		3284		3336		1802	
36	3284		3301		3282		2074	
37	3338		3363		3332		2476	
38	3300		3333		3286		2533	
39	3325		3365		3282		2487	
40	3284		3329		3250		2084	
41	3325		3377		3164		1666	
42	4836	4963	4792	4912	4894	4894	1583	3443
43	3864	4099	3841	4042	3876	4069	1592	3443
44	3704	3760	3687	3737	3698	3775	1867	3443
45	3756		3737		3751		2574	
46	3691		3665		3695		3225	
47	3760		3727		3775		3435	
48	3638		3598		3662		3229	
49	3714		3668		3734		3443	
50	3689		3637		3668		3243	
51	3754		3697		3729		2600	
52	3704		3643		3716		1881	
53	4099		4042		4069		1542	
54	4963		4912		4715		1385	

Pile Force in Combinations								
Pipe No.	Com5	Max	Com6	Max	Com7	Max	Com8	Max
1	1395	3945	1959	1959	5260	5260	3066	3066
2	1534	3945	1504	1504	4068	4068	2785	2785
3	2032	3945	1282	1282	3841	3841	2773	2780
4	2882		1019		3740		2721	
5	3877		814		3812		2777	
6	3945		764		3710		2730	
7	3765		828		3763		2780	
8	3943		747		3752		2730	
9	3868		787		3812		2777	
10	2866		988		3758		2721	
11	2032		1193		3841		2773	
12	1623		1214		3866		2785	
13	1716		1145		5141		3066	
14	1775	2735	2194	2587	2812	2812	3791	4874
15	2241		2141		2713		4183	
16	2706		2091		2733		4249	
17	2735		2125		2706		4247	
18	2683		2190		2748		4249	
19	2206		2303		2713		4183	
20	1917		1978		2786		3791	
21	2061		2302		2151		4075	
22	2484		2475		2478		4777	
23	2542		2515		2532		4874	
24	2545		2526		2532		4860	
25	2525		2580		2557		4874	
26	2455		2587		2513		4777	
27	2162		2118		2173		4075	
28	2087		2202		2096		3925	
29	2445		2411		2432		4589	
30	2452		2486		2476		4683	
31	2426		2503		2466		4670	
32	2440		2498		2491		4683	
33	2427		2436		2450		4589	
34	2185		1905		2124		3925	
35	1838		1891		2748		3464	
36	1986		2068		2581		3747	
37	1895		2462		2609		3803	
38	1872		2504		2583		3805	
39	1886		2400		2623		3803	
40	1978		2015		2581		3747	
41	1955		1344		2712		3464	
42	1478	1645	1699	3483	5084	5084	3582	3582
43	1385	1426	1616	3483	4137	4137	3355	3355
44	1235	1235	1855	3483	3706	3764	3198	3265
45	1055		2564		3756		3248	
46	834		3232		3690		3196	
47	805		3465		3713		3265	
48	832		3277		3634		3206	
49	798		3483		3764		3265	
50	818		3200		3692		3196	
51	1032		2550		3758		3248	
52	1221		1906		3706		3198	
53	1426		1481		3875		3355	
54	1645		889		4944		3582	

Esfuerzo y combinaciones en los pilotes.

Número de Pila, Com1, Max, Com2, Max, Com3, Max, Com4, Max.

Pipe No.	Com1	1.25DL+1.6UDL+1.45QC(OP)			Fx/Ax	S(max)	S(min)
	S(My)max	S(Mz)max	S(My)min	S(Mz)min			
1	16.60	48.33	-1.39	-25.53	114.51	179.44	87.58
1	8.61	22.72	-0.90	-11.34	114.51	145.84	102.27
2	13.47	47.20	-0.22	-29.02	89.22	149.89	59.98
2	6.80	22.42	-0.11	-13.17	89.22	118.44	75.94
3	12.09	51.67	0.00	-32.20	88.80	152.57	56.60
3	6.09	24.12	0.00	-14.71	88.80	119.02	74.09
4	10.56	50.47	0.00	-32.59	86.95	147.98	54.36
4	5.25	23.57	0.00	-14.97	86.95	115.77	71.99
5	9.32	52.58	0.00	-33.75	88.28	150.18	54.53
5	4.00	24.64	0.00	-15.48	88.28	116.92	72.80
6	8.02	51.34	0.00	-33.40	86.82	146.18	53.42
6	2.74	23.97	0.00	-15.36	86.82	113.54	71.46
7	9.89	52.77	0.00	-34.16	87.34	150.01	53.19
7	4.51	24.66	0.00	-15.59	87.34	116.51	71.75
8	8.28	51.34	0.00	-34.88	86.04	145.66	51.16
8	3.38	23.97	0.00	-16.06	86.04	113.39	69.99
9	9.32	52.66	0.00	-35.66	88.28	150.26	52.61
9	4.18	24.64	0.00	-16.45	88.28	117.09	71.83
10	11.34	50.48	0.00	-36.23	86.60	148.43	50.38
10	5.64	23.57	0.00	-16.85	86.60	115.81	69.75
11	11.17	52.93	0.00	-34.06	88.80	152.90	54.75
11	5.67	24.41	0.00	-15.68	88.80	118.88	73.12
12	11.69	50.94	-0.19	-30.41	93.00	155.64	62.40
12	5.91	24.12	-0.11	-13.59	93.00	123.03	79.30
13	17.65	51.14	-1.39	-25.74	116.74	185.53	89.61
13	8.61	24.22	-0.90	-11.37	116.74	149.57	104.47
14	7.57	25.04	-2.53	-7.89	96.95	129.57	86.54
14	4.25	11.36	-1.55	-2.94	96.95	112.56	92.46
15	2.81	26.74	-0.10	-14.66	99.65	129.21	84.89
15	2.68	12.12	-0.06	-6.32	99.65	114.45	93.28
16	2.71	27.34	0.00	-15.26	101.04	131.09	85.79
16	2.61	12.48	0.00	-6.61	101.04	116.14	94.44
17	1.03	26.93	0.00	-15.11	100.00	127.96	84.88
17	1.77	12.29	0.00	-6.54	100.00	114.06	93.46
18	2.02	27.32	0.00	-15.88	100.70	130.04	84.81
18	1.80	12.48	0.00	-6.99	100.70	114.98	93.71
19	1.80	26.74	-0.10	-15.12	99.65	128.19	84.43
19	1.61	12.12	-0.06	-6.39	99.65	113.38	93.21
20	7.21	26.04	-2.53	-7.89	97.52	130.77	87.10
20	4.02	11.76	-1.55	-2.94	97.52	113.29	93.03
21	10.27	4.03	-7.80	-0.55	88.20	102.50	79.85
21	6.24	1.39	-3.84	-0.39	88.20	95.83	83.97
22	3.87	5.01	-1.40	-2.46	102.96	111.84	99.10
22	3.15	2.13	-0.71	-1.04	102.96	108.24	101.21
23	2.45	5.85	0.00	-3.19	104.85	113.15	101.66
23	2.52	2.58	0.00	-1.38	104.85	109.95	103.47
24	2.51	5.69	0.00	-3.11	104.11	112.31	101.00
24	2.42	2.53	0.00	-1.37	104.11	109.07	102.74
25	2.36	5.81	0.00	-3.24	104.20	112.37	100.95
25	2.52	2.55	0.00	-1.38	104.20	109.27	102.82
26	3.59	5.01	-1.40	-2.47	101.99	110.59	98.12
26	3.22	2.13	-0.71	-1.04	101.99	107.34	100.24
27	9.29	4.26	-7.80	-0.55	87.69	101.25	79.34
27	5.83	1.55	-3.84	-0.39	87.69	95.08	83.46

	Com1	1.25DL+1.6UDL+1.45QC(OP)					
Pipe No.	S(My)max	S(Mz)max	S(My)min	S(Mz)min	Fx/Ax	S(max)	S(min)
28	9.42	6.80	-7.16	-0.97	86.64	102.86	78.51
28	5.48	4.05	-3.31	-1.12	86.64	96.16	82.21
29	3.21	7.55	-1.01	-3.59	100.95	111.70	96.35
29	2.57	4.70	-0.41	-2.61	100.95	108.21	97.93
30	2.22	8.30	0.00	-4.24	102.75	113.27	98.51
30	2.15	5.02	0.00	-2.88	102.75	109.92	99.88
31	2.15	8.04	0.00	-4.17	101.95	112.14	97.79
31	2.10	4.91	0.00	-2.85	101.95	108.96	99.10
32	1.71	8.25	0.00	-4.53	102.43	112.40	97.91
32	1.93	5.01	0.00	-2.99	102.43	109.37	99.44
33	2.38	7.55	-1.01	-3.69	100.60	110.53	95.90
33	2.19	4.70	-0.41	-2.65	100.60	107.49	97.54
34	8.43	7.11	-7.16	-0.97	85.91	101.45	77.78
34	4.89	4.21	-3.31	-1.12	85.91	95.00	81.49
35	7.15	30.80	-1.52	-10.74	95.76	133.70	83.50
35	3.47	16.51	-0.68	-6.07	95.76	115.74	89.01
36	2.21	30.50	-0.08	-16.26	95.92	128.63	79.58
36	2.03	16.02	-0.03	-8.80	95.92	113.98	87.08
37	2.03	30.94	0.00	-16.80	97.51	130.48	80.71
37	1.94	16.23	0.00	-9.07	97.51	115.68	88.44
38	1.19	30.57	0.00	-16.69	96.36	128.11	79.67
38	0.80	16.01	0.00	-9.01	96.36	113.17	87.35
39	2.22	30.92	0.00	-17.80	97.12	130.26	79.32
39	1.04	16.23	0.00	-9.75	97.12	114.39	87.37
40	1.95	30.50	-0.08	-17.02	95.92	128.37	78.83
40	0.92	16.02	-0.03	-9.34	95.92	112.86	86.55
41	6.41	32.06	-1.49	-10.74	96.73	135.19	84.50
41	3.16	17.05	-0.68	-6.07	96.73	116.93	89.98
42	16.74	45.35	-2.89	-21.37	114.50	176.60	90.24
42	8.37	23.54	-1.43	-10.95	114.50	146.41	102.13
43	14.01	45.20	-1.02	-24.16	91.16	150.36	65.98
43	7.09	23.23	-0.64	-12.08	91.16	121.48	78.44
44	11.30	45.76	-0.06	-25.01	87.49	144.55	62.42
44	5.58	23.72	-0.01	-13.20	87.49	116.79	74.27
45	10.10	45.28	-0.04	-25.15	88.73	144.10	63.54
45	4.90	23.48	0.00	-13.30	88.73	117.11	75.43
46	8.77	46.59	0.00	-26.26	87.16	142.52	60.89
46	3.89	23.95	0.00	-13.83	87.16	114.99	73.33
47	8.50	46.12	-0.01	-26.02	88.75	143.37	62.72
47	3.31	23.86	0.00	-13.71	88.75	115.92	75.05
48	9.35	46.45	0.00	-27.14	85.82	141.62	58.68
48	4.32	23.96	0.00	-14.16	85.82	114.10	71.66
49	8.36	46.12	-0.01	-27.83	87.64	142.12	59.79
49	3.48	23.86	-0.01	-14.74	87.64	114.98	72.89
50	8.76	46.59	0.00	-28.63	87.11	142.46	58.48
50	3.96	23.98	0.00	-15.16	87.11	115.05	71.95
51	10.77	45.43	-0.04	-29.66	88.67	144.87	58.97
51	5.26	23.62	0.00	-15.77	88.67	117.56	72.90
52	10.21	47.44	-0.06	-27.31	87.49	145.14	60.11
52	5.06	24.56	-0.01	-14.57	87.49	117.11	72.91
53	12.33	48.89	-0.99	-26.12	96.90	158.12	69.80
53	6.25	24.95	-0.63	-13.14	96.90	128.10	83.14
54	17.83	48.46	-2.86	-22.11	117.58	183.86	92.60
54	8.37	25.06	-1.43	-11.21	117.58	151.01	104.94
max(1.2m)	17.83	52.93	0.00	-10.95	117.58	185.53	104.94
max(1.0m)	10.27	32.06	0.00	-0.39	104.85	135.19	103.47

Pipe No.	Com2	1.25DL+1.6UDL+1.6B+1.45QC(OP)				Fx/Ax	S(max)	S(min)
	S(My)max	S(Mz)max	S(My)min	S(Mz)min				
1	32.80	48.78	-17.59	-25.98	115.90	197.47	72.33	
1	25.04	23.51	-17.33	-12.13	115.90	164.45	86.44	
2	27.71	51.27	-14.46	-33.08	90.02	169.00	42.47	
2	20.70	27.61	-14.02	-18.35	90.02	138.32	57.65	
3	24.72	62.51	-12.62	-43.03	89.57	176.79	33.92	
3	18.17	36.57	-12.08	-27.16	89.57	144.31	50.33	
4	21.02	66.39	-10.46	-48.51	87.90	175.30	28.92	
4	14.96	41.98	-9.71	-33.38	87.90	144.84	44.80	
5	18.36	76.94	-9.04	-58.10	89.56	184.86	22.42	
5	12.43	51.68	-8.43	-42.52	89.56	153.67	38.61	
6	15.68	79.77	-7.66	-61.83	88.34	183.79	18.85	
6	9.73	56.08	-6.99	-47.47	88.34	154.16	33.88	
7	16.64	90.52	-6.75	-71.90	89.23	196.39	10.58	
7	10.77	66.08	-6.26	-57.02	89.23	166.08	25.96	
8	14.17	92.04	-5.89	-75.58	88.10	194.31	6.63	
8	8.72	69.49	-5.34	-61.58	88.10	166.32	21.19	
9	14.62	103.59	-5.30	-86.59	90.71	208.91	-1.18	
9	9.07	80.18	-4.90	-71.99	90.71	179.96	13.83	
10	16.03	103.43	-4.69	-89.17	89.13	208.59	-4.73	
10	9.91	82.30	-4.27	-75.59	89.13	181.35	9.27	
11	15.44	117.19	-4.27	-98.31	91.65	224.28	-10.93	
11	9.64	93.98	-3.97	-85.25	91.65	195.27	2.43	
12	15.50	116.74	-4.00	-96.20	95.85	228.08	-4.35	
12	9.40	96.23	-3.60	-85.70	95.85	201.48	6.55	
13	21.17	129.67	-4.91	-104.27	119.88	270.71	10.70	
13	11.92	107.99	-4.21	-95.15	119.88	239.79	20.52	
14	11.99	26.69	-6.94	-9.54	96.81	135.49	80.33	
14	8.86	13.09	-6.16	-4.67	96.81	118.76	85.98	
15	4.70	40.04	-1.99	-27.96	98.63	143.37	68.68	
15	4.65	25.43	-2.03	-19.63	98.63	128.71	76.98	
16	3.85	51.79	-1.14	-39.71	99.43	155.06	58.59	
16	3.79	36.99	-1.18	-31.12	99.43	140.22	67.12	
17	1.83	62.34	-0.80	-50.52	97.77	161.94	46.45	
17	2.60	47.83	-0.83	-42.07	97.77	148.20	54.87	
18	2.64	73.61	-0.62	-62.17	97.86	174.12	35.07	
18	2.44	58.96	-0.64	-53.47	97.86	159.26	43.76	
19	2.33	83.78	-0.63	-72.16	96.42	182.53	23.63	
19	2.15	69.40	-0.60	-63.67	96.42	167.97	32.15	
20	7.69	93.52	-3.01	-75.36	94.41	195.62	16.05	
20	4.48	79.58	-2.02	-70.76	94.41	178.47	21.64	
21	10.97	6.77	-8.51	-3.29	87.95	105.68	76.15	
21	6.92	4.13	-4.53	-3.13	87.95	99.00	80.29	
22	4.06	17.78	-1.60	-15.22	102.50	124.33	85.68	
22	3.34	14.77	-0.90	-13.68	102.50	120.61	87.91	
23	2.56	28.37	-0.11	-25.70	104.11	135.04	78.30	
23	2.64	24.90	-0.11	-23.70	104.11	131.65	80.30	
24	2.59	37.97	-0.08	-35.38	103.05	143.61	67.59	
24	2.50	34.53	-0.08	-33.37	103.05	140.09	69.60	
25	2.43	47.79	-0.06	-45.23	102.85	153.07	57.56	
25	2.59	44.22	-0.06	-43.04	102.85	149.66	59.75	
26	3.64	56.58	-1.45	-54.04	100.44	160.66	44.95	
26	3.27	53.35	-0.76	-52.26	100.44	157.05	47.42	
27	9.33	65.25	-7.83	-61.54	86.21	160.79	16.83	
27	5.86	62.21	-3.88	-61.05	86.21	154.28	21.28	

Pipe No.	Com2	1.25DL+1.6UDL+1.6B+1.45QC(OP)				Fx/Ax	S(max)	S(min)
	S(My)max	S(Mz)max	S(My)min	S(Mz)min				
28	15.66	7.79	-13.40	-1.97	86.49	109.94	71.13	
28	11.88	5.01	-9.71	-2.08	86.49	103.38	74.71	
29	6.81	17.15	-4.61	-13.19	101.15	125.11	83.36	
29	6.25	14.17	-4.09	-12.08	101.15	121.57	84.99	
30	4.51	26.95	-2.29	-22.89	103.02	134.48	77.84	
30	4.47	23.50	-2.32	-21.36	103.02	130.99	79.35	
31	3.78	35.53	-1.63	-31.65	102.29	141.59	69.00	
31	3.77	32.19	-1.66	-30.13	102.29	138.24	70.50	
32	2.99	44.44	-1.28	-40.72	102.82	150.25	60.82	
32	3.22	40.96	-1.30	-38.94	102.82	147.00	62.58	
33	3.42	52.27	-2.05	-48.41	101.01	156.70	50.56	
33	3.25	49.14	-1.46	-47.10	101.01	153.41	52.45	
34	9.26	60.29	-7.99	-54.16	86.52	156.07	24.37	
34	5.75	57.12	-4.17	-54.03	86.52	149.39	28.32	
35	17.64	31.21	-12.02	-11.16	95.48	144.34	72.31	
35	14.21	16.96	-11.41	-6.52	95.48	126.66	77.55	
36	10.46	36.92	-8.33	-22.68	96.45	143.83	65.44	
36	10.39	22.44	-8.38	-15.22	96.45	129.27	72.84	
37	8.05	45.30	-6.02	-31.17	98.31	151.66	61.13	
37	8.01	30.63	-6.06	-23.47	98.31	136.95	68.78	
38	5.72	52.93	-4.53	-39.06	97.41	156.06	53.83	
38	5.37	38.45	-4.58	-31.44	97.41	141.23	61.39	
39	5.83	61.16	-3.62	-48.04	98.42	165.41	46.76	
39	4.69	46.57	-3.65	-40.08	98.42	149.67	54.68	
40	4.96	68.37	-3.08	-54.89	97.36	170.69	39.39	
40	3.94	54.01	-3.06	-47.32	97.36	155.31	46.98	
41	8.89	77.61	-3.97	-56.29	98.39	184.89	38.13	
41	5.68	62.73	-3.20	-51.75	98.39	166.81	43.44	
42	32.77	45.50	-18.93	-21.52	113.30	191.58	72.86	
42	24.69	23.78	-17.75	-11.19	113.30	161.77	84.37	
43	30.73	46.77	-17.74	-25.73	90.53	168.03	47.07	
43	23.81	25.16	-17.36	-14.01	90.53	139.51	59.16	
44	26.10	49.81	-14.86	-29.06	87.04	162.95	43.12	
44	20.17	28.33	-14.60	-17.81	87.04	135.54	54.62	
45	24.69	52.62	-14.63	-32.49	88.21	165.53	41.09	
45	19.05	31.86	-14.14	-21.68	88.21	139.12	52.39	
46	21.14	57.23	-12.37	-36.90	86.45	164.83	37.18	
46	15.82	35.72	-11.94	-25.60	86.45	138.00	48.91	
47	20.51	60.85	-12.03	-40.75	87.87	169.24	35.09	
47	14.76	40.31	-11.46	-30.16	87.87	142.94	46.26	
48	19.45	64.48	-10.10	-45.17	84.75	168.68	29.48	
48	13.97	43.64	-9.65	-33.84	84.75	142.36	41.26	
49	18.24	68.72	-9.88	-50.44	86.41	173.37	26.08	
49	12.81	48.75	-9.34	-39.63	86.41	147.97	37.43	
50	17.08	72.31	-8.32	-54.34	85.72	175.10	23.06	
50	11.88	51.77	-7.92	-42.95	85.72	149.37	34.85	
51	19.01	75.91	-8.28	-60.14	87.13	182.05	18.72	
51	13.02	56.84	-7.76	-48.98	87.13	157.00	30.39	
52	17.19	80.64	-7.04	-60.51	85.87	183.70	18.32	
52	11.71	60.09	-6.67	-50.10	85.87	157.68	29.10	
53	19.17	87.66	-7.84	-64.88	95.35	202.18	22.63	
53	12.78	66.63	-7.15	-54.82	95.35	174.76	33.38	
54	23.57	90.17	-8.61	-63.82	116.22	229.96	43.79	
54	13.97	69.00	-7.03	-55.15	116.22	199.19	54.04	
max(1.2m)	32.80	129.67	-3.60	-11.19	119.88	270.71	86.44	
max(1.0m)	17.64	93.52	-0.06	-1.97	104.11	195.62	87.91	

	Com3	1.25DL+1.6UDL+1.6*0.5M+1.45QC(OP)						
Pipe No.	S(My)max	S(Mz)max	S(My)min	S(Mz)min	Fx/Ax	S(max)	S(min)	
1	40.78	55.66	-25.57	-32.86	116.83	213.26	58.39	
1	33.46	30.60	-25.74	-19.22	116.83	180.89	71.86	
2	38.95	50.58	-25.69	-32.40	89.99	179.51	31.90	
2	32.55	26.26	-25.86	-17.01	89.99	148.80	47.11	
3	40.40	52.96	-28.30	-33.49	88.92	182.28	27.13	
3	34.55	25.58	-28.46	-16.17	88.92	149.05	44.30	
4	38.33	50.57	-27.78	-32.69	86.82	175.73	26.35	
4	33.15	23.69	-27.90	-15.09	86.82	143.65	43.84	
5	38.37	52.80	-29.05	-33.97	88.04	179.21	25.02	
5	33.15	24.90	-29.14	-15.73	88.04	146.08	43.16	
6	35.15	52.72	-27.13	-34.78	86.48	174.35	24.57	
6	29.84	25.65	-27.10	-17.04	86.48	141.98	42.34	
7	37.07	56.74	-27.18	-38.12	86.83	180.65	21.52	
7	31.53	29.26	-27.02	-20.19	86.83	147.62	39.61	
8	33.02	57.82	-24.74	-41.37	85.42	176.26	19.31	
8	27.70	31.69	-24.32	-23.78	85.42	144.81	37.32	
9	33.44	63.76	-24.11	-46.77	87.50	184.70	16.62	
9	27.77	37.30	-23.59	-29.11	87.50	152.57	34.80	
10	33.02	64.44	-21.68	-50.19	85.78	183.24	13.91	
10	26.59	39.81	-20.95	-33.10	85.78	152.19	31.73	
11	31.69	73.09	-20.52	-54.21	87.70	192.47	12.97	
11	25.65	46.88	-19.98	-38.15	87.70	160.24	29.56	
12	29.51	74.02	-18.01	-53.49	91.23	194.76	19.74	
12	23.36	50.09	-17.56	-39.57	91.23	164.69	34.11	
13	33.64	81.93	-17.39	-56.53	113.20	228.77	39.28	
13	24.90	57.39	-17.18	-44.55	113.20	195.49	51.46	
14	31.00	30.42	-25.96	-13.27	97.82	159.25	58.60	
14	28.30	16.76	-25.61	-8.34	97.82	142.89	63.88	
15	29.33	27.72	-26.61	-15.64	99.27	156.32	57.01	
15	29.32	13.11	-26.70	-7.31	99.27	141.70	65.26	
16	29.84	27.52	-27.13	-15.44	101.08	158.45	58.51	
16	29.76	12.67	-27.15	-6.79	101.08	143.51	67.14	
17	26.65	30.20	-25.62	-18.39	100.61	157.46	56.61	
17	27.40	15.59	-25.63	-9.83	100.61	143.60	65.15	
18	25.02	36.53	-23.00	-25.09	101.91	163.46	53.82	
18	24.79	21.76	-22.99	-16.27	101.91	148.46	62.65	
19	21.66	43.44	-19.97	-31.82	101.28	166.37	49.49	
19	21.58	28.91	-20.03	-23.18	101.28	151.76	58.07	
20	23.47	50.80	-18.79	-32.64	97.66	171.93	46.23	
20	20.88	36.60	-18.42	-27.78	97.66	155.14	51.47	
21	35.52	8.34	-33.06	-4.86	89.00	132.86	51.08	
21	32.11	5.62	-29.72	-4.62	89.00	126.73	54.67	
22	31.71	5.77	-29.24	-3.22	102.65	140.13	70.19	
22	31.12	2.88	-28.69	-1.80	102.65	136.65	72.17	
23	30.75	6.00	-28.30	-3.33	104.79	141.54	73.16	
23	30.89	2.73	-28.37	-1.52	104.79	138.41	74.90	
24	29.60	8.30	-27.09	-5.72	104.39	142.29	71.58	
24	29.61	5.09	-27.18	-3.93	104.39	139.08	73.28	
25	27.27	13.30	-24.90	-10.73	104.87	145.43	69.23	
25	27.53	9.91	-25.01	-8.74	104.87	142.31	71.12	
26	25.74	18.85	-23.55	-16.31	102.96	147.54	63.10	
26	25.57	15.76	-23.06	-14.68	102.96	144.29	65.22	
27	27.93	25.42	-26.43	-21.71	87.49	140.83	39.34	
27	25.18	22.30	-23.20	-21.14	87.49	134.97	43.15	

	Com3	1.25DL+1.6UDL+1.6*0.5M+1.45QC(OP)					
Pipe No.	S(My)max	S(Mz)max	S(My)min	S(Mz)min	Fx/Ax	S(max)	S(min)
28	35.59	10.19	-33.33	-4.37	87.68	133.47	49.99
28	32.27	7.34	-30.10	-4.42	87.68	127.30	53.17
29	31.57	8.13	-29.37	-4.17	100.75	140.45	67.22
29	31.10	5.27	-28.94	-3.18	100.75	137.12	68.63
30	30.94	8.41	-28.72	-4.35	102.57	141.91	69.50
30	30.97	5.13	-28.82	-2.98	102.57	138.66	70.76
31	29.88	10.06	-27.74	-6.19	101.74	141.68	67.81
31	30.00	6.87	-27.90	-4.82	101.74	138.61	69.02
32	27.69	14.27	-25.98	-10.54	102.22	144.17	65.70
32	28.08	10.84	-26.15	-8.82	102.22	141.14	67.24
33	25.99	18.78	-24.61	-14.92	100.47	145.24	60.94
33	26.07	15.66	-24.29	-13.62	100.47	142.21	62.56
34	28.26	25.31	-26.99	-19.18	84.01	137.59	37.85
34	25.74	21.58	-24.16	-18.50	84.01	131.34	41.36
35	33.76	33.52	-28.14	-13.46	97.19	164.47	55.59
35	30.73	19.13	-27.93	-8.69	97.19	147.05	60.57
36	30.74	30.96	-28.61	-16.72	95.83	157.53	50.50
36	30.76	16.47	-28.76	-9.25	95.83	143.07	57.82
37	30.94	31.02	-28.91	-16.88	97.30	159.25	51.50
37	30.96	16.31	-29.02	-9.15	97.30	144.56	59.13
38	29.21	32.03	-28.02	-18.15	95.88	157.12	49.70
38	29.04	17.49	-28.24	-10.49	95.88	142.41	57.15
39	28.76	35.80	-26.54	-22.68	95.72	160.28	46.50
39	27.85	20.91	-26.81	-14.43	95.72	144.48	54.48
40	26.69	39.34	-24.82	-25.86	94.80	160.83	44.12
40	25.91	24.76	-25.02	-18.08	94.80	145.47	51.70
41	25.97	48.37	-21.05	-27.05	91.51	165.85	43.41
41	24.54	31.98	-22.06	-21.00	91.51	148.03	48.45
42	47.92	47.66	-34.07	-23.68	116.06	211.64	58.32
42	40.22	25.87	-33.27	-13.28	116.06	182.15	69.51
43	48.44	46.35	-35.45	-25.31	91.49	186.27	30.73
43	41.89	24.44	-35.44	-13.28	91.49	157.81	42.76
44	44.56	46.14	-33.33	-25.39	87.34	178.04	28.62
44	38.96	24.11	-33.40	-13.60	87.34	150.41	40.34
45	45.88	45.32	-35.82	-25.19	88.59	179.79	27.58
45	40.69	23.52	-35.79	-13.34	88.59	152.80	39.46
46	42.59	46.63	-33.82	-26.30	87.26	176.48	27.14
46	37.65	24.00	-33.76	-13.88	87.26	148.91	39.62
47	44.30	46.46	-35.81	-26.36	89.16	179.92	26.99
47	39.00	24.31	-35.70	-14.16	89.16	152.47	39.31
48	42.68	47.37	-33.33	-28.06	86.48	176.53	25.09
48	37.55	25.10	-33.22	-15.30	86.48	149.12	37.96
49	42.94	47.87	-34.59	-29.58	88.18	178.99	24.01
49	38.07	26.10	-34.61	-16.98	88.18	152.35	36.60
50	39.72	49.36	-30.96	-31.40	86.54	175.62	24.19
50	35.37	27.44	-31.42	-18.62	86.54	149.36	36.50
51	45.30	49.86	-34.57	-34.08	88.00	183.15	19.35
51	39.01	29.02	-33.74	-21.17	88.00	156.03	33.09
52	41.27	53.79	-31.12	-33.67	87.82	182.88	23.03
52	35.63	31.80	-30.58	-21.81	87.82	155.24	35.43
53	41.53	58.17	-30.19	-35.39	96.08	195.77	30.50
53	36.31	35.16	-30.68	-23.34	96.08	167.54	42.05
54	39.23	61.32	-24.26	-34.97	110.91	211.46	51.67
54	33.11	38.01	-26.17	-24.16	110.91	182.03	60.58
max(1.2m)	48.44	81.93	-17.18	-13.28	116.83	228.77	71.86
max(1.0m)	35.59	50.80	-18.42	-1.52	104.87	171.93	74.90

Pipe No.	Com4	1.25DL+1.05*0.5UDL+1.3QC(ES)				Fx/Ax	S(max)	S(min)
	S(My)max	S(Mz)max	S(My)min	S(Mz)min				
1	62.83	16.45	-62.83	-16.45	36.20	115.47	-43.08	
1	64.23	9.80	-64.23	-9.80	36.20	110.23	-37.83	
2	59.99	18.27	-59.99	-18.27	29.00	107.26	-49.26	
2	61.06	10.97	-61.06	-10.97	29.00	101.03	-43.02	
3	62.01	20.70	-62.01	-20.70	25.21	107.92	-57.50	
3	63.36	12.63	-63.36	-12.63	25.21	101.20	-50.78	
4	58.20	20.25	-58.20	-20.25	19.92	98.37	-58.54	
4	59.89	12.59	-59.89	-12.59	19.92	92.40	-52.56	
5	63.19	21.02	-63.19	-21.02	15.56	99.77	-68.65	
5	63.71	13.40	-63.71	-13.40	15.56	92.67	-61.55	
6	64.17	20.49	-64.17	-20.49	14.69	99.34	-69.97	
6	62.66	13.26	-62.66	-13.26	14.69	90.61	-61.23	
7	65.52	21.82	-65.52	-21.82	16.32	103.66	-71.02	
7	64.61	14.46	-64.61	-14.46	16.32	95.40	-62.75	
8	61.48	21.42	-61.48	-21.42	14.78	97.68	-68.12	
8	61.01	14.46	-61.01	-14.46	14.78	90.25	-60.69	
9	67.99	22.48	-67.99	-22.48	15.84	106.30	-74.63	
9	65.55	15.50	-65.55	-15.50	15.84	96.88	-65.21	
10	66.61	22.19	-66.61	-22.19	20.37	109.18	-68.43	
10	63.28	15.52	-63.28	-15.52	20.37	99.17	-58.43	
11	66.38	24.30	-66.38	-24.30	25.26	115.94	-65.42	
11	64.36	17.25	-64.36	-17.25	25.26	106.88	-56.36	
12	60.54	22.70	-60.54	-22.70	26.78	110.02	-56.46	
12	59.90	16.60	-59.90	-16.60	26.78	103.28	-49.72	
13	61.15	22.72	-61.15	-22.72	27.94	111.81	-55.92	
13	61.56	17.24	-61.56	-17.24	27.94	106.74	-50.86	
14	48.83	7.77	-48.83	-7.77	51.28	107.89	-5.32	
14	49.87	5.11	-49.87	-5.11	51.28	106.26	-3.69	
15	48.51	12.01	-48.51	-12.01	51.34	111.86	-9.18	
15	49.25	7.71	-49.25	-7.71	51.34	108.30	-5.62	
16	49.23	11.98	-49.23	-11.98	49.27	110.48	-11.93	
16	49.37	8.20	-49.37	-8.20	49.27	106.84	-8.30	
17	49.41	12.95	-49.41	-12.95	49.22	111.59	-13.14	
17	49.23	9.22	-49.23	-9.22	49.22	107.67	-9.23	
18	49.86	13.76	-49.86	-13.76	49.95	113.56	-13.66	
18	49.19	10.17	-49.19	-10.17	49.95	109.31	-9.42	
19	48.59	15.99	-48.59	-15.99	52.36	116.93	-12.22	
19	48.32	11.86	-48.32	-11.86	52.36	112.53	-7.82	
20	46.59	13.63	-46.59	-13.63	46.77	106.99	-13.45	
20	47.27	11.27	-47.27	-11.27	46.77	105.31	-11.77	
21	47.27	4.08	-47.27	-4.08	53.59	104.94	2.24	
21	46.24	3.93	-46.24	-3.93	53.59	103.75	3.43	
22	45.04	5.27	-45.04	-5.27	58.98	109.29	8.67	
22	44.97	4.82	-44.97	-4.82	58.98	108.77	9.19	
23	44.04	6.39	-44.04	-6.39	59.48	109.91	9.04	
23	44.32	5.79	-44.32	-5.79	59.48	109.58	9.37	
24	43.85	7.17	-43.85	-7.17	59.26	110.29	8.24	
24	43.99	6.67	-43.99	-6.67	59.26	109.92	8.61	
25	43.62	8.29	-43.62	-8.29	60.00	111.90	8.09	
25	43.65	7.69	-43.65	-7.69	60.00	111.34	8.66	
26	43.79	9.11	-43.79	-9.11	59.85	112.75	6.95	
26	43.47	8.63	-43.47	-8.63	59.85	111.94	7.76	
27	44.79	9.84	-44.79	-9.84	50.39	105.02	-4.23	
27	43.67	9.63	-43.67	-9.63	50.39	103.70	-2.91	

Pipe No.	Com4	1.25DL+1.05*0.5UDL+1.3QC(ES)			Fx/Ax	S(max)	S(min)
	S(My)max	S(Mz)max	S(My)min	S(Mz)min			
28	42.77	4.05	-42.77	-4.05	50.65	97.48	3.83
28	41.57	3.95	-41.57	-3.95	50.65	96.18	5.13
29	40.89	5.67	-40.89	-5.67	57.21	103.78	10.64
29	40.61	5.21	-40.61	-5.21	57.21	103.03	11.39
30	40.64	5.81	-40.64	-5.81	59.04	105.49	12.59
30	40.35	5.62	-40.35	-5.62	59.04	105.01	13.07
31	40.14	6.17	-40.14	-6.17	59.56	105.87	13.25
31	39.92	6.20	-39.92	-6.20	59.56	105.68	13.44
32	39.39	7.33	-39.39	-7.33	59.41	106.13	12.68
32	39.34	7.21	-39.34	-7.21	59.41	105.95	12.86
33	38.67	9.03	-38.67	-9.03	57.77	105.47	10.07
33	38.72	8.52	-38.72	-8.52	57.77	105.02	10.52
34	39.77	9.43	-39.77	-9.43	47.61	96.82	-1.60
34	38.92	9.07	-38.92	-9.07	47.61	95.60	-0.38
35	36.96	7.29	-36.96	-7.29	42.83	87.08	-1.42
35	36.88	5.40	-36.88	-5.40	42.83	85.12	0.54
36	39.80	9.72	-39.80	-9.72	49.42	98.94	-0.11
36	38.22	6.86	-38.22	-6.86	49.42	94.49	4.34
37	40.01	8.38	-40.01	-8.38	59.91	108.31	11.51
37	38.47	5.87	-38.47	-5.87	59.91	104.25	15.57
38	37.74	8.47	-37.74	-8.47	61.43	107.64	15.21
38	37.12	6.36	-37.12	-6.36	61.43	104.90	17.95
39	35.50	8.75	-35.50	-8.75	60.18	104.43	15.93
39	35.79	6.90	-35.79	-6.90	60.18	102.87	17.49
40	32.48	12.62	-32.48	-12.62	49.69	94.79	4.58
40	33.84	9.78	-33.84	-9.78	49.69	93.31	6.07
41	32.49	12.36	-32.49	-12.36	39.25	84.10	-5.59
41	33.62	10.04	-33.62	-10.04	39.25	82.92	-4.41
42	43.05	8.43	-43.05	-8.43	32.46	83.93	-19.01
42	41.02	5.51	-41.02	-5.51	32.46	78.99	-14.07
43	46.53	9.28	-46.53	-9.28	32.77	88.57	-23.04
43	44.07	5.78	-44.07	-5.78	32.77	82.62	-17.08
44	48.18	9.45	-48.18	-9.45	38.83	96.46	-18.80
44	43.56	6.47	-43.56	-6.47	38.83	88.87	-11.20
45	55.90	8.27	-55.90	-8.27	54.25	118.42	-9.92
45	48.78	5.67	-48.78	-5.67	54.25	108.69	-0.19
46	47.67	9.89	-47.67	-9.89	68.48	126.04	10.93
46	43.69	5.92	-43.69	-5.92	68.48	118.10	18.87
47	40.05	8.74	-40.05	-8.74	73.05	121.85	24.26
47	40.98	5.68	-40.98	-5.68	73.05	119.71	26.40
48	40.03	9.95	-40.03	-9.95	68.58	118.55	18.61
48	39.73	6.23	-39.73	-6.23	68.58	114.54	22.62
49	45.07	8.65	-45.07	-8.65	73.23	126.95	19.51
49	43.30	5.98	-43.30	-5.98	73.23	122.51	23.95
50	32.49	9.73	-32.49	-9.73	68.89	111.10	26.67
50	35.62	6.78	-35.62	-6.78	68.89	111.28	26.49
51	28.81	9.00	-28.81	-9.00	54.82	92.63	17.02
51	34.40	7.71	-34.40	-7.71	54.82	96.93	12.72
52	30.00	11.57	-30.00	-11.57	39.15	80.72	-2.43
52	33.62	9.25	-33.62	-9.25	39.15	82.01	-3.72
53	36.27	12.37	-36.27	-12.37	31.69	80.33	-16.95
53	37.94	9.37	-37.94	-9.37	31.69	78.99	-15.61
54	36.09	12.63	-36.09	-12.63	28.16	76.88	-20.56
54	36.45	9.82	-36.45	-9.82	28.16	74.43	-18.11
max(1.2m)	67.99	24.30	-28.81	-5.51	73.23	126.95	26.67
max(1.0m)	49.87	15.99	-32.48	-3.93	61.43	116.93	17.95

Pipe No.	Com5	1.25DL+1.05*0.5UDL+1.3QC(LS)			Fx/Ax	S(max)	S(min)
	S(My)max	S(Mz)max	S(My)min	S(Mz)min			
1	47.15	23.52	-47.15	-23.52	27.64	98.31	-43.03
1	48.77	17.91	-48.77	-17.91	27.64	94.33	-39.04
2	43.43	23.44	-43.43	-23.44	30.91	97.79	-35.96
2	45.44	18.13	-45.44	-18.13	30.91	94.49	-32.66
3	39.57	25.67	-39.57	-25.67	41.79	107.02	-23.45
3	44.40	20.11	-44.40	-20.11	41.79	106.29	-22.72
4	32.42	21.90	-32.42	-21.90	60.40	114.73	6.07
4	39.56	18.31	-39.56	-18.31	60.40	118.27	2.53
5	44.51	19.41	-44.51	-19.41	82.07	145.99	18.15
5	46.85	16.98	-46.85	-16.98	82.07	145.91	18.23
6	58.46	18.42	-58.46	-18.42	83.61	160.49	6.73
6	52.91	15.69	-52.91	-15.69	83.61	152.22	15.01
7	55.65	19.66	-55.65	-19.66	79.65	154.96	4.33
7	52.22	17.61	-52.22	-17.61	79.65	149.48	9.82
8	48.30	19.39	-48.30	-19.39	83.56	151.25	15.87
8	47.19	17.77	-47.19	-17.77	83.56	148.53	18.60
9	66.78	19.98	-66.78	-19.98	81.88	168.64	-4.88
9	57.55	18.34	-57.55	-18.34	81.88	157.76	5.99
10	71.11	21.48	-71.11	-21.48	60.06	152.65	-32.52
10	58.28	19.53	-58.28	-19.53	60.06	137.87	-17.75
11	63.39	27.47	-63.39	-27.47	41.79	132.65	-49.08
11	54.90	24.55	-54.90	-24.55	41.79	121.23	-37.66
12	51.84	28.29	-51.84	-28.29	32.85	112.98	-47.28
12	47.85	25.26	-47.85	-25.26	32.85	105.95	-40.25
13	48.93	31.78	-48.93	-31.78	34.66	115.37	-46.04
13	47.39	28.12	-47.39	-28.12	34.66	110.17	-40.85
14	36.86	15.45	-36.86	-15.45	41.69	94.00	-10.63
14	38.21	12.32	-38.21	-12.32	41.69	92.22	-8.84
15	35.11	17.82	-35.11	-17.82	53.34	106.27	0.41
15	36.75	14.31	-36.75	-14.31	53.34	104.40	2.28
16	39.34	11.57	-39.34	-11.57	65.48	116.39	14.57
16	38.69	11.52	-38.69	-11.52	65.48	115.70	15.27
17	41.35	12.74	-41.35	-12.74	66.24	120.33	12.14
17	39.35	12.91	-39.35	-12.91	66.24	118.50	13.97
18	43.90	13.07	-43.90	-13.07	64.89	121.85	7.92
18	40.35	13.72	-40.35	-13.72	64.89	118.96	10.81
19	40.49	22.02	-40.49	-22.02	52.43	114.94	-10.08
19	38.20	19.46	-38.20	-19.46	52.43	110.10	-5.23
20	35.35	23.54	-35.35	-23.54	45.42	104.31	-13.47
20	35.58	21.00	-35.58	-21.00	45.42	102.00	-11.15
21	37.33	10.66	-37.33	-10.66	48.56	96.54	0.58
21	36.30	10.15	-36.30	-10.15	48.56	95.02	2.10
22	35.16	11.36	-35.16	-11.36	58.69	105.21	12.18
22	34.96	11.06	-34.96	-11.06	58.69	104.72	12.67
23	34.57	11.50	-34.57	-11.50	60.10	106.17	14.03
23	34.42	11.78	-34.42	-11.78	60.10	106.30	13.89
24	34.42	12.23	-34.42	-12.23	60.20	106.85	13.55
24	34.06	12.85	-34.06	-12.85	60.20	107.11	13.29
25	33.93	14.05	-33.93	-14.05	59.64	107.63	11.66
25	33.54	14.41	-33.54	-14.41	59.64	107.59	11.70

	Com5	1.25DL+1.05*0.5UDL+1.3QC(LS)						
Pipe No.	S(My)max	S(Mz)max	S(My)min	S(Mz)min	Fx/Ax	S(max)	S(min)	
28	34.23	9.28	-34.23	-9.28	49.31	92.82	5.80	
28	32.97	9.08	-32.97	-9.08	49.31	91.37	7.26	
29	31.92	11.64	-31.92	-11.64	57.78	101.34	14.22	
29	31.70	10.94	-31.70	-10.94	57.78	100.43	15.13	
30	31.11	12.94	-31.11	-12.94	57.85	101.89	13.80	
30	31.08	12.17	-31.08	-12.17	57.85	101.10	14.59	
31	30.37	13.94	-30.37	-13.94	57.19	101.50	12.88	
31	30.46	13.29	-30.46	-13.29	57.19	100.94	13.45	
32	29.54	15.45	-29.54	-15.45	57.54	102.52	12.55	
32	29.80	14.60	-29.80	-14.60	57.54	101.93	13.14	
33	29.17	16.63	-29.17	-16.63	57.31	103.11	11.51	
33	29.33	15.78	-29.33	-15.78	57.31	102.42	12.21	
34	30.81	16.70	-30.81	-16.70	51.90	99.42	4.38	
34	29.76	16.30	-29.76	-16.30	51.90	97.96	5.84	
35	28.91	11.54	-28.91	-11.54	43.77	84.22	3.32	
35	29.05	9.71	-29.05	-9.71	43.77	82.52	5.01	
36	29.71	15.21	-29.71	-15.21	47.10	92.02	2.18	
36	29.26	12.03	-29.26	-12.03	47.10	88.39	5.81	
37	29.94	14.84	-29.94	-14.84	44.64	89.42	-0.15	
37	29.15	12.35	-29.15	-12.35	44.64	86.13	3.14	
38	28.67	15.95	-28.67	-15.95	44.03	88.64	-0.58	
38	28.28	13.44	-28.28	-13.44	44.03	85.75	2.31	
39	27.53	17.00	-27.53	-17.00	44.41	88.95	-0.12	
39	27.48	14.48	-27.48	-14.48	44.41	86.38	2.45	
40	25.86	19.72	-25.86	-19.72	46.89	92.48	1.31	
40	26.43	16.35	-26.43	-16.35	46.89	89.67	4.12	
41	25.41	18.27	-25.41	-18.27	46.82	90.51	3.13	
41	25.95	16.14	-25.95	-16.14	46.82	88.91	4.73	
42	33.86	12.39	-33.86	-12.39	30.19	76.43	-16.06	
42	32.51	9.73	-32.51	-9.73	30.19	72.43	-12.06	
43	35.36	13.70	-35.36	-13.70	28.24	77.30	-20.82	
43	34.24	10.56	-34.24	-10.56	28.24	73.05	-16.56	
44	34.27	14.00	-34.27	-14.00	25.04	73.31	-23.23	
44	32.49	11.42	-32.49	-11.42	25.04	68.95	-18.87	
45	38.19	12.84	-38.19	-12.84	21.08	72.11	-29.96	
45	35.31	11.31	-35.31	-11.31	21.08	67.69	-25.54	
46	34.61	13.92	-34.61	-13.92	16.26	64.78	-32.26	
46	32.46	11.81	-32.46	-11.81	16.26	60.53	-28.00	
47	33.34	13.64	-33.34	-13.64	15.62	62.60	-31.37	
47	32.60	12.32	-32.60	-12.32	15.62	60.54	-29.31	
48	31.88	14.89	-31.88	-14.89	16.23	62.99	-30.53	
48	30.82	12.87	-30.82	-12.87	16.23	59.92	-27.47	
49	34.48	14.24	-34.48	-14.24	15.45	64.16	-33.27	
49	32.92	13.17	-32.92	-13.17	15.45	61.53	-30.63	
50	29.06	16.03	-29.06	-16.03	15.91	61.00	-29.18	
50	29.15	14.04	-29.15	-14.04	15.91	59.10	-27.28	
51	28.57	16.54	-28.57	-16.54	20.57	65.68	-24.54	
51	29.65	14.99	-29.65	-14.99	20.57	65.21	-24.07	
52	27.21	18.36	-27.21	-18.36	24.74	70.31	-20.82	
52	27.96	15.78	-27.96	-15.78	24.74	68.48	-19.00	
53	30.42	18.95	-30.42	-18.95	29.14	78.51	-20.23	
53	30.49	16.01	-30.49	-16.01	29.14	75.63	-17.36	
54	29.79	18.59	-29.79	-18.59	33.83	82.21	-14.55	
54	29.05	15.99	-29.05	-15.99	33.83	78.86	-11.21	
max(1.2m)	71.11	31.78	-27.21	-9.73	83.61	168.64	18.60	
max(1.0m)	43.90	23.54	-25.41	-9.08	66.24	121.85	15.27	

Pipe No.	Com6		1.25DL+1.05*0.5UDL+1.05*M+1.3QC(ES)			S(max)	S(min)
	S(My)max	S(Mz)max	S(My)min	S(Mz)min	Fx/Ax		
1	94.56	26.07	-94.56	-26.07	39.24	159.87	-81.38
1	96.84	20.15	-96.84	-20.15	39.24	156.23	-77.75
2	93.43	22.70	-93.43	-22.70	30.01	146.13	-86.12
2	94.86	16.01	-94.86	-16.01	30.01	140.87	-80.85
3	99.16	22.39	-99.16	-22.39	25.37	146.92	-96.18
3	100.71	14.54	-100.71	-14.54	25.37	140.62	-89.88
4	94.66	20.39	-94.66	-20.39	19.75	134.80	-95.30
4	96.50	12.75	-96.50	-12.75	19.75	129.00	-89.50
5	101.32	21.30	-101.32	-21.30	15.25	137.87	-107.37
5	101.96	13.73	-101.96	-13.73	15.25	130.94	-100.45
6	99.77	22.30	-99.77	-22.30	14.24	136.31	-107.84
6	98.23	15.47	-98.23	-15.47	14.24	127.94	-99.46
7	101.20	27.03	-101.20	-27.03	15.65	143.88	-112.58
7	100.08	20.50	-100.08	-20.50	15.65	136.23	-104.93
8	93.95	29.94	-93.95	-29.94	13.96	137.85	-109.93
8	92.93	24.59	-92.93	-24.59	13.96	131.48	-103.56
9	99.64	37.05	-99.64	-37.05	14.82	151.50	-121.87
9	96.51	32.11	-96.51	-32.11	14.82	143.44	-113.81
10	95.07	40.51	-95.07	-40.51	19.29	154.87	-116.29
10	90.78	36.84	-90.78	-36.84	19.29	146.92	-108.33
11	93.31	50.75	-93.31	-50.75	23.81	167.88	-120.25
11	90.59	46.75	-90.59	-46.75	23.81	161.15	-113.53
12	83.92	52.99	-83.92	-52.99	24.46	161.37	-112.46
12	82.80	50.69	-82.80	-50.69	24.46	157.95	-109.03
13	82.14	63.13	-82.14	-63.13	23.29	168.56	-121.98
13	82.94	60.78	-82.94	-60.78	23.29	167.01	-120.43
14	79.59	14.83	-79.59	-14.83	52.43	146.84	-41.99
14	81.44	12.20	-81.44	-12.20	52.43	146.06	-41.21
15	83.31	13.30	-83.31	-13.30	50.84	147.45	-45.77
15	84.22	9.01	-84.22	-9.01	50.84	144.07	-42.39
16	84.84	12.22	-84.84	-12.22	49.32	146.38	-47.73
16	85.01	8.44	-85.01	-8.44	49.32	142.77	-44.12
17	83.03	17.25	-83.03	-17.25	50.03	150.31	-50.25
17	82.87	13.55	-82.87	-13.55	50.03	146.45	-46.39
18	80.04	25.84	-80.04	-25.84	51.54	157.43	-54.34
18	79.37	22.35	-79.37	-22.35	51.54	153.27	-50.18
19	74.66	37.90	-74.66	-37.90	54.49	167.05	-58.08
19	74.53	33.89	-74.53	-33.89	54.49	162.91	-53.93
20	67.93	46.12	-67.93	-46.12	46.96	161.01	-67.09
20	69.40	43.87	-69.40	-43.87	46.96	160.24	-66.31
21	80.42	9.74	-80.42	-9.74	54.64	144.80	-35.52
21	80.19	9.47	-80.19	-9.47	54.64	144.31	-35.02
22	81.58	6.27	-81.58	-6.27	58.57	146.42	-29.28
22	81.69	5.80	-81.69	-5.80	58.57	146.07	-28.92
23	81.19	6.58	-81.19	-6.58	59.40	147.18	-28.37
23	81.55	5.98	-81.55	-5.98	59.40	146.93	-28.13
24	79.40	10.60	-79.40	-10.60	59.63	149.63	-30.37
24	79.67	10.02	-79.67	-10.02	59.63	149.32	-30.06
25	76.30	18.12	-76.30	-18.12	60.88	155.30	-33.54
25	76.48	17.35	-76.48	-17.35	60.88	154.70	-32.95
26	72.86	27.27	-72.86	-27.27	61.12	161.25	-39.01
26	72.80	26.52	-72.80	-26.52	61.12	160.44	-38.20
27	69.24	37.61	-69.24	-37.61	50.12	156.97	-56.73
27	69.07	36.87	-69.07	-36.87	50.12	156.07	-55.82

Pipe No.	Com6	1.25DL+1.05*0.5UDL+1.05*M+1.3QC(ES)			Fx/Ax	S(max)	S(min)
	S(My)max	S(Mz)max	S(My)min	S(Mz)min			
28	77.13	8.50	-77.13	-8.50	52.03	137.66	-33.61
28	76.74	8.28	-76.74	-8.28	52.03	137.04	-32.99
29	78.12	6.44	-78.12	-6.44	56.96	141.51	-27.60
29	78.05	5.96	-78.05	-5.96	56.96	140.97	-27.06
30	78.33	5.96	-78.33	-5.96	58.80	143.09	-25.49
30	78.18	5.76	-78.18	-5.76	58.80	142.74	-25.14
31	76.55	8.82	-76.55	-8.82	59.28	144.65	-26.10
31	76.54	8.78	-76.54	-8.78	59.28	144.60	-26.04
32	73.48	15.23	-73.48	-15.23	59.12	147.84	-29.59
32	73.66	14.86	-73.66	-14.86	59.12	147.65	-29.40
33	69.66	23.77	-69.66	-23.77	57.60	151.03	-35.83
33	70.07	22.92	-70.07	-22.92	57.60	150.59	-35.39
34	65.80	33.33	-65.80	-33.33	45.12	144.25	-54.01
34	66.30	31.88	-66.30	-31.88	45.12	143.30	-53.05
35	71.89	10.86	-71.89	-10.86	44.71	127.46	-38.04
35	72.66	8.84	-72.66	-8.84	44.71	126.20	-36.78
36	77.25	10.32	-77.25	-10.32	49.30	136.88	-38.28
36	75.92	7.45	-75.92	-7.45	49.30	132.67	-34.07
37	77.96	8.49	-77.96	-8.49	59.63	146.08	-26.82
37	76.55	5.98	-76.55	-5.98	59.63	142.16	-22.90
38	74.52	10.39	-74.52	-10.39	60.80	145.71	-24.12
38	74.18	8.30	-74.18	-8.30	60.80	143.28	-21.68
39	70.34	15.15	-70.34	-15.15	58.35	143.84	-27.15
39	70.97	13.04	-70.97	-13.04	58.35	142.36	-25.67
40	64.96	24.22	-64.96	-24.22	48.22	137.40	-40.96
40	66.64	21.25	-66.64	-21.25	48.22	136.11	-39.67
41	58.16	33.77	-58.16	-33.77	32.41	124.34	-59.52
41	61.69	29.64	-61.69	-29.64	32.41	123.73	-58.92
42	83.96	11.45	-83.96	-11.45	34.51	129.92	-60.91
42	82.82	8.56	-82.82	-8.56	34.51	125.90	-56.88
43	91.72	10.79	-91.72	-10.79	33.20	135.71	-69.31
43	89.75	7.36	-89.75	-7.36	33.20	130.31	-63.91
44	91.83	9.96	-91.83	-9.96	38.63	140.43	-63.16
44	87.38	6.98	-87.38	-6.98	38.63	133.00	-55.73
45	102.87	8.32	-102.87	-8.32	54.07	165.26	-57.11
45	95.75	5.72	-95.75	-5.72	54.07	155.55	-47.40
46	92.05	9.94	-92.05	-9.94	68.62	170.61	-33.37
46	88.00	5.99	-88.00	-5.99	68.62	162.62	-25.37
47	87.04	9.19	-87.04	-9.19	73.59	169.82	-22.65
47	87.83	6.27	-87.83	-6.27	73.59	167.68	-20.51
48	83.77	11.15	-83.77	-11.15	69.44	164.36	-25.48
48	83.33	7.72	-83.33	-7.72	69.44	160.50	-21.62
49	90.45	10.95	-90.45	-10.95	73.95	175.35	-27.45
49	88.71	8.92	-88.71	-8.92	73.95	171.57	-23.68
50	73.12	13.36	-73.12	-13.36	68.14	154.63	-18.34
50	76.85	11.32	-76.85	-11.32	68.14	156.32	-20.03
51	74.12	14.80	-74.12	-14.80	53.94	142.87	-34.99
51	78.69	14.80	-78.69	-14.80	53.94	147.42	-39.54
52	70.76	19.91	-70.76	-19.91	39.58	130.25	-51.10
52	73.74	18.75	-73.74	-18.75	39.58	132.07	-52.92
53	74.59	24.54	-74.59	-24.54	30.61	129.74	-68.53
53	77.38	22.76	-77.38	-22.76	30.61	130.75	-69.54
54	64.18	29.51	-64.18	-29.51	19.40	113.09	-74.29
54	68.92	26.81	-68.92	-26.81	19.40	115.14	-76.34
max(1.2m)	102.87	63.13	-64.18	-5.72	73.95	175.35	-18.34
max(1.0m)	85.01	46.12	-58.16	-5.76	61.12	167.05	-21.68

Pipe No.	Com7	1.25DL+1.05*0.5UDL+1.05QC(OL)			Fx/Ax	S(max)	S(min)
	S(My)max	S(Mz)max	S(My)min	S(Mz)min			
1	16.94	35.74	-1.30	-12.22	96.76	149.45	83.24
1	8.16	16.72	-0.81	-5.03	96.76	121.64	90.92
2	11.08	34.61	-0.18	-15.55	75.28	120.98	59.55
2	5.66	16.18	-0.11	-6.50	75.28	97.12	68.67
3	10.61	35.49	0.00	-17.79	71.22	117.32	53.43
3	5.43	16.03	0.00	-7.86	71.22	92.67	63.36
4	10.75	33.08	0.00	-19.72	69.38	113.21	49.66
4	5.39	15.15	0.00	-8.87	69.38	89.92	60.52
5	8.98	34.67	0.00	-18.85	70.71	114.36	51.86
5	4.00	15.97	0.00	-8.41	70.71	90.68	62.30
6	8.00	33.58	0.00	-18.29	68.87	110.45	50.58
6	3.26	15.35	0.00	-8.14	68.87	87.48	60.73
7	9.49	34.71	0.00	-17.45	69.87	114.07	52.42
7	4.40	15.89	0.00	-7.66	69.87	90.16	62.21
8	7.82	33.58	0.00	-16.98	69.61	111.01	52.63
8	2.85	15.35	0.00	-7.53	69.61	87.80	62.08
9	8.98	34.61	0.00	-17.16	70.71	114.30	53.55
9	3.97	15.97	0.00	-7.60	70.71	90.65	63.11
10	10.05	33.06	0.00	-16.50	69.70	112.80	53.20
10	5.06	15.15	0.00	-7.31	69.70	89.91	62.39
11	11.49	34.29	0.00	-16.27	71.22	116.99	54.95
11	5.83	15.72	0.00	-7.15	71.22	92.77	64.07
12	12.76	31.20	-0.18	-14.37	71.72	115.68	57.18
12	6.48	14.54	-0.11	-6.24	71.72	92.74	65.38
13	15.69	33.16	-1.30	-12.11	94.65	143.50	81.25
13	8.16	15.31	-0.81	-5.03	94.65	118.13	88.81
14	5.84	20.12	-1.33	-3.43	64.80	90.76	60.04
14	3.30	9.02	-0.90	-1.03	64.80	77.11	62.88
15	1.75	18.45	-0.06	-7.60	63.04	83.24	55.38
15	1.41	8.18	-0.04	-2.96	63.04	72.63	60.04
16	1.97	18.79	0.00	-8.18	63.55	84.31	55.36
16	1.62	8.42	0.00	-3.38	63.55	73.58	60.17
17	0.92	18.48	0.00	-7.62	62.97	82.37	55.35
17	1.52	8.28	0.00	-3.09	62.97	72.77	59.88
18	2.37	18.81	0.00	-7.72	63.87	85.05	56.15
18	2.29	8.43	0.00	-3.13	63.87	74.59	60.75
19	2.45	18.45	-0.06	-7.37	63.04	83.94	55.61
19	2.35	8.18	-0.04	-2.96	63.04	73.57	60.04
20	6.15	19.17	-1.33	-3.43	64.25	89.57	59.49
20	3.38	8.63	-0.90	-1.01	64.25	76.26	62.34
21	5.47	3.43	-4.19	-0.21	51.03	59.93	46.64
21	3.71	1.27	-1.98	-0.34	51.03	56.01	48.71
22	2.94	3.02	-0.93	-0.86	58.71	64.67	56.92
22	2.66	1.34	-0.41	-0.53	58.71	62.71	57.78
23	2.10	3.52	0.00	-1.29	59.99	65.61	58.69
23	2.29	1.58	0.00	-0.68	59.99	63.86	59.31
24	2.19	3.44	0.00	-1.23	59.98	65.61	58.75
24	2.18	1.59	0.00	-0.69	59.98	63.75	59.29
25	2.15	3.57	0.00	-1.27	60.51	66.24	59.24
25	2.27	1.62	0.00	-0.68	60.51	64.40	59.83
26	3.09	3.02	-0.93	-0.86	59.47	65.58	57.67
26	2.60	1.34	-0.41	-0.53	59.47	63.41	58.53
27	6.36	3.20	-4.19	-0.21	51.51	61.07	47.11
27	4.09	1.05	-1.98	-0.34	51.51	56.65	49.19

	Com7	1.25DL+1.05*0.5UDL+1.05QC(OL)						
Pipe No.	S(My)max	S(Mz)max	S(My)min	S(Mz)min	Fx/Ax	S(max)	S(min)	
28	4.63	5.91	-3.69	-0.67	49.70	60.24	45.33	
28	3.05	3.56	-1.65	-0.83	49.70	56.30	47.22	
29	1.69	5.76	-0.49	-2.49	57.52	64.97	54.55	
29	1.73	3.65	-0.19	-1.84	57.52	62.90	55.49	
30	1.52	6.13	0.00	-2.96	58.58	66.24	55.62	
30	1.70	3.79	0.00	-2.02	58.58	64.07	56.56	
31	1.89	5.99	0.00	-2.62	58.36	66.24	55.74	
31	1.86	3.77	0.00	-1.86	58.36	63.99	56.51	
32	1.97	6.16	0.00	-2.67	58.91	67.04	56.24	
32	1.91	3.80	0.00	-1.88	58.91	64.61	57.03	
33	2.45	5.76	-0.49	-2.32	57.93	66.15	55.12	
33	2.10	3.65	-0.19	-1.74	57.93	63.68	56.00	
34	5.68	5.68	-3.69	-0.67	50.30	61.66	45.93	
34	3.57	3.44	-1.65	-0.83	50.30	57.31	47.82	
35	4.57	22.12	-0.67	-4.62	63.13	89.82	57.84	
35	2.23	11.93	-0.29	-2.82	63.13	77.30	60.03	
36	1.47	19.70	-0.03	-8.77	59.78	80.95	50.97	
36	0.66	10.51	-0.01	-5.04	59.78	70.95	54.73	
37	1.73	19.90	0.00	-9.23	60.43	82.06	51.20	
37	0.88	10.59	0.00	-5.28	60.43	71.90	55.15	
38	0.88	19.66	0.00	-8.24	59.89	80.44	51.65	
38	0.79	10.47	0.00	-4.60	59.89	71.15	55.29	
39	1.80	19.91	0.00	-8.32	60.74	82.45	52.42	
39	1.73	10.59	0.00	-4.64	60.74	73.07	56.10	
40	1.91	19.70	-0.03	-8.01	59.78	81.40	51.74	
40	1.79	10.51	-0.01	-4.49	59.78	72.07	55.28	
41	5.17	21.12	-0.68	-4.62	62.36	88.65	57.05	
41	2.48	11.51	-0.29	-2.82	62.36	76.35	59.25	
42	14.67	29.21	-2.86	-7.75	94.19	138.07	83.58	
42	6.98	15.29	-1.43	-3.88	94.19	116.46	88.88	
43	10.06	28.59	-1.00	-10.06	77.13	115.78	66.08	
43	5.10	14.64	-0.63	-4.91	77.13	96.87	71.60	
44	8.17	27.30	-0.06	-11.02	69.30	104.78	58.22	
44	4.01	14.35	-0.01	-6.27	69.30	87.66	63.02	
45	8.61	24.82	-0.04	-12.05	70.24	103.67	58.15	
45	4.17	13.18	0.00	-6.83	70.24	87.59	63.41	
46	6.90	26.34	0.00	-11.75	69.01	102.25	57.26	
46	3.10	13.74	0.00	-6.53	69.01	85.85	62.48	
47	6.55	25.21	-0.01	-10.36	69.52	101.28	59.14	
47	2.63	13.31	-0.01	-5.82	69.52	85.45	63.68	
48	7.40	26.17	0.00	-10.44	68.05	101.63	57.61	
48	3.35	13.74	0.00	-5.66	68.05	85.14	62.39	
49	6.62	25.21	-0.01	-8.84	70.41	102.24	61.55	
49	2.45	13.31	0.00	-4.94	70.41	86.16	65.47	
50	6.90	26.34	0.00	-9.78	69.05	102.29	59.27	
50	2.98	13.72	0.00	-5.39	69.05	85.75	63.66	
51	8.05	24.68	-0.04	-8.27	70.28	103.01	61.97	
51	3.86	13.04	0.00	-4.66	70.28	87.19	65.62	
52	9.04	25.93	-0.07	-9.02	69.30	104.27	60.21	
52	4.43	13.68	-0.01	-5.01	69.30	87.41	64.28	
53	11.42	25.64	-1.05	-8.36	72.50	109.56	63.09	
53	5.79	13.28	-0.64	-3.97	72.50	91.57	67.89	
54	13.98	26.67	-2.88	-7.06	91.71	132.36	81.77	
54	6.98	14.07	-1.43	-3.61	91.71	112.76	86.68	
max(1.2m)	16.94	35.74	0.00	-3.61	96.76	149.45	90.92	
max(1.0m)	6.36	22.12	0.00	-0.21	64.80	90.76	62.88	

Pipe No.	Com8	1.25DL+1.3CTL			Fx/Ax	S(max)	S(min)
	S(My)max	S(Mz)max	S(My)min	S(Mz)min			
1	1.80	25.99	-1.80	-25.99	65.99	93.77	38.21
1	1.13	10.09	-1.13	-10.09	65.99	77.20	54.77
2	0.23	30.90	-0.23	-30.90	59.95	91.08	28.83
2	0.14	12.70	-0.14	-12.70	59.95	72.79	47.11
3	0.00	34.59	0.00	-34.59	59.72	94.31	25.12
3	0.00	14.43	0.00	-14.43	59.72	74.15	45.28
4	0.00	35.47	0.00	-35.47	58.59	94.06	23.12
4	0.00	15.00	0.00	-15.00	58.59	73.59	43.59
5	0.00	36.54	0.00	-36.54	59.78	96.32	23.23
5	0.00	15.40	0.00	-15.40	59.78	75.18	44.38
6	0.00	36.45	0.00	-36.45	58.78	95.22	22.33
6	0.00	15.48	0.00	-15.48	58.78	74.26	43.30
7	0.00	36.79	0.00	-36.79	59.85	96.64	23.06
7	0.00	15.51	0.00	-15.51	59.85	75.37	44.34
8	0.00	36.45	0.00	-36.45	58.78	95.22	22.33
8	0.00	15.48	0.00	-15.48	58.78	74.26	43.30
9	0.00	36.54	0.00	-36.54	59.78	96.32	23.23
9	0.00	15.40	0.00	-15.40	59.78	75.18	44.38
10	0.00	35.47	0.00	-35.47	58.59	94.06	23.12
10	0.00	15.00	0.00	-15.00	58.59	73.59	43.59
11	0.00	34.59	0.00	-34.59	59.72	94.31	25.12
11	0.00	14.43	0.00	-14.43	59.72	74.15	45.28
12	0.23	30.90	-0.23	-30.90	59.95	91.08	28.83
12	0.14	12.70	-0.14	-12.70	59.95	72.79	47.11
13	1.80	25.99	-1.80	-25.99	65.99	93.77	38.21
13	1.13	10.09	-1.13	-10.09	65.99	77.20	54.77
14	4.12	5.27	-4.12	-5.27	98.34	107.73	88.96
14	2.82	0.60	-2.82	-0.60	98.34	101.76	94.92
15	0.17	14.11	-0.17	-14.11	108.58	122.86	94.30
15	0.12	4.91	-0.12	-4.91	108.58	113.61	103.55
16	0.00	14.84	0.00	-14.84	110.29	125.13	95.45
16	0.00	5.29	0.00	-5.29	110.29	115.57	105.00
17	0.00	14.66	0.00	-14.66	110.23	124.90	95.57
17	0.00	5.20	0.00	-5.20	110.23	115.43	105.04
18	0.00	14.84	0.00	-14.84	110.29	125.13	95.45
18	0.00	5.29	0.00	-5.29	110.29	115.57	105.00
19	0.17	14.11	-0.17	-14.11	108.58	122.86	94.30
19	0.12	4.91	-0.12	-4.91	108.58	113.61	103.55
20	4.12	5.27	-4.12	-5.27	98.34	107.73	88.96
20	2.82	0.60	-2.82	-0.60	98.34	101.76	94.92
21	9.89	0.15	-9.89	-0.15	105.76	115.81	95.72
21	4.46	1.11	-4.46	-1.11	105.76	111.33	100.20
22	2.69	0.14	-2.69	-0.14	124.03	126.85	121.20
22	0.91	1.19	-0.91	-1.19	124.03	126.12	121.93
23	0.03	0.83	-0.03	-0.83	126.56	127.41	125.70
23	0.00	1.43	0.00	-1.43	126.56	127.99	125.13
24	0.00	0.75	0.00	-0.75	126.17	126.92	125.42
24	0.00	1.48	0.00	-1.48	126.17	127.65	124.69
25	0.03	0.83	-0.03	-0.83	126.56	127.41	125.70
25	0.00	1.43	0.00	-1.43	126.56	127.99	125.13
26	2.69	0.14	-2.69	-0.14	124.03	126.85	121.20
26	0.91	1.19	-0.91	-1.19	124.03	126.12	121.93
27	9.89	0.15	-9.89	-0.15	105.76	115.81	95.72
27	4.46	1.11	-4.46	-1.11	105.76	111.33	100.20

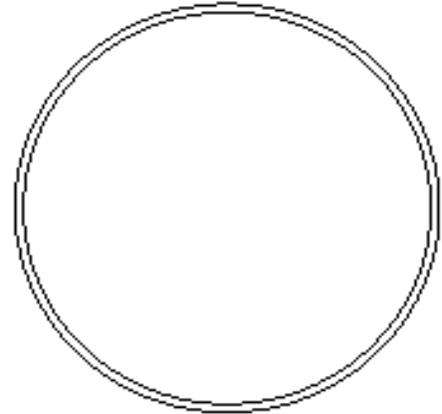
Pipe No.	Com8	1.25DL+1.3CTL			Fx/Ax	S(max)	S(min)
	S(My)max	S(Mz)max	S(My)min	S(Mz)min			
28	8.08	2.38	-8.08	-2.38	101.84	112.31	91.37
28	3.43	2.74	-3.43	-2.74	101.84	108.01	95.67
29	0.87	6.64	-0.87	-6.64	119.14	126.65	111.62
29	0.31	5.00	-0.31	-5.00	119.14	124.45	113.83
30	0.00	7.33	0.00	-7.33	121.59	128.93	114.26
30	0.00	5.29	0.00	-5.29	121.59	126.88	116.31
31	0.00	7.22	0.00	-7.22	121.26	128.48	114.04
31	0.00	5.24	0.00	-5.24	121.26	126.49	116.02
32	0.00	7.33	0.00	-7.33	121.59	128.93	114.26
32	0.00	5.29	0.00	-5.29	121.59	126.88	116.31
33	0.87	6.64	-0.87	-6.64	119.14	126.65	111.62
33	0.31	5.00	-0.31	-5.00	119.14	124.45	113.83
34	8.08	2.38	-8.08	-2.38	101.84	112.31	91.37
34	3.43	2.74	-3.43	-2.74	101.84	108.01	95.67
35	1.89	7.97	-1.89	-7.97	89.86	99.71	80.00
35	0.75	5.50	-0.75	-5.50	89.86	96.11	83.61
36	0.08	15.84	-0.08	-15.84	97.24	113.16	81.32
36	0.03	9.37	-0.03	-9.37	97.24	106.64	87.85
37	0.00	16.53	0.00	-16.53	98.68	115.21	82.16
37	0.00	9.69	0.00	-9.69	98.68	108.37	88.99
38	0.00	16.35	0.00	-16.35	98.76	115.10	82.41
38	0.00	9.60	0.00	-9.60	98.76	108.36	89.16
39	0.00	16.53	0.00	-16.53	98.68	115.21	82.16
39	0.00	9.69	0.00	-9.69	98.68	108.37	88.99
40	0.08	15.84	-0.08	-15.84	97.24	113.16	81.32
40	0.03	9.37	-0.03	-9.37	97.24	106.64	87.85
41	1.89	7.97	-1.89	-7.97	89.86	99.71	80.00
41	0.75	5.50	-0.75	-5.50	89.86	96.11	83.61
42	5.80	2.47	-5.80	-2.47	77.11	85.38	68.84
42	2.56	2.38	-2.56	-2.38	77.11	82.04	72.18
43	1.92	2.46	-1.92	-2.46	72.25	76.63	67.86
43	0.89	2.14	-0.89	-2.14	72.25	75.27	69.22
44	0.08	8.48	-0.08	-8.48	68.88	77.44	60.33
44	0.01	5.72	-0.01	-5.72	68.88	74.61	63.15
45	0.04	4.55	-0.04	-4.55	69.93	74.52	65.35
45	0.00	3.86	0.00	-3.86	69.93	73.79	66.08
46	0.00	9.93	0.00	-9.93	68.83	78.76	58.90
46	0.00	6.44	0.00	-6.44	68.83	75.27	62.39
47	0.01	5.31	-0.01	-5.31	70.32	75.64	65.00
47	0.00	4.23	0.00	-4.23	70.32	74.55	66.09
48	0.00	10.10	0.00	-10.10	69.05	79.14	58.95
48	0.00	6.53	0.00	-6.53	69.05	75.57	62.52
49	0.01	5.31	-0.01	-5.31	70.32	75.64	65.00
49	0.00	4.23	0.00	-4.23	70.32	74.55	66.09
50	0.00	9.93	0.00	-9.93	68.83	78.76	58.90
50	0.00	6.44	0.00	-6.44	68.83	75.27	62.39
51	0.04	4.55	-0.04	-4.55	69.93	74.52	65.35
51	0.00	3.86	0.00	-3.86	69.93	73.79	66.08
52	0.08	8.48	-0.08	-8.48	68.88	77.44	60.33
52	0.01	5.72	-0.01	-5.72	68.88	74.61	63.15
53	1.92	2.46	-1.92	-2.46	72.25	76.63	67.86
53	0.89	2.14	-0.89	-2.14	72.25	75.27	69.22
54	5.80	2.47	-5.80	-2.47	77.11	85.38	68.84
54	2.56	2.38	-2.56	-2.38	77.11	82.04	72.18
max(1.2m)	5.80	36.79	0.00	-2.14	77.11	96.64	72.18
max(1.0m)	9.89	16.53	0.00	-0.14	126.56	128.93	125.70

ANEXO 3: DISEÑO DE CIMIENTO DE ACERO

Diseño de Cimientos Profundos de Acero con un diámetro de 1200mm y un grosor de 18mm.

Dimensión original de cimientos profundos:

Diámetro externo: 1200mm
Grosor: 18mm
Diámetro interno: 1164mm
Corrosión permitida: 2.0mm



Diseño de Dimensiones de Cimientos Profundos a Largo Plazo:

Permitiendo 2mm de grosor sacrificable

Diámetro externo: 1196mm
Grosor: 16mm
Diámetro interno: 1164mm
Área x-sección, A_n : 59283mm²
Momento de Inercia, I_{xn} : 1.03E+10mm⁴
Sección Módulos, Z_{xn} : 17257756 mm³
Momento de área, Mitad de Sección, S_n : 11134235
Radio de rotación, r_n : 417mm

Diseño de Cimiento de acuerdo a Código de Práctica API, Prácticas Recomendadas 2A-LAFD

Para cimientos como las calculadas en el modelo Robot, que tienen compresión axial y doblaje.

Resistencia máxima de cimientos debido a cargas de factor (producto de la carga nominal y un factor adicional).

Resistencia axial compresiva $f_c = 119.88 \text{ Mpa}$

Resistencia compresiva de ejes y y z

$F_{by} = 21.17 \text{ MPa}$ $f_{bz} = 129.67 \text{ MPa}$

Nivel de acero = Q345

Fuerza nominal de retorno = 345 MPa (en unidades de resistencia)

Factor de resistencia para axial compresiva $\phi_c = 0.85$

Factor de resistencia para fuerza de doblaje $\phi_b = 0.95$

Longitud estructural = 20m + 5 ϕ un punto de fijación debajo del lecho del mar = 26m.

Módulo de elasticidad de Young $E = 206000 \text{ MPa}$
 Factor de longitud efectiva, ver tabla D.3-1, $K = 1.0$
 Para obtener el parámetro de estrechez de columna $\lambda = (KL/\pi r)(F_y/E)^{0.5} = 0.81 < 1.414$

Fuerza nominal axial compresiva $F_{cn} = [1.0 - 0.25 \cdot 2] F_y = 288.17 \text{ MPa}$

Módulo elástico sección $S = Z_{xn} = 17257756 \text{ mm}^3$
 Módulo plástico sección $Z = 2 \times S_n = 22268470 \text{ mm}^3$
 Para razón $D/t = \Phi_o/t = 74.8 > 20680/F_y = 60 < 300$

Fuerza de doblaje nominal $F_{bn} = [0.94 - 0.76(F_y D/E t)] (Z/S) F_y = 376.10 \text{ MPa}$
 Para razón $D/t = \Phi_o/t = 74.8 > 60$
 Fuerza nominal local no elástica de pandeo = $[1.64 - 0.23(D/t)/4] F_y = 332.48 \text{ MPa}$

Fuerzas de pandeo Euler correspondientes a los ejes y y z, en unidades de resistencia
 $F_{ey} = F_y / \lambda_y^2 = 523.56926$
 $F_{ez} = F_z / \lambda_z^2 = 523.56926$

Factores de reducción correspondientes a los ejes y & z, respectivamente:

$C_{my} = 0.85$
 $C_{mz} = 0.85$

De acuerdo al código D.3.2.1, miembros cilíndricos bajo carga axial compresiva combinada y cargas de doblaje deben de estar diseñados para satisfacer la siguiente condición en todos los tronques a lo largo de su ser:

$$\frac{f_c}{\phi_c F_{cn}} + \frac{1}{\phi_b F_{bn}} \left\{ \left[\frac{C_{my} f_{by}}{\left(1 - \frac{f_c}{\phi_c F_{ey}}\right)} \right]^2 + \left[\frac{C_{mz} f_{bz}}{\left(1 - \frac{f_c}{\phi_c F_{ez}}\right)} \right]^2 \right\}^{0.5} = 0.92 < 1.0 \text{ SATISFACTORIO}$$

$$1 - \cos \left[\frac{\pi(f_c)}{2\phi_c F_{xc}} \right] + \frac{[(f_{by})^2 + (f_{bz})^2]^{0.5}}{\phi_b F_{bn}} = 0.58 < 1.0 \text{ SATISFACTORIO}$$

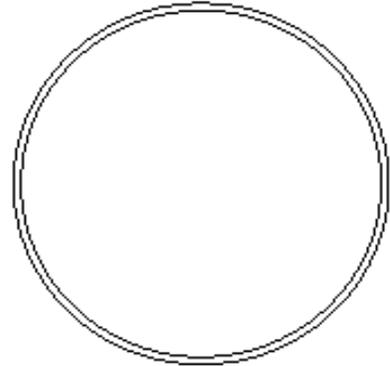
$f_c = 120 < \phi_c F_{xc} = 283 \text{ SATISFACTORIO}$

Por lo tanto un cimiento profundo de acero grado Q345 de 1200x18mm es SATISFACTORIO

DISEÑO DE CIMIENTOS PROFUNDOS DE ACERO CON UN DIÁMETRO DE 1000MM Y UN GROSOR DE 18MM.

Dimensión original de cimientos profundos:

Diámetro externo: 1000mm
Grosor: 18mm
Diámetro interno: 964mm
Corrosión permitida: 2.0mm



Diseño de Dimensiones de Cimientos Profundos a Largo Plazo:

Permitiendo 2mm de grosor sacrificable

Diámetro externo: 996mm
Grosor: 16mm
Diámetro interno: 964mm
Área x-sección, A_n : 49235mm²
Momento de Inercia, I_{xn} : 5.91E+09mm⁴
Sección Módulos, Z_{xn} : 118702011 mm³
Momento de área, Mitad de Sección, S_n : 7679987
Radio de rotación, r_n : 347mm

Diseño de Cimiento de acuerdo a Código de Práctica API, Prácticas Recomendadas 2A-LAFD

Para cimientos como las calculadas en el modelo Robot, que tienen compresión axial y doblaje.

Resistencia máxima de cimientos debido a cargas de factor (producto de la carga nominal y un factor adicional).

Resistencia axial compresiva $f_c = 94.41 \text{ Mpa}$

Resistencia compresiva de ejes y y z

$F_{by} = 7.69 \text{ MPa}$ $f_{bz} = 93.52 \text{ MPa}$

Nivel de acero = Q345

Fuerza nominal de retorno = 345 MPa (en unidades de resistencia)

Factor de resistencia para axial compresiva * = 0.85

Factor de resistencia para fuerza de doblaje * = 0.95

Longitud estructural = 20m + 5 * a punto de fijación debajo del lecho del mar.
= 25m

Módulo de elasticidad de Young $E = 206000 \text{ MPa}$

Factor de longitud efectivo, ver tabla D.3-1, $K = 1.0$

Para obtener el parámetro de estrechez de columna * $(KL/\lambda)(F_y/E)0.5 = 0.94 < 1-414$

Fuerza nominal axial compresiva $F_{cn} = [0.94-0.76 (F_y D/E T)] (Z/S)F_y = 268.82$ MPa

Módulo elástico sección $S = Z_xn = 11872011$ mm³

Módulo plástico sección $Z = 2xS_n = 15359975$ mm³

Para razón $D/t = \Phi o/t = 62.3 > 20680/F_y = 60 < 300$

$\lambda\pi\Phi$

Fuerza de doblaje nominal $F_{bn} = [0.94-0.76(F_y D/E t)] (Z/S)F_y = 384.21$ MPa

Para razón $D/t = \Phi o/t = 62.3 > \Phi 0$

Fuerza nominal local no elástica de pandeo = $[1.64-0.23(D/t)/4]F_y = 342.91$ MPa

Fuerzas de pandeo Euler correspondientes a los ejes y y z, en unidades de resistencia

$F_{ey} = F_y/\lambda_y^2 = 390.62934$

$F_{ez} = F_z/\lambda_z^2 = 390.62934$

Factores de reducción correspondientes a los ejes y y z, respectivamente:

$C_{my} = 0.85$

$C_{mz} = 0.85$

De acuerdo código D.3.2.1, miembros cilíndricos bajo carga axial compresiva combinada y cargas de doblaje deben de estar diseñados para satisfacer la siguiente condición en todos los entronques a lo largo de su ser:

$$\frac{f_c}{\phi_c F_{cn}} + \frac{1}{\phi_b F_{bn}} \left\{ \left[\frac{C_{my} f_{by}}{\left(1 - \frac{f_c}{\phi_c F_{cy}}\right)} \right]^2 + \left[\frac{C_{mz} f_{bz}}{\left(1 - \frac{f_c}{\phi_c F_{cz}}\right)} \right]^2 \right\}^{0.5} = 0.72 < 1.0$$

SATISFACTORIO

$$1 - \cos \left[\frac{\pi(f_c)}{2\phi_c F_{xc}} \right] + \frac{[(f_{by})^2 + (f_{bz})^2]^{0.5}}{\phi_b F_{bn}} = 0.38 < 1.0$$

$f_c = 94 < \phi_c F_{xc}$ **SATISFACTORIO**

Por lo tanto un cimiento profundo de acero grado Q345 de 1000x18mm es SATISFACTORIO.