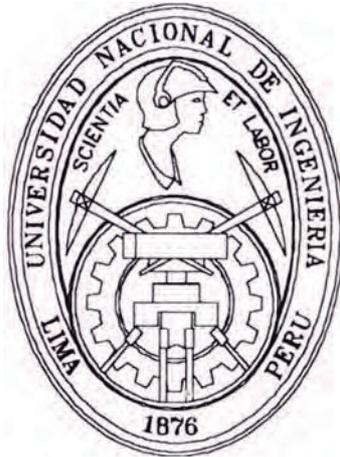


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS DEFENSAS DEL
MUELLE DEL TERMINAL PORTUARIO DE BAYÓVAR – OLEODUCTO
NOR PERUANO”**

T E S I S

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

MIGUEL ÁNGEL ROJAS CUSTODIO

LIMA – PERÚ

2001

**A mi Madre, por su ejemplo
y confianza incondicional.**

**A mi Esposa, por su gran
apoyo y comprensión.**

**Agradecimiento muy especial a mis
asesores, Ing° Mario Peña Fuentes e
Ing° Vicente Chariarse C.**

SUMARIO

Desarrollamos el análisis y diseño de los elementos que conforman el sistema de defensa del muelle terminal de Bayóvar, desde los dolphines (macizos de concreto cimentados sobre pilotes) hasta los grilletes de las cadenas del escudo de protección, en seis Capítulos que a continuación se describen.

CAPÍTULO I

Nos presenta los conceptos fundamentales que necesitamos manejar para comprender el desarrollo de la presente Tesis. Encontramos en él una descripción de los elementos que conforman el sistema de defensa del muelle terminal de Bayóvar.

CAPÍTULO II

El diseño de estos elementos exige previamente conocer las características de la estructura marina a ser protegida y de las diferentes condiciones en que desarrollarán su vida útil. En este Segundo Capítulo encontramos la información relativa al terminal de Bayóvar, sus características y las de las condiciones del medio en que se encuentra.

CAPÍTULO III

Este Capítulo desarrolla el marco teórico bajo el que se realizará el análisis estructural y el diseño de los elementos del sistema. Se presentan aquí el cálculo de parámetros fundamentales para la elección de las defensas, tales como la "energía de deformación" así como los fundamentos del programa computarizado utilizado para calcular los esfuerzos en los pilotes de los dolphines.

CAPÍTULO IV

Se someten los dolphines al análisis estructural tridimensional descrito en el Capítulo anterior y se procede al diseño del sistema de disipación de energía más adecuado para las condiciones que se presentan en Bayóvar. Se presenta a su vez, la verificación de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO V

Este Capítulo presenta los criterios necesarios para diseñar los elementos complementarios asociados a las defensas tales como cadenas, ménsulas, grilletes, etc. De hecho, verifica y propone las características de los elementos a utilizar.

CAPÍTULO VI

Trata lo concerniente a los procedimientos a tener en cuenta para realizar el mantenimiento de todos los elementos del sistema: de aquellos de concreto, acero o madera, así como de los fenders Seibu, que por su ubicación y dimensiones necesita especial atención. Todo considerando las condiciones reales que se presentan en nuestro medio.

CAPÍTULO VII

Presenta las conclusiones y recomendaciones que se desprenden del presente trabajo.

ÍNDICE

CAP. I	INTRODUCCIÓN	1
I.1	DEFINICIONES	2
I.1.1	PILOTES	2
I.1.2	DOLPHINES	20
I.1.3	SISTEMAS DE DEFENSA	24
I.1.4	BUQUES	26
I.1.5	MUELLES	26
I.2	ELEMENTOS QUE CONFORMAN LAS DEFENSAS DEL MUELLE TERMINAL BAYÓVAR	28
I.2.1	DOLPHINES DE ATRAQUE	28
I.2.2	DOLPHINES DE AMARRE	29
I.2.3	FENDERS SEIBU	30
I.2.4	ESCUDO DE PROTECCIÓN	34
CAP. II	ESTUDIOS BÁSICOS DEL MUELLE TERMINAL BAYÓVAR	39
II.1	CARACTERÍSTICAS	40
II.1.1	UBICACIÓN	40
II.1.2	DESCRIPCIÓN	40
II.2	ESTUDIOS PREVIOS	43

II.2.1	VIENTOS	43
II.2.2	OLAS	46
II.2.3	MAREAS	48
II.2.4	CORRIENTES	52
II.2.5	SISMICIDAD	54
CAP. III	FUNDAMENTO TEÓRICO	56
III.1	MODELAJE DE LAS ESTRUCTURAS	57
III.1.1	BUQUE DE DISEÑO	57
III.1.2	MANIOBRA DE ACODERAMIENTO	58
III.1.3	IMPACTOS DE EMBARCACIONES	59
III.1.4	UBICACIÓN DE LOS DOLPHINES	63
III.2	CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE DEFORMACIÓN	63
III.3	SISTEMA DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA	67
III.4	PROGRAMA DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL TRIDIMENCIONAL PARA DOLPHINES	68
III.4.1	CONCEPTOS PREVIOS	68
III.4.2	DATOS NECESARIOS	69
III.4.3	FUNDAMENTOS DEL PROGRAMA	72
III.4.4	CÁLCULO DE LA MATRIZ DE LOCALIZACIÓN A	74
III.4.5	CÁLCULO DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE CADA PILOTE	77
III.4.6	PROCEDIMIENTO	80

CAP. IV	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS DOLPHINES Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA	82
IV.1	ANÁLISIS ESTRUCTURAL TRIDIMENSIONAL DE LOS DOLPHINES	83
IV.1.1	DATOS NECESARIOS PARA EL ANÁLISIS	83
IV.1.2	RESULTADOS DEL ANÁLISIS	91
IV.1.3	VERIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS	93
IV.2	DISEÑO DEL SISTEMA DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA	98
IV.2.1	DATOS NECESARIOS PARA EL ANÁLISIS	98
IV.2.2	ELECCIÓN DEL SISTEMA DE DEFENSA	99
IV.2.3	RESULTADOS DEL ANÁLISIS	100
IV.2.4	VERIFICACIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE	101
CAP. V	DISEÑO DE CADENAS, MÉNSULAS Y ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS	105
V.1	DISEÑO DE CADENAS	106
V.1.1	CÁLCULO DE CARGAS ACTUANTES	106
V.1.2	DISEÑO DE LAS CADENAS	108
V.2	DISEÑO DE MÉNSULAS	109
V.3	DISEÑO DE ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS	116

	V.3.1 PERNOS “U”	116
	V.3.2 PLACAS DE CONEXIÓN	118
	V.3.3 GRILLETES	118
CAP. VI	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE DEFENSAS	120
VI.1	MANTENIMIENTO DE ESCUDOS	121
	VI.1.1 TRATAMIENTO DE LA PARTE METÁLICA	121
	VI.1.2 MANTENIMIENTO DEL MADERAMEN	124
VI.2	MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS DISIPADORES	125
	VI.2.1 PROCEDIMIENTO DE LA MANIOBRA DE IZAJE DEL ESCUDO	126
	VI.2.2 CAMBIO DE FENDERS SEIBU	133
	VI.2.3 CAMBIO DE AMORTIGUADORES CILÍNDRICOS	141
VI.3	MANTENIMIENTO DE CADENAS, MÉNSULAS Y ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS	142
	VI.3.1 MANTENIMIENTO DE CADENAS	143
	VI.3.2 MANTENIMIENTO DE MÁNSULAS	143
	VI.3.2 MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS	144
VI.4	MANTENIMIENTO DE DOLPHINES	144
	VI.4.1 MANTENIMIENTO DE LA SUPERFICIE DE CONCRETO	145
	VI.4.2 MANTENIMIENTO DE LOS PILOTES METÁLICOS	148

CAP. VII	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	151
BIBLIOGRAFÍA		157
ANEXOS		158
A1	RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DOLPHINES	159
A2	SUMITOMO RUBBER INDUSTRIES, LTD. – UPi – TYPE FENDER	176
A3	TABLAS	180
A4	LISTADO DEL PROGRAMA DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DOLPHINES	188
REGISTRO FOTOGRÁFICO		
PLANOS		

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO PRIMERO

INTRODUCCIÓN

I.1 DEFINICIONES

I.1.1 PILOTES

i) Conceptos Generales

Los pilotes son elementos estructurales esbeltos, que se utilizan en la cimentación de estructuras, para transmitir las cargas hasta un estrato de suficiente capacidad portante, atravesando estratos blandos o agua.

Por la manera de transmitir las cargas al terreno resistente, se diferencian:

- a) Pilotes por Rozamiento; reparten las cargas sobre el terreno circundante por fricción de su superficie.
- b) Pilotes por Punta; transmiten las cargas al estrato resistente prácticamente sólo por la presión en la punta.

En general, se utiliza un grupo de pilotes para la cimentación de estructuras, presentándose un efecto de variación de comportamiento con respecto al de un pilote aislado, tanto en lo que respecta a la capacidad de carga como en lo que se refiere a asentamientos.

Así, se verifican casos en donde la capacidad de carga última de un grupo de pilotes de fricción actuando en arena resulta mayor que la suma de las capacidades de carga individuales. Una respuesta distinta se obtiene

para un grupo de pilotes también por fricción actuando sobre material arcilloso, donde la capacidad de carga del grupo puede resultar menor que la suma de las capacidades de carga de cada pilote.

En el caso de pilotes por punta, el efecto de grupo generalmente no afecta significativamente la capacidad de carga.

Para un grupo de pilotes se considera un espaciamiento mínimo de dos a tres diámetros medidos de centro a centro (de cinco diámetros para el caso de obras marinas).

Resulta indispensable verificar que el centro de gravedad de las cargas actuantes coincida con el centro de gravedad del conjunto de pilotes a fin de prevenir asentamientos diferenciales, esto es, debe procurarse que todos los pilotes (en caso de tener las mismas características geométricas y de hinca) estén sometidos a cargas iguales.

ii) Características del Grupo de Pilotes

Se deben considerar varios factores para lograr las características de grupo más favorables y económicas en cada caso particular, tales como:

- a) Características de la estructura a soportar y de su entorno. Facilidades del lugar para efectos de transporte (de personal y equipos) e hinca, así como para la obtención de los materiales necesarios.
- b) Características del terreno. Determinación de profundidades de estratos con capacidad portante adecuada y por otro lado de las propiedades físicas y químicas del suelo a ser atravesado.

- c) Características deseadas en los pilotes. Su capacidad de carga, flexibilidad o resistencia a flexión, resistencia a la hincada, resistencia a corrosión, etc.

El diseño debe realizarse verificando que el sistema pueda resistir todas las posibles combinaciones de carga con el menor costo y verificando que todos los pilotes presenten un comportamiento adecuado en cada caso.

Es necesario por ende, conocer la capacidad de respuesta de los pilotes a distintos modos de carga: cargas laterales, de compresión, tracción y flexo compresión.

iii) Pilotes sujetos a Fuerzas Laterales

Al producirse un impacto sobre una estructura cimentada sobre pilotes, la energía es al final absorbida por el terreno. La resistencia de un pilote no resulta restringida a su comportamiento como columna, sino que depende también de la capacidad del terreno para tomar las cargas, lo que determina la profundidad a la que debe hincarse el pilote.

R. Minikin ("Winds, Waves & Maritime Structures") realizó experimentos sobre el comportamiento de pilotes verticales sujetos a fuerzas laterales. Como la mayoría de los suelos son compresibles y de baja resistencia a los esfuerzos cortantes, el pilote a una profundidad "h" tendrá una tendencia a desplazarse alrededor de un punto "o" ubicado a una profundidad "ah" bajo la superficie.

Se sabe que la resistencia pasiva de los suelos no se presenta sino hasta que existe movimiento y que el desplazamiento varía con la distancia a "o", por lo que la resistencia pasiva del suelo al principio del movimiento será menor a la dada por el siguiente diagrama:

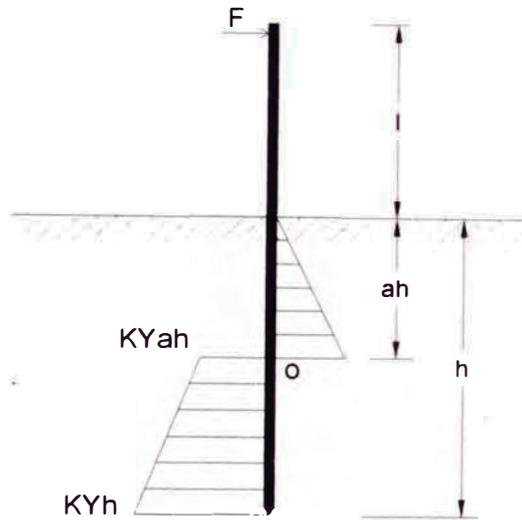


Fig. I1 Primera aproximación a la resistencia del suelo

Donde:

- γ : peso específico
- K : coeficiente del terreno
- F : fuerza lateral

En suelos homogéneos de naturaleza suave, se puede suponer que el pilote se conserva recto y que el desplazamiento a una profundidad x es:

$$D = s (1 - x/a h)$$

donde s es el desplazamiento en la superficie, resultando la siguiente distribución de presiones:

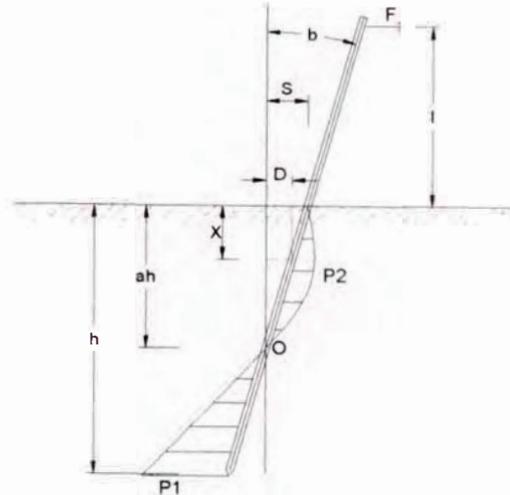


Fig. I.2 Distribución real de presiones

Donde:

$$a = \frac{4l + 3h}{6l + 4h} \quad (a = 0.70 - 0.75 \text{ para } l/h \text{ } 1.0 - 0.25)$$

$$n = \frac{2l + 1}{h}$$

$$p_1 = \frac{6 F n}{h d} \quad d, \text{ ancho del pilote}$$

$$p_2 = \frac{a^2}{4(1-a)} p_1$$

Según las experiencias, el pilote no recobra su posición original cuando la deformación en la superficie del terreno es de $0.3 ah$ senb pudiéndose considerar ésta como deformación crítica. Trazando el diagrama de momentos flexionantes, se puede notar que el punto virtual de fijación se encuentra aproximadamente a una profundidad de $0.3 ah$.

Se puede notar a través de este estudio que un diagrama de presiones simplificado y del lado de la seguridad es el lineal de la siguiente figura:

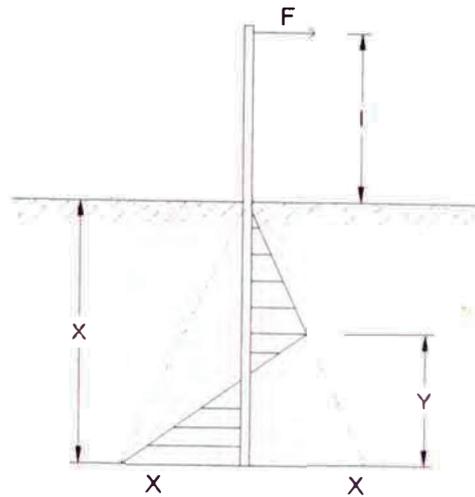


Fig. 1.3 Distribución de presiones simplificada.

Donde:

$$\lambda^2 x^4 - 8 F \lambda x^2 - 12 F \lambda x - 4 F^2 = 0$$

$$Y = \frac{\lambda x^2 - 2 F}{2 \lambda x}$$

$$\lambda = \lambda_p - \lambda_a$$

$$\lambda_p = \gamma \tan^2 (45 + \phi/2)$$

$$\lambda_a = \gamma \tan^2 (45 - \phi/2)$$

$$\phi \quad \text{:} \quad \text{ángulo de fricción interna}$$

$$\gamma \quad \text{:} \quad \text{peso específico}$$

A partir de la expresión anterior, resulta fácil obtener la profundidad de hincado "x" necesaria para soportar la fuerza "F" así como la distribución de presiones en el terreno.

Si el terreno es pobre y la punta se hinca en buen material, su deformación está dada por $(1 - x / h)^2$ s, y el punto fijo "o" es el extremo inferior.

Existen algunos otros desarrollos teóricos de este problema suponiendo cimentación elástica.

Para el diseño de dolphins, se propone el procedimiento de la figura siguiente:

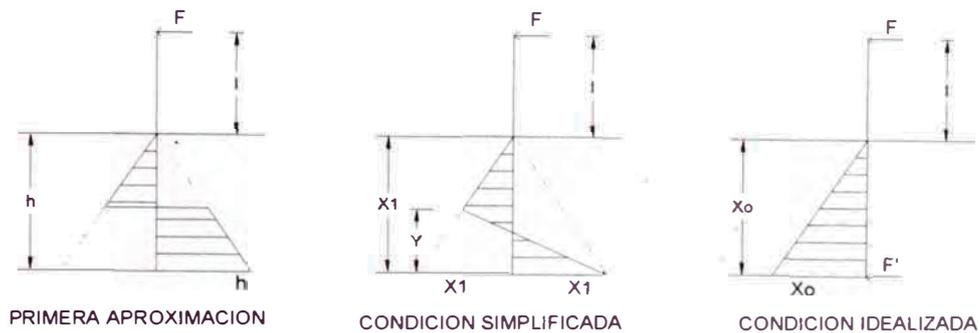


Fig. I.4 Procedimiento alternativo.

Tomando equilibrio de momentos respecto al extremo inferior en el segundo y tercer diagramas y suma de fuerzas igual a cero en el segundo diagrama, se obtuvieron las relaciones de la siguiente tabla:

l / X_1	0.250	0.500	0.750	1.000	2.000
l / X_0	0.300	0.606	0.916	1.277	2.400
X_1 / X_0	1.200	1.212	1.221	1.227	1.240

por lo que parece apropiado tomar $X_1 / X_0 = 1.20$.

Se comprueba experimentalmente que pueden considerarse cuñas laterales de empuje en la forma que muestra la Figura I.5, con lo que se obtienen los diagramas mostrados en la Figura I.6.

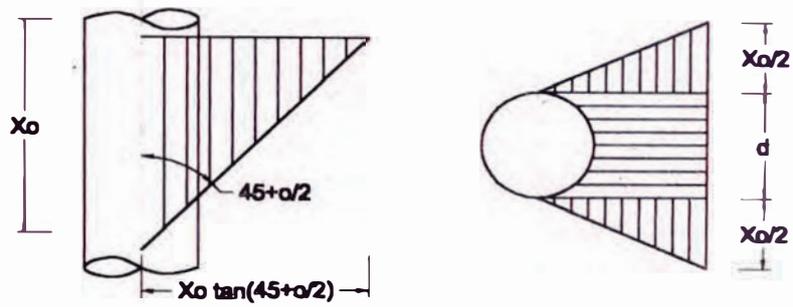
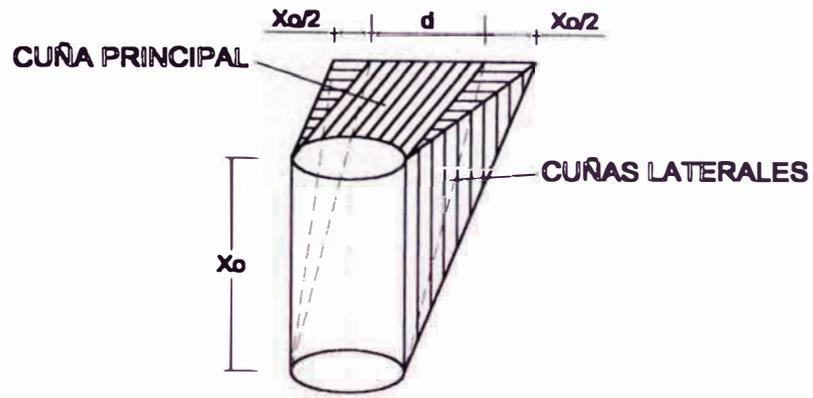


Fig. I.5 Cuñas Laterales

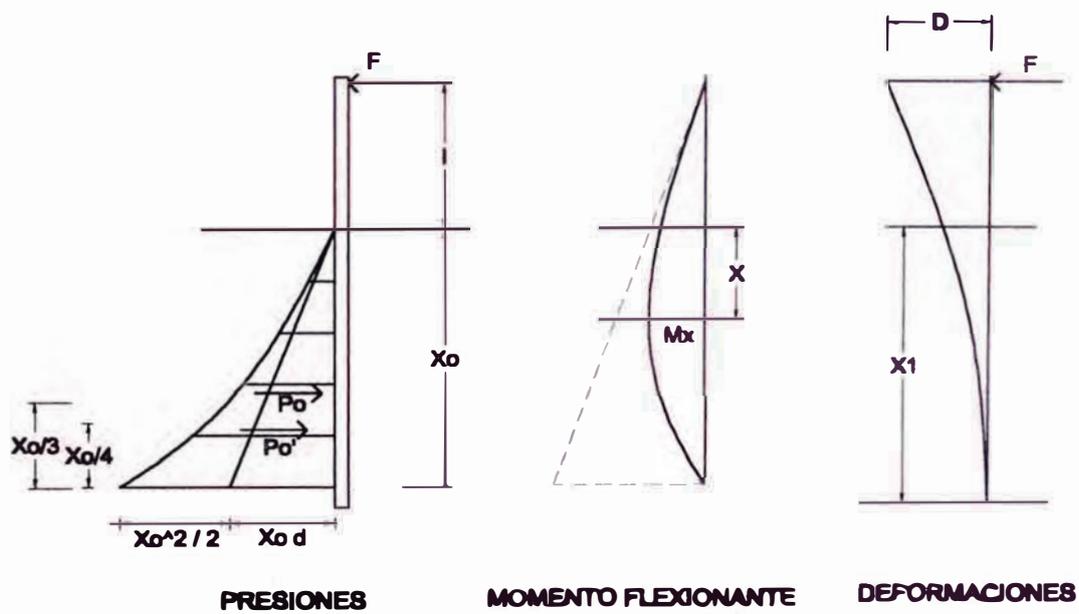


Fig. I.6 Comportamiento del pilote

Se ha supuesto que la resistencia ofrecida por el terreno actúa paralela a la superficie; es decir, el ángulo de fricción entre el suelo y el pilote es cero. Sin embargo, la línea de acción de esta resistencia, está en realidad inclinada un ángulo δ con respecto a la horizontal, principalmente en materiales como arena.

Algunos experimentos indican que este ángulo tiene un valor que oscila entre $1/3$ y $2/3$ del ángulo de fricción interno del material. Así, sobre el pilote actuarán verticalmente el peso de la estructura, el peso del relleno en el caso de que sea hueco y las fricciones indicadas en la siguiente figura:

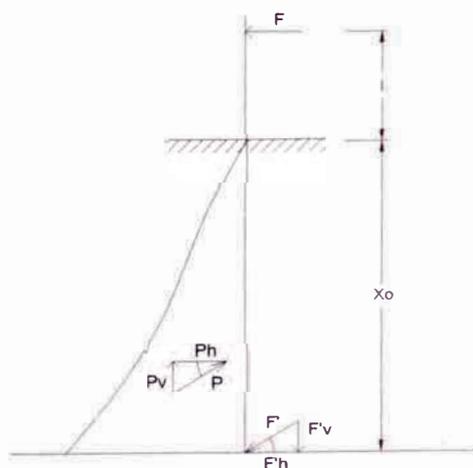


Fig. I.7 Fricción vertical.

Si existe la posibilidad de realizar pruebas de campo sobre pilotes de prueba separados o pilotes que formarán parte de la misma estructura, cargándolos lateralmente mediante gatas hidráulicas y extensómetros o "strain gauges", hasta llegar a mover el terreno, se obtienen los valores de la carga F y la deformación D , con lo que pueden obtenerse las características promedio del terreno de cimentación para posteriormente proceder al diseño.

iv) Pilotes sujetos a Carga Axial

a) Análisis Estático

La capacidad de carga de los pilotes está dada por la suma de las capacidades admisibles por punta y por fricción:

$$P_{ad} = P_p + P_f$$

Donde:

$$P_f = A_L f_s$$

$$P_p = R_p^2 (1.3 c N_c + \gamma D_f N_q + 0.8 \gamma R_p N_\gamma)$$

Siendo:

- A_L : Área lateral del pilote
- f_s : valor del cortante máximo promedio (lb/pie²)
- R_p : radio del pilote o lado en pilotes cuadrados (pies)
- γ : peso específico del suelo (lb/pie³)
- c : cohesión (lb/pie²). Para suelos no cohesivos, $c = 0$
- D_f : profundidad de la punta bajo la superficie del terreno (pies)
- N_c, N_q, N_γ : factores de capacidad – apoyo, adimensionales, dependientes del valor de ϕ .

VALORES APROXIMADOS DE f_s (kg/cm ²)	
Limo y arcilla blanda	0.075 – 0.300
Arcilla muy compactada	0.500 – 2.000
Arena suelta	0.125 – 0.350
Arena densa	0.350 – 0.700
Grava densa	0.500 – 1.000

FACTORES DE CAPACIDAD PORTANTE PARA CONDICIONES GENERALES DE CORTE			
ϕ	Nc	Nq	N γ
0	5.7	1.0	0.0
5	7.3	1.6	0.5
10	9.6	2.7	1.2
15	12.9	4.4	2.5
20	17.7	7.4	5.0
25	25.1	12.7	9.7
30	37.2	25.2	19.7
34	52.6	36.5	35.0
35	57.8	41.4	42.4
40	95.7	81.3	100.4
45	172.3	173.3	297.5
48	258.3	287.9	780.1
50	347.5	415.1	1153.2

b) Análisis dinámico

El análisis dinámico expresa la capacidad portante de los pilotes o "resistencia dinámica" en función del rechazo.

Se obtienen fórmulas dinámicas al igualar el trabajo de caída del mazo o martillo, disminuido por los distintos trabajos perdidos, con el producto de la resistencia dinámica (disminuida por el peso del mazo y del pilote) por el rechazo.

Las cargas verticales actuando en la estructura se distribuyen sobre los pilotes, pudiéndose utilizar para el cálculo de la resistencia a la compresión, la expresión (entre muchas otras fórmulas dinámicas):

$$2 P = \frac{U W_1 H_1}{S + q \tan \phi}$$

Donde:

- P : carga de seguridad (T)
 W₁ : peso del martillo (T)
 H₁ : altura de caída (pulg)
 S : hincado permanente (pulg)
 U : proporción efectiva de energía de hincado

$$U = \frac{0.3 + W_1}{S W}$$

$$q = \frac{m p + L}{l n}$$

Donde:

- n = 200 para arcillas suaves y medias,
 100 para arcillas duras, arenas compactas y gravas
 φ = ángulo de fricción interna del terreno
 l = longitud hincada del pilote (pies)
 L = longitud total del pilote (pies)
 p = perímetro del pilote
 W = peso del pilote

Ángulo de fricción φ	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Valores de m	3.2	2.8	2.5	2.0	1.7	1.5

El diseño deberá realizarse considerando a los pilotes como columnas sujetas a flexo compresión (Ver Ítem IV.1.3).

En el libro "Dock & Harbour Engineering", H. F. Cornick presenta como buen criterio para analizar pilotes verticales en terreno firme, el graficado en la Figura 1.8.

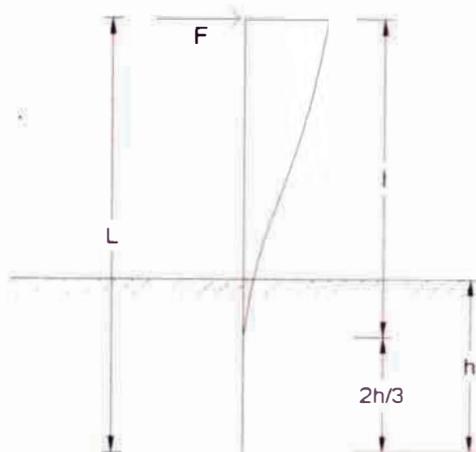


Fig. 1.8 Punto de fijación

Donde:

- L : longitud total del pilote
- l : longitud libre de pandeo

En "Earth Retaining Structures" de The Institution of Civil Engineers (England), se dice que el punto de fijación en el caso de pilotes hincados en un material firme estará entre el fondo y una distancia de $1/3$ de la longitud hincada.

Para resistencia uniforme de fricción puede mostrarse que la longitud libre de pilote por fricción es $2/3$ de la total.

En el caso de un pilote hincado en un material uniforme que ofrece resistencia por fricción a cargas verticales y resistencia lateral a la componente horizontal de la carga aplicada, la longitud efectiva puede no coincidir con la longitud al punto de fijación L_r que Cummings ha obtenido con la expresión:

$$L_r = (216 E I K / \gamma)^{0.2}$$

Donde:

- K : coeficiente no dimensional para el cual él sugirió 0.005 en arena muy densa. Para este módulo de elasticidad lateral, Tcheboteriof recomienda un valor entre 0.003 y 0.0003.
- γ : peso específico
- E : módulo de elasticidad del pilote
- I : momento de inercia del pilote

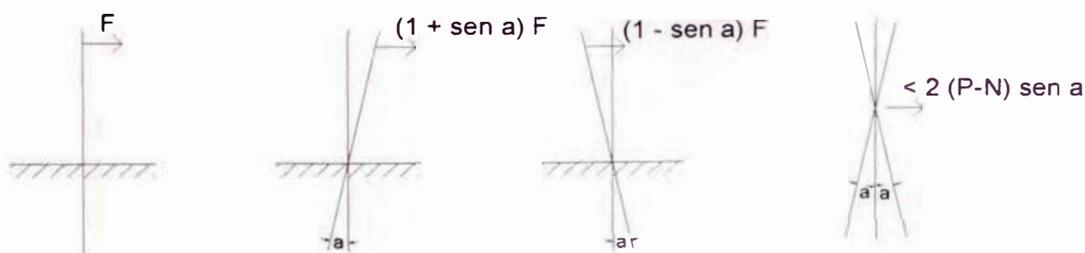
Es un hecho conocido que cuando se está hincando un pilote y pasa a través de un estrato suave hacia otro más duro y más compacto, la presión en la punta se incrementa en proporción a la mayor resistencia al cortante del nuevo material penetrado, o en otra forma, pasando de un estrato firme a otro más suave, se disminuye la resistencia

Se puede observar que la resistencia total al hincado está determinada en general por el valor de la resistencia en la punta mas bien que por la fricción en la superficie del pilote, siempre y cuando éste se encuentre en movimiento. Así, si un pilote atraviesa varios estratos de diferentes características, el estrato en el cual se apoya la punta tiene la mayor influencia sobre su capacidad.

En arcillas minadas se observa frecuentemente que no hay incremento en resistencia después de considerable penetración. Esto es debido a que la expulsión del agua de poro forma una película en la superficie del pilote y que el modulamiento temporal del terreno hueco rodeando el pilote se conserva por la presión hidráulica ocasionada en el hincado. Después de algún período de suspender el hincado en este tipo de arcilla, frecuentemente se cierra sobre el pilote, así que al comenzar nuevamente el hincado, se mostrará resistencia adicional.

Lo anterior se corrobora con los registros reales de hincado de pilotes de acero $\phi 18''$ que se presentan en la página siguiente.

En pruebas sobre pilotes inclinados, Minikin llegó a las siguientes cargas de falla (Fig I.9):



- P: Carga axial de seguridad
 N: Presión considerada en la punta.

Fig. I.9 Pruebas sobre pilotes inclinados

El diseño de la cubierta o superestructura, dependerá de su tipo, pero en general, debido a su gran rigidez en comparación a la sub estructura, se podrán considerar vigas continuas. No se debe olvidar considerar los efectos del sismo, especialmente en el litoral peruano, considerado en la norma como zona 3 (de mucho riesgo).

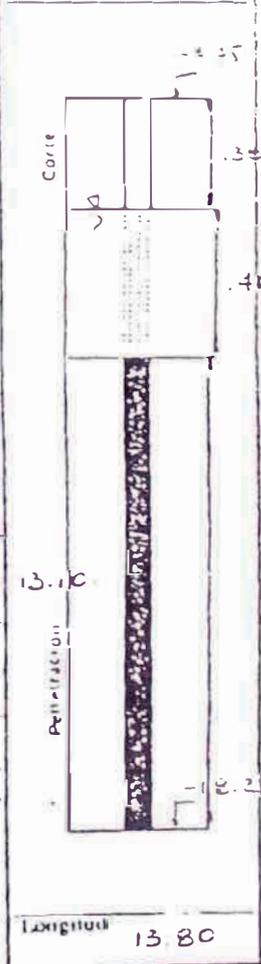
IPORT

PROY
M. T. C.
RECORD DE CLAVADO
20° (PILOTE INCLINADO 14 SEGUN ABAD)

PROY
REFORZ. PUENTE REQUE
LUGAR:
REQUE - CHICLAYO
POR: MRC
FECHA: 11/01/00
PAG:

Profundidad (cm)	Penetración (cm)	Nº golpes por 10 cm	Penetración (cm)	Nº golpes por 10 cm	Penetración (cm)	Nº golpes por 10 cm	Penetración (cm)	Nº golpes por 10 cm	Penetración (cm)	Nº golpes por 10 cm
00	80	7	6.00	4	20	15	40	9	80	
10	90	7	10	5	30	14	50	11	70	
20	3 00	8	20	4	40	15	80	11	80	
30	10	7	30	4	50	12	70	12	90	
40	20	8	40	5	60	10	80	13	00	
50	30	8	50	4	70	9	90	13	10	
60	40	8	60	4	80	9	13 00	16	20	
70	50	8	70	4	90	7	10	18	30	
80	60	10	80	5	10 00	8	20	17	40	
90	70	9	90	5	10	6	30	23	50	
00	80	10	7 00	7	20	7	40	22	60	
10	90	10	10	6	30	6	50	32	70	
20	4 00	11	20	6	40	7	60		80	
30	10	9	30	6	50	7	70		90	
40	20	9	40	7	60	7	80		00	
50	30	10	50	7	70	6	90		10	
60	40	11	60	7	80	7	00		20	
70	50	11	70	8	90	7	10		30	
80	60	10	80	9	11 00	7	20		40	
90	70	11	90	11	10	7	30		50	
00	80	11	8 00	15	20	6	40		60	
10	90	7	10	14	30	8	50		70	
20	5 00	8	20	13	40	7	60		80	
30	10	8	30	18	50	7	70		90	
40	20	8	40	17	60	9	80		00	
50	30	7	50	17	70	8	90		10	
60	40	8	60	17	80	8	00		20	
70	50	7	70	18	90	9	10		30	
80	60	6	80	21	12 00		20		40	
90	70	6	90	18	10	7	30		50	
00	80	6	9 00	17	20	7	40		60	
10	90	5	10	16	30	7	50		70	

Mostr N° 11
Sección CIRCULAR
42" x 18"
Peso 1735 kg
Concreto
Hormónizado
Hormón
Martillo D-30
Energía 7.500 kg-m
Carga específica 30 ton
Carga de clavado 3 Ton



IP P: Peso propio pilote P+M Pil. + Martillo

[Signature]
Ing. Néstor Hurtado Rendoval
CIP. N° 47849
Residente de Obra Fuente #400

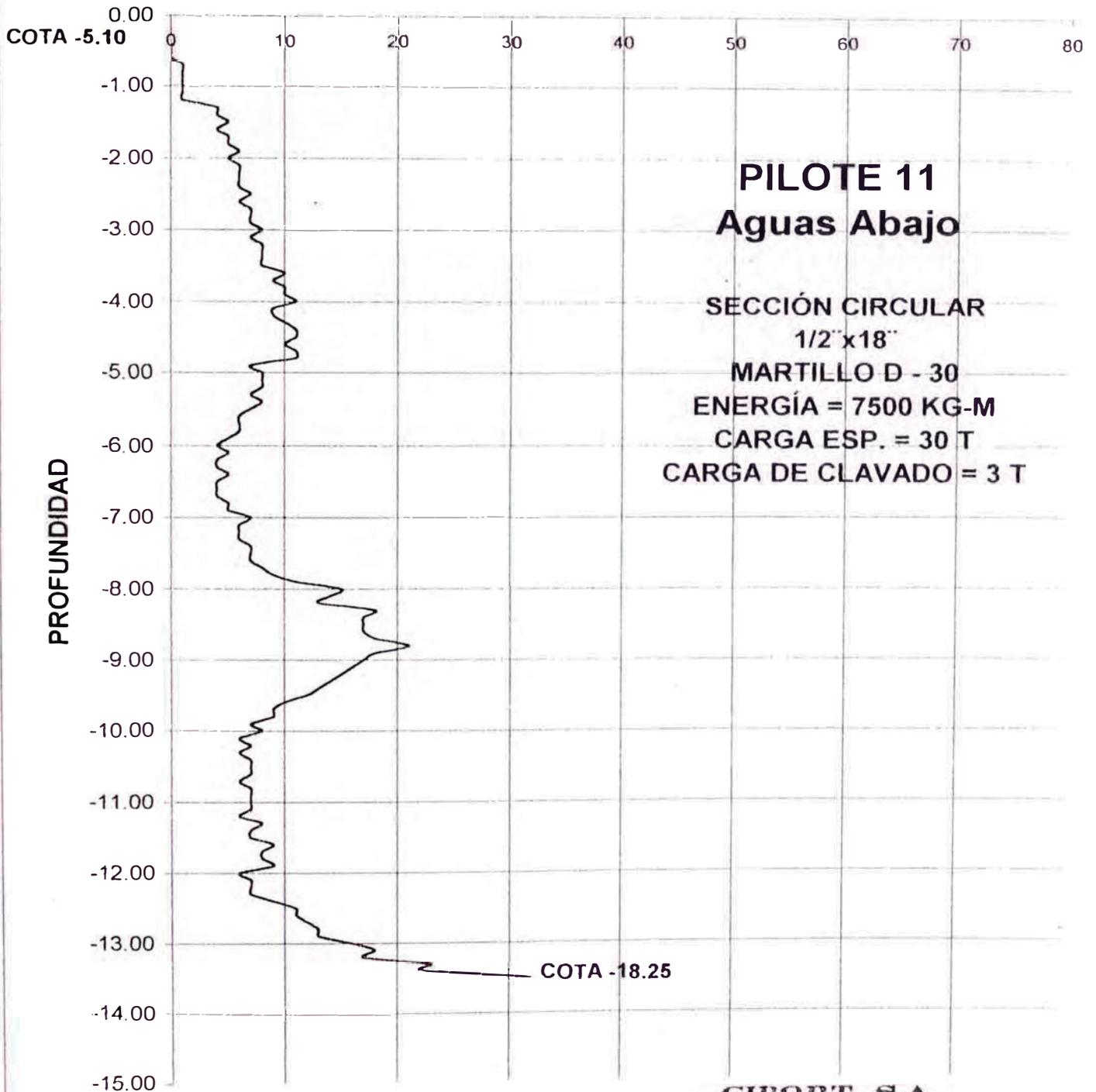
CIPORT S.A.
Construcciones Puertes y Portuarias S.A.
[Signature]
Ing. Luis Porcelino Segund
RESIDENTE

NIERO CIVIL
de Ingenieros N° 64580

CIPORT S.A.

OBRA: RECALCE DEL PILAR CENTRAL DEL PUENTE REQUE

#GOLPES/10 cm.

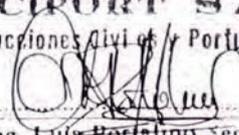


PILOTE 11
Aguas Abajo

SECCIÓN CIRCULAR
1/2" x 18"
MARTILLO D - 30
ENERGÍA = 7500 KG-M
CARGA ESP. = 30 T
CARGA DE CLAVADO = 3 T

MRC

CIPORT S.A.
Construcciones Civiles y Portuarias A


Ing. Luis Portantino Segund
RESIDENTE

v) Longitud de Empotramiento

Depende de las características de la sección del pilote y de las condiciones del terreno de fundación.

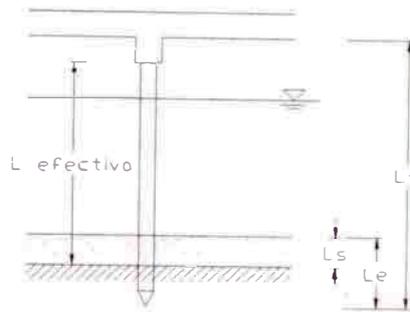


Fig. I.10 Longitud Efectiva de Pilotes en Muelles

Donde:

- L : longitud efectiva (para el cálculo)
- L_f : longitud total (para la fabricación)

$$T = (EI / N_h)^{0.2} \text{ (pulg)}$$

Donde:

- E : módulo de elasticidad (lb/pulg²)
- I : módulo de inercia (pulg⁴)

SUELO	TIPO	N _h (lb/pulg ³)
Arena – grava (arena y limo inorgánico)	Baja	1.5
	Media	10.0
	Densa	30.0
Limo orgánico	Sedimento	0.4
	Orgánico	3.0
	Turba	0.2

$$L_s = 1.8 T$$

$$L_e = 4.0 T$$

I.1.2 DOLPHINES

i) Conceptos Generales

Los dolphins son estructuras marinas que facilitan el fondeo, atraque o acoderamiento de las embarcaciones. Se utilizan también como nexo para transferir cargas de una embarcación a otra, estacionadas a sus costados.

Su función estructural es asimilar las cargas generadas en el momento de atraque y cuando la embarcación está acoderada, sirviendo de protección al muelle, espigón o embarcadero al que generalmente está asociado.

Resultan factores muy importantes a considerar para el análisis estructural de los dolphins: la elasticidad y la capacidad del terreno, la elasticidad de la estructura sujeta al impacto de las embarcaciones y el peso propio de la estructura.

Cuando se tiene un solo pilote, éste actúa como cantiliver, resorteando para tomar la fuerza horizontal debida al impacto de la embarcación. Si dicha fuerza es F y la longitud del cantiliver l , la deformación máxima será.

$$D = \frac{F l^3}{3 E I}$$

y el trabajo realizado por la fuerza sobre el pilote

$$E_f = D F/2$$

Donde:

E : módulo de elasticidad del material del pilote
 I : momento de inercia de la sección

Si la energía de la embarcación es $W u^2 / 2 g$, siendo W el tonelaje de desplazamiento del barco y u la componente de la velocidad normal al paramento de atraque, sólo se transmitirá al dolphin una fracción ($\eta < 1$) que depende del criterio utilizado.

La fuerza de impacto F se obtiene con la expresión:

$$\frac{\eta W u^2}{2 g} = E_f$$

$$\frac{D F}{2} = \frac{F^2 l^3}{6 E I} = \frac{\eta W u^2}{2 g} = E_f$$

$$F = \frac{\sqrt{(3 \eta W E I)} u}{\sqrt{(g l^3)}}$$

Si se tienen varios pilotes de longitud l y de la misma sección, es decir, I es igual a una constante, unidos a un cabezal rígido, estos reciben una fuerza lateral F_i que se obtiene de la siguiente expresión:

$$F_i = \frac{k_i \sum F_i}{\sum k_i}$$

donde: $k_i = \frac{12 E I}{l^3}$

Lógicamente, los esfuerzos se reducen enormemente mediante el uso de disipadores de energía. Sólo en casos muy raros, una embarcación golpea a un muelle o dolphin en dirección tal que transmita el total de su energía cinética y aún entonces se pierde un porcentaje apreciable.

La longitud hincada del pilote está soportada elásticamente en el terreno, lo cual, dentro de ciertos límites, contribuye a la deformación reduciendo la intensidad de del impacto.

ii) Tipos de Dolphines

a) Según su función, se pueden diferenciar:

Dolphines de Atraque; estructuras portuarias que generalmente están formadas por una losa de concreto sostenida por un grupo de pilotes, asociadas a estructuras mayores (tales como muelles o embarcaderos), diseñadas para absorber el impacto de las embarcaciones en el momento de atraque. En general cuentan con bolardos o postes de muelle (bitas de amarre) para el amarre de los cabos del barco y de elementos disipadores de energía que protegen su estructura y a su vez el casco de los buques de los impactos producidos.

Dolphines de Amarre; de dimensiones menores a los anteriores, colocados hacia afuera de popa y proa, cuya función es contrarrestar la acción de corrientes y vientos una vez acoderadas las embarcaciones. No se diseñan para soportar el impacto del barco ya que este no tiene contacto con ellos. Para sujetar grandes embarcaciones, generalmente se utilizan más de dos dolphines, los cuales deben localizarse a 45° hacia fuera de popa y proa y permitir líneas de amarre no menores a 60 m ni mayores de 120 m que en lo

posible queden perpendiculares al muelle, lo cual hace más eficaz la sujeción de las embarcaciones.

b) Según su estructura pueden ser:

Flexibles; algunas veces hechos de madera, utilizados para amarrar embarcaciones pequeñas que no excedan las 50,000 DWT (toneladas de peso muerto), como defensa para proteger muelles o para amarrar barcos un tanto mayores y mantenerlos alejados de las estructuras no diseñadas para absorber cargas de impacto. Las condiciones del suelo en el fondo deben ser adecuadas ya que si el terreno es demasiado flojo, los dolphines o grupos de pilotes no regresarán a sus posiciones originales después de haber sido golpeados por una nave y su capacidad para absorber energía, que depende de la flexión, se irá perdiendo gradualmente.

Rígidos; generalmente diseñados para absorber gran cantidad de energía, con bloques pesados de concreto como plataformas sostenidas por grupos de pilotes verticales y/o inclinados, generalmente de acero, de concreto armado o de acero rellenos con concreto armado. Estos dolphines generan una mínima fuerza de reacción pues cuentan con sistemas de defensa que absorben mucha energía. Las cargas se reparte sobre un grupo numeroso de pilotes, los cuales necesitan de un peso muerto considerable para contener la fuerza de levantamiento.

Ejemplos de dolphines encontramos en el Terminal Marítimo de Bayóvar (de amarre y de atraque rígidos, para buques de hasta 250,000 DWT), en el muelle pesquero de Chimbote (de atraque para buques de 50,000 DWT), en el muelle de carga de Cementos Lima en Conchán (de amarre y de atraque), etc.

I.1.3 SISTEMAS DE DEFENSA

i) Concepto

Se denomina sistema de defensa o de disipación de energía, al conjunto de elementos capaces de asimilar las cargas que estadísticamente tendrían lugar sobre las estructuras que protegen, durante toda su vida útil y para todas las condiciones de ataque.

El desplazamiento de las embarcaciones genera gran cantidad de energía cinética, la cual en el momento de ataque, genera esfuerzos de tal magnitud que producirían daños irreparables a embarcaciones y estructuras portuarias de no tomarse las previsiones del caso. Esto hace de vital importancia el diseño apropiado del sistema de defensa a utilizar.

ii) Elementos del Sistema de Defensa

Los principales elementos lo constituyen aquellos de goma o caucho, capaces de absorber elevados valores de energía cinética y de deformación en su estructura. Existen elementos de goma de diversas formas y dimensiones (dependiendo del fabricante), que generan curvas de energía deformación propias para cada caso, así tenemos:

- a) Defensas Cilíndricas; usadas para el ataque de buques pequeños y medianos, generalmente suspendidas de cadenas o cables, adecuadas para proteger esquinas y superficies curvas por su gran flexibilidad (capacidad de deformación).
- b) Defensas Trapezoidales; que transmiten reacciones muy bajas en relación con la energía que disipan, utilizada para buques medianos.

- c) Defensas de Geometrías más Complejas; diseñadas especialmente para buques de peso muerto superior a los 100,000 DWT que tengan contacto con estructuras relativamente livianas. Aseguran la mínima reacción transmitida y bajos valores de presión sobre el casco del buque.

Para el caso de acoderamiento de buques de gran calado, el sistema de defensa se ve complementado por otros elementos tales como escudos metálicos, ménsulas y cadenas, etc.

iii) Selección de las Defensas

El procedimiento para la selección del Sistema de Defensa es generalmente el siguiente:

En primer lugar, se determina el tipo de embarcación y su velocidad de acoderamiento.

Con este dato se determina la geometría más conveniente de la defensa de caucho, así como la presión de impacto admisible.

Se calculan las fuerzas involucradas como de viento, de ola, sísmicas, etc.

Se procede al cálculo de la fuerza de reacción y la presión de impacto que debe tener la defensa a elegir. Se verifica la energía cinética en el instante de atraque.

Se elige la defensa marina que satisfaga las condiciones anteriores.

I.1.4 BUQUES

Se definen como barcos con cubierta, adecuado para largas navegaciones y para el transporte de personas o materiales. Es necesario el conocimiento de sus características, tales como la eslora, la manga, el desplazamiento, etc. para el planeamiento y diseño de las estructuras marinas.

El tonelaje de desplazamiento es el peso real de la embarcación o el peso del agua desplazada cuando se pone a flote la misma.

El tonelaje de peso propio es la capacidad de carga de un buque en toneladas. Es el peso de la carga, combustible y almacenaje que soporta una nave, o peso muerto de la nave (DWT).

El calado de un buque, expresado en relación con el desplazamiento como calado de carga o sin ella, es la profundidad de la quilla del barco bajo el nivel del agua, para una particular condición de carga.

I.1.5 MUELLES

Estructuras marinas construidas en la dirección conveniente para la protección de las embarcaciones. Su utilidad mayor consiste en permitir la aproximación de buques, facilitando el embarque y desembarque de personas y la carga y descarga de mercancías. Tienen altura y disposición distinta según el calado de las embarcaciones que atracan en él y del uso para el que se destina. En nuestro país tenemos muelles de diversos tipos: de pesca artesanal, de pesca industrial, de carga de minerales, de carga de petróleo, etc.

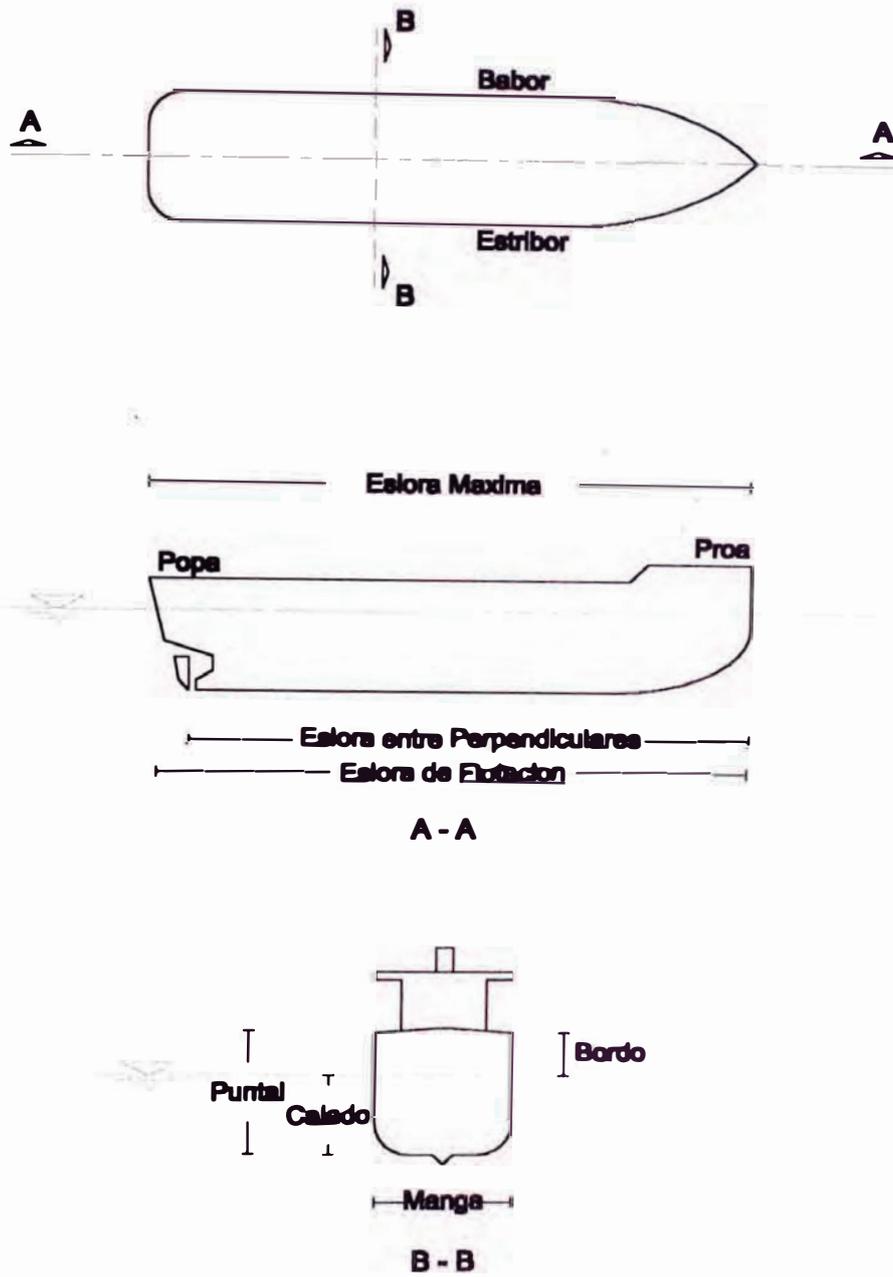


FIG. I.11 PRINCIPALES DIMENSIONES DE UN BUQUE

I.2 ELEMENTOS QUE CONFORMAN LAS DEFENSAS DEL MUELLE TERMINAL BAYÓVAR

Entre las instalaciones portuarias del Terminal de Bayóvar, encontramos un muelle de caballete de 200 m de largo y 8 m de ancho que se extiende desde la orilla hacia el atracadero. Diseñado para recibir buques tanque, está en un lugar con 20 m de profundidad de agua. Las defensas del muelle comprenden una serie de estructuras y elementos, que a continuación se detallan:

I.2.1 DOLPHINES DE ATRAQUE

Dentro de las facilidades portuarias del muelle terminal de Bayóvar se han construido cuatro dolphins de atraque (estructuras de concreto armado), las dos interiores BD-2 y BD-3 espaciadas a 60 m y las dos exteriores BD-1 y BD-4 distantes 100 m; cada una de las defensas exteriores mide 13 x 14 m en planta y está soportada por 24 pilotes de acero de los cuales 6 son verticales para facilitar la construcción y 18 están apuntalados con una inclinación de 1 en 2½. De estos puntales 6 se hincan paralelos a la cara con defensas. Los dolphins interiores miden 10 x 12 m en planta y son soportados por 16 pilotes de acero, de los cuales 6 son verticales y 10 inclinados (1 en 2½), con dos de estos hincados paralelos a la línea de atraque (Ver plano L1).

Todos los pilotes son de 760 mm de diámetro exterior y 20 mm de espesor de pared, en acero según ASTM 252 Grado 2, $F_y = 3500 \text{ kg/cm}^2$ (50 ksi), con recubrimiento de 3 mm contra la corrosión en el exterior del pilote.

Para los dolphins exteriores la compresión axial máxima asciende a 249 (233.8) T en condiciones de carga "accidental". La tensión, máxima en un pilote del grupo llega a 152 (143.8) T. Para los dolphins interiores, la

carga axial máxima asciende a 230 (234.3) T en condiciones de carga "accidental", y la tensión máxima llega a 175 (183.2) T. Los valores entre paréntesis se han calculado particularmente en la presente Tesis (Ver Ítem IV.1.2).

Todos los pilotes han sido anclados a la roca subyacente utilizando 3 barras Macalloy de 40 mm de diámetro enroscadas en placas y colocadas en un agujero taladrado en la roca debajo del pie del pilote. Las barras se extienden aproximadamente 12.5 m por debajo del pie del pilote y 4.5 m hacia arriba en el interior del pilote, enlechándose subsiguientemente en la roca y en el pilote. La lechada que se usa tiene una fuerza de compresión de 4,000 psi, o sea 280kg/cm² (27.6 N/mm²), con una relación de agua cemento de 0.4. La fuerza de tracción máxima de diseño del ancla es de 185 T.

Para facilitar la construcción de los dolphins, la base entera fue sostenida por unidades de paneles prefabricados que descansan sobre tres vigas de acero transversales de sección 914 x 419 mm, de 343 kg/m. Estas vigas iban sostenidas por los 6 pilotes verticales, hincando luego los inclinados desde esta plataforma. Después se echó el concreto de la cubierta, efectuando la construcción para anclar los jebes. Esta cubierta principal está a un nivel de +4.50 m. Su base se halla inmediatamente encima del nivel de pleamar, con lo cual se reduce en la medida de lo posible la longitud de los pilotes. Como el diseño exigía que las bases de los ganchos de suelta rápida estuviesen a un nivel de +8.40 m, se han montado las mismas sobre unos pedestales construidos sobre la cara de la cubierta principal que mira hacia el mar.

DOLPHINES DE AMARRE

Los dolphins de amarre (cuatro en total) están ubicados a 245 m y 125 m de la línea de eje del atraque, con la cubierta a la elevación nominal de +8.40 m. La cubierta de concreto de forma hexagonal, tiene un espesor

de 2.90 m. Cada dolphin de amarre consta de 6 pilotes inclinados 1 en 2 y un pilote vertical que soportan la base de apoyo de acero.

El peso de cada cabeza de dolphin asciende a 400 T y, con la tracción de amarre de diseño de 170 T, la carga axial máxima de los pilotes es de 100 T y la máxima tensión de los mismos de 75 T. Los tres pilotes inclinados en el lado a tierra llevan tensión en ciertas combinaciones de carga, estando por esta razón anclados en la roca subyacente.

El diseño indicaba que los dolphins de amarre exteriores debían tener una capacidad de absorber como mínimo 250 Tm de energía, y que los dolphins de amarre interiores debían absorber como mínimo 165 Tm. La carga de amarre máxima aplicada a las líneas de amarre sería de 170 T.

En todos los dolphins van ganchos de amarre de 100 T. Los de los dolphins de atraque interiores y exteriores son ganchos dobles completos con cabrestante, tipo Mampaey MHC.100.402. Los de los dolphins de amarre interiores y exteriores son montajes de gancho triple, tipo Mampaey MHC.100.403.

Para los dolphins de amarre los cabrestantes están montados íntegramente en la base del gancho, con accionamiento eléctrico, tipo SEW de 5.5 CV, mínima tracción de la línea 1,200 kg, velocidad de arrastre 40 m/min, 60 Hz 380 V. Para los dolphins de atraque, como los anteriores pero la velocidad de arrastre del cabrestante es de 30 m/min.

I.2.3 FENDERS SEIBU

i) En Dolphins Exteriores

En vista de la rigidez de los dolphins, se ha supuesto que la energía de diseño es enteramente absorbida por las defensas de goma. Estas son

unidades Seibu 2000 HTTP, con relación de altura total a base de 1.5, montadas a dos cotas sobre la cara de los dolphins que da al mar. Dos superiores de 2 m de longitud (y 4.7 T cada uno) y dos inferiores de 1.6 m de longitud. Para el atraque de petroleros grandes se comprimen las dos secciones.

El material del que están compuestos los fenders puede ser jebe natural o sintético de alta calidad y suficiente resiliencia, anti envejecimiento, resistencia a la intemperie y al desgaste; homogéneo y sin impurezas, poros o grietas.

PROPIEDADES FÍSICAS STANDARD			
CONDICIÓN	PRUEBA	REQUERIMIENTO	Standard ASTM
Antes de Envejecimiento	Dureza	78° (máximo)	D-2240-68
	Resistencia a la Tensión (Kg/cm ²)	160 (mínimo)	D-412-75
	Elongación (%)	350 (mínimo)	
Después de Envejecimiento (70°±1C) x 96 Hrs.	Dureza	Valor original + 8° máx.	D-412-75 D-2240-68
	Resistencia a la Tensión (Kg/cm ²)	No menor que el 80% del valor original	D-573-67
	Elongación (%)	No menor que el 80% del valor original	D-573-67

El diseño se basa en la absorción de la energía máxima especificada a 50% de compresión; si bien Seibu garantiza la actuación de las unidades hasta una compresión de 55%, puede tolerarse una sobrecarga accidental del 60%.

Defensas Exteriores al 55% de Compresión	Superiores	Inferiores
Dimensiones (mm)	2000H x 2000L	2000H x 1600L
Abs. de energ. por par de jebes	256.0 T m	204.8 T m
Reacción por jebe par de jebes	292.0 T	248.2 T

Deflexión límite (superiores e inferiores): La deformación lateral (flexión) con compresión de 50% está limitada por cadenas a 0.85 m.

Las defensas de caucho se encuentran giradas 5° con respecto a la cara del dolphin (sólo en los dolphins exteriores), registrándose la siguiente respuesta en las unidades Seibu:

CONDICIONES DE ATRAQUE	ENERGÍA ABSORBIDA (T m)	
	ATRAQUE DE DISEÑO O NORMAL	ATRAQUE ACCIDENTAL
0° sobre la línea de atraque	325	415
5° sobre la línea de atraque	390	480
10° sobre la línea de atraque	325	415
Empujes correspondientes que se produjeron (T):		
0° sobre la línea de atraque	455	500
5° sobre la línea de atraque	500	580
10° sobre la línea de atraque	455	500

ii) En Dolphins Interiores

Se encuentran dos secciones de jebes de 2000 H TTV: una sección superior de 1.40 m de longitud y una inferior de 1.0 m.

Las especificaciones hacen constar que el peso mínimo de petroleros es de 16,500 DWT. Suponiendo un desplazamiento de 22,000 T con una masa hidrodinámica adicional de 10,000 T, el atraque a 180 mm/seg en

bajamar da una flexión del jebe inferior del orden de 325 mm (promedio). La absorción de energía que tiene lugar es de 26 Tm, lo que es mayor que el mínimo especificado.

Defensas Interiores al 55% de Compresión	Superiores	Inferiores
Dimensiones	2000H x 1400L	2000H x 1000L
Absorción de energía por jebe (T m)	179.0	128.0
Reacción por jebe (T)	204.4	146.0

*H altura del fender (mm)

L longitud del fender (mm)

Deflexión límite (superiores e inferiores): La deformación lateral (flexión) con compresión de 50% está limitada por cadenas a 1.40 m.

En todos los casos, los jebes se encuentran anclados al cuerpo de concreto del dolphin mediante pernos de anclaje de $\phi 3'' \times 440$ mm de longitud y una resistencia nominal a la tracción de 42 T, correspondientes a los requerimientos ASTM A-36, cuyas superficies tienen un revestimiento de zinc inmerso en caliente (revestimiento mínimo 400gr/m²) según ASTM A-153.

El material del alojamiento de los pernos de anclaje (resin plugs) es resina sintética y satisface los requerimientos siguientes:

Propiedades Físicas	Requerimientos	Standard ASTM
Resistencia a la tracción (Kg/cm ²)	200 mínimo	D-638
Absorción de agua (variación de peso) (%)	3 máximo	D-543
Resistencia química al 10% NaCl (variación de peso) (%)	3 máximo	D-543

I.2.4 ESCUDO DE PROTECCIÓN

i) Paneles de protección

Los paneles o escudos de protección de los dolphins son estructuras metálicas (de acero estructural ASTM A-36) con frente de madera que reciben directamente el impacto de los buques al acoderar y se encargan de transmitir las cargas a los fenders Seibu para ser disipadas. (Ver Planos L8 y L9).

Estos escudos miden 5 m de ancho por 7 m de alto, con nivel de fondo de -0.14 m. El escudo de protección tiene frente de madera (maderamen) de 300 mm de espesor en tres secciones. Entre cada sección se han introducido amortiguadores de caucho tubulares de 457 mm de diámetro exterior, diseñados para amortiguar el movimiento de los pequeños petroleros en condiciones de oleaje cuando se deslizan paralelos a la defensa. Esto ha aumentado ligeramente la capacidad de absorción de energía para petroleros cargados y pequeños para una compresión correspondiente de 325 mm hasta aproximadamente 33 Tm. El peso de cada escudo es de aproximadamente 55 toneladas incluyendo amortiguadores Seibu.

La madera que reviste el frente del escudo es dura y seca, de tipo Lagarto Caspi, con humedad máxima de 10% y mínimo módulo de ruptura de 890 Kg/cm^2 . La mínima resistencia a la compresión perpendicular a la fibra es de 82 Kg/cm^2

Los pernos que aseguran el panel protector a la defensa de jebe son de acero estructural conforme a ASTM A-36; la superficie del perno está revestida con zinc inmerso en caliente (400 gr/m^2 mínimo) según ASTM A-153. Toda la soldadura es por arco eléctrico.

PESO APROXIMADO DE ESCUDOS	(Kg)
Estructura metálica	24,100
Ménsulas y cadenas	3,000
Planchas de refuerzo	4,000
Maderámen	9,000
Fenders Seibu	15,600
Peso Total	55,700

La presión máxima contra el casco del buque no debe pasar de 20 T/m². Este límite de esfuerzo es una cifra media y en el diseño normal la carga asciende a 18 (15.4) T/m² para el dolphin exterior. Para los petroleros más pequeños esta cifra se reduce a 10 (10) T/m² aproximadamente. Las cifras entre paréntesis han sido calculadas particularmente en el Ítem IV.2.4.

ii) Cadenas

El efecto del movimiento de los buques a lo largo de su atracadero al efectuarse el acoderamiento, consiste en introducir fuerzas longitudinales y movimientos del panel de las defensas. Este último tiende a reducir las características de disipación de energía de los jebes Seibu, pero la flexión excesiva es controlada con la introducción de cadenas entre el escudo de acero y el dolphin. A 50% de compresión de los jebes, el movimiento longitudinal del panel de defensas que permite las cadenas asciende a 0.85 m en los dolphins exteriores y 1.40 m en los interiores.

Se encuentran tres tipos de cadenas:

- a) Cadenas Cortantes.- La función de estas cadenas es amortiguar la deflexión (generalmente de izquierda a derecha y viceversa). Al mismo tiempo sirven de fusibles contra sobre cargas accidentales.

Son cuatro, dos superiores y dos inferiores y están diseñadas para soportar 150 T.

- b) Cadena Diagonal.- Su función principal es la de soportar el peso del escudo.
- c) Cadena Horizontal.- Su función es la de ayudar a la cadena vertical (suspensión) y amortiguar la reacción de los fenders Seibu.

Adoptando un coeficiente de fricción de 0.3, se calculó que la fuerza transmitida al escudo de la defensa sería de alrededor de 140 T. Esta cifra concuerda con una recomendación de Seibu por la que se debería de usar la mitad de la fuerza interactiva, lo que con 0.3 de coeficiente de rozamiento daría 150 (162) T. Seibu recomendó así mismo que esta cifra se dividiese en partes iguales entre una cadena horizontal superior y una inferior. Por estas razones se usó una tensión de diseño de 75 (81) T, dejando de lado la resistencia que el caucho proporciona contra el movimiento lateral (Ver Ítem V.1.1).

Se requiere un sobre espesor de 3 mm contra corrosión, por lo cual se aumentó 6 mm el diámetro de las cadenas que se requieren. Los tamaños de las cadenas son como sigue:

POSICIÓN	CARGA DE DISEÑO (T)	DIÁMETRO (mm)	CARGAS DE ENSAYO	
			ROTURA (T)	PRUEBA (T)
DOLPHINES EXTERIORES				
Horizontal	75	52	107.7	75.4
Vertical	46	48	92.5	64.7
DOLPHINES INTERIORES				
Horizontal	50	48	92.5	64.7
Vertical	46	48	92.5	64.7

El material, las propiedades físicas y las dimensiones de las cadenas deben ser conforme a ASTM A-413 ó equivalente. Su superficie debe ser tratada con zinc inmerso en caliente (400 gr/m² mínimo) según ASTM A-153.

Los grilletes "D" requeridos son de acero de muy alta resistencia a la tracción, ASTM 575 Gr1025. Las placas de conexión de acero estructural soldable con $F_y = 50$ ksi al igual que los pernos "U". (Ver Plano L7).

Todas las cadenas se conectan del escudo al dolphin a través de una serie de elementos que sin embargo presentan la misma distribución en todos los casos. Esta distribución se muestra en la Figura I.12. Los detalles y especificaciones de cada elemento se presentan en los Planos L4, L5 y L7.

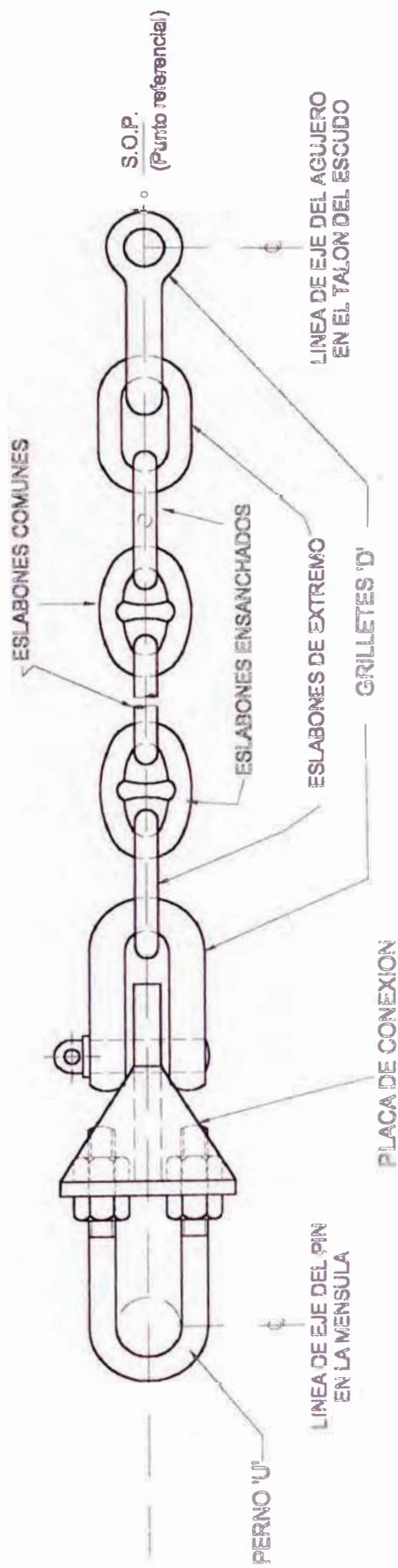


FIG. I.12 DISTRIBUCION DE ELEMENTOS EN CADENAS

CAPÍTULO II

ESTUDIOS BÁSICOS DEL MUELLE TERMINAL BAYÓVAR

CAPÍTULO SEGUNDO

ESTUDIOS BÁSICOS DEL MUELLE TERMINAL BAYÓVAR

II.1 CARACTERÍSTICAS

II.1.1 UBICACIÓN

Las instalaciones marítimas del muelle de Bayóvar del Oleoducto Nor Peruano están situadas en la vecindad de Punta Bappo, en la rivera sudoeste de la bahía de Sechura, departamento de Piura, Perú.

II.1.2 DESCRIPCIÓN

i) Generalidades

El terminal de Bayóvar tiene por objeto la exportación de crudos de petróleo por medio de buques petroleros. Fue construido por la firma inglesa George Wimpey & Co. LTD. y puesto en servicio el año 1,977.

Las instalaciones constan de una plataforma de acceso que se encuentra sobre una estacada de 200 m de longitud y 10 m de ancho, la cual se extiende desde la ribera hasta el fondeadero para los buques, donde el agua tiene hasta 22 metros de profundidad.

El fondeadero consta de una plataforma de carga, cuatro dolphines de atraque y cuatro de amarre conectados por pasarelas metálicas. El terminal de carga está diseñado para recibir petroleros de peso muerto entre 16,500 y 250,000 DWT (Ver Plano L1).

Acceso

El acceso a la plataforma de carga desde tierra se logra a través de una rampa de concreto de 4.0 m de ancho, sostenida en parte por relleno y en parte por pilotes formados en castilletes de dos pilotes espaciados entre 11 y 14 metros.

Los pilotes que forman los castilletes se hincan con un pequeño ángulo hacia el exterior de 1 en 5 y cada castillete está interconectado y atiesado por la calzada de concreto.

La estructura de acceso sobre pilotes está separada de la plataforma de carga por una junta de dilatación y está anclada a tierra con un muro de contención a tablestacas que está introducido en la zona rellena detrás del muelle para embarcaciones.

Plataforma de Carga

Las dimensiones totales de la plataforma de carga son de 40 x 25 m, construyéndose para formar dos cubiertas. Las cubiertas están sostenidas por 22 pilotes verticales y 10 pares de puntales inclinados (cinco pares en cada dirección), constituyendo un total de 20 puntales.

La cubierta principal está al nivel +9,150 y está construida con vigas de acero universales de 914 x 419 x 388, cuyos centros están a 6.50 m a lo largo del frente de atraque. Cada viga es sostenida por 3 pilotes verticales espaciados a 10.50 m con voladizo de 2.00 m a los extremos. Estas vigas sostienen una cubierta de 375 mm de espesor que se extiende entre ellas. Las cabezas de los pilotes están formadas dentro de la zona de la cubierta, aumentando su espesor en algunos lugares a 1.20 m.

Esta cubierta superior lleva los brazos de carga, una rampa para el acceso a los buques y una torre de observación, así como el edificio de

control. Los brazos de carga marítima son de tamaño nominal de 16 pulg para crudos.

Otras Facilidades

A un lado de la rampa de acceso están situados un muelle para remolcadores y embarcaciones de servicio y una plataforma contra incendios.

ii) Datos de Diseño Civil Básicos

a) Concreto:

Resistencia de probetas cilíndricas a los 28 días (kg/cm²):	
Muestra en Laboratorio	229.5
Muestra en Obra	214.2

Esfuerzos de Diseño	Laboratorio (kg/cm²)	Obra (kg/cm²)
Flexión	102.00	95.17
Directo	77.52	71.40
Cizallado	9.18	8.47
Fza. de adherencia media	10.20	9.79
Fza. de adherencia local	15.3*	14.28*

* 40% de aumento al usar barras de alta adherencia.

Esfuerzos de Diseño del Acero de Refuerzo (kg/cm²):	
Tensión	2142
Compresión	1785
Cizallado	1785

b) Acero:

Todo el acero es según requerimientos ASTM, o según normas de la Japanese Industrial Standards (JIS). Todos los pilotes son tubulares de 760 mm de diámetro exterior y de 20 mm de espesor.

II.2 ESTUDIOS PREVIOS

Para el diseño de las estructuras de defensa del muelle, se requieren una serie de datos referidos a las condiciones naturales en que desarrollarán su vida útil así como a las solicitaciones a las que se prevé serán expuestas.

II.2.1 VIENTOS

Se define como viento a la circulación de masas de aire más o menos paralela a la superficie de la tierra, originada por los cambios de temperatura en la atmósfera. Cuando el aire se calienta, disminuye su densidad por lo que asciende siendo reemplazado por corrientes de aire frío.

Este movimiento de masas de aire genera una fuerza clasificada por la escala de Beaufort en un rango de intensidad de 13 números, del 0 al 12; cada número representa una velocidad aproximada del viento y una descripción general de su intensidad.

Las instalaciones marítimas reciben la presión del viento, siendo una carga básica de diseño. No es recomendable que un barco permanezca amarrado a un muelle con una velocidad del viento mayor a 50 km/hra, aceptándose para monoboyas hasta 100 km/hra. Para grúas operando, solamente se tolera hasta 25 km/hra.

Según la Weather Bureau, las fuerzas de viento que actúan sobre las superficies planas en estructuras marinas tales como muelles, dolphins,

plataformas de amarre y barcos anclados, se pueden determinar a partir de la siguiente fórmula:

$$P_w = 0.00256 V_w^2$$

Donde:

P_w : Presión Horizontal del viento sobre una superficie perpendicular a la dirección de este (lb/pie²).

V_w : Velocidad del viento (millas/hra).

La fuerza del viento varía en cada lugar, pero se supone entre 10 y 20 lb/pie², correspondientes a velocidades entre 58 y 82 millas/hra, respectivamente. Cuando se trata de embarcaciones atracadas en ambos lados de un muelle, la fuerza total del viento que actúa sobre el muelle, debida a las embarcaciones, debe ser igual a la de una embarcación aumentada en un 50% por concepto de la otra.

Podemos calcular esta fuerza a través de la expresión:

$$F_v = P_v \times A$$

Donde:

F_v : fuerza del viento (lb)

P_v : presión del viento (lb/pie²)

A : área expuesta (pie²) = 0.9 x eslora entre perpendiculares x profundidad (puntal)

Podemos utilizar también la expresión:

$$F_v = C_w P_w A_w (V_w^2 / 2g) \quad (\text{kg})$$

Donde:

- C_w : coeficiente de factor de viento
 P_w : peso específico del aire (1.225 kg/m³)
 A_w : área expuesta a fuerza de viento (m²)
 V_w : velocidad del viento (m/s)
 g : aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Dirección del viento	C _w		
	Máximo	Mínimo	Promedio
Atravesado	1.40	0.80	1.11
Proa	1.04	0.62	0.82
Popa	1.02	0.64	0.77

NÚMERO DE BEAUFORT	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD		
		millas/hra	kph	M/s
0	Calma	0 – 1	0 – 1.85	0 – 0.51
1	Aire ligero	1 – 3	1.85 – 5.56	0.51 – 1.54
2	Briza ligera	4 – 7	5.56 – 12.96	1.54 – 3.60
3	Briza suave	8 – 12	12.96 – 22.22	3.60 – 6.17
4	Briza moderada	13 – 18	22.22 – 33.33	6.17 – 9.26
5	Briza fresca	19 – 24	33.33 – 44.44	9.26 – 12.35
6	Briza fuerte	25 – 31	44.44 – 57.41	12.35 – 15.95
7	Viento moderado	32 – 38	57.41 – 70.38	15.95 – 19.55
8	Viento fresco	39 – 46	70.38 – 85.19	19.55 – 23.66
9	Viento fuerte	47 – 54	85.19 – 100.00	23.66 – 27.78
10	Viento total	55 – 63	100.00 – 116.68	27.78 – 32.41
11	Tormenta	64 – 75	116.68 – 138.90	32.41 – 38.58
12	Huracán	Más de 75	Más de 138.90	Más de 38.58

La velocidad del viento en los alrededores de Punta Bappo, en condiciones normales es de 50 km/hra y bajo condiciones de tormenta es de 80 km/hra, lo que nos da presiones en el rango de 2.5 a 6.3 lb/pie².

II.2.2 OLAS

Las olas son ondulaciones que se producen en la superficie del agua, producto de factores naturales tales como movimientos sísmicos, mareas o vientos, o de factores artificiales como explosiones o barcos en movimiento. El viento es el agente que genera las olas que tienen mayor influencia en el diseño de puertos y estructuras marinas.

La siguiente fórmula relaciona las distintas características de una ola:

$$V = L / T = (g L / 2\pi)^{1/2} = g T / 2\pi$$

Donde:

- V: velocidad de propagación de la ola en pie/seg.
- L: longitud de onda (distancia entre dos crestas consecutivas de la ola) en pies.
- T: período de la onda (tiempo para que la ola se desplace L pies) en seg.
- g: aceleración debida a la gravedad en pies/seg.

Podemos descomponer la presión de una ola contra superficies verticales en una presión estática, que varía conforme la ola sube y baja a lo largo de la superficie y en una presión dinámica ejercida por las partículas de agua en movimiento. Para relaciones de profundidad a longitud de onda d/L en el rango de 0.1 a 0.2 se puede aplicar la teoría de Sainflou que da una aproximación de la fuerza real de la ola que actúa contra una superficie vertical (Ver Fig. II.1).

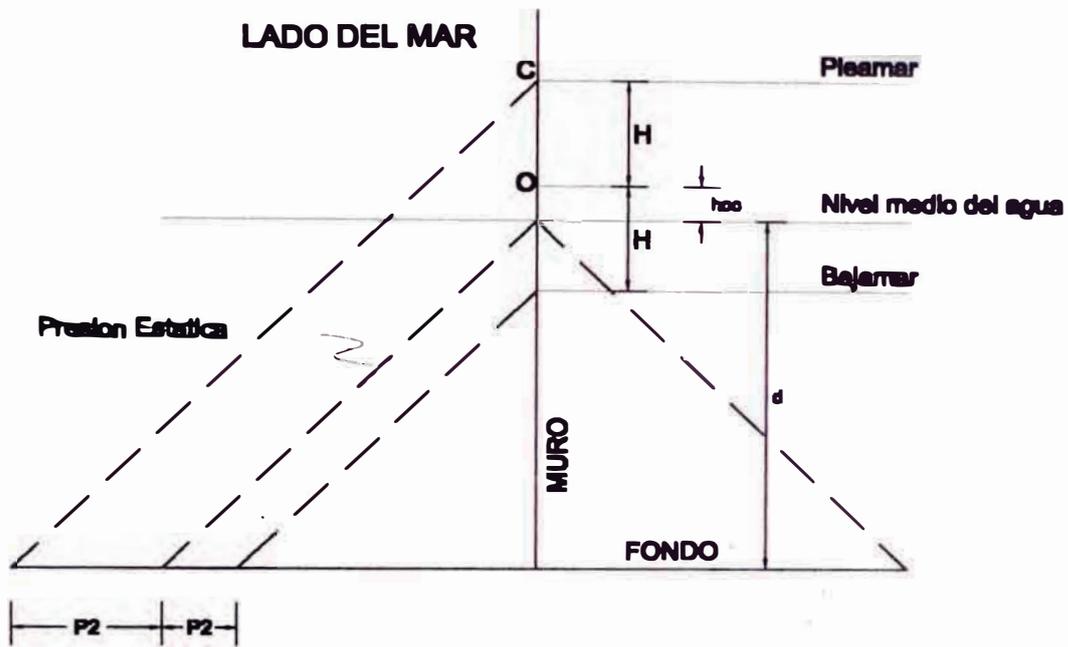


FIG. II.1 DISTRIBUCION DE PRESIONES SEGUN SAINFLOU

Según esta teoría, la presión en lb/pie² es:

$$\pm p_2 = \frac{YH}{\cosh(2\pi d / L)}$$

donde:

- Y : peso específico del agua (lb/pie³)
- p₂ : cambio de la presión hidrostática Yd (lb/pie²)

El signo (+) se aplica para la ola en posición de cresta y el signo (-) para la ola en posición de valle.

En las inmediaciones de Punta Bappo se verifica una amplitud de olas de 1.6 m, una velocidad media de 25 m/min. La diferencia entre marea alta y baja es de 1.2 m. Velocidad de la corriente 1 nudo.

El tamaño de una ola para un lugar en particular depende de la velocidad duración y dirección del viento, el área más grande sobre la que puede actuar y la profundidad del agua.

Podemos despreciar con suficiente seguridad, el efecto de las fuerzas de ola que intervienen en el acoderamiento de naves en nuestro litoral. El ladeo o movimiento no excederá de dos pies de su posición principal.

II.2.3 MAREAS

Al movimiento de alza y baja periódica de las aguas oceánicas se denomina marea, producidas en parte por la atracción de la luna y el sol.

Son importantes no sólo por los niveles que alcanzan sino también por las corrientes que originan. Para definir el nivel de operaciones de una estructura, se acostumbra referir las elevaciones al nivel de marea baja media, siendo muy importante conocer la pleamar máxima registrada, la bajamar mínima registrada y el nivel medio del mar.

La intensidad de las mareas varía directamente en relación con la masa e inversamente con el cuadrado de la distancia, es por esto, que la luna ejerce una influencia mayor que el sol sobre las mareas.

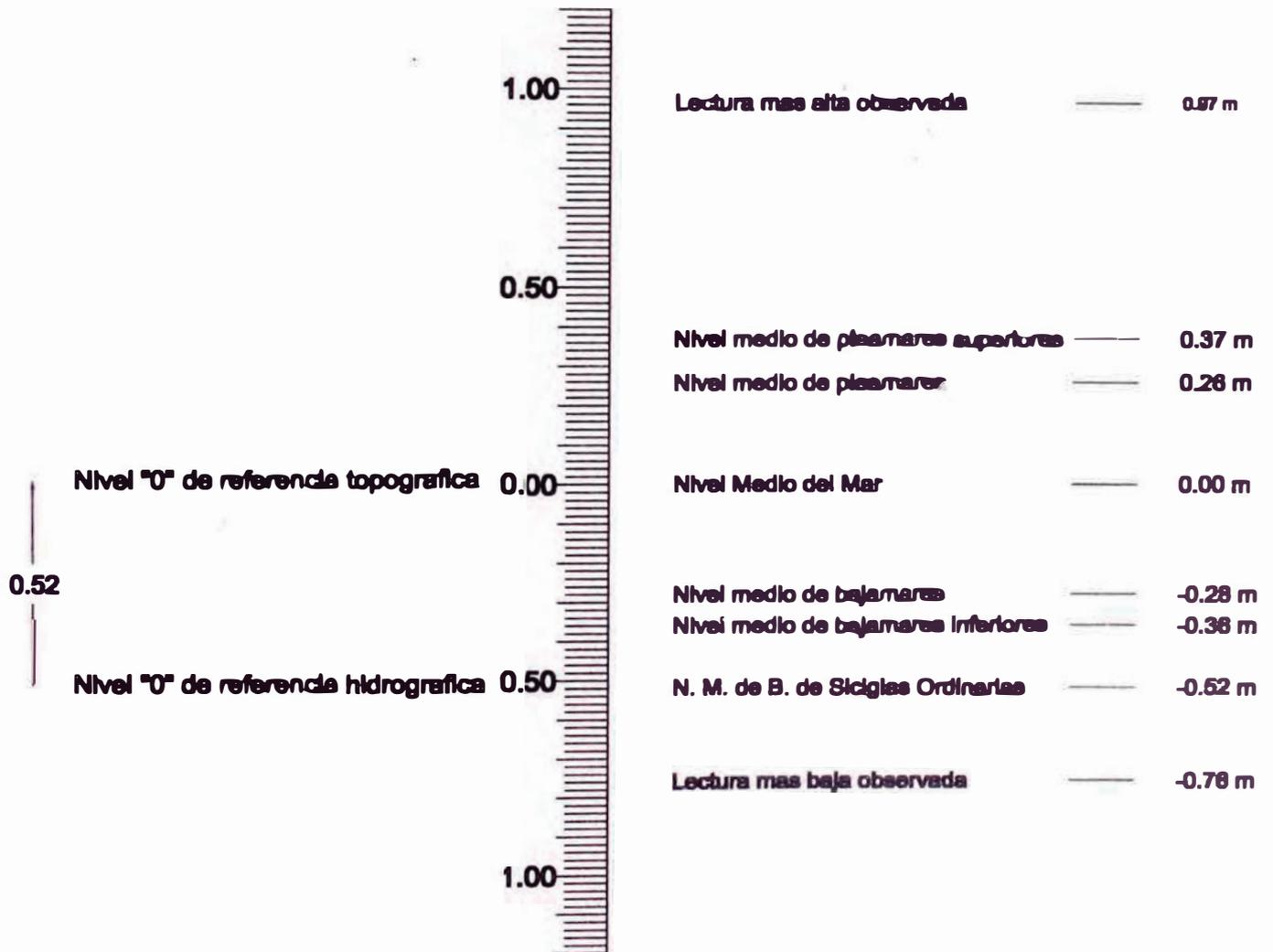
Las mareas más altas que ocurren a intervalos de medio mes lunar se denominan mareas vivas. Estas ocurren en la época de sicigias o en luna llena o luna nueva, esto es, cuando el sol, la luna y la tierra están en conjunción y las atracciones del sol y la luna que generan la marea se suman. Cuando la tierra, el sol y la luna están en cuadratura, esto es, cuando la luna está en sus cuartos, entonces las atracciones del sol y la luna se restan y tienen lugar las mareas más bajas del mes, llamadas mareas muertas o de cuadratura.

Para el estudio de alguna obra portuaria en particular, se deberá tomar en cuenta la altura de marea del lugar, para correcciones en el levantamiento batimétrico, obteniéndose estos datos de altura de la tabla de mareas.

Tabla de Mareas:

Documento elaborado en el Perú por el Departamento de Medio Ambiente de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra. En estas tablas se indican las alturas horarias de las pleamares y bajamares pronosticadas para todos los días del año. El pronóstico se basa en los registros mareográficos de la red de estaciones de mareógrafos establecidos en el litoral peruano.

FIG. II.2 NIVELES DE REFERENCIA - PUERTO CALLAO
FUENTE: REGISTROS DE LA ESTACION MAREOGRAFICA
LA PUNTA - CALLAO (1978 - 1998) - USO REFERENCIAL



La base de los cálculos para los puertos de esta tabla, han sido las predicciones de los "Puertos Patronos" de Talara, Callao y Matarani. Las predicciones de puertos secundarios (como Bayóvar), se han obtenido aplicando las diferencias de tiempo y altura calculados para cada caso.

Los Puertos Patronos o "Estaciones Primarias de Mareas" son estaciones mareográficas que poseen una larga serie de observaciones de mareas. Estas observaciones son utilizadas para la determinación del Nivel Medio del Mar (NMM) en cada estación, que es el plano de referencia utilizado en la red de nivelación en todo el país.

Además, los datos mareográficos de los puertos patronos son utilizados para la determinación de otros planos de referencia y permiten obtener las correcciones a las observaciones de corto período en "Estaciones Secundarias de Mareas".

Uno de los planos de referencia más importantes obtenidos de los puertos patronos es el Nivel de Reducción de Sondajes, que es el plano al cual están referidas las profundidades de una localidad que figuran en la Carta de Navegación publicada por la Autoridad del país. Cada país adopta su nivel de reducción de sondajes de acuerdo a las características de las mareas que predominan en sus costas.

En el Perú, el nivel de reducción de sondajes es el Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO), a partir del cual se han calculado las alturas en la Tabla de Mareas.

La altura del Nivel Medio del Mar (NMM) sobre el Nivel de Reducción de Sondajes (NRS) para los puertos patronos es:

Puerto Patrón	Z0 = NMM - NRS
Talara	78 cm
Callao	52 cm
Matarani	43 cm

Las horas usadas en la Tabla de Mareas corresponden a la hora del Meridiano Local (Meridiano 75° Oeste) Hora de zona + 5 = TMG.

Para el caso de Bayóvar, se tienen los siguientes datos:

Latitud: 05° 47.5' S
 Longitud: 81° 03.2' W
 Régimen de mareas: Semidiurna
 Establecimiento de puerto: 3h 15m

Alturas en cm sobre el plano de reducción correspondiente a la predicción 2000				Amplitud (m)	
Pleamar		Bajamar			
Máxim.	Media	Mínima	Media	Media	Sicigia
168	125	-33	12	1.07	1.37

II.2.4 CORRIENTES

Cuando se desea ubicar un lugar adecuado para ubicar alguna estructura marina, se debe tener en cuenta la dirección general y la velocidad de las corrientes de agua en el área.

La fuerza que origina la corriente de agua sobre las embarcaciones se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$P_c = P_d + P_f$$

Donde:

- P_c: Fuerza total de la corriente (lb).
- P_d: Fuerza dinámica de la corriente golpeando la proyección de la parte sumergida del casco (lb).
- P_f: Fuerza friccional del perímetro mojado del casco (lb).

La fuerza dinámica y friccional ocasionadas por la corriente se pueden calcular con las siguientes fórmulas:

$$P_d = 2.86 A_d K_s V^2$$

$$P_f = A_f K_l V^2$$

Donde:

- A_d: Área de la proyección vertical del casco bajo el agua = calado x eslora total (pie²).
- A_f: Área de la superficie mojada = (2 x manga + eslora total) x calado (pie²).
- K_s: Constante de forma que varía de 0.75 a 1.00 dependiendo de la forma de la parte del barco que está sumergida.
- K_l: Constante que depende de la longitud del buque y que comunmente se asume como 1.00.
- V: velocidad de la corriente en nudos (mph).

Otra expresión utilizada para calcular la fuerza total de corriente es:

$$F_c = C_c P_w A_c (V_c^2 / 2 g)$$

Donde:

C_c : coeficiente cuyo valor es función de la geometría del barco y de la profundidad del agua (se incrementa con el decremento de la profundidad).

Corrientes cruzadas	1.5 – 6.0
Corrientes paralelas	0.2 – 0.6

P_w : peso específico del agua (1.03 T/m³)

A_c : Área expuesta a la corriente (m²)

V_c : velocidad de la corriente (m/s)

g : aceleración de la gravedad.

II.2.5 SISMICIDAD

La fuerza horizontal o cortante debida a la acción sísmica, se determina con la siguiente expresión (según Norma de diseño sismo resistente E – 030, Oct 1997):

$$H = \frac{Z U S C P}{R}$$

Donde, para el caso de Bayóvar:

* Factor de amplificación sísmica (C):

$$C = 2.5 (T_p / T)^{-1.25} \quad C \leq 2.5$$

T_p : período del suelo = 0.6

T : período de la estructura

$$T = H_n / CT$$

H_n: altura total de la estructura

CT: coeficiente = 35 para pórticos (idealizamos el sistema pilotes – cabezal como pórticos rígidos)

$$T = 22.5 / 35 = 0.64$$

$$C = 2.5 (0.6 / 0.64)^{-1.25} = 2.71$$

p.l.t. tomamos C = 2.5.

SÍMBOLO	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	Para el Terminal Bayóvar	
			TIPO	VALOR
Z	Factor de Zona	Aceleración máxima del terreno (fracción de g)	Zona 3 (litoral)	0.4
U	Categoría de las estructuras	Categoría B	Categoría B (riesgo de contaminación)	1.3
S	Condiciones geotécnicas	Suelos intermedios	S2	1.2
C	Factor de amplificación sísmica	Amplificación de la respuesta estructural respecto a la aceleración del suelo	C máximo	2.5*
R	Coef de reducción de fza. Sísmica	Depende de la rigidez de las estructuras	Estructuras de uniones rígidas	10

Así:

$$H = \frac{0.4 \times 1.3 \times 2.5 \times 1.2}{10} P$$

$$H = 0.156 P$$

CAPÍTULO III

FUNDAMENTO TEÓRICO

CAPÍTULO TERCERO

FUNDAMENTO TEÓRICO

III.1 MODELAJE DE LAS ESTRUCTURAS

El análisis y diseño de una estructura marítima, sigue esencialmente los mismos conceptos aplicables a cualquier otro tipo de estructura, con especificaciones especiales en cuanto a lo que respecta al tipo de cargas que debe soportar y a las condiciones de seguridad con que debe operar.

A diferencia de otras estructuras en donde el diseño se lleva a cabo con base en cargas estáticas equivalentes, en el caso de una obra para atracar embarcaciones, las estructuras se diseñan para absorber energía durante el atraque.

No obstante los cuidados que se tengan para realizar las maniobras de las embarcaciones, debido a las condiciones del tiempo en ocasiones tan severas, las estructuras están expuestas a sufrir grandes daños si no se tienen las precauciones necesarias, por lo cual, en general, debe tomarse en cuenta que al quedar fuera de servicio una estructura de este tipo, se tienen pérdidas mucho mayores a cualquier gasto adicional para protegerla y asegurar su funcionamiento.

III.1.1 BUQUE DE DISEÑO

El muelle terminal de Bayóvar está diseñado para recibir buques con peso muerto desde 16,500 hasta 250,000 DWT. He aquí sus características:

CARACTERÍSTICA	MÍNIMO	MÁXIMO
Peso Muerto	16,500 TM	250,000 TM
Longitud Total	160 m	330 m
Fondo	12 m	27 m
Manga	21 m	52 m
Calado con Carga	9 m	20 m
Calado sin Carga	2.9 m	6 m
Desplazamiento con Carga	22,000 TM	295,000 TM

III.1.2 MANIOBRA DE ACODERAMIENTO

Las maniobras que debe realizar un buque para poder atracar en un determinado fondeadero resultan particulares en cada caso. Esto debido a diferentes factores tales como la maniobrabilidad de la nave (tamaño, número de motores, cantidad de hélices, tipo de timón, etc.), las condiciones del lugar (obras de abrigo, obstáculos, calado, etc.) o las condiciones atmosféricas (vientos, tormentas, etc.).

Los buques que atracan en Bayóvar son ayudados por 2 remolcadores para realizar la maniobra de acoderamiento los cuales colaboran con mantener la dirección y velocidad correcta a lo largo del canal de entrada.

En el caso de acoderamiento en dolphins, resulta conveniente orientar la maniobra de atraque y posterior amarre de tal manera que el primer contacto se de cerca al extremo final del cuerpo, con un ángulo menor de 10° con respecto al alineamiento de los dolphins, para luego girar la nave hasta posicionarla paralela a la línea de atraque y en contacto con las defensas de los dolphins.

El cálculo de la velocidad de acoderamiento o de aproximación al muelle de las embarcaciones juega un papel fundamental en el diseño de los sistemas de defensa debido a la influencia cuadrática de la velocidad.

Dimensión de Buque (T)	Velocidad Real (m/s)	Velocidad de Diseño (m/s)
<10,000	0.10 – 0.30	0.20
10,000 – 50,000	0.10 – 0.20	0.15
>50,000	0.10 – 0.15	0.15

*Design of Fender System (National Section of PIANC)

El acoderamiento óptimo lo obtenemos para un punto de contacto de la nave con la defensa a la distancia $L/4$, es decir, para $d = r$ ($C = 0.5$).

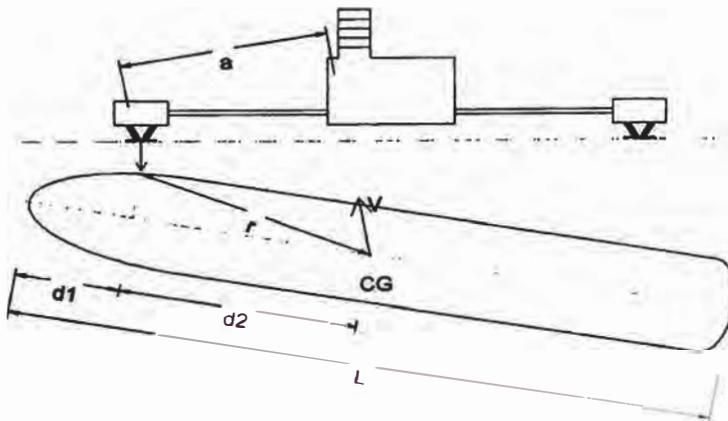


Fig. III.1 Acoderamiento en Dolphines

III.1.3 IMPACTOS DE EMBARCACIONES

En general, las cargas laterales más importantes que deben soportar las estructuras marinas a lo largo de su vida útil, son las debidas al impacto de las embarcaciones. Como sabemos, los dolphines de atraque son

estructuras construidas justamente para tomar dichas cargas en vez de la estructura principal.

Cabe mencionar sin embargo, que para el análisis estructural de estos elementos, la carga horizontal de mayor magnitud es aquella generada por efectos de sismo.

El impacto de embarcaciones sobre estructuras marinas se puede producir de dos maneras:

Atraque bajo condiciones normales. Las fuerzas varían de acuerdo con las condiciones de la marea, considerándose en todo caso el efecto producido por el viento.

Atraque accidental, en condiciones anormales o excepcionales.

En el análisis de la estabilidad de las estructuras que serán solicitadas por impactos de embarcaciones, deben considerarse los siguientes aspectos:

Determinación de la dirección y magnitud del impacto.

Estimación de la proporción de energía cinética de la embarcación transmitida y absorbida por la estructura marina y defensas en el impacto.

Determinación de la magnitud de esta energía que será absorbida por las defensas junto con el diseño de estas.

Determinación de los esfuerzos en la estructura marina debido al impacto lateral que recibe.

Un buen análisis de estos aspectos debe tomar en cuenta la velocidad de acoderamiento de la nave, el ángulo al cual el impacto es transmitido y la masa en movimiento.

El impacto entre dos cuerpos puede ser elástico o inelástico. Cuando este es elástico, las deformaciones continúan mientras estos actúan uno sobre el otro y se moverán hasta que la energía cinética del cuerpo móvil, es decir, el que causa el impacto, se ha transformado en trabajo de deformación interna.

Así, se establece que el principio de la absorción de impactos de embarcaciones es que la energía cinética se utiliza en deformar la estructura o una parte de ella. De acuerdo con su movimiento, y si esto sucede elásticamente, ésta regresará a su posición original cuando el total de la energía se haya absorbido, esto es, cuando la embarcación llega al reposo y ha cesado de apoyarse en la estructura.

La inercia de una estructura contribuye a la absorción de la energía, por lo que en una estructura masiva, el impacto importa más bien desde el punto de vista de efectos locales y del barco en sí. En las estructuras soportadas sobre pilotes el caso es diferente, ya que su masa es mucho menor. En el caso de los dolphins que son estructuras especialmente diseñadas para absorber la energía de la embarcación y soportar el impacto, en general es conveniente tener un cabezal pesado.

Existen normalmente tres maneras cómo una embarcación puede atracar y hacer contacto con una estructura marina:

- a) Impacto por punta.
- b) Impacto de lado, es decir, paralelo a la banda de atraque.

c) Por el cuarto de la embarcación, a cierto ángulo con la estructura.

El caso a) se presenta sólo en accidentes; generalmente, con una marea considerable, una embarcación acodera en la forma c), cabeceando contra la marea y sigue de la forma b) cuando la marea balancea a la nave hacia el cuerpo de la estructura. La embarcación puede rebotar en el primer impacto moviéndose hacia delante una cierta distancia y llegar nuevamente a hacer contacto con el cuarto o puede deslizarse a lo largo de la banda de atraque y finalmente hacer contacto a todo lo largo.

En agua quieta en general el contacto se realiza a todo lo largo, pero algunas veces la embarcación toca primero en el cuarto con un ligero ángulo.

En realidad, excepto en el caso a) y posiblemente en ciertos casos de b), no se transmite a la estructura la totalidad de la energía cinética de la embarcación. Al no usarse amarras de inmediato y rebotar el barco, gran parte de la energía se transforma en resistencia del agua.

La energía de la embarcación se absorbe de la siguiente forma para llegar al reposo:

Trabajo de deformación de la misma embarcación.

Resistencia del agua durante los cambios de dirección de la embarcación.

Calor debido a fricción entre el barco y la estructura o las defensas mientras se logra el reposo. Por ejemplo, durante el deslizamiento a lo largo del paramento de atraque.

Trabajo de deformación de la estructura y las defensas.

Restricción de los cabos de las amarras.

III.1.4 UBICACIÓN DE LOS DOLPHINES

La separación entre los dolphins de atraque está en función de la eslora mínima y máxima de los buques de diseño. En nuestro caso se necesitarían 04 dolphins de atraque, dos interiores separados 60 m y dos exteriores separados a 100 m, alineados con la dirección de la plataforma de carga, dos a cada lado (Ver Plano L1).

Las posiciones de los dolphins de amarre (en total cuatro, dos a cada lado del muelle), se ubican dos a 245 m y dos a 145 m de la línea de eje del atraque; de este modo se permite un perfecto amarre de los buques petroleros.

III.2 CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE DEFORMACIÓN

La energía que se genera en el momento de acoderamiento de una embarcación y que debe disipar el sistema de defensa, se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$E = \frac{C \times D \times V^2}{2g}$$

Donde:

- E: Energía cinética a ser disipada (T.m)
- C: Coeficiente de Absorción de Energía de Acoderamiento
- D: Desplazamiento (T)
- V: Velocidad de diseño (m/s)
- g: Aceleración producida por la gravedad en (m/s²)

En el cálculo del Coeficiente de Absorción C intervienen factores que permiten considerar todas las variables que se presentan al atracar una nave. Así:

$$C = C_m \times C_k \times C_e \times C_s$$

Donde:

a) C_m : Coeficiente de Masa

$$C_m = 1 + d/D$$

Considera el efecto que genera el volumen de agua que desplaza una embarcación en movimiento. Este volumen tiene un diámetro igual al calado de la embarcación y longitud igual a la eslora en flotación del navío.

$$d = \frac{(\pi \times H^2 \times L)}{4} \times Pe$$

Donde:

- H: Calado máximo (m)
- L: Eslora de flotación (m)
- D: Desplazamiento (T)
- Pe: Peso específico (T/m³)

b) C_k : Coeficiente de Reflexión Hidrodinámica

Considera el efecto que causa la reflexión de una parte de la masa de agua que acompaña a la embarcación al impactar (antes que la

embarcación) con la estructura marina. Este efecto se traduce en un coeficiente que depende del tipo de estructura.

Tipo de Muelle	Reflexión	Ck
Muro de gravedad	Opaco	0.8
Muelle sobre pilotes	Transparente	0.9
Dolphin	Transparente	1.0

c) Ce: Coeficiente de excentricidad

Considera la energía remanente que debe ser disipada luego de producirse el primer impacto de la nave sobre el sistema elástico de defensa (no se disipa el 100% de la energía al primer impacto). El coeficiente Ce se calcula de la siguiente manera:

$$Ce = \frac{1}{1 + (d / r)^2}$$

Donde:

- d: proyección sobre el frente de ataque de la distancia entre el punto de impacto y el centro de gravedad del buque.
- r: radio de giro baricéntrico de la embarcación tomado sobre su plano de flotación.

Resultan valores frecuentes, para:

dolphin	L/3	Ce = 0.7
muelles continuos	L/4	Ce = 0.5

d) Cs: Coeficiente de Deformación del Casco

Considera la energía que puede disipar la embarcación mediante la deformación elástica de su casco.

Su valor es:

Defensas rígidas (madera, etc.)	$C_s = 0.9$
Defensas elásticas (goma)	$C_s = 1.0$

Se puede determinar un diagrama de Esfuerzo – Deformación para cada defensa en particular. De hecho, cada fabricante lo proporciona entre las especificaciones técnicas de su producto (Ver Anexos).

La Energía de Absorción de la defensa se determina mediante la integral de la curva Esfuerzo – Deformación correspondiente. En la figura siguiente se muestra el comportamiento típico de las curvas en cada caso:

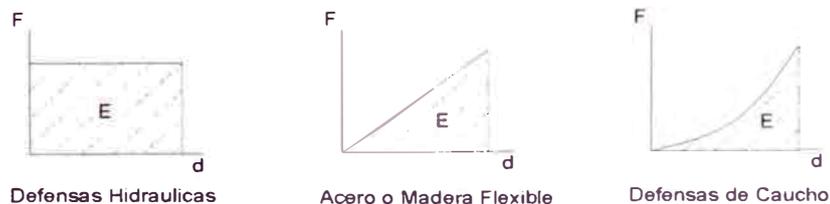


Fig. III.2 Diagramas de Deformación

Donde:

F	:	fuerza actuante
d	:	deformación de la defensa

Para el cálculo de la energía de acoderamiento se considera como peso del buque, el desplazamiento a carga llena.

III.3 SISTEMA DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA

Para elegir el sistema de defensa elástico más adecuado, se debe considerar la información que proporciona cada fabricante sobre sus productos y contrastarla con los requerimientos particulares. Un parámetro fundamental a ser considerado es el valor de la energía de acoderamiento a ser disipada.

Los valores que definen un sistema de defensa de goma son:

- R: carga máxima admisible de la estructura que sustenta al elemento elástico considerado.
- E: energía de deformación.

Así por ejemplo, tenemos en el mercado:

Marca: Pirelli		Modelo: Arco 1400	
Tipo	Eo (T.m)	Ro (T)	
R1	38	75	
R2	48	94	
R3	63	120	

Marca: Bridgestone		Modelo: C1600H	
Tipo	Eo (T.m)	Ro (T)	
R1	54.4	89.2	
R0	68.0	111.5	
RH	88.4	145.0	

Marca: Seibu		Modelo: TTV UNIT		
Dimensión	Deformación 45%		Deformación 50%	
	Eo	Ro	Eo	Ro
1300H x 1000L	42.3	89.7	45.3	89.7
2000H x 1000L	100.0	138.0	112.0	138.0

Marca: Seibu		Modelo: TTV – C		
Dimensión	Deformación 45%		Deformación 50%	
	Eo	Ro	Eo	Ro
800H x 1000L	16.0	55.2	17.8	55.2
1000H x 1000L	25.0	69.0	28.0	69.0

III.4 PROGRAMA DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL TRIDIMENSIONAL PARA DOLPHINES

III.4.1 CONCEPTOS PREVIOS

Luego de definir el predimensionamiento de los dolphins, se debería contar con los siguientes datos:

- Características de la losa que cubre los pilotes; material, dimensiones, cotas, etc.
- Características del grupo de pilotes; material, longitud, diámetro, inclinación, etc.
- Magnitud y ubicación de las cargas que se prevé actuarán sobre el dolphin tales como fuerza de acoderamiento, de viento, etc.

A continuación se debe verificar si estructuralmente el sistema responderá adecuadamente a la sollicitación a la que estará sometido; esto

es, verificar si las fuerzas y deformaciones que se produzcan al interior de la estructura, se encuentran dentro de un rango permisible.

Con este objeto se utilizará el siguiente programa de análisis estructural, válido para todos los casos de configuraciones losa – pilotes y de cargas y momentos externos. Sin embargo, se deben tomar en cuenta las siguientes suposiciones:

El cabezal o losa que cubre los pilotes es perfectamente rígido, esto es, su movimiento definirá giros y desplazamientos de todo el sistema (de la parte superior de los pilotes), en relación, a un sistema de coordenadas tridimensional con origen en el centro de gravedad de la masa cabezal.

Los pilotes son tratados dentro del rango elástico de la mecánica estructural, considerando seis grados de libertad: tres desplazamientos y tres giros, cada uno respecto a un eje del sistema de coordenadas.

Las fuerzas del pilote actúan en la losa, en sentido opuesto a la dirección mostrada por el pilote.

III.4.2 DATOS NECESARIOS

a) Ingreso de ubicación de pilotes

Considerando la geometría del dolphin, disponemos un número total de pilotes indicando la ubicación de cada uno de ellos según los esquemas de planta y elevación, asumiendo:

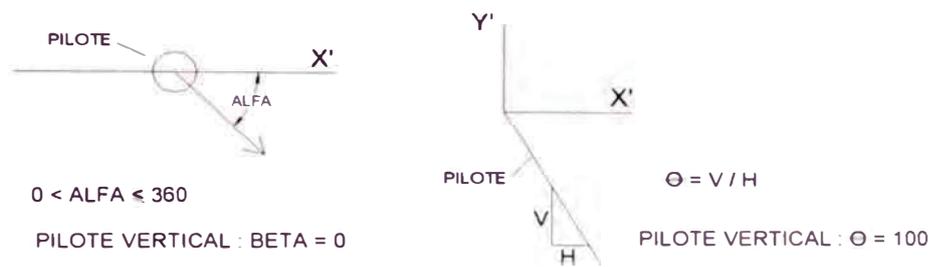


Fig. III.3 Ángulos característicos

Dirección α : Es el ángulo horizontal formado por el semieje positivo X y la proyección horizontal del pilote, medido en grados sexagesimales en sentido horario.

Inclinación θ : Es la tangente trigonométrica del ángulo vertical de inclinación del pilote respecto de la horizontal.

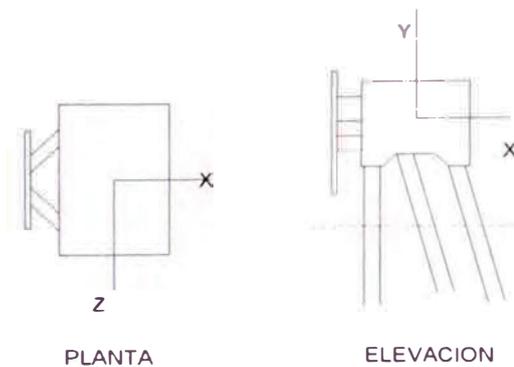


Fig. III.4 Sistema de Coordenadas

Plano XZ es la base del macizo
 Coordenadas XYZ en metros
 Origen de coordenadas arbitrario

EJE	SENT. POSITIVO	SENT. NEGATIVO
X	Derecha	Izquierda
Y	Arriba	Abajo
Z	Adelante	Atrás

b) Estado de carga del dolphin

Fuerzas aplicadas (KN)			
Eje	Descripción	Sent. Positivo	Sent. Negativo
Fx	Carga lateral	Derecha	Izquierda
Fy	Carga axial	Arriba	Abajo
Fz	Carga lateral	Adelante	Atrás

Momentos flectores (KN m)			
Eje	Descripción	Sent. Positivo	Sent. Negativo
Mx	Carga lateral	Anti horario	Horario
My	Carga axial	Anti horario	Horario
Mz	Carga lateral	Anti horario	Horario

c) Matriz de carga para un estado de carga dado:

$$P = \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix}$$

III.4.3 FUNDAMENTOS DEL PROGRAMA

Podemos definir al conjunto de cargas exteriores que actúan sobre los nudos de una estructura como un vector P y asociarlo a otro vector F que representa al conjunto de fuerzas internas que se generan en los nudos de la estructura mediante la ecuación vectorial:

$$P = A F \quad (a)$$

donde A es una matriz cuadrada formada por unas constantes de conexión particulares en cada caso.

Por otro lado, se relacionan las deformaciones internas de una estructura producidas en sus nudos, representadas por un vector e , con los desplazamientos externos de los nudos, expresados en la matriz X , utilizando la ecuación:

$$e = B X$$

donde e y X pueden ser rotaciones (radianes) o traslaciones. La matriz B resulta igual a la transpuesta de la matriz A de la ecuación (a); esto se demuestra del teorema de reciprocidad de la Mecánica Estructural. Así, podemos expresar:

$$e = A^t X \quad (b)$$

Haciendo una analogía con la ecuación de la mecánica estructural:

$$F = K X,$$

Donde:

- F: matriz fuerza,
K: matriz de rigidez y
X: matriz de desplazamientos de un sistema,

podemos plantear la ecuación:

$$F = S e, \quad (c)$$

Donde:

- F: fuerzas internas en los nudos,
S: matriz de constantes de los pilotes y
e: desplazamientos internos de la estructura.

Reemplazando (b) en (c) obtenemos:

$$F = S e = S A t X \quad (d)$$

Reemplazando (d) en (a):

$$P = A F = A S A t X \quad (e)$$

Considerando que los valores de A y de S están relacionados con las características de los pilotes y que estas son conocidas, resulta que las incógnitas del sistema son sólo los valores de la matriz de desplazamientos X. Para calcularlos resolvemos la ecuación:

$$X = (A S A t)^{-1} P \quad (f)$$

Calculados los desplazamientos X y sustituyendo en (d), podemos obtener los valores de las fuerzas internas generadas sobre cada pilote.

La matriz $A S A t$ es calculada para cada pilote del grupo. La matriz $A S A t$ del grupo de pilotes es la suma de las correspondientes a cada uno. Esta matriz es de orden 6×6 .

III.4.4 CÁLCULO DE LA MATRIZ DE LOCALIZACIÓN A

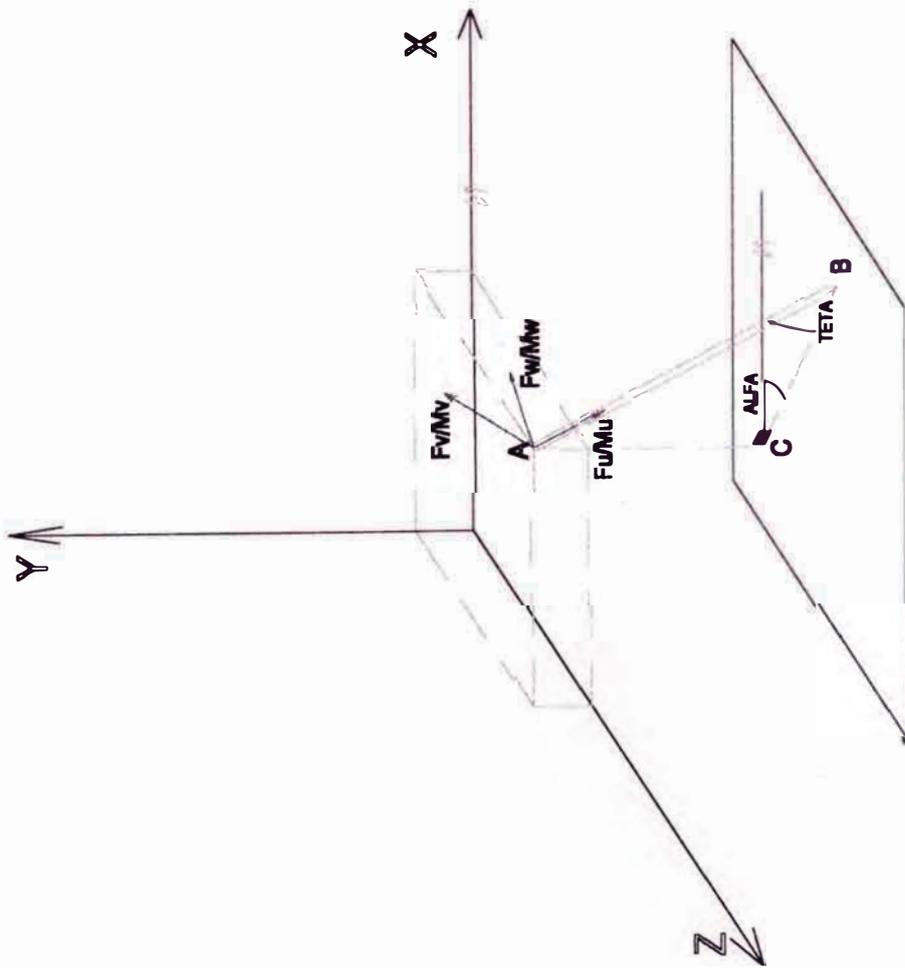
Determinamos las componentes de la matriz A (también llamada Matriz de Rotación de Coordenadas), a partir del análisis para un pilote. Ver los gráficos III.5a, III.5b y III.5c. Así tenemos:

$$P = A F$$

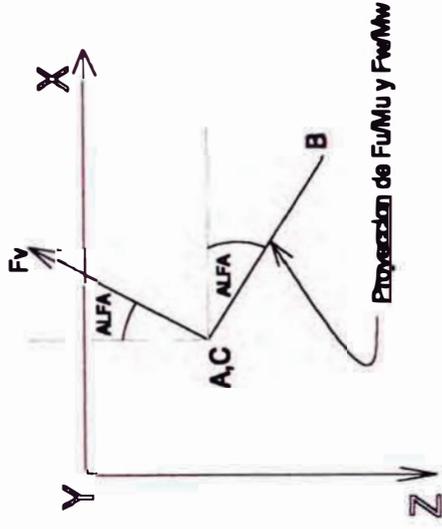
$$\begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \\ M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & A_{14} & A_{15} & A_{16} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} & A_{24} & A_{25} & A_{26} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & A_{34} & A_{35} & A_{36} \\ A_{41} & A_{42} & A_{43} & A_{44} & A_{45} & A_{46} \\ A_{51} & A_{52} & A_{53} & A_{54} & A_{55} & A_{56} \\ A_{61} & A_{62} & A_{63} & A_{64} & A_{65} & A_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_u \\ F_v \\ F_w \\ M_u \\ M_v \\ M_w \end{bmatrix}$$

Donde:

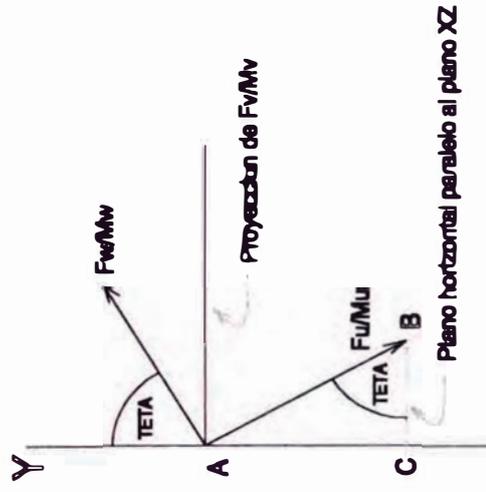
- P: Vector determinado por las componentes de una parte de las fuerzas y momentos totales que actúan en el cabezal del dolphin (aquella tomada por el pilote analizado en particular), referidas a un sistema de coordenadas global. Todas las cargas en kN o kN.m. (sentidos positivos: arriba, derecha, adelante o anti horario).
- F: Vector formado por las componentes de la fuerza y momento internos, es decir, que actúan sobre el pilote referidas a un sistema de coordenadas local. Considerar F_v siempre paralela al plano XZ.



III.5.a DIRECCION POSITIVA DE LOS EJES COORDENADOS



III.5.b VISTA DEL PLANO XZ



III.5.c VISTA DEL PLANO ABC

FIG. III.5 FUERZAS EN SISTEMAS LOCALES Y GLOBALES

Además:

$$A_{11} = \cos\theta \cdot \cos\beta$$

$$A_{12} = \operatorname{sen}\beta$$

$$A_{13} = \operatorname{sen}\theta \cdot \cos\beta$$

$$A_{14} = 0$$

$$A_{15} = 0$$

$$A_{16} = 0$$

$$A_{21} = -\operatorname{sen}\theta$$

$$A_{22} = 0$$

$$A_{23} = \cos\theta$$

$$A_{24} = 0$$

$$A_{25} = 0$$

$$A_{26} = 0$$

$$A_{31} = \cos\theta \cdot \operatorname{sen}\beta$$

$$A_{32} = -\cos\beta$$

$$A_{33} = \operatorname{sen}\theta \cdot \operatorname{sen}\beta$$

$$A_{34} = 0$$

$$A_{35} = 0$$

$$A_{36} = 0$$

$$A_{41} = Y \cdot \cos\theta \cdot \operatorname{sen}\beta + Z \cdot \operatorname{sen}\theta$$

$$A_{42} = -Y \cdot \cos\beta$$

$$A_{43} = Y \cdot \operatorname{sen}\theta \cdot \operatorname{sen}\beta - Z \cdot \cos\theta$$

$$A_{44} = \cos\theta \cdot \cos\beta$$

$$A_{45} = \operatorname{sen}\beta$$

$$A_{46} = \operatorname{sen}\theta \cdot \cos\beta$$

$$\begin{aligned}
A_{51} &= Z \cdot \cos\theta \cdot \cos\beta - X \cdot \cos\theta \cdot \text{sen}\beta \\
A_{52} &= X \cdot \cos\beta + Z \cdot \text{sen}\beta \\
A_{53} &= Z \cdot \text{sen}\theta \cdot \cos\beta - X \cdot \text{sen}\theta \cdot \text{sen}\beta \\
A_{54} &= -\text{sen}\theta \\
A_{55} &= 0 \\
A_{56} &= \cos\theta \\
\\
A_{61} &= -Y \cdot \cos\theta \cdot \cos\beta - X \cdot \text{sen}\theta \\
A_{62} &= -Y \cdot \text{sen}\beta \\
A_{63} &= -Y \cdot \text{sen}\theta \cdot \cos\beta + X \cdot \cos\theta \\
A_{64} &= \cos\theta \cdot \text{sen}\beta \\
A_{65} &= -\cos\beta \\
A_{66} &= \text{sen}\theta \cdot \text{sen}\beta
\end{aligned}$$

III.4.5 CÁLCULO DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE CADA PILOTE

En la ecuación:

$$F = S e,$$

$$\begin{bmatrix} F_u \\ F_v \\ F_w \\ M_u \\ M_v \\ M_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} & S_{15} & S_{16} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} & S_{25} & S_{26} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} & S_{35} & S_{36} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} & S_{45} & S_{46} \\ S_{51} & S_{52} & S_{53} & S_{54} & S_{55} & S_{56} \\ S_{61} & S_{62} & S_{63} & S_{64} & S_{65} & S_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta u \\ \delta v \\ \delta w \\ \alpha u \\ \alpha v \\ \alpha w \end{bmatrix}$$

Donde:

e: Vector formado por los tres desplazamientos y los tres giros de la parte superior del pilote, con referencia al sistema local uvw .

S es una matriz cuadrada de orden 6×6 , cuyas entradas se definen en términos de las constantes C . Considerando un pilote con 6 grados de libertad en su extremo superior (3 desplazamientos y tres giros), se definen 10 constantes C , como sigue:

$$C1 = \frac{12 E I_w}{L^3 (1 + \Phi_v)} \quad \text{Fza. por desplazamiento unit. en } v.$$

$$C2 = \frac{6 E I_w}{L^2 (1 + \Phi_v)} \quad \text{Fza. por giro unit. respecto a } w.$$

$$C3 = \frac{12 E I_v}{L^3 (1 + \Phi_w)} \quad \text{Fza. por desplazamiento unit. en } w.$$

$$C4 = \frac{-6 E I_v}{L^2 (1 + \Phi_w)} \quad \text{Fza. por giro unit. respecto a } v.$$

$$C5 = \frac{\lambda A_u E}{L} \quad \text{Fza. por desplazamiento unit. en } u.$$

$$C6 = \frac{\Omega G J_u}{L} \quad \text{Mto. por giro unit. respecto a } u.$$

$$C7 = C4 \quad \text{Mto. por desplazamiento unit. en } w.$$

$$C8 = \frac{E I_v (4 + \Phi_w)}{L (1 + \Phi_w)} \quad \text{Mto. por giro unit. respecto a } v.$$

C9 = C2 Mto. por desplazamiento unit. en v.

C10 = $\frac{-E I_w (4 + \Phi_v)}{L (1 + \Phi_v)}$ Mto. por giro unit. respecto a w.

Φ_v y Φ_w son los parámetros de deformación por corte, cuyos valores son:

$$\Phi_v = \frac{12 E I_w}{G (A_u / f_v) L^2} \quad \Phi_w = \frac{12 E I_v}{G (A_u / f_w) L^2}$$

f_v y f_w son los factores de forma cuyos valores dependen de la sección del pilote:

Sección circular:	$f_v = f_w = 10/9$
Sección tubular:	$f_v = f_w = 2$
Sección rectangular:	$f_v = f_w = 1.2$
Sección en I:	$f = A / h t_w$

Las constantes utilizadas son:

- G: Módulo de corte del material (kN/m²).
- E: Módulo de Young o de elasticidad del material (kN/m²).
- I: Momento de inercia de la sección del pilote (m⁴).
- J: Momento polar de inercia (m⁴).
- A: Área de la sección transversal del pilote (m²).
- L: Longitud efectiva del pilote (en m, de la parte no empotrada).
- λ : Pilotes por fricción: $1.0 < \lambda < 2.0$
Pilotes por punta: $1.1 < \lambda < 1.2$
- Ω : cte = 2.5

Se determina que la matriz S está dada por:

$$S = \begin{bmatrix} C1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C2 & 0 & 0 & 0 & C3 \\ 0 & 0 & C4 & 0 & C5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C7 & 0 & C8 & 0 \\ 0 & C9 & 0 & 0 & 0 & C10 \end{bmatrix}$$

III.4.6 PROCEDIMIENTO

- 1° Determinación y lectura del estado de carga.
- 2° Lectura de las coordenadas globales de las partes superiores y determinación de las características y constantes de cada pilote.
- 3° Determinación de la matriz A y de la matriz S para cada pilote.
- 4° Cálculo de la matriz $A S A^t$, primero para cada pilote y luego la matriz $A S A^t$ global, igual a la suma de las anteriores.
- 5° Cálculo de la matriz de desplazamientos global, hallando $(A S A^t)^{-1}$ para luego resolver $X = (A S A^t)^{-1} P$, para el estado de carga actual.
- 6° Determinación de los desplazamientos de los extremos superiores de cada pilote, resolviendo $e = A^t X$.
- 7° Determinación de la matriz de fuerza de cada pilote para el estado de carga actual, resolviendo $F = S e$.

- 8° Comprobación de resultados verificando que la suma de las fuerzas y momentos resultantes sean equivalentes al estado de carga actual.
- 9° Fin del procedimiento.

CAPÍTULO IV

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS DOLPHINES Y
DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA**

CAPÍTULO CUARTO

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS DOLPHINES Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA

IV.1 ANÁLISIS ESTRUCTURAL TRIDIMENSIONAL DE LOS DOLPHINES

IV.1.1 DATOS NECESARIOS PARA EL ANÁLISIS

i) Características de los Pilotes

Tanto en los cuatro dolphins de atraque como en los cuatro de amarre, se utilizaron pilotes tubulares de acero con las siguientes características:

Diámetro exterior	=	760 mm
Espesor de pared	=	20 mm
Longitud efectiva	=	20 m
Área de la sección (A)	=	464.96 cm ²
	=	464.96 x 10 ⁻⁴ m ²
Momento de inercia (I)	=	318 495.4 cm ⁴
	=	3.185 x 10 ⁻³ m ⁴
Momento polar de inercia (J)	=	2 x I, sección tubular
	=	6.37 x 10 ⁻³ m
Módulo de elasticidad (E)	=	2 100 000 kg/cm ²
	=	2 058 x 10 ⁵ kN/m ²
Módulo de corte (G)	=	E / 2.6, $\mu = 0.3$

$$\begin{aligned} \text{Módulo de corte (G)} &= E / 2.6, \mu = 0.3 \\ &= 791.5 \times 10^5 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\lambda = 1.2$$

$$\Omega = 2.5$$

$$f_v = f_w = 2$$

$$\phi_v = \phi_w = 0.021$$

ii) Constantes de los Pilotes

$$\begin{aligned} C_1 &= \frac{12 \times 2\,058 \times 10^5 \text{ kN/m}^2 \times 3.185 \times 10^{-3} \text{ m}^4}{(20 \text{ m})^3 \times (1+0.021)} \\ &= 963.0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_2 &= \frac{6 \times 2\,058 \times 10^5 \text{ kN/m}^2 \times 3.185 \times 10^{-3} \text{ m}^4}{(20 \text{ m})^2 \times (1+0.021)} \\ &= 9\,629.9 \end{aligned}$$

$$C_3 = C_1 = 963.0$$

$$C_4 = C_2 = 9\,629.9$$

$$\begin{aligned} C_5 &= 1.2 \times 464.96 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 2\,058 \times 10^5 \text{ kN/m}^2 / 20 \text{ m} \\ &= 574\,132.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_6 &= \frac{2.5 \times 791.5 \times 10^5 \text{ kN/m}^2 \times 6.37 \times 10^{-3} \text{ m}^4}{20 \text{ m}} \\ &= 63\,023.2 \end{aligned}$$

$$C_7 = C_4 = 9\,629.9$$

$$C_8 = \frac{2\,058 \times 10^5 \text{ kN/m}^2 \times 3.185 \times 10^{-3} \text{ m}^4 (4 + 0.021)}{20 \text{ m} (1 + 0.021)}$$

$$= 129\,072.3$$

$$C_9 = C_2 = 9\,629.9$$

$$C_{10} = C_8 = 129\,072.3$$

Para el caso en que se considera el extremo inferior de los pilotes perfectamente empotrado en el estrato resistente y el extremo superior (unión pilotes – macizo) como una articulación, esto es, no toma momentos, los resultados resultan más conservadores, y las constantes:

$$C_1 = 963.0 \qquad C_6 = 0$$

$$C_2 = 9\,629.9 \qquad C_7 = 0$$

$$C_3 = 0 \qquad C_8 = 0$$

$$C_4 = 0 \qquad C_9 = 0$$

$$C_5 = 574\,132.6 \qquad C_{10} = 0$$

iii) Ubicación de Pilotes

Los pilotes que soportan los macizos de concreto de los dolphines de Bayóvar se encuentran distribuidos en su base en forma simétrica, llamando la atención la gran concentración de pilotes en el lado opuesto a la línea de atraque o frente.

Dicha distribución se presenta a continuación:

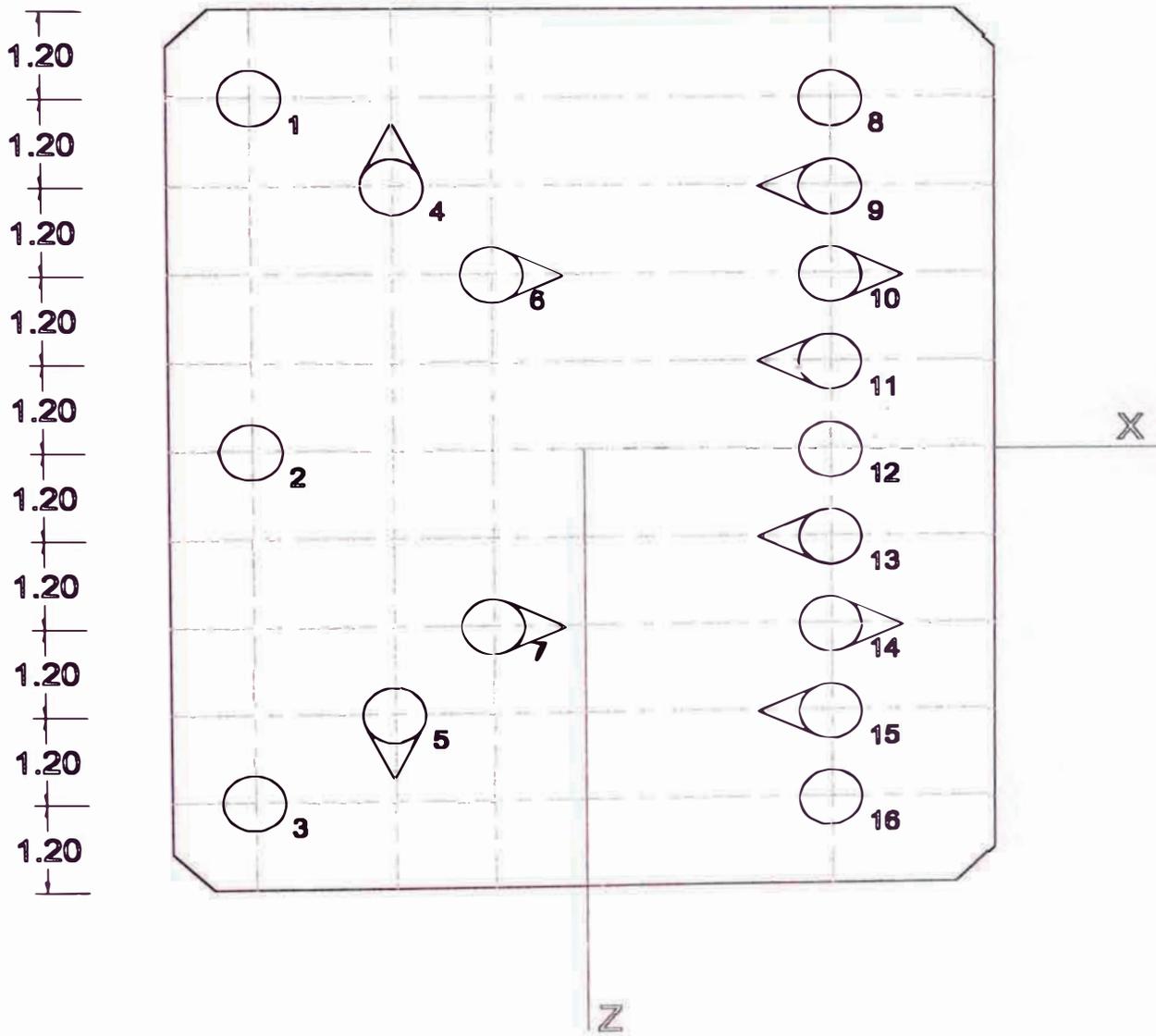


FIG. IV.1 DISTRIBUCION DE PILOTES
DOLPHINES DE ATRAQUE INTERIORES

ESCALA 1:10

FRENTE

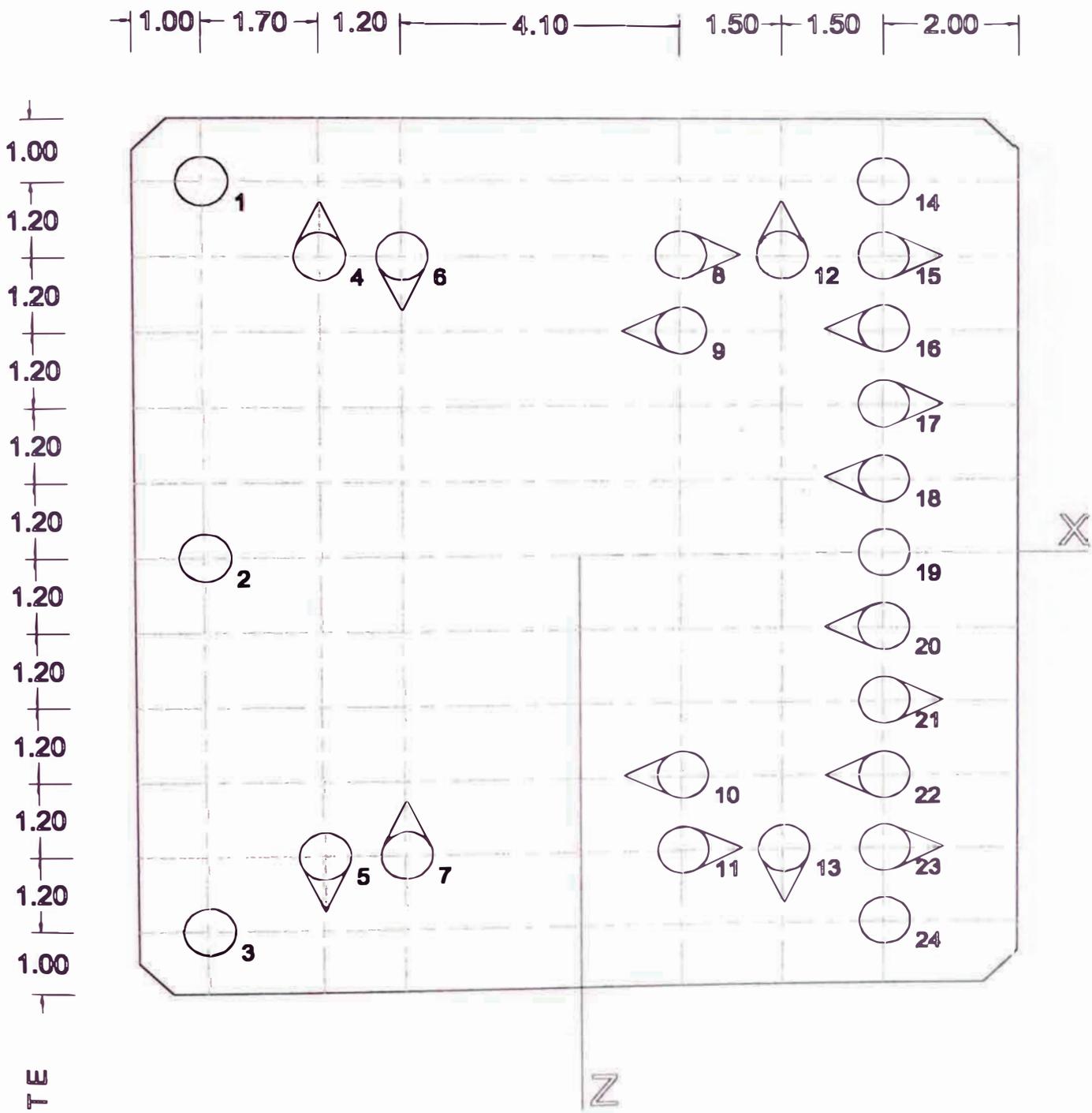


FIG. IV.2 DISTRIBUCION DE PILOTES
DOLPHINES DE ATRAQUE EXTERIORES

ESCALA 1:10

iv) Determinación de las Fuerzas actuantes

Fuerza de Viento (F_v)

$$F_v = C_w P_w A_w (V_w^2 / 2 g)$$

Tomando:

C_w	=	1.40	valor más desfavorable
P_w	=	1.025 kg/m ³	peso esp. del aire
A_w	=	2 310 m ²	para buques de 250 000 DWT
V_w	=	18.00 m/s	viento moderado en Bayóvar
g	=	9.81 m/s ²	

Tenemos:

$$\begin{aligned} F_v &= 1.40 \times 1.025 \times 2310 \times 18.00^2 / 2 (9.81) \\ &= 54.74 \text{ T} = 537.0 \text{ kN} \end{aligned}$$

Fuerza de Corriente (F_c)

$$F_c = C_c P_w A_c (V_c^2 / 2 g)$$

Tomando:

C_c	=	1.5	para corrientes cruzadas en aguas profundas
P_w	=	1.03 T/m ³	p. e. de agua de mar
A_c	=	6 600 m ²	para buques de 250 000 DWT
V_c	=	0.26 m/s	vel. normal en Bayóvar

Tenemos:

$$\begin{aligned} F_c &= 1.5 \times 1.03 \times 6\,600 \times 0.26^2 / 2 \times (9.81) \\ &= 35.13 \text{ T} = 344.6 \text{ kN} \end{aligned}$$

Peso propio (Pp) y Fuerza de sismo (H)

$$H = 0.156 Pp$$

Para dolphines de atraque exteriores:

$$\begin{aligned} Pp &= 13.00 \times 14.00 \times 2.50 \times 2.4 \text{ T/m}^3 = 1\,092 \text{ T} \\ &= 10\,712.52 \text{ kN} \\ H &= 170.35 \text{ T} = 1\,671.1 \text{ kN} \end{aligned}$$

Para dolphines de atraque interiores:

$$\begin{aligned} Pp &= 10.00 \times 12.00 \times 2.50 \times 2.4 \text{ T/m}^3 = 720 \text{ T} \\ &= 7\,063.2 \text{ kN} \\ H &= 112.32 \text{ T} = 1\,101.9 \text{ kN} \end{aligned}$$

Fuerza de Impacto de Embarcación (Fi)

Dolphines de atraque exteriores

$$\begin{aligned} \text{Fuerza de reacción en defensas} &= 540.2 \text{ T} \\ \text{Tomamos una fuerza de Impacto} &= 575 \text{ T} = 5\,641 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dolphines de atraque interiores

$$\begin{aligned} \text{Fuerza de reacción en defensas} &= 350.4 \text{ T} \\ \text{Tomamos una fuerza de Impacto} &= 375 \text{ T} = 3\,679 \text{ kN} \end{aligned}$$

Resumiendo:

Estructura	Fv	Fc	Fv+Fc	Pp	H	Fi
Dolphin Exterior	537.0	344.6	881.6	10 712.5	1 671.1	5 641.0
Dolphin Interior	537.0	344.6	881.6	7 063.2	1 101.9	3 679.0

v) Matrices de Carga

Se sometieron los dolphins a los siguientes estados de carga:

- Estado de Carga 1: Solamente peso propio
 "" 2: Peso propio y sismo
 "" 3: Peso propio, fuerza de impacto, y un torque adicional por impacto excéntrico
 "" 4: Peso propio, fuerza de viento y corriente

obteniéndose las matrices:

Dolphins de atraque exteriores

Carga (kN/Kn.m)	Estado de Carga			
	1	2	3	4
Fx	0	0	5 641.00	- 881.60
Fy	- 10 712.52	- 10 712.52	- 10 712.52	- 10 712.52
Fz	0	1 671.10	0	0
Mx	0	0	0	0
My	0	0	-11 282.00	0
Mz	0	0	0	0

Dolphins de atraque interiores

Carga	Estado de Carga			
	1	2	3	4
Fx	0	0	3 679.00	- 881.60
Fy	- 7 063.20	- 7 063.20	- 7 063.20	- 7 063.20
Fz	0	1 101.90	0	0
Mx	0	0	0	0
My	0	0	-7 358.00	0
Mz	0	0	0	0

IV.1.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS

De los resultados del Análisis Estructural Tridimensional de los dolphins para cada estado de carga (mostrados en el Anexo), obtenemos las envolventes de cargas actuantes en el extremo superior de cada pilote:

DOLPHINES DE ATRAQUE EXTERIORES

PILOTE	COMPRESIÓN (Kn)	TRACCIÓN (Kn)	CORTANTE (kN)
1	881.0	0.0	10.0
2	789.5	0.0	6.0
3	834.5	0.0	3.0
4	1047.4	0.0	11.0
5	1277.2	0.0	3.0
6	1388.4	0.0	6.0
7	899.8	156.9	6.0
8	2293.7	0.0	8.0
9	648.3	1298.1	7.0
10	648.2	275.2	4.0
11	1080.0	0.0	4.0
12	396.8	347.6	11.0
13	1132.2	0.0	3.0

14	449.7	0.0	10.0
15	2177.1	0.0	8.0
16	528.4	1410.8	7.0
17	1873.7	0.0	7.0
18	528.3	1072.8	6.0
19	359.0	0.0	6.0
20	528.3	734.9	6.0
21	1266.9	0.0	5.0
22	528.3	396.9	6.0
23	963.5	0.0	5.0
24	403.8	0.0	4.0
MÁX (kN)	2293.7	1410.8	11.0
(T)	233.8	143.8	1.1

DOLPHINES DE ATRAQUE INTERIORES

PILOTE	COMPRESIÓN (Kn)	TRACCIÓN (Kn)	CORTANTE (kN)
1	925.5	0.0	12.0
2	673.5	0.0	7.0
3	672.8	0.0	7.0
4	563.3	753.5	15.0
5	1799.6	0.0	6.0
6	2215.0	0.0	10.0
7	597.4	0.0	10.0
8	742.2	0.0	12.0
9	715.5	1797.3	13.0
10	2298.7	0.0	13.0
11	716.3	1008.1	13.0
12	1475.9	0.0	13.0
13	717.1	218.9	13.0
14	681.1	70.3	13.0
15	717.9	0.0	13.0
16	447.0	0.0	10.0
MÁX (kN)	2298.7	1797.3	15.0
(T)	234.3	183.2	1.5

IV.1.3 VERIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS

i) Capacidad Portante de los pilotes

Por fricción:

$$P_f = A_l \times f_s$$

Donde:

$$A_l = \pi \times D \times D_f = 5.97 \text{ m}^2$$

$$D = 0.76 \text{ m}$$

$$D_f = 2.50 \text{ m}$$

$$f_s = 0.5 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{arcilla compacta})$$

luego:

$$P_f = 30 \text{ T}$$

Por punta:

$$P_p = R_p^2 (1.3 c N_c + \gamma D_f N_q + 0.8 \gamma R_p N_\gamma)$$

Donde:

$$R_p = 0.38 \text{ m}$$

$$c = 1.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 40^\circ \Rightarrow N_c = 95.7$$

$$N_q = 81.3$$

$$N_\gamma = 100.4$$

$$\begin{aligned}\gamma &= 2.02 \text{ T/m}^3 \\ D_f &= 2.5 \text{ m}\end{aligned}$$

Luego:

$$P_p = 249 \text{ T}$$

p.l.t. la capacidad portante de los pilotes es de $279 \text{ T} = 2734.2 \text{ kN}$.

$$\Rightarrow C_{\max} = 2298.7 < 2734.2 \dots \text{ ok}$$

ii) Resistencia al levantamiento – Pilotes en tensión

De los resultados obtenidos verificamos que la fuerza de tracción máxima sobre los pilotes es de 183.2 T (1797.3 kN). En el ítem I.2.1 se hace referencia al tipo de anclas utilizadas para fijar los pilotes a la roca subyacente, asegurando el diseño una tracción máxima de 185 T , lo que es suficiente para soportar las cargas actuantes.

iii) Verificación por flexo – compresión

Datos Generales:

$$\begin{aligned}D &= 76 && \text{cm} \\ A_s &= 465 && \text{cm}^2 \\ F_y &= 3500 && \text{kg/cm}^2 \\ E &= 2.1 \times 10^6 && \text{kg/cm}^2 \\ I &= 318\,495.4 && \text{cm}^4\end{aligned}$$

Cargas actuantes máximas:

$$\begin{aligned}
 \text{Compresión} &= 2298.7 \text{ kN} = 234.3 \text{ T} \\
 \text{Tracción} &= 1797.3 \text{ kN} = 183.2 \text{ T} \\
 \text{Corte} &= 15.0 \text{ kN} = 1.5 \text{ T}
 \end{aligned}$$

a.- Esfuerzos a compresión

Relación de esbeltez ($k l / r$):

$$\begin{aligned}
 \text{Factor de long. (k)} &= 0.8 \\
 \text{Long. efectiva (l)} &= 20 \text{ m} \\
 \text{Radio de giro (r)} &= \sqrt{I / A} = 26.2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow k l / r = 61.1 < 200 \dots \text{ok}$$

Esbeltez límite (C_c):

$$C_c = \sqrt{2 \pi^2 E / F_y} = 108.8$$

Tipo de pandeo:

$$k l / r < C_c \Rightarrow \text{pandeo inelástico}$$

$$FS = 5/3 + 3/8 (k l / r C_c) - 1/8 (k l / r C_c)^3$$

$$FS = 1.855$$

Esfuerzo unitario permisible en compresión:

$$F_a = (1 - (k l / r)^2 / 2 C_c^2) F_y / FS$$

$$F_a = 1589.6 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo actuante a compresión:

$$f_a = C_{max} / A_s = 234\,300 / 465$$

$$f_a = 503.9 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow f_a < F_a \dots \text{ok}$$

b.- Esfuerzos a flexión en el extremo inferior empotrado en el suelo

Esfuerzo unitario permisible en flexión:

$$F_b = 0.66 \times F_y$$

$$F_b = 2310 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo actuante a flexión:

$$f_b = M / S$$

$$M = V_{max} \times L = 30 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = 2 I / D = 8381.6 \text{ cm}^3$$

$$\Rightarrow f_b = 357.9 < F_b \dots \text{ok}$$

c.- Interacción flexo - compresión

$$f_a / F_a = 0.31 > 0.15$$

calculamos:

$$FC = \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m \times f_b}{(1 - f_a / F'_e) F_b}$$

Donde:

$$F'_e = \frac{12 \pi^2 E}{23 (k l / r)^2} = 2899.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_m = 0.85$$

$$\Rightarrow FC = 0.47 < 1.00 \dots \text{ok}$$

d.- Verificación por corte

Esfuerzo de corte admisible:

$$F_v = 0.40 \times F_y$$
$$F_y = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo de corte actuante:

$$f_v = V_{\max} / A_s = 1500 / 465$$
$$f_v = 3.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow f_v < F_v \dots \text{ok}$$

IV.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA

IV.2.1 DATOS NECESARIOS PARA EL ANÁLISIS

Cálculo de la Energía de Deformación

Se calculará la energía que deberá disipar el sistema de defensa al acoderar sobre los dolphins de atraque, buques – tanque de 250 000 DWT. Las naves son guiadas a través de una ruta determinada por dos remolcadores que aseguran que el acoderamiento se produzca con la velocidad y el ángulo ideal, esto es, con velocidad de atraque igual a 0.18 m/s y ángulo de acoderamiento menor de 5°.

El primer contacto del buque con las defensas se da en uno de los dolphins exteriores, para posteriormente tocar los dolphins restantes a lo largo de la línea de atraque.

Sabemos:

$$E = C \times D \times (V^2 / 2 g)$$
$$C = C_m \times C_k \times C_e \times C_s$$

Donde:

$$C_m = 1 + d / D$$

$$d = 3.14 \times 20 \times 330 \times 1.0 / 4 = 103\,672.8 \text{ T}$$

$$\Rightarrow C_m = 1 + 103\,672.8 / 295\,000 = 1.35$$

$$C_k = 1.0 \text{ valor usual para dolphins}$$

- $C_e = 0.7$ valor usual para dolphins
- $C_s = 1.0$ valor para defensas elásticas.

Luego:

$$C = 0.946$$

Como:

$$D = 250\,000 \text{ DWT}$$

$$V = 0.18 \text{ m/s}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

entonces:

$$E = 0.946 \times 250\,000 \times 0.18^2 / 2 (9.81)$$

$$E = 390 \text{ T m.}$$

Si consideramos que luego del primer impacto todavía queda un 65% de energía por ser disipada, para los dolphins interiores tenemos un valor de $E = 254 \text{ T m}$.

IV.2.2 ELECCIÓN DEL SISTEMA DE DEFENSA

Las principales "rubber industries", fabricantes de defensas para estructuras marinas son las trans nacionales Bridgestone, Sumitomo (Dunlop), Seibu y otras. Todas ellas, compañías que desarrollan su tecnología en Japón, brindan una amplia gama de productos para toda necesidad.

Para nuestro caso en el que consideramos el acoderamiento de buques tanque con mucha frecuencia mayores de 30,000 DWT (hasta 250,000 DWT), elegimos el sistema de defensa Sumitomo, tipo UPi – 2000H, por ser en la actualidad un sistema de óptima performance.

Con el panel frontal que utiliza una capa de caucho de especial composición y con los dos "brazos" adyacentes a él, utilizados como agentes disipadores, el fender Upi puede ser comprimido hasta el 60% de su altura original, tolerando una deflección eventual máxima del 62.5%.

Información del fabricante

FENDERS SUMITOMO				
Tipo: UPi – 2000H			Tipo de jebe: CPA	
Deflección	60%		62.5%	
	Ro (T)	Eo (T m)	Ro (T)	Eo (T m)
2000H x 1000L	156.0	145.8	168.5	153.6
2000H x 1500L	234.0	218.7	252.7	230.4
2000H x 2000L	312.0	291.6	337.0	307.2
2000H x 2500L	390.0	364.5	421.2	384.0
2000H x 3000L	468.0	437.4	505.4	460.8

COEFICIENTE DE CORRECCIÓN PARA ACODERAMIENTO CON ÁNGULO DE 5°				
Deflección	60%		62.5%	
	R	E	R	E
D/H				
0.7	0.931	0.940	0.991	0.991

* D y H son dimensiones especificadas del Fender. Ver Anexo.

IV.2.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Analizando la información brindada por el fabricante y considerando los valores de energía a ser disipada calculados previamente, tenemos:

Dolphins de ataque exteriores:

$$E_o = 390 \text{ T}$$

$$E_c = 390 / 0.931 = 418.9 \text{ T m}$$

⇒ escogemos la siguiente combinación:

$$\text{UPi } 2000\text{H} \times 2000\text{L} \quad 291.6$$

$$\text{UPi } 2000\text{H} \times 1000\text{L} \quad \underline{145.8}$$

$$437.4 \text{ T m} > 418.9 \text{ T m} \dots \text{ok}$$

Dolphins de ataque interiores:

$$E_o = 254 \text{ T}$$

$$E_c = 254 / 0.931 = 272.8 \text{ T m}$$

⇒ escogemos la siguiente combinación:

$$\text{UPi } 2000\text{H} \times 1000\text{L} \quad 145.8$$

$$\text{UPi } 2000\text{H} \times 1000\text{L} \quad \underline{145.8}$$

$$291.6 \text{ T m} > 272.8 \text{ T m} \dots \text{ok}$$

Estas combinaciones son válidas toda vez que la capacidad de los fenders para disipar energía es directamente proporcional a su longitud L.

IV.2.4 VERIFICACIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE

i) Corrección por ángulo de acoderamiento

Aplicando los valores obtenidos del Gráfico IV.1 determinamos la siguiente tabla:

DOLPHIN	Eo (T m) 0°	Energía que deberá disipar la defensa para un ángulo de:				
		2°	4°	6°	8°	9°
BD1 Y BD4	390	415	453	513	591	619
BD2 Y BD3	254	270	294	333	384	402

Por lo tanto, para un ángulo de acoderamiento menor de 5°, el sistema de defensa deberá ser capaz de disipar una energía de 453 T m para dolphines de ataque exteriores y de 294 T m para dolphines de ataque interiores.

ii) Sistema Existente

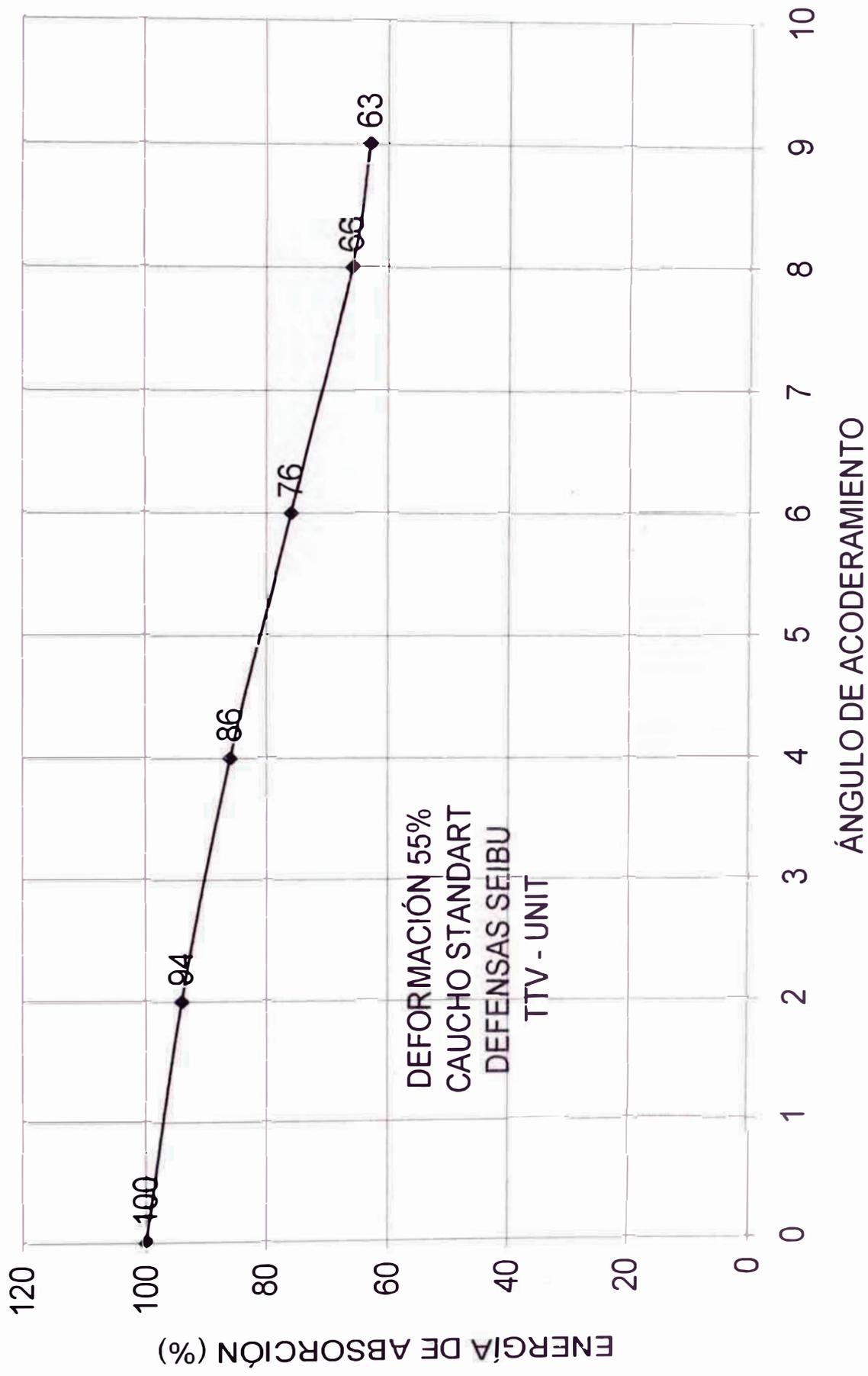
En el terminal portuario de Bayóvar, los dos postes de ataque exteriores cuentan con un sistema de fenders Seibu TTV – UNIT formado por jebes que tienen las siguientes características:

DIMENSIONES	Eo (T m)	Ro (T)
2000H x 2000L	256.0	292.0
2000H x 1600L	204.8	248.2
Total	460.8	540.2

Así mismo, para los postes interiores tenemos:

DIMENSIONES	Eo (T m)	Ro (T)
2000H x 1400L	178.0	204.4
2000H x 1000L	128.0	146.0
Total	307.0	350.4

GRAF. IV.1 RELACIÓN ENTRE ENERGÍA Y ÁNGULO DE ACODERAMIENTO



La energía a ser disipada:

$$E_{\text{exts}} = 453 \text{ T m} < 460.8 \text{ ok}$$

$$E_{\text{ints}} = 294 \text{ T m} < 307.0 \text{ ok}$$

Verificando presión sobre el casco de la nave:

$$P_{\text{exts}} = 540.2 / 35 = 15.4 < 20 \text{ T / m}^2 \text{ ok}$$

$$P_{\text{ints}} = 350.4 / 35 = 10.0 < 20 \text{ T / m}^2 \text{ ok}$$

Por lo tanto, al presentar los sistemas valores de respuesta mayores que los de trabajo calculados, resultan apropiados para atender las solicitudes a las que será sometida la estructura.

CAPÍTULO V

DISEÑO DE CADENAS, MÉNSULAS Y ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

CAPÍTULO QUINTO

DISEÑO DE CADENAS, MÉNSULAS Y ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

V.1 DISEÑO DE CADENAS

Como se vio en el Ítem I.2.4 ii, encontramos tres tipos de cadenas dentro del conjunto de elementos que conforman los escudos de defensa. A saber:

- Cadenas cortantes, las que limitan la deflexión de los jebes
- Cadena diagonal, la que soporta el peso del escudo y
- Cadena horizontal, que apoya a la cadena diagonal.

V.1.1 CÁLCULO DE CARGAS ACTUANTES

Cadenas cortantes:

Consideraremos un coeficiente de fricción $\mu = 0.3$ para la interacción del casco del buque contra el maderamen del escudo.

Hallamos la fuerza que se genera a lo largo de la línea de atraque sobre la superficie de los escudos, la cual en determinado momento deberá ser tomada por las cadenas (cuando la deflexión sobrepase el límite establecido):

Para dolphins exteriores:

$$\begin{aligned} R &= 540.2 \text{ T} \\ F_c &= 0.3 \times 540.2 = 162 \text{ T} \end{aligned}$$

Siguiendo las recomendaciones del fabricante (ver Ítem I.2.4 ii), tomaremos una carga de diseño igual a la mitad de este valor. Así, la carga total será tomada por dos cadenas, una superior y otra inferior.

Luego:

$$F_d = 81 \text{ T}$$

De la misma manera, para dolphins interiores:

$$R = 350.4 \text{ T}$$

$$F_c = 0.3 \times 350.4 = 105 \text{ T}$$

Luego:

$$F_d = 53 \text{ T}$$

Cadena diagonal:

En el Ítem I.2.4 i se considera un peso del escudo de 40.1 T (sin considerar el peso de los Seibu). De los Planos L2 y L3 determinamos que la cadena diagonal en todos los casos debe encontrarse montada formando un ángulo de aproximadamente 70° con la horizontal.

Así, la componente vertical de la fuerza de diseño será de 0.94 F_d ; si consideramos el caso más desfavorable en el cual esta componente tome íntegramente el peso del escudo, tendremos:

$$0.94 F_d = 40.1 \text{ T}$$

$$F_d = 42.7 \text{ T}$$

Para el caso de la cadena horizontal, adoptaremos el diseño de las cadenas cortantes, toda vez que estas tienen mayor sollicitación.

V.1.2 DISEÑO DE LAS CADENAS

Debido a las grandes cargas que se generan al acoderar buques tanque de gran calado, se deberán utilizar cadenas con eslabones reforzados.

De la Tabla 21 del "Marine Fender Design Manual" de Bridgestone, tomamos los valores:

DIÁMETRO (mm)	CARGA DE ROTURA (T)	CARGA DE PRUEBA (T)	PESO MÍNIMO (kg/m)
38	59.15	41.40	31.62
40	65.28	45.70	35.04
42	71.70	50.20	38.63
44	78.35	54.85	42.40
46	85.30	59.70	46.34
48	92.55	64.75	50.46
50	100.00	70.00	54.75
52	107.75	75.40	59.22
54	115.70	81.00	63.86

Por lo tanto, teóricamente debemos tomar los diámetros de cadena como sigue:

CADENA	Carga de Diseño (T)	Diámetro teórico (mm)	Diámetro selecc. (mm)
Cortante (Dolphin ext.)	81.0	54	52
Cortante (Dolphin int.)	53.0	44	48
Diagonal	42.7	40	48
Horizontal (Dolphin ex.)	81.0	54	52
Horizontal (Dolphin int.)	53.0	44	48

Podemos ver que se han elegido diámetros mayores a los de diseño, con lo cual nos ponemos del lado de la seguridad. Para el caso de cadenas cortantes de dolphins exteriores recomendamos tomar un diámetro de 54 mm, sin embargo, por la holgura que se presenta en la carga de rotura, es factible tomar $d = 52$ mm.

V.2 DISEÑO DE MÉNSULAS

Denominamos ménsulas a los elementos anclados a la masa de concreto del dolphin en donde se "enganchan" las cadenas de los escudos. En su diseño debemos verificar que las diferentes partes que las componen, soporten las cargas máximas transmitidas por las cadenas en los casos más desfavorables.

Las ménsulas se encuentran soldadas (filete) a placas de fijación (PF) las cuales se anclan a la masa de concreto a través de barras de acero y una plancha. A su vez, las "orejas" que alojan los pines donde se enganchan los pernos "U", están soldadas (a tope) perpendicularmente a la plancha base. (Ver Planos L4, L5).

Datos:

Concreto	$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Acero estructural soldable :	$F_y = 3500 \text{ kg/cm}^2$
Espesor de planchas	$t = 20 \text{ mm} = 0.79''$
Electrodos	E60
Soldadura base – PF	filete, 12 mm (0.47'') in situ típico
Resist. al corte del conc.	$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} \times A_r$

Donde:

V_c : resist. al corte del concreto
 A_r : área resist. al corte

Resist. tracción del acero : $P_u = 0.9 F_y A_s$

Donde:

P_u : resist. a tracción del acero
 A_s : área de acero

Verificamos:

Ménsulas B1 – B1A (B2 – B2A)

Placa de fijación : PF1
Cadena : C1 ($\phi 52 \times 910$) para B1
 C2 ($\phi 52 \times 1750$) para B2
Carga máxima : 107.75 T

Verificamos el anclaje:

Concreto:

$$\begin{aligned} V_c &= 0.53 \sqrt{210} \times 2 \times (34 + 44) \times 150 \\ &= 179.7 \text{ T} > 107.75 \text{ T} \dots \text{ ok} \end{aligned}$$

Barras de acero (4 x $\phi 55$ mm):

$$\begin{aligned} A_s &= 4 \times 3.14 \times 5.5^2 / 4 = 95.0 \text{ cm}^2 \\ P_u &= 0.9 \times 3500 \times 95 \\ &= 299.25 \text{ T} > 107.75 \text{ T} \dots \text{ ok} \end{aligned}$$

Verificamos la soldadura:

Base de ménsula (500 x 460) – PF:

$$\begin{aligned} \text{Base} &= 19.7'' \times 18.1'' \\ & 18.1 > 8 \quad \Rightarrow \quad \text{tomamos } 8'' \\ \phi F_w &= 0.75 \times 0.60 \times 60 \text{ ksi} \times 0.707 \times 0.47'' \\ &= 8.97 \text{ kip/in} \\ l_s &= 2 (19.7 + 8) = 55.4'' \text{ (long. de sold.)} \\ \Rightarrow \phi F_w l_s &= 496.9 \text{ kips} \\ &= 225.4 \text{ T} > 107.75 \text{ T} \quad \dots \text{ ok} \end{aligned}$$

fluencia del material:

$$\begin{aligned} P_u &= 0.9 \times 50 \times (18.1 \times 0.79) = 643.5 \text{ kip} \\ &= 291.9 \text{ T} > 225.4 \text{ T} \quad \dots \text{ ok} \end{aligned}$$

Planchas perpendiculares (orejas):

$$\begin{aligned} T_u &= 0.9 \times 60 \text{ ksi} \times 0.79'' \times 19.7'' = 840.4 \text{ kip} \\ &= 381.2 \text{ T} > 107.75 \text{ T} \quad \dots \text{ ok} \end{aligned}$$

Ménsula B3

Placa de fijación	⋮	PF1
Cadena	⋮	C3 (ϕ52 x 910)
Carga máxima	⋮	107.75 T

Verificamos el anclaje: idem Ménsula B1

Verificamos la soldadura:

Base de ménsula (440 x 420) – PF:

$$\begin{aligned}
 \text{Base} &= 17.3'' \times 16.5'' \\
 &16.5 > 8 \quad \Rightarrow \quad \text{tomamos } 8'' \\
 \phi F_w &= 8.97 \text{ kip/in} \\
 l_s &= 2 (17.3 + 8) = 50.6'' \text{ (long. de sold.)} \\
 \Rightarrow \phi F_w l_s &= 453.9 \text{ kips} \\
 &= 205.9 \text{ T} > 107.75 \text{ T} \quad \dots \text{ ok}
 \end{aligned}$$

fluencia del material:

$$\begin{aligned}
 P_u &= 0.9 \times 50 \times (16.5 \times 0.79) = 686.6 \text{ kip} \\
 &= 266.1 \text{ T} > 205.9 \text{ T} \quad \dots \text{ ok}
 \end{aligned}$$

Planchas perpendiculares (orejas):

$$\begin{aligned}
 T_u &= 0.9 \times 60 \text{ ksi} \times 0.79'' \times 15.0'' = 639.9 \text{ kip} \\
 &= 290.3 \text{ T} > 107.75 \text{ T} \quad \dots \text{ ok}
 \end{aligned}$$

Ménsula B4

Placa de fijación	:	PF2
Cadena	:	C4 ($\phi 48 \times 4002$)
Carga máxima	:	92.55 T

Verificamos el anclaje:

Concreto:

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.53 \sqrt{210} \times 2 \times (54 + 64) \times 150 \\
 &= 271.9 \text{ T} > 92.55 \text{ T} \quad \dots \text{ ok}
 \end{aligned}$$

Barras de acero (4 x $\phi 55$ mm):

$$\begin{aligned}
 A_s &= 4 \times 3.14 \times 5.5^2 / 4 = 95.0 \text{ cm}^2 \\
 P_u &= 0.9 \times 3500 \times 95 \\
 &= 299.25 \text{ T} > 92.55 \text{ T} \dots \text{ ok}
 \end{aligned}$$

Verificamos la soldadura:

Base de ménsula (560 x 570) – PF:

$$\begin{aligned}
 \text{Base} &= 22.0'' \times 22.4'' \\
 &22.0 > 8 \Rightarrow \text{tomamos } 8'' \\
 \phi F_w &= 8.97 \text{ kip/in} \\
 l_s &= 2(22.4 + 8) = 60.8'' \text{ (long. de sold.)} \\
 \Rightarrow \phi F_w l_s &= 545.4 \text{ kips} \\
 &= 247.4 \text{ T} > 92.55 \text{ T} \dots \text{ ok}
 \end{aligned}$$

fluencia del material:

$$\begin{aligned}
 P_u &= 0.9 \times 50 \times (22.0 \times 0.79) = 782.1 \text{ kip} \\
 &= 354.8 \text{ T} > 247.4 \text{ T} \dots \text{ ok}
 \end{aligned}$$

Planchas perpendiculares (orejas):

$$\begin{aligned}
 T_u &= 0.9 \times 60 \text{ ksi} \times 0.79'' \times 20.9'' = 891.6 \text{ kip} \\
 &= 404.4 \text{ T} > 92.55 \text{ T} \dots \text{ ok}
 \end{aligned}$$

Ménsulas B5 – B5A (B6 – B6A)

Placa de fijación	⊗	PF4	para B5 y B6A
		PF5	para B6 y B5A
Cadena	⊗	C51 (φ48 x 1244)	
Carga máxima	⊗	92.55 T	

Verificamos el anclaje:

Concreto:

$$\begin{aligned} V_c &= 0.53 \sqrt{210} \times 2 \times (48 + 54) \times 150 \\ &= 235.0 \text{ T} > 92.55 \text{ T} \quad \dots \text{ ok} \end{aligned}$$

Barras de acero (2 x $\phi 55$ mm + 3 x $\phi 65$ mm):

$$\begin{aligned} A_s &= 99.53 + 47.52 = 147.05 \text{ cm}^2 \\ P_u &= 0.9 \times 3500 \times 147.05 \\ &= 463.2 \text{ T} > 92.55 \text{ T} \quad \dots \text{ ok} \end{aligned}$$

Verificamos la soldadura:

Base de ménsula (540 x 560) – PF:

$$\begin{aligned} \text{Base} &= 21.3'' \times 22.0'' \\ 22.0 &> 8 \quad \Rightarrow \quad \text{tomamos } 8'' \\ \phi F_w &= 8.97 \text{ kip/in} \\ l_s &= 2(21.3 + 8) = 58.6'' \text{ (long. de sold.)} \\ \Rightarrow \phi F_w l_s &= 525.6 \text{ kips} \\ &= 238.4 \text{ T} > 92.55 \text{ T} \quad \dots \text{ ok} \end{aligned}$$

fluencia del material:

$$\begin{aligned} P_u &= 0.9 \times 50 \times (22.0 \times 0.79) = 782.1 \text{ kip} \\ &= 354.8 \text{ T} > 238.4 \text{ T} \quad \dots \text{ ok} \end{aligned}$$

Planchas perpendiculares (orejas):

$$\begin{aligned}
 T_u &= 0.9 \times 60 \text{ ksi} \times 0.79'' \times 21.3'' = 908.7 \text{ kip} \\
 &= 412.2 \text{ T} > 92.55 \text{ T} \quad \dots \text{ ok}
 \end{aligned}$$

Ménsula B7

Placa de fijación	:	PF3
Cadena	:	C6 ($\phi 48 \times 850$)
Carga máxima	:	92.55 T

Verificamos el anclaje:

Concreto:

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.53 \sqrt{210} \times 2 \times (48 + 44) \times 150 \\
 &= 211.9 \text{ T} > 92.55 \text{ T} \quad \dots \text{ ok}
 \end{aligned}$$

Barras de acero (4 x $\phi 55$ mm):

$$\begin{aligned}
 A_s &= 4 \times 3.14 \times 5.5^2 / 4 = 95.0 \text{ cm}^2 \\
 P_u &= 0.9 \times 3500 \times 95.0 \\
 &= 299.25 \text{ T} > 92.55 \text{ T} \quad \dots \text{ ok}
 \end{aligned}$$

Verificamos la soldadura:

Base de ménsula (440 x 420) – PF:

$$\begin{aligned}
 \text{Base} &= 17.3'' \times 16.5'' \\
 &16.5 > 8 \quad \Rightarrow \quad \text{tomamos } 8'' \\
 \phi F_w &= 8.97 \text{ kip/in} \\
 l_s &= 2(17.3 + 8) = 50.6'' \text{ (long. de sold.)} \\
 \Rightarrow \phi F_w l_s &= 453.9 \text{ kips} \\
 &= 205.9 \text{ T} > 92.55 \text{ T} \quad \dots \text{ ok}
 \end{aligned}$$

fluencia del material:

$$\begin{aligned} P_u &= 0.9 \times 50 \times (16.5 \times 0.79) = 686.6 \text{ kip} \\ &= 266.1 \text{ T} > 205.9 \text{ T} \quad \dots \text{ ok} \end{aligned}$$

Planchas perpendiculares (orejas):

$$\begin{aligned} T_u &= 0.9 \times 60 \text{ ksi} \times 0.79'' \times 15.0'' = 639.9 \text{ kip} \\ &= 290.3 \text{ T} > 92.55 \text{ T} \quad \dots \text{ ok} \end{aligned}$$

V.3 DISEÑO DE ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

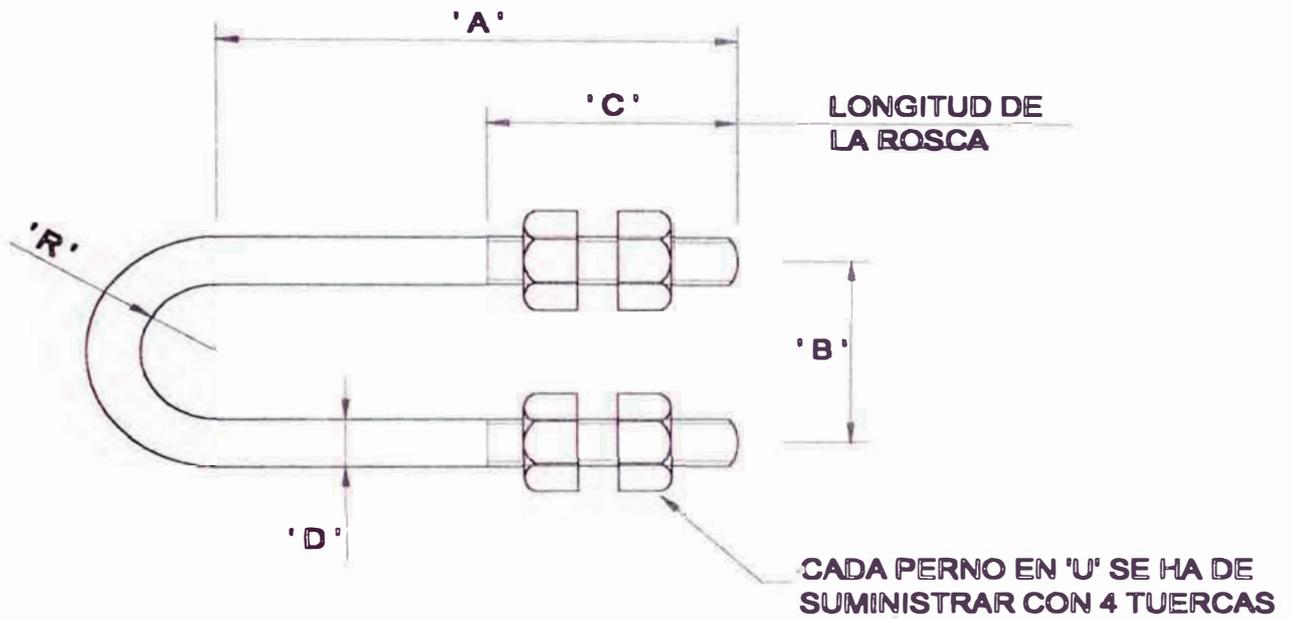
Todas las cadenas de los escudos se tienden desde las ménsulas ancladas en el concreto del dolphin hasta los talones soldados al cuerpo metálico del escudo y tienen asociadas a ellas elementos complementarios cuya distribución es la misma en todos los casos, como se muestra en la Fig. I.12. (Ver especificaciones de acero en Tabla 4 de Anexo).

V.3.1 PERNOS "U"

"Enganchan" las cadenas al pin de la ménsula (Ver Plano L7). Cuentan en cada uno de sus dos extremos con dos tuercas sobre hilada suficiente para ajustar las cadenas a la longitud adecuada. Están hechos de acero grado 50 y sus dimensiones se toman de acuerdo a la geometría del sistema. Se detallan en la Fig. V.1.

Sabemos que la resistencia última a tracción está dada por la expresión:

$$T_u = 0.9 \times F_y \times A_s$$



PERNO	'A'	'B'	'C'	'D'	'R'	CANT	MAT
UB1	790	216	260	60	78	4	ACERO GRADO 50 SEGUN BS 4360
UB2	465	216	260	60	78	4	
UB3	445	216	260	60	78	2	
UB4	550	186	290	50	68	4	
UB5	850	186	240	50	68	8	
UB6	765	186	240	50	68	2	

DIMENSIONES DEL PERNO EN 'U'

FIG. V.1

Para cadenas con carga de diseño de 81 T, tenemos:

$$\begin{aligned} T_u &= 81000/2 = 0.9 \times 3500 \times 3.14 \times d^2 / 4 \\ \Rightarrow d &= 40.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Para cadenas con carga de diseño de 53 T, tenemos:

$$\begin{aligned} T_u &= 53000/2 = 0.9 \times 3500 \times 3.14 \times d^2 / 4 \\ \Rightarrow d &= 32.7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tomando un Factor de Seguridad de 1.5 (cociente aproximado entre la carga de rotura y la de prueba), obtenemos:

$$d_{48} = 32.7 \times 1.5 = 49.1 = 50 \text{ mm}$$

$$d_{52} = 40.5 \times 1.5 = 60.7 = 60 \text{ mm}$$

V.3.2 PLACAS DE CONEXIÓN

Las placas de conexión son elementos cuya finalidad es la de conectar el perno "U" con la cadena a través de un grillete. Se constituye como un elemento muy rígido hecho de acero estructural de alta resistencia a la tracción. Su diseño depende de las dimensiones de los demás elementos de las cadenas y se detalla en el Plano L6.

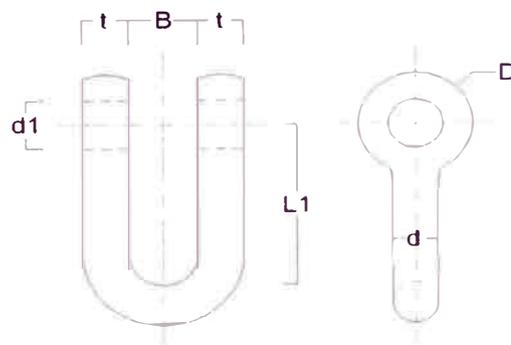
V.3.3 GRILLETES.

Se utiliza un grillete para unir la cadena por uno de sus extremos a la placa de conexión y por el otro, otro grillete para fijarla al talón soldado al escudo. Las características de materiales y dimensiones de estos elementos son según la Japanese Industrial Standard (JIS) B2801.

Bridgestone define bajo las normas anteriores, los siguientes valores:

Carga de Rotura (T)	Tipo de Grillete
20	SB30
40	SB42
60	SB50
80	SB60
115	SB70
150	SB75

Por lo tanto, para el caso de las cadenas de $d = 48$ mm, diseñadas para soportar una carga de rotura de 92.55 T, usaremos grilletes tipo SB65 y para las de $d = 52$ mm, diseñadas para una carga de rotura de 107.75 T, grilletes SB70. De la Tabla 3 del Anexo tenemos:



GRILLETE	t	d	B	D	D1	L1	Peso ref. (kg)
SB65	65	65	98	164	79	260	50.75
SB70	70	70	105	178	85	280	60.41

CAPÍTULO SEXTO

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE DEFENSAS

VI.1 MANTENIMIENTO DE ESCUDOS

VI.1.1 TRATAMIENTO DE LA PARTE METÁLICA

La parte metálica de los paneles de defensa está conformada por elementos en acero ASTM A-36 (salvo se indique lo contrario) y comprende el cuerpo del escudo en sí, las bases en donde se empernan los fenders Seibu así como las seis ménsulas, seis talones y seis cadenas asociadas a cada escudo. (Ver Planos L6, L8 y L9).

Resulta evidente que estos elementos, al encontrarse a la intemperie, están sometidos a un proceso continuo de corrosión, llegando algunas partes del escudo a pasar gran parte de su vida útil, sumergidas en el mar. Por este motivo se requiere recubrirlos de una manera óptima.

i) Preparación de la superficie para su recubrimiento

- a) Toda la superficie metálica a recubrir, deberá ser aislada previamente de todo el aceite, grasa y otros materiales adheridos a ella mediante una limpieza con vapor y solventes apropiados. La superficie estará seca al tocarla antes de la limpieza con chorro de arena abrasiva.
- b) Las superficies desengrasadas serán completamente arenadas al metal blanco, procedimiento que consiste en la eliminación mediante chorro de arena de todo vestigio de óxido, millscale, pintura antigua, etc., dejando la superficie con una apariencia blanca grisácea. Podemos considerar este sistema de limpieza como el óptimo, con el

cual se consigue mejores resultados en la aplicación de cualquier sistema de pintura.

La operación consiste en el sopleado a presión de material abrasivo (generalmente arena o minerales) sobre la superficie a limpiar. Para este efecto se necesitan los siguientes elementos:

Compresora de 250 pcm que asegure una presión de 100 psi.

Equipo de arenado con manguera y boquilla de expulsión.

Arena cernida entre mallas 20 y 80 mes h (serie Tyler). Ver tabla en Anexo.

c) Recomendaciones

Si se eliminan grasas o aceites (cantidades pequeñas) a través de la operación de arenado, el arena utilizada no podrá reutilizarse.

El aire comprimido a utilizar en el arenado deberá estar libre de agua y aceite.

Las operaciones de arenado en seco no deberán efectuarse en superficies que se encuentren humedecidas, o cuando las superficies tienen menos de 5°F sobre el "dew point" (punto de rocío – ver tabla en Anexo), o cuando la humedad relativa del ambiente sea mayor del 85%.

Limpiar las superficies luego de ser arenadas con aire comprimido, retirando los vestigios de grasas o aceites con aguarrás mineral.

- La aplicación del recubrimiento deberá hacerse dentro de las dos horas después del arenado y en ningún caso luego de seis horas de arenada la superficie. Se deben observar a su vez las condiciones climáticas del momento.
- Tanto el operador como el personal cercano a la zona de arenado, deberán contar con sus respectivos equipos de seguridad. Las boquillas de arenado deberán estar conectadas al tanque para eliminar cargas estáticas.

ii) Pintura

- a) Una vez terminada la operación de arenado, se procederá a recubrir las estructuras con revestimientos o pinturas de marcas reconocidas, observando estrictamente las especificaciones técnicas y recomendaciones del fabricante.
- b) La pintura debe aplicarse sin corridas, caídas, rociado en exceso, grietas, deslaminación ni otros defectos, utilizándose para este efecto equipo apropiado según las especificaciones del fabricante.
- c) Existen diversos sistemas de recubrimiento posibles de aplicar; para el caso de obras marinas, resulta óptimo aplicar un sistema de pintura epóxico con base rica en zinc, de las siguientes características:

Capa	# de capas	Descripción	Espesor de película seca		Modo de aplicación
			Mínimo	Máximo	
Base	1	Anticorrosivo Epóxico Zinc Clad 7 – 3 componentes (Sherwin Williams)	3.0 mils*	4.0 mils	Soplete
Acabado	2	Coal Tar Epoxy C-200 (Sherwin Williams)	16.0 mils	20.0 mils	Pistola airless
Total	3		18.0 mils	24.0 mils	

* 1 mil = 0.001 in = 0.0254 mm

- d) No preceder con la aplicación de la pintura cuando la superficie presente oxidación repentina o humedad visible; o cuando no se ha permitido que la capa previa se cure previamente.

iii) **Parte metálica sumergida**

Para realizar el arenado de la parte sumergida, el operario debe contar con equipo de buzo. De preferencia, la presión de arenado deberá ser elevada a 150 psi, utilizando un compresor de 500 pcm.

El recubrimiento debe realizarse utilizando un producto que asegure la protección de los elementos metálicos sumergidos contra la acción de los agentes corrosivos. Existen en el mercado recubrimientos elaborados a base de resinas epóxicas que se aplican directamente lográndose espesores de $\frac{1}{8}$ a $\frac{1}{4}$ de pulgada.

Tal es el caso del "Scuba Goo" de Sherwin Williams, formulado especialmente para ser aplicado bajo el agua sobre superficies metálicas o de concreto y proporcionar una excelente impermeabilidad y protección contra la erosión y corrosión.

Es usado para la protección y reparación anticorrosiva de pilotes de muelles, puentes, bases de sustentación de plataformas marinas y demás superficies expuestas a salpicaduras de olas. Inmersión o alta humedad.

VI.1.2 MANTENIMIENTO DEL MADERAMEN

La madera que recubre el frente de los escudos y que recibe directamente el impacto de los buques, recibe el nombre de maderamen. Algunos maderos resultan más solicitados que otros, debiéndose proceder a su reemplazo cada cierto tiempo.

Existen diversas consideraciones para este fin:

- a) Retirar los maderos dañados cuidando que el escudo pueda seguir en funcionamiento. Si es necesario, colocar provisionalmente neumáticos.
- b) Tomar la plantilla que determina la posición de los agujeros para los pernos que fijan el madero a la parte metálica, así como las medidas exactas de campo.
- c) Fabricar los maderos nuevos y desplazarlos hasta los escudos para proceder a su montaje. Una vez montados, proceder a colocar tapones de madera que cubran los pernos en la parte frontal.
- d) Luego, engrasar el maderamen con grasa resistente a la humedad y el lavado además de anti inflamable, tipo Grasa Petroperú Súper K-2. A la vez que sirve de protección, el engrase reduce el coeficiente de fricción entre el maderamen y el buque.

VI.2 MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS DISIPADORES

Se presenta el problema de efectuar el mantenimiento necesario de los elementos del escudo de protección y de los amortiguadores Seibu (nivelación del escudo, cambio y mantenimiento de cadenas, cambio de Seibu, etc.) para lo cual es necesario mantener el escudo suspendido.

Por las dimensiones y peso del escudo y fenders, por la posición en que se encuentran y por las difíciles condiciones de maniobra y de accesibilidad de los equipos, es necesario tomar en cuenta todas las consideraciones estructurales en los elementos a utilizar así como márgenes de seguridad suficientes.

Resulta necesario cambiar los fenders Seibu cuando sus características en campo presenten variaciones drásticas con respecto a sus condiciones iniciales.

Un indicativo del deterioro de los jebes se presenta cuando se observan rajaduras o fisuras que excedan los 20 mm de profundidad y 100 mm de longitud, que no son posibles de eliminar mediante lijado o cortes de curvatura suave.

VI.2.1 PROCEDIMIENTO DE LA MANIOBRA DE IZAJE DE ESCUDO.

A continuación se presentará y analizará el procedimiento seguido para levantar los paneles metálicos una altura suficiente que permita efectuar su mantenimiento (ajustes de cadenas, etc.). Será necesario aplicar el mismo procedimiento antes de realizar el cambio de los fenders que se encuentren muy deteriorados.

Se pueden proponer muchas formas para lograr este objetivo, sin embargo, se analizará la que resulta más económica y versátil para las condiciones existentes.

Se deben observar las siguientes consideraciones:

Los escudos deben permanecer suspendidos el tiempo que sea necesario.

Por la disposición de los dolphins en el atracadero, resulta necesario utilizar mecanismos modulares, susceptibles de ser ensamblados y trasladados de un dolphin a otro en forma manual.

Al utilizarse este tipo de defensas en muelles industriales (embarque de minerales, petróleo, etc.), el escudo debe ser montado en estado operativo dentro del plazo que fije el cliente (los costos por pérdida o retraso de algún embarque resultan elevadísimos).

i) Procedimiento

- a) Trabajos preliminares, que comprenden la provisión y fabricación de todos los elementos necesarios en la maniobra: vigas, tecles, cables, polines, etc.
- b) Desplazamiento de los elementos de la explanada del muelle al dolphin, utilizando una grúa de 25 T con pluma de 13 m. La grúa estacionada en la plataforma de carga, puede colocar todos los elementos con relativa facilidad en los dolphins 2 y 3. Para los dolphins 1 y 4, será necesario transportar los elementos en forma manual desde el dolphin 2 o 3 respectivamente. Con este fin se tenderá una viga auxiliar a manera de puente, sujeta en sus dos extremos a los pilotes, sobre la cual se deslizarán las vigas de izaje utilizando "tirfors" de 3 T.
- c) Se procede al montaje del sistema de izaje ubicando los elementos como se muestra en la Figura VI.1. En lo posible, los elementos se encuentran empernados para facilitar el desmontaje posterior
- d) Una vez listo el sistema, se retira el maderamen de los escudos.
- e) El izaje se lleva a cabo "gateando" las vigas (que sujetan el escudo mediante cadenas) y aumentando gradualmente el contrapeso hasta lograr que la carga íntegra del escudo sea resistida por el sistema de izaje. En este momento ya es posible liberar los fenders Seibu (sólo los dos superiores) y elevar el escudo hasta la posición deseada.

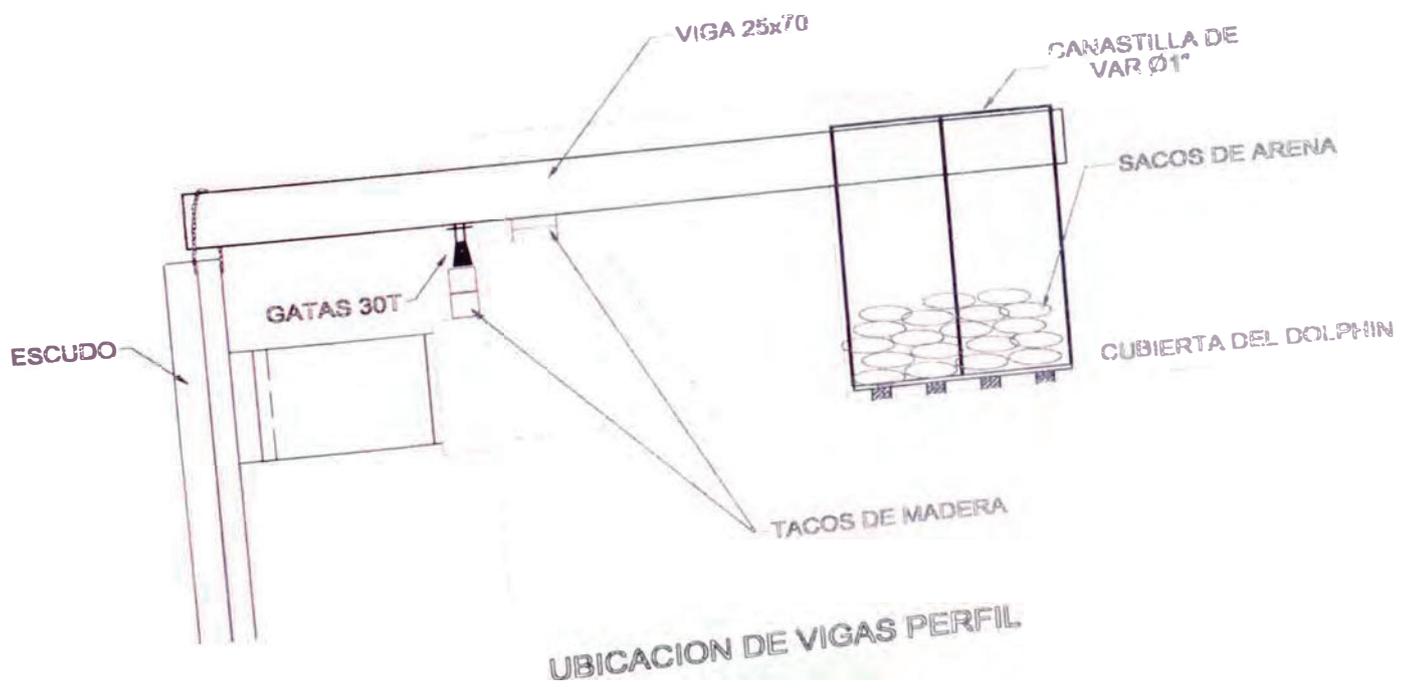
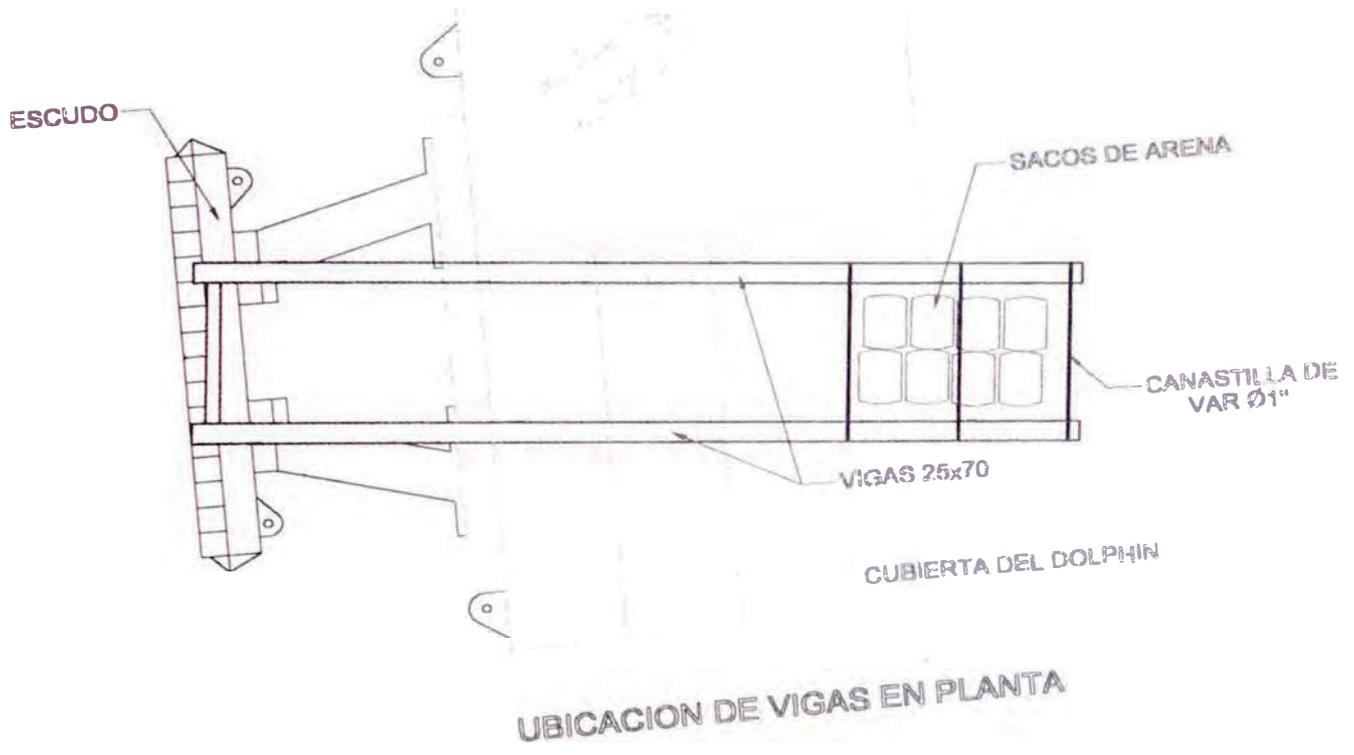


FIG. VI.1 VIGAS DE IZAJE DE ESCUDO

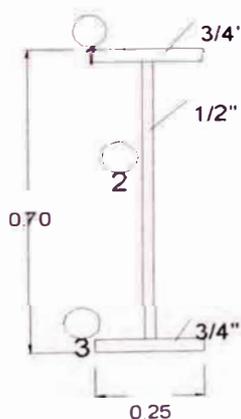
- f) Se realiza el plantillado para determinar la ubicación exacta de los agujeros de los pernos en el maderamen y así poder fabricarlos con las medidas exactas de campo.
- g) Se procede al mantenimiento de los elementos (arenado y pintado de los escudos, cambio y ajuste de cadenas, etc.), luego se coloca el maderamen nuevo para finalmente volver a empernar los fenders en su nivel original.

Definitivamente, debido a las dimensiones del escudo y a la cota en que se encuentra, no será posible sacarlo íntegramente del agua, por lo que se requerirá arenar y recubrir la zona sumergida con procedimientos adecuados, vistos en el Ítem VI.1.1 iii.

ii) Verificación estructural de las vigas para la maniobra de izaje de los escudos (VE).

Para el levantamiento de los escudos se utilizarán dos vigas "I" de 0.25 m de ala por 0.70 m de alma, según se muestra en la Figura VI.2.

Cálculo del Momento de Inercia



ELEMENTO	B	H	lo	A	y	I
1	0.250	0.019	14.4027	47.625	34.0475	55222.83
2	0.0127	0.70	30690.19	84.061	0.00	30690.19
3	0.250	0.019	14.4027	47.625	34.0475	55222.83

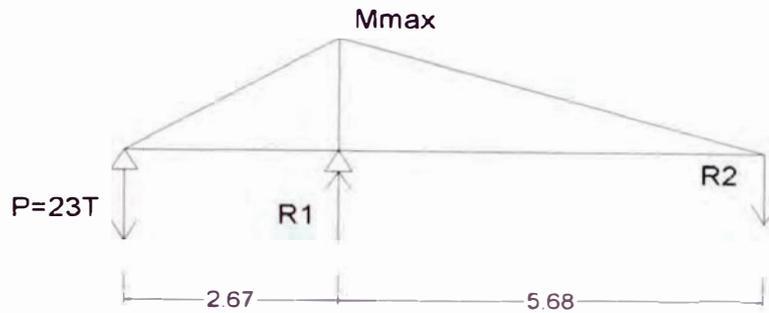
$$I = I_0 + A y^2$$

$$I^* = 14.113587 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

Fig. VI.2

Viga de izaje de escudo

- Caso 1:** Tomando longitud de viga 8.35 m
 R1 punto de apoyo en gatas
 R2 punto fijo (contrapeso de arena)



Reacciones:

$$\begin{aligned} \Sigma M_2 = 0 & \Rightarrow 5.68 \times R_1 = 23 \times 8.35 \\ & \Rightarrow R_1 = 33.81 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_2 = 0 & \Rightarrow R_2 + 23 = R_1 \\ & \Rightarrow R_2 = 10.81 \text{ T} \end{aligned}$$

Momento máximo actuante:

$$M_{\max} = 10.81 \times 5.68 = 61.40 \text{ T m}$$

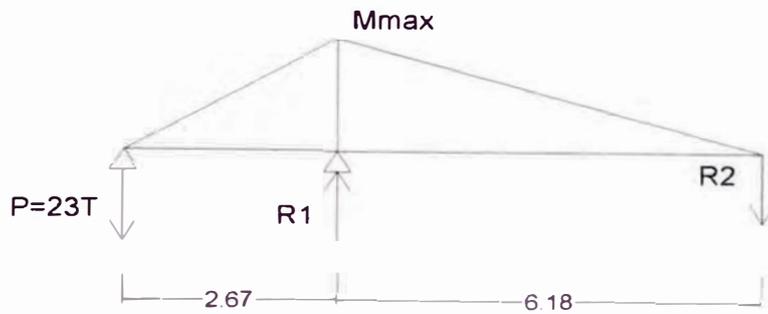
$$I_T = 14.113587 \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \sigma & = M y / I = 61.40 \times 0.35 / 14.113587 \\ \sigma & = 1,522.60 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$F_b = 0.66 F_y = 0.66 \times 2520 = 1,663.20 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow 1,522.60 < 1,663.20 \dots \text{ ok!}$$

- Caso 2:** Tomando longitud de viga 8.85 m
 R1 punto de apoyo en gatas
 R2 punto fijo (contrapeso de arena)



Reacciones:

$$\begin{aligned} \Sigma M_2 = 0 &\Rightarrow 6.18 \times R_1 = 23 \times 8.85 \\ &\Rightarrow R_1 = 32.94 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_2 = 0 &\Rightarrow R_2 + 23 = R_1 \\ &\Rightarrow R_2 = 9.94 \text{ T} \end{aligned}$$

Momento máximo actuante:

$$M_{\max} = 9.94 \times 6.18 = 61.41 \text{ T m}$$

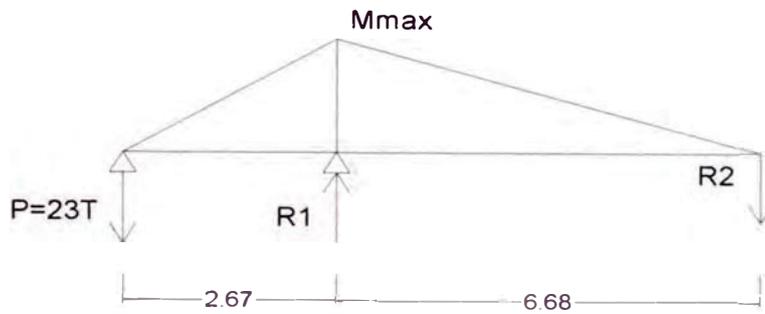
$$I_T = 14.113587 \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \sigma &= M y / I = 61.41 \times 0.35 / 14.113587 \\ \sigma &= 1,522.80 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$F_b = 0.66 F_y = 0.66 \times 2520 = 1,663.20 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow 1,522.80 < 1,663.20 \quad \dots \quad \text{ok!}$$

Caso 3: Tomando longitud de viga 9.35 m
 R1 punto de apoyo en gatas
 R2 punto fijo (contrapeso de arena)



Reacciones:

$$\begin{aligned} \Sigma M_2 = 0 &\Rightarrow 6.68 \times R_1 = 23 \times 9.35 \\ &\Rightarrow R_1 = 32.19 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_2 = 0 &\Rightarrow R_2 + 23 = R_1 \\ &\Rightarrow R_2 = 9.19 \text{ T} \end{aligned}$$

Momento máximo actuante:

$$M_{max} = 9.19 \times 6.68 = 61.39 \text{ T m}$$

$$I_T = 14.113587 \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \sigma &= M y / I = 61.39 \times 0.35 / 14.113587 \\ \sigma &= 1,522.30 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$F_b = 0.66 F_y = 0.66 \times 2520 = 1,663.20 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow 1,522.30 < 1,663.20 \dots \text{ ok!}$$

p.l.t. es factible utilizar una viga de estas dimensiones. En obra se utilizarán dos vigas de 9 m y dos gatas de 30 T (60 T).

VI.2.2 CAMBIO DE FENDERS SEIBU

Para efectuar el reemplazo de los fenders (uno a la vez), es necesario primero llevar a cabo la maniobra descrita en el acápite VI.2.1. Una vez sujetado el escudo, se procede de la siguiente manera:

i) Estructura de izaje

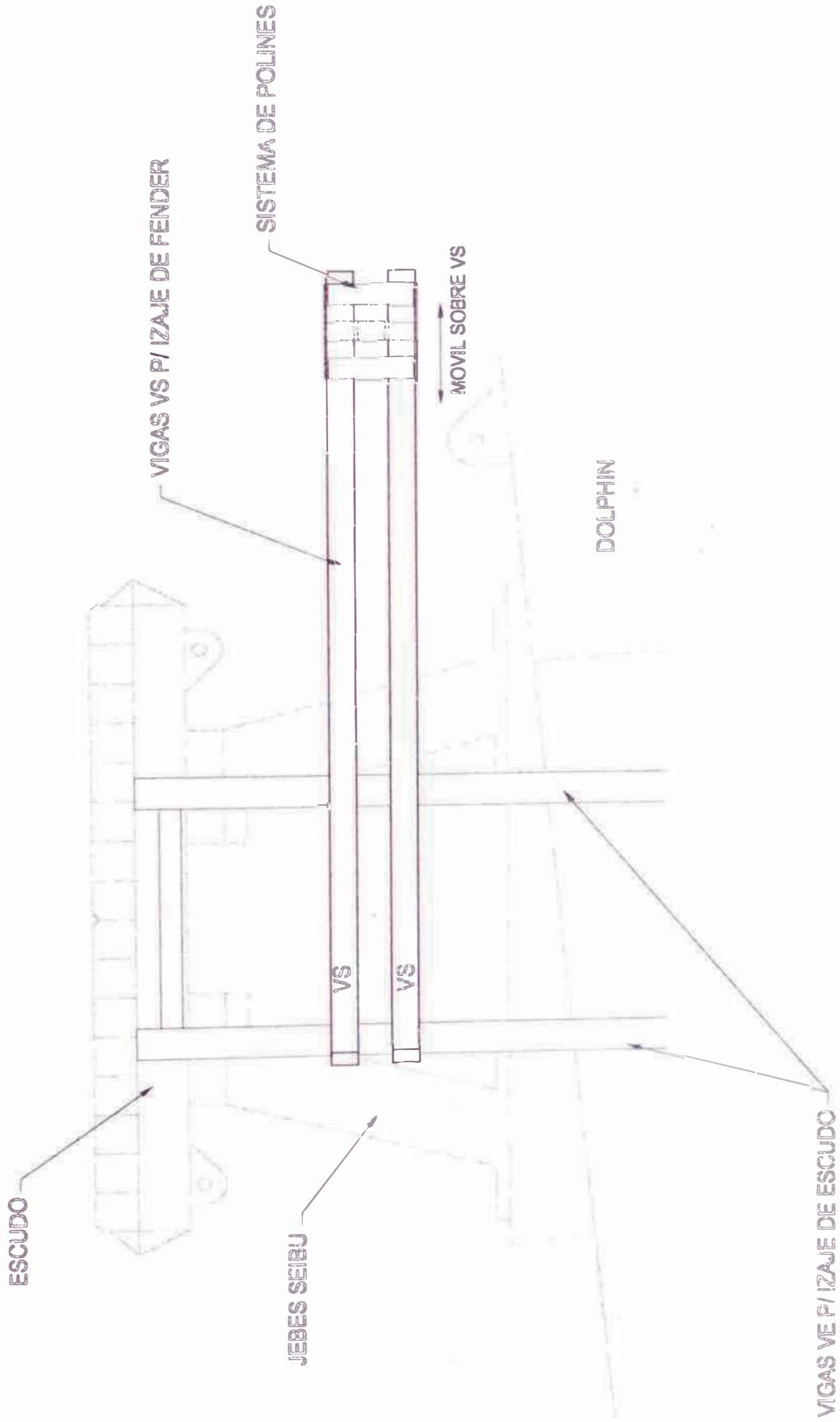
Para realizar la maniobra de cambio de los jebes SEIBU, se ha construido una estructura de izaje y traslado, conformada por 02 vigas VS de 7.5" x 24", las cuales estarán empernadas a las vigas VE de 0.25m x 0.70m que sirven para levantar el escudo hasta su posición final nivelada.

La Fig. VI.3 muestra en planta los dos tipos de vigas y los "polines" utilizados para el traslado del jebe SEIBU sobre las vigas VS, luego de haberlo sujetado con los tecles.

Estos polines están conformados como se indica en la Fig. VI.4, por 02 tubos de $\phi 7"$ x 60 cm., los cuales están conectados a placas de $\frac{1}{2}"$ en cuya parte inferior presentan un agujero donde se engancharán los tecles (02) de 10 T cada uno que izarán el jebe a través de cables de acero de $5/8"$.

De igual manera, las vigas principales VE que sujetan el escudo, estarán debidamente arriostradas con viguetas de acero así como sujetas con cables de acero a las ménsulas a fin de evitar el volteo de las mismas.

Se tendrá un flotador metálico que alojará al jebe y que servirá para transportarlo por el mar desde el dolphin hasta la explanada y viceversa. El



TITULO

DIST. DE ELEMENTOS - PLANTA

MANIOBRA DE IZAJE DE JEBES SEIBU

DESG
M.R.C.

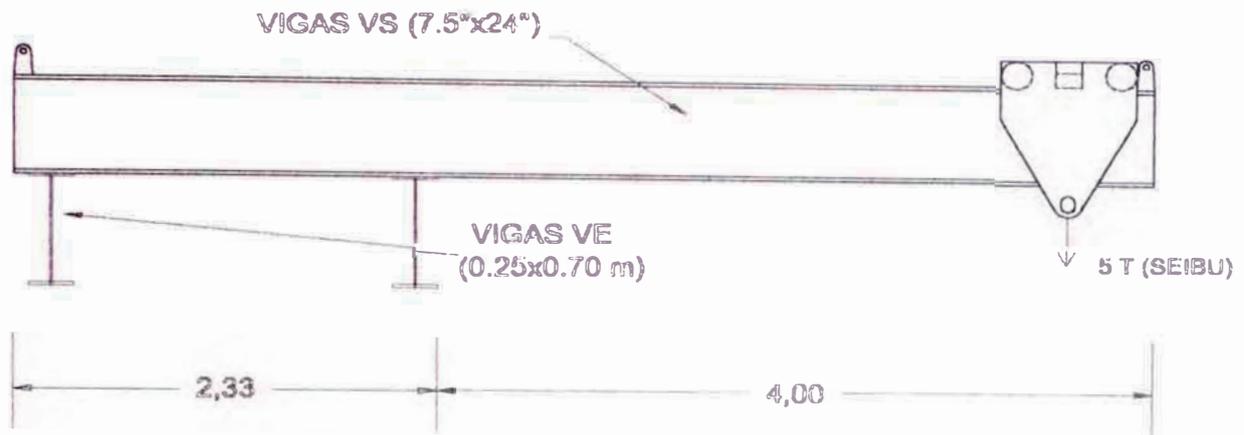
ESQA

1:50

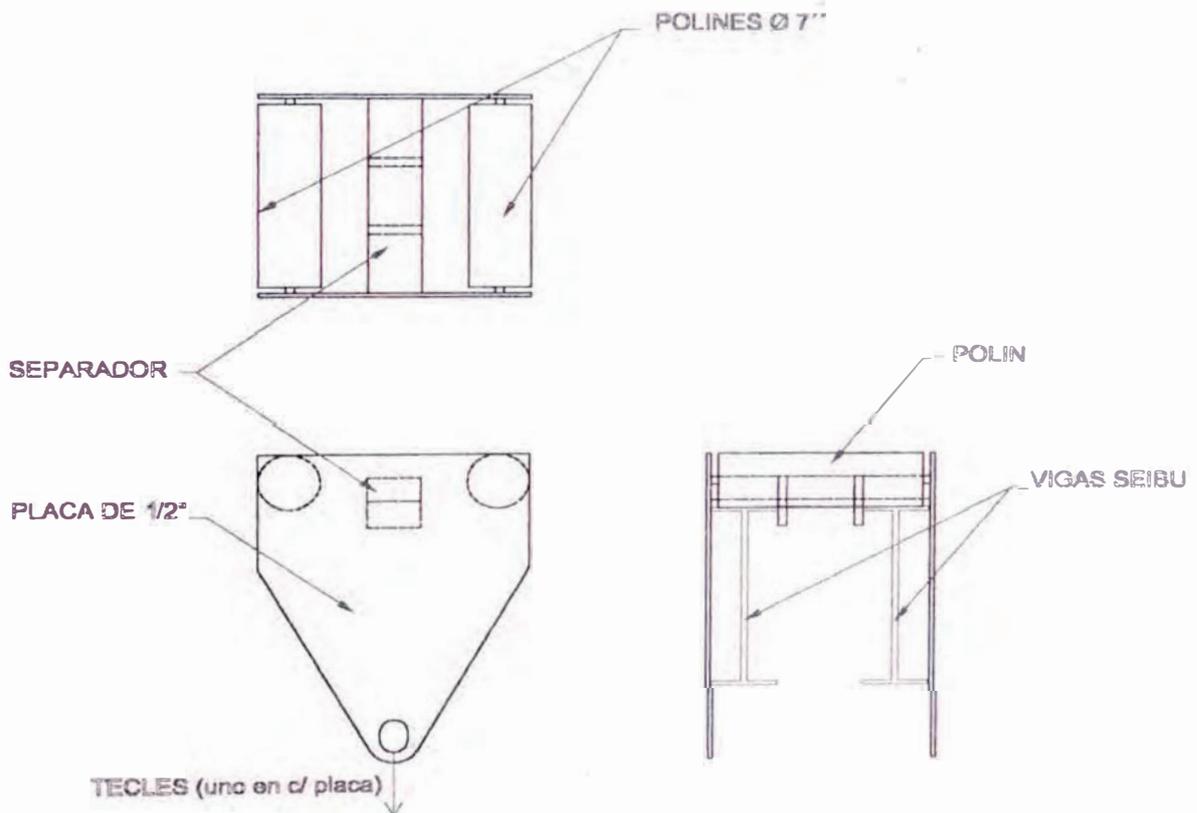
FECH

DIC 2000

PLA
VI.3



ESCALA 1:50



DETALLE DE SIST. DE POLINES

ESC. :1:25

TÍTULO:

DETALLES DE ELEMENTOS

MANIOBRA DE IZAJE DE JEBES SEIBU

DEBUC:

M.R.C.

ESCALA

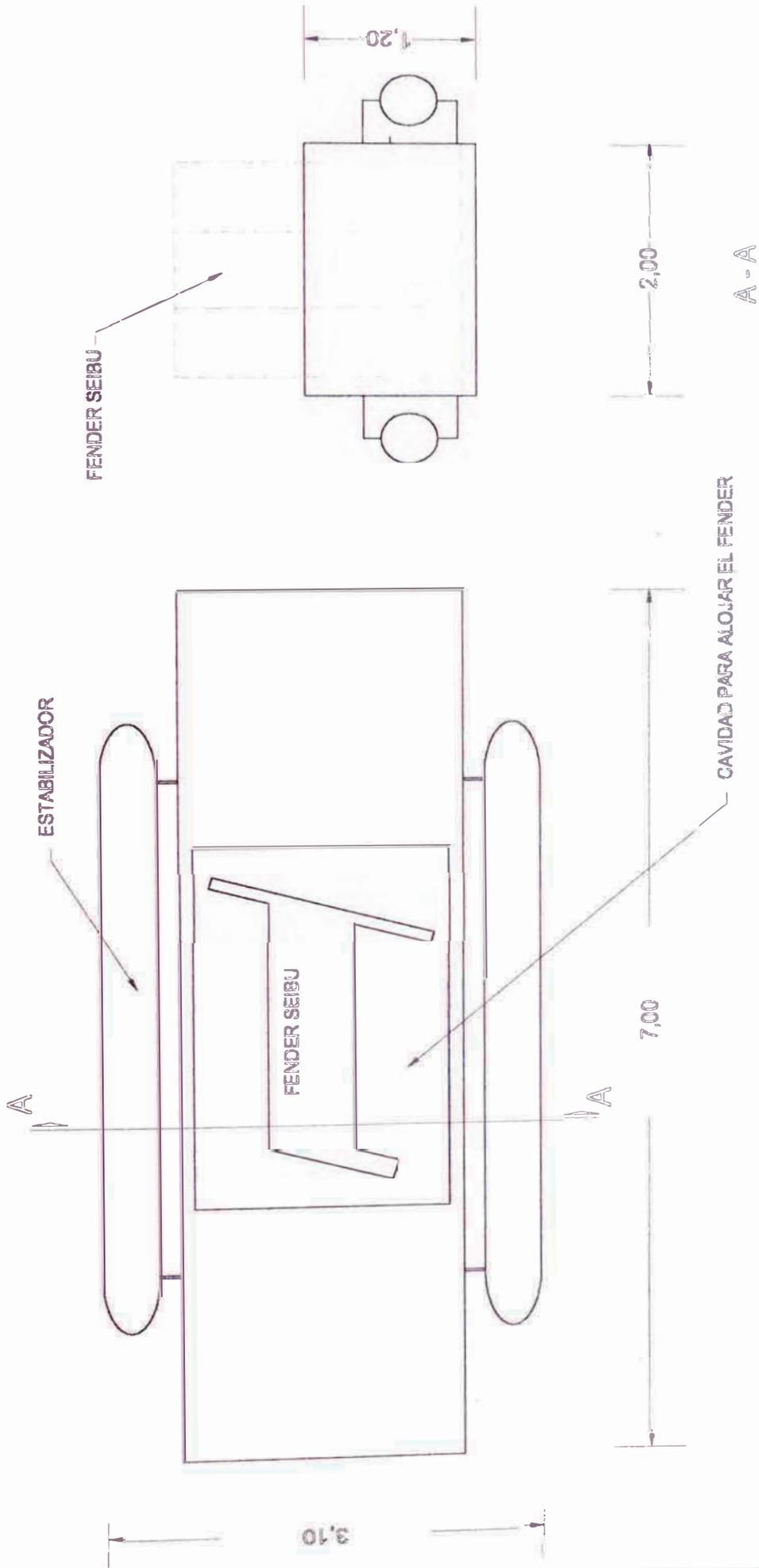
INDICADAS

FECHA

DIC 2000

REVISIÓN

VI.4



TITULO

FLOTADOR METÁLICO

MANIOBRA DE IZAJE DE JEBES SEIBU

DESG. M.R.C.

ESCALA 1:50

FECHA DIC 2000

PROY. VI.5

DOLPHIN

FLOTADOR

SEIBU

MECANISMO DE POLINES

ESCUJDO

VE

VE

VS

VS

TRUCC

MANIOBRA EN PLANTA

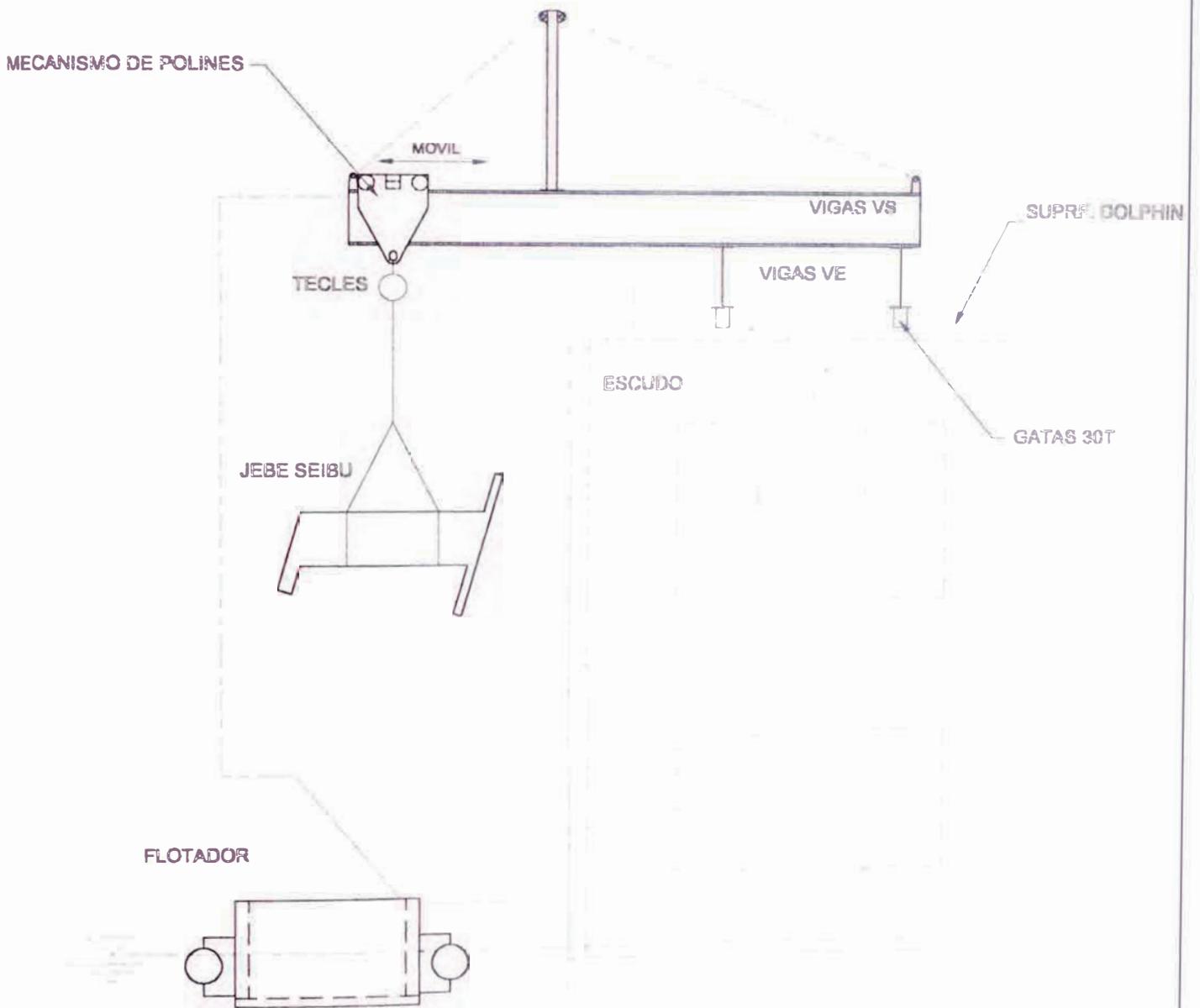
MANIOBRA DE IZAJE DE JEBES SEIBU

DELUCE
M.R.C.

ESCALA
1:50

FECHA
DIC 2000

PLANO
VI.6



TITULO:			
MANIOBRA EN ELEVACION			
MANIOBRA DE IZAJE DE JEBES SEIBU			
OBJETO:	ESCALA:	FECHA:	FIGURA:
M.R.C.	1:75	DIC 2000	VI.7

flotador de 1.20 x 2.00 x 7.00 m, cuenta además con dos tubos de $\phi 15''$ y 5.00 m de largo que servirán para darle estabilidad en el mar. (Ver Fig. VI.5).

ii) Procedimiento de cambio

El procedimiento a seguir es el siguiente: (Ver Figs. VI.6 y VI.7)

- a) Montar las vigas VS sobre las VE, instalando sobre ellas el mecanismo de polines sujetar toda la estructura con cables.
- b) Levantar el escudo hasta nivelarlo, de tal forma que los jebes SEIBU queden liberados del peso propio del mismo.
- c) Sujetar usando los tecles, un jebe a cambiar y extraer los pernos del jebe tanto del lado del concreto como del lado del escudo.
- d) Trasladar el jebe hacia el flotador corriendo los polines sobre las VS, luego llevarlo a tierra donde estará esperando la grúa que retirará este jebe antiguo a tierra y colocará uno nuevo en su lugar.
- e) Trasladar el jebe nuevo desde tierra hasta el dolphin para luego sujetarlo, levantarlo y colocarlo en su posición final.

iii) Verificación estructural vigas VS

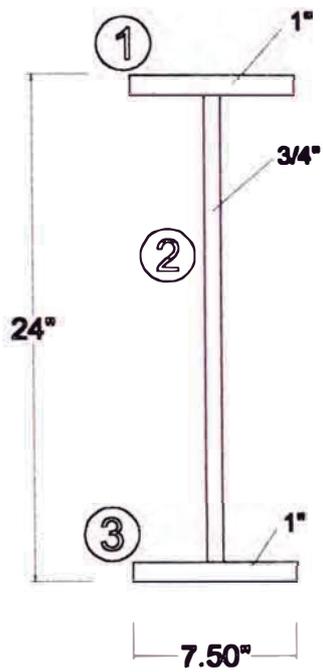
$$I_0 = B \times H^3 / 12 \quad \text{Mto. de inercia}$$

$$I = I_0 + A y^2$$

De la Fig. VI.8:

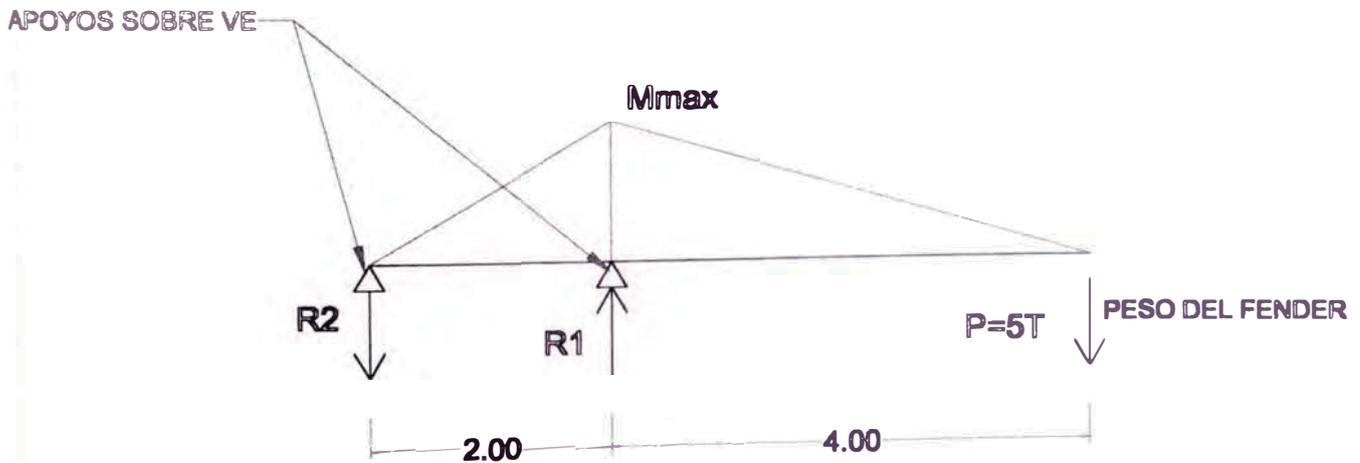
$$M_{\max} = 5 \times 4 = 20 \text{ Tm}$$

$$\Sigma M_1 = 0 \Rightarrow 2R_2 = 5 \times 4$$



ELEMENTO	B	H	lo	A	y	I
1	7.50	1.00	0.625	7.50	11.50	992.50
2	0.75	22.00	665.50	16.50	0.00	665.50
3	7.50	1.00	0.625	7.50	11.25	849.84

A. CALCULO DEL MOMENTO DE INERCIA DE LA SECCION



B. CARGAS ACTUANTES

FIG. VI.8 VERIFICACION ESTRUCTURAL DE VIGAS VS

$$\begin{aligned} \Sigma F &= 0 \Rightarrow R2 = 10 \text{ T} \\ & R1 = 5 + 10 \\ & R1 = 15 \text{ T} \end{aligned}$$

$$S = M \times y / I$$

Donde:

S: esfuerzo actuante
M: momento máximo
y: dist. a la fibra más alejada del eje neutro
I: momento de inercia

$$S = \frac{20 \text{ Tm} \times 30.48 \text{ cm} \times 1000 \text{ kg} \times 100 \text{ cm}}{108\,546.65 \text{ cm}^4 \times 1 \text{ T} \times 1 \text{ m}} = 561.6 \text{ kg/cm}^2$$

Luego el esfuerzo resist. del material:

$$\begin{aligned} S_r &= 0.66 F_y; \quad \text{considerando acero A36:} \\ &= 0.66 \times 2\,520 \text{ kg/cm}^2 = 1\,663.20 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Así: $S < S_r$...ok

p.l.t es posible utilizar una viga con las características anteriores. En obra se utilizarán dos vigas VS así para el mismo peso.

VI.2.3 CAMBIO DE AMORTIGUADORES CILÍNDRICOS

Como se expuso en el ítem I.2.4 i, los escudos de protección están revestidos en su parte frontal por tres secciones de maderamen. Entre cada sección se disponen amortiguadores de caucho cilíndricos en dos hileras verticales con 3 cilindros cada una, teniendo como guías dos tubos verticales de acero de 89 mm de diámetro exterior x 5.6 m, rellenos con concreto.

Estos amortiguadores tienen un diámetro exterior de 457 mm; diámetro interior de 229 mm y una longitud de 1630 mm, con un peso de 144 kg/m. Se encuentran dispuestos sobre pequeñas ménsulas por donde pasan los tubos guía.

En el proceso de cambio de amortiguadores cilíndricos, se deben considerar los siguientes pasos:

- a) Retiro de los maderos necesarios a fin de tener un área de trabajo adecuada; estos pueden ser depositados sobre la superficie de los dolphins en lugar de tenerlos suspendidos en el agua a fin de no aumentar su cantidad de humedad.
- b) Retirar los jebes cilíndricos y guías en mal estado, efectuar el mantenimiento de las ménsulas y cambiar los bujes de los tubos guía.
- c) Reponer cilindros nuevos.

VI.3 MANTENIMIENTO DE CADENAS, MÉNSULAS Y ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

En el ítem I.2.4 ii se trató sobre la necesidad de introducir cadenas entre el escudo de acero y el dolphin de concreto. Como se observó, para cada panel se encuentran tres tipos de cadenas: cortantes, diagonal y horizontales.

Todas las cadenas sin embargo, tienen la misma disposición de elementos la que se presenta en la Figura I.12. Cada elemento tiene un fin específico y está sometido a sollicitaciones distintas.

A continuación se presentan los criterios que determinan su mantenimiento o cambio por elementos nuevos.

VI.3.1 MANTENIMIENTO DE CADENAS

Las cadenas deben trabajar templadas y sus longitudes y posición deben estar de acuerdo con el Plano L7. Se deberá considerar el cambio de una cadena cuando el diámetro nominal de los eslabones haya sufrido una reducción mayor al 10%.

Para el mantenimiento de todos los elementos asociados a las cadenas, se utilizará una máquina de soldadura eléctrica, equipo de oxicorte, amoladoras, teclas y otros equipos y herramientas, así como un sistema de andamiaje apropiado.

Los procedimientos de arenado y pintura son válidos en el tratamiento de estos elementos.

VI.3.2 MANTENIMIENTO DE MÉNSULAS

En lo referente a las ménsulas y talones (ancladas al concreto y soldados al escudo respectivamente), se deberá evaluar el estado de las placas de acero que los conforman y los cordones de soldadura que las unen.

En el caso que el espesor de las mismas haya disminuido un 10 %, se procederá a su cambio; de no ser posible, se pueden soldar planchas de acero sobre las caras de las ménsulas a manera de refuerzo. Para la evaluación de los talones ubicados en la parte inferior de los escudos y que se encuentran permanentemente sumergidos, es necesario un registro visual (captado por un buzo).

La soldadura deteriorada debe ser retocada hasta lograr cumplir con las especificaciones sugeridas.

Se permite un desgaste del 5% del diámetro nominal de los pines de las ménsulas y del 10% del espesor de los espaciadores de bronce. Verificar que en los talones, el agujero por el que atraviesa el pin del grillete no se encuentre desbocado. De presentarse esta situación se procederá al embocinado del agujero o al relleno con soldadura.

VI.3.3 MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

- a) Pernos "U": Se debe verificar que las cuatro tuercas de estos elementos se encuentren correctamente ajustadas a la placa de conexión, permitiendo que la cadena trabaje adecuadamente. Se requerirá cambiar el perno cuando el estado de los hilos no permita ajustar las tuercas o cuando el desgaste en la parte curva que está en contacto con el pin de la ménsula sea notorio.
- b) Grilletes: Resulta indispensable en la evaluación de los grilletes observar que el pin no se encuentre desgastado ni presente fisuras y que su dispositivo de seguridad (pasador, tuerca, puntos de soldadura, etc.) se encuentre operativo y en buenas condiciones. Otro punto crítico es la parte curva interior del grillete que se encuentra en contacto con el eslabón de la cadena.
- c) Placa de conexión: Aplicar los mismos criterios que para las ménsulas y talones.

VI.4 MANTENIMIENTO DE DOLPHINES

Como toda estructura marina, los dolphins están expuestos a condiciones de trabajo muy severas. Su deterioro ocurre por una combinación de daños de origen mecánico y daños por agresividad del medio.

Los daños de origen mecánico son generalmente localizados y detectables en el momento de su ocurrencia y pueden deberse al impacto de embarcaciones, al desgaste por abrasión, etc. Los daños por agresividad del medio producen generalmente la destrucción del concreto por ataque químico y la corrosión del acero de refuerzo. Aunque dichos fenómenos tienen orígenes diferentes, el daño por ataque químico conlleva generalmente a la corrosión del refuerzo al destruir el concreto que lo protege.

VI.4.1 MANTENIMIENTO DE LA SUPERFICIE DE CONCRETO

Son dos las principales causas del deterioro de las superficies del cuerpo de concreto del dolphin: mecánicas y químicas.

Los factores mecánicos que perjudican la conservación de las superficies de concreto son causados por el impacto o la fricción de elementos metálicos directamente sobre el concreto. Esto se evita utilizando un recubrimiento apropiado para la superficie que permita a su vez realizar los trabajos con normalidad. Se puede utilizar madera o jebes. En ningún caso deberá penetrarse el concreto (para anclar algún elemento por ejemplo).

Los agentes principales de ataque químico en obras marinas son los sulfatos contenidos en el agua de mar y los desechos (orgánicos, minerales o químicos) que muchas veces contaminan el agua en los puertos.

Los sulfatos reaccionan con los hidróxidos de calcio (cal hidratada) liberados en el proceso de hidratación del cemento y forman sulfato de calcio (yeso). Este a su vez reacciona con el aluminato hidratado de calcio para formar el sulfo – aluminato de calcio (etringita). Estas dos reacciones forman productos sólidos de mayor volumen que el original y son causantes de las

expansiones y rupturas del concreto. Hay evidencias de que los cloruros en el agua de mar inhiben la formación de etringita y por lo tanto neutralizan en gran parte la acción destructora de los sulfatos.

La destrucción del concreto por acción de los sulfatos en estructuras no sumergidas, se muestra por el deterioro de las superficies. La matriz de cemento se destruye progresivamente dejando el agregado grueso expuesto. En estructuras sumergidas, los sulfatos penetran en la masa de concreto, produciéndose el deterioro de las superficies internas de las fisuras del concreto.

La protección del concreto puede ser de varios tipos:

- a) Del tipo barrera, es decir, recubrimientos que bloquean o retardan el ingreso de agentes agresivos.
- b) Inhibidores contra la corrosión que incluidos dentro de la masa del concreto neutralizarán la acción de los cloruros o de otros agentes agresivos.
- c) Protección catódica en sus diferentes formas.

En estructuras masivas de concreto como los dolphines de atraque o amarre, el deterioro por corrosión se produce en la superficie de los macizos en todo el perímetro. Se explica este hecho porque el refuerzo del macizo está formado por una malla perimetral de barras de acero corrugado que envuelve toda la estructura.

i) Causas de deterioro de las superficies del macizo

Carbonatación del concreto, acelerada por la mala consolidación del concreto (concreto permeable y con cangrejeras).

Recubrimientos reducidos en algunas zonas.

Congestión del refuerzo en algunas zonas.

Acumulación de aguas en las superficies horizontales sin posibilidad de drenaje. En algunas zonas el agua acumulada proviene de la lluvia o de la brisa marina, en otras proviene del agua que chorrea de los cabos o bozas utilizadas para el amarre de las embarcaciones. En los fondos de los macizos el humedecimiento es casi permanente por la condensación, por los cambios de marea y por el oleaje.

Contaminación con cloruros traídos por la humedad y por la brisa marina.

ii) Procedimiento de reparación

- a) Retiro del concreto hasta por lo menos 5 cm por detrás de la malla de acero. La recuperación del concreto debe extenderse hasta encontrar que las barras no presentan corrosión. En el picado debe dejarse la superficie del concreto muy rugosa y sana, libre de concreto suelto y con sus bordes sensiblemente perpendiculares a la superficie.
- b) Restitución de la armadura en caso de ser necesario, reemplazando las barras que tienen pérdida apreciable de sección o aquellas que presentan puntos de corrosión.
- c) Conexión mecánica transversal para asegurar la correcta unión entre el concreto del macizo y la nueva piel de concreto.
- d) Preparación de las superficies de concreto para recibir el concreto nuevo. Eliminar todo material suelto utilizando aire comprimido.

- e) Aplicación de pegamento epóxico para sellar el perímetro de la superficie por llenar y en los bordes del concreto existente, dejados al retirar el concreto dañado. El pegamento epóxico debe aplicarse inmediatamente antes del llenado. Como esta operación tendrá que realizarse con el encofrado ya colocado, la aplicación de la resina debe hacerse mediante un soplete, cuya boquilla esté al extremo de un tubo largo, que le permita llegar sin dificultad a toda la superficie por tratar.
- f) Encofrado.
- g) Vaciado del concreto, utilizando aditivos reductores de agua y superplastificantes en la mezcla para lograr concretos de alta densidad y trabajabilidad. La consolidación se logra por vibración.
- h) Curado, ya sea por vía húmeda, por membranas curadoras o procedimientos químicos.
- i) Sellado de las superficies con pintura epóxica, con el fin de crear una barrera protectora que reduzca o elimine la carbonatación y la penetración de los cloruros.

VI.4.2 MANTENIMIENTO DE LOS PILOTES METÁLICOS

Al encontrarse casi el 100% de estos elementos permanentemente sumergidos, necesitan de una protección especial. Muchas veces no es suficiente con el revestimiento epóxico a base de zinc de espesor considerable.

Se presentan tres zonas bien definidas a lo largo de su estructura:

Zona A:

Aquella parte superior de los pilotes que nunca está sumergida y a donde no llega la salpicadura de las olas. Esta zona se puede tratar con los revestimientos convencionales.

Zona B:

Es la llamada zona de "splash" o salpicadura; se encuentra parte del tiempo sumergida (pleamares) y soporta el impacto del oleaje. En ella se adhieren abundantes moluscos y algas por lo que resulta recomendable una limpieza mecánica periódicamente.

De las tres es la que sufre más los efectos del intemperismo y la corrosión, necesitando un tratamiento especial el cual se logra utilizando resinas epóxicas especiales (Ver Ítem VI.1.1 iii).

Para el caso en que se presenta una disminución considerable del diámetro del pilote en esta zona, procede el método de "enchaquetado" del pilote que consiste en soldar al cuerpo metálico, dos planchas semicirculares roladas a la medida las que se constituyen en un refuerzo de la zona dañada y virtualmente en parte del cuerpo del pilote en sí.

Un factor determinante para lograr un resultado óptimo, es considerar realizar todos los trabajos de soldadura y de revestimiento (en la medida de lo posible) fuera del agua por lo que se debe tener presente el régimen de mareas. Es posible soldar bajo el agua, pero la calidad de esta soldadura está muy por debajo de las realizadas fuera del agua.

Zona C:

Aquella que se encuentra siempre sumergida, en cuyo caso se considerará lo tratado en el ítem VI.1.1.

Una práctica bastante difundida en nuestro medio y que brinda buenos resultados es la protección catódica, que básicamente consiste en adherir al metal, ánodos de zinc, llamados también ánodos de sacrificio, los cuáles, al presentarse el proceso de corrosión, se oxidan antes que el acero, desgastándose poco a poco. De esta manera, de tenerse un programa de recambio periódico de los ánodos, se puede incrementar significativamente la vida útil de las estructuras de acero sumergidas

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El terminal de Bayóvar tiene por objeto la exportación del crudo que llega a través del Oleoducto Nor Peruano, por lo que se debe asegurar la preservación de la vida útil de sus instalaciones. En este sentido resulta de vital importancia la operatividad de su sistema de defensa.
- Se realiza con los cálculos, el correcto diseño de todos los elementos que intervienen en el sistema de defensa. Sin embargo, al ver acoderar buques tanque de más de 150 000 DWT y observar la tremenda solicitud a que estos elementos se ven sometidos, se concluye que ningún factor de seguridad es despreciable.
- Los costos que se generan de asumir factores de seguridad elevados (en este caso), resultan a la larga mínimos con respecto al costo de la inoperatividad de instalaciones de este tipo o a la de los daños que se producirían de fallar las defensas, sobre el muelle y sobre el propio buque tanque.
- Las características geográficas, marítimas y atmosféricas de la bahía de Sechura, propician condiciones ideales para recibir los grandes buques en el muelle. La nave debe acoderar con el ángulo y la velocidad adecuada. Atracar con velocidades superiores a las permisibles, generaría el colapso de las defensas; esto por la influencia cuadrática de este parámetro en el valor de la energía cinética que determina a la postre la energía a ser disipada.
- Los fenders (amortiguadores de jebe), disipan la energía liberada al acoderar la embarcación, transmitiendo la carga a los dolphins que son estructuras sometidas a fuerzas horizontales (al margen de su

propio peso). La masa del macizo de concreto es de tal magnitud que podemos suponerla perfectamente rígida. Así, el movimiento del cabezal define los giros y desplazamientos de todo el sistema formado por la parte superior de los pilotes.

- La conclusión anterior es tomada en cuenta en el análisis computarizado de las fuerzas y deformaciones que se producen al interior de la estructura. Es posible para simplificar el problema, suponer que encontramos rótulas en la interfase pilote – macizo de concreto, con lo que eliminamos las incógnitas generadas por la presencia de momentos.
- El diseño teórico de las estructuras marinas así como de los elementos asociados a ellas define perfectamente sus características. Sin embargo en campo, éstas pueden ser determinadas en muchos casos por la experiencia.
- El parámetro fundamental para la elección de un óptimo sistema de defensa lo constituye la correcta determinación de la energía de deformación. Con este fin debemos considerar todos los factores que pueden aumentarla o disminuirla, tales como la velocidad de acoderamiento, el volumen de agua que acompaña a la embarcación, la capacidad de disipación del casco de la propia nave, etc.
- Las cargas arrojadas por el programa computarizado de análisis estructural de dolphins resultan muy cercanas a las del diseño original (Véase el Ítem I.2.1). Podemos apreciar en los resultados del Análisis (Anexo A1), que los desplazamientos que se presentan son prácticamente despreciables, haciendo totalmente rígidos macizos de concreto como éstos de más de 720 T y 1000 T.

- Los pilotes de los dolphins analizados, cumplen con las solicitaciones a que son sometidos. Su capacidad portante teórica es un 20% superior a la compresión máxima calculada; la carga de diseño de las anclas de los pilotes corresponde con la fuerza de levantamiento o tracción máxima calculada y su comportamiento a flexo compresión es también adecuado.
- El valor calculado de la energía a ser disipada (afectado del factor correspondiente por ángulo de acoderamiento), es cubierto por el valor nominal de los fenders seibu existentes, verificándose su adecuada elección. El sistema Sumitomo propuesto es compatible con las condiciones y características de la línea de defensa.
- En el diseño de cadenas se han considerado las circunstancias más desfavorables, llegando algunas a ser bastante improbables. El costo del sobre dimensionamiento del diseño no es significativo considerando que está garantizada la performance del elemento, inclusive en condiciones accidentales. Nótese que la carga de rotura es aproximadamente 1.5 veces la carga de prueba y nosotros diseñamos con la segunda.
- Los problemas que se presentan en obra con respecto al mantenimiento de elementos de las características presentadas en esta Tesis, requieren más allá de una técnica adecuada en su tratamiento, una alta dosis de imaginación para su solución, considerando la realidad en la que se desarrollan las obras y lo ajustado que siempre son los presupuestos. Imaginación más técnica igual solución ingenieril.

RECOMENDACIONES

- Resulta desde todo punto de vista recomendable, el llevar adelante un programa de mantenimiento periódico de instalaciones de este tipo. Al estar los elementos expuestos a la intemperie y al ser solicitados diariamente, su mantenimiento debe ser constante.
- Los factores de seguridad a considerar en el diseño, deben ser acordes con la realidad particular en que se desenvuelve cada elemento.
- Se recomienda poner especial atención en la maniobra de acoderamiento de los buques. Muchas veces la rutina genera un exceso de confianza que en este caso resultaría crítico. Se deben mantener en perfecto estado los remolcadores, así como contar con personal calificado.
- El desarrollo tecnológico nos permite realizar diseños cada vez más exactos. Es necesario elaborar programas computarizados que permitan solucionar problemas específicos en el área de ingeniería marítima y portuaria que se presentan en nuestro litoral.
- Resulta una buena práctica, acoger las observaciones y recomendaciones de personas con experiencia previa en las actividades a realizar. Estas pueden ser muy valiosas tanto en el diseño de elementos, como en su tratamiento en campo.
- Si bien es cierto que los parámetros que intervienen en el diseño de estructuras especiales se encuentran bien definidos, es aconsejable revisar el método a utilizar. Muchas veces encontramos consideraciones no aplicables a nuestra realidad u omisiones de

parámetros particulares muy importantes que no nos permiten obtener resultados óptimos.

- Si bien es cierto que en nuestros días se está dando la importancia debida a la seguridad con la que se deben realizar los trabajos civiles, para el caso de obras marítimas se recomienda incidir sobremanera en este punto, toda vez que las actividades involucradas se realizan muchas veces en condiciones de alto riesgo y los materiales y equipos que se manejan requieren de especial atención. Por otra parte resulta imprescindible tener presente la preservación del medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- “Foundation Analysis and Design”; Bowles, Joseph (1988)
- “Ingeniería Marítima y Portuaria”; Herrejón de la Torre (1999)
- “UPi – Type Fender”; Sumitomo Rubber Industries, LTD.
- “Diseño de Estructuras de Acero – Método LRFD”; Mc Cormac (1996)
- “Design and Costruction of Ports and Marine Structures”; Quinn, Alonso
- “Piling for Foundations”; R.R. Minikin
- Aceros Estructurales - American Society for Testing and Materials
- “Diseño de Estructuras de Acero con LRFD”; V. Galambos (1999)
- “Dock and Harbour Engineering”; H. F. Cornick
- “ACI – Cimentaciones Profundas”; Fuentes Ortiz, C. (1998)
- Reglamento Nacional de Construcciones.

ANEXOS

- A1.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DOLPHINES**
- A2.- SUMITOMO RUBBER INDUSTRIES, LTD. – UPi TYPE FENDER**
- A3.- TABLAS**
- A4.- LISTADO DEL PROGRAMA DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DOLPHINES**

A1.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DOLPHINES

DOLPHINES EXTERIORES

Estado de Carga 1

Estado de Carga 2

Estado de Carga 3

Estado de Carga 4

DOLPHINES EXTERIORES

Estado de Carga 1

Estado de Carga 2

Estado de Carga 3

Estado de Carga 4

DOLPHIN DE ATRAQUE EXTERIOR - EC1

BAYO
24 1 1 0

=====
DATOS GENERALES
=====

PILOTE N#	X	Y	Z	ALPHA	INCLINACION
1	-5.50	.00	-6.00	.00	100.00
2	-5.50	.00	.00	.00	100.00
3	-5.50	.00	6.00	.00	100.00
4	-3.80	.00	-4.80	270.00	2.50
5	-3.80	.00	4.80	90.00	2.50
6	-2.60	.00	-4.80	90.00	2.50
7	-2.60	.00	4.80	270.00	2.50
8	1.50	.00	-4.80	360.00	2.50
9	1.50	.00	-3.60	180.00	2.50
10	1.50	.00	3.60	180.00	2.50
11	1.50	.00	4.80	360.00	2.50
12	3.00	.00	-4.80	270.00	2.50
13	3.00	.00	4.80	90.00	2.50
14	4.50	.00	-6.00	.00	100.00
15	4.50	.00	-4.80	360.00	2.50
16	4.50	.00	-3.60	180.00	2.50
17	4.50	.00	-2.40	360.00	2.50
18	4.50	.00	-1.20	180.00	2.50
19	4.50	.00	.00	.00	100.00
20	4.50	.00	1.20	180.00	2.50
21	4.50	.00	2.40	360.00	2.50
22	4.50	.00	3.60	180.00	2.50
23	4.50	.00	4.80	360.00	2.50
24	4.50	.00	6.00	.00	100.00

LAS CONSTANTES DEL PILOTE:

PILE NO	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
2	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
3	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
4	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
5	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
6	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
7	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
8	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
9	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
10	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
11	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
12	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
13	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
14	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
15	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
16	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
17	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
18	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
19	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
20	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
21	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
22	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
23	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
24	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0

LA MATRIZ DE CARGA P

1	PX =	.00
2	PY =	-10712.50
3	PZ =	.00
4	MX =	.00
5	MY =	.00
6	MZ =	.00

LA MATRIZ ASAT DE LA CIMENTACION--100 FACTORIZADA

1	503.1	-1.3	2.1	-4.2	-12.0	59.3
2	-1.3	6262.7	-4.6	-1	10.9	8003.4
3	2.1	-4.6	263.1	905.3	198.8	-6.8
4	-4.2	.0	963.1	116370.9	3192.0	.1
5	-12.1	10.9	241.7	3163.1	9726.0	-21.4
6	1.5	7960.5	-6.8	-3	64.4	102297.1

DESPLAZAMIENTOS DE LA CIMENTACION

X = -.000022 Y= -.001899 Z= -.000032 ALPHA X= .000000 ALPHA Y= .000003 ALPHA Z= .000148

DESPLAZAMIENTOS DE CIMENTACION Y FUERZAS EN LOS PILOTES (OBSERVAR FU,FV,FW,ETC ESTAN ACTUANDO EN EL CABEZAL)

PILOTE	DU	DV	DW	ALPHA U	ALPHA V	ALPHA W	FU	FV	FW	MU	MV	MW
1	.0027	.0000	.0000	.0000	-.0001	.0000	788.8	0.	1.	0.	0.	0.
2	.0027	.0000	.0000	.0000	-.0001	.0000	789.1	0.	1.	0.	0.	0.
3	.0027	.0000	.0000	.0000	-.0001	.0000	789.5	0.	1.	0.	0.	0.
4	.0023	-.0009	.0000	-.0001	-.0001	.0000	666.7	-1.	1.	0.	0.	0.
5	.0023	.0009	.0000	.0001	.0001	.0000	662.9	1.	-1.	0.	0.	0.
6	.0021	.0008	.0000	.0001	.0001	.0000	614.1	1.	-1.	0.	0.	0.
7	.0021	-.0008	.0000	-.0001	-.0001	.0000	619.7	-1.	1.	0.	0.	0.
8	.0015	.0000	-.0007	.0000	-.0001	.0000	448.9	0.	1.	0.	0.	0.
9	.0016	.0000	.0006	.0000	.0001	.0000	456.7	0.	-1.	0.	0.	0.
10	.0016	.0000	.0006	.0000	.0001	.0000	454.6	0.	-1.	0.	0.	0.
11	.0016	.0000	-.0006	.0000	-.0001	.0000	452.7	0.	1.	0.	0.	0.
12	.0014	-.0005	.0000	-.0001	-.0001	.0000	397.6	0.	1.	0.	0.	0.
13	.0013	.0005	.0000	.0001	.0001	.0000	389.1	0.	-1.	0.	0.	0.
14	.0012	.0000	.0000	.0000	-.0001	.0000	358.8	0.	1.	0.	0.	0.
15	.0011	.0001	-.0005	.0000	-.0001	.0000	329.1	0.	1.	0.	0.	0.
16	.0012	.0000	.0004	.0000	.0001	.0000	336.9	0.	-1.	0.	0.	0.
17	.0011	.0001	-.0005	.0000	-.0001	.0000	330.1	0.	1.	0.	0.	0.
18	.0012	.0000	.0004	.0000	.0001	.0000	336.2	0.	-1.	0.	0.	0.
19	.0012	.0000	.0000	.0000	-.0001	.0000	359.1	0.	1.	0.	0.	0.
20	.0012	.0000	.0004	.0000	.0001	.0000	335.5	0.	-1.	0.	0.	0.
21	.0011	.0001	-.0005	.0000	-.0001	.0000	331.9	0.	1.	0.	0.	0.
22	.0012	.0000	.0004	.0000	.0001	.0000	334.8	0.	-1.	0.	0.	0.
23	.0011	.0001	-.0005	.0000	-.0001	.0000	332.9	0.	1.	0.	0.	0.
24	.0012	.0000	.0000	.0000	-.0001	.0000	359.4	0.	1.	0.	0.	0.

COMPONENTES INDIVIDUALES DE FUERAS PARA CHEQUEAR LA SUMA DE FUERZAS A LO LARGO DE LOS EJES

PILE NO	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	1.3894	-788.8420	-.0157	-4733.0520	-8.4229	4338.6310
2	1.4077	-789.1523	-.0157	.0000	-.0866	4340.3370
3	1.4261	-789.4626	-.0157	4736.7750	8.4698	4342.0440
4	2.8788	-619.3674	-246.8166	-2972.9630	-951.7215	2353.5960
5	-1.8486	-615.8040	246.9956	2955.8600	929.7099	2340.0550
6	-1.8388	-570.4896	228.8172	-2738.3500	603.7510	1483.2730
7	2.7950	-575.6865	-229.4160	2763.2950	-583.0656	1496.7850
8	167.4502	-416.5132	1.3920	-1999.2640	-805.8492	-624.7698
9	-170.3987	-423.7024	-.7828	-1525.3280	614.6095	-635.5535
10	-169.5906	-421.7384	-.7794	1518.2580	-609.3571	-632.6076
11	168.8688	-419.9880	1.4041	2015.9430	808.4641	-629.9821
12	2.2310	-369.3044	-147.2015	-1772.6610	430.8956	-1107.9130
13	-1.6289	-361.4106	144.9430	1734.7710	-442.6478	-1084.2320
14	1.3863	-358.8103	-.0463	-2152.8620	-8.1094	-1614.6460
15	123.1098	-305.2310	.9985	-1465.1090	-595.4202	-1373.5390
16	-126.0620	-312.4325	-.5986	-1124.7570	456.5165	-1405.9460
17	123.4645	-306.0997	1.0015	-734.6393	-300.8214	-1377.4490
18	-125.7926	-311.7779	-.5974	-374.1334	153.6395	-1403.0000
19	1.4046	-359.1206	-.0463	.0000	.2084	-1616.0420
20	-125.5232	-311.1232	-.5963	373.3479	-147.9447	-1400.0540
21	-124.1737	-307.8371	1.0075	738.8091	293.4832	-1385.2670
22	-125.2539	-310.4686	-.5951	1117.6870	-448.2359	-1397.1090
23	124.5284	-308.7058	1.0105	1481.7880	593.1888	-1389.1760
24	1.4230	-359.4309	-.0463	2156.5850	8.7463	-1617.4390
TOTAL =	.0000	-10712.5000	.0001	.0010	.0003	-.0031
(	.000)	(-10712.500)	(.000)	(.000)	(.000)	(.000)

DOLPHIN DE ATRAQUE EXTERIOR - EC2

BAYO
24 2 1 0

=====
DATOS GENERALES
=====

PILOTE N#	X	Y	Z	ALPHA	INCLINACION
1	-5.50	.00	-6.00	.00	100.00
2	-5.50	.00	.00	.00	100.00
3	-5.50	.00	6.00	.00	100.00
4	-3.80	.00	-4.80	270.00	2.50
5	-3.80	.00	4.80	90.00	2.50
6	-2.60	.00	-4.80	90.00	2.50
7	-2.60	.00	4.80	270.00	2.50
8	1.50	.00	-4.80	360.00	2.50
9	1.50	.00	-3.60	180.00	2.50
10	1.50	.00	3.60	180.00	2.50
11	1.50	.00	4.80	360.00	2.50
12	3.00	.00	-4.80	270.00	2.50
13	3.00	.00	4.80	90.00	2.50
14	4.50	.00	-6.00	.00	100.00
15	4.50	.00	-4.80	360.00	2.50
16	4.50	.00	-3.60	180.00	2.50
17	4.50	.00	-2.40	360.00	2.50
18	4.50	.00	-1.20	180.00	2.50
19	4.50	.00	.00	.00	100.00
20	4.50	.00	1.20	180.00	2.50
21	4.50	.00	2.40	360.00	2.50
22	4.50	.00	3.60	180.00	2.50
23	4.50	.00	4.80	360.00	2.50
24	4.50	.00	6.00	.00	100.00

LAS CONSTANTES DEL PILOTE:

PILE NO	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
2	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
3	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
4	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
5	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
6	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
7	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
8	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
9	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
10	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
11	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
12	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
13	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
14	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
15	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
16	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
17	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
18	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
19	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
20	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
21	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
22	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
23	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
24	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0

LA MATRIZ DE CARGA F

1	PX =	.00
2	PY =	-10712.50
3	PZ =	1671.10
4	MX =	.00
5	MY =	.00
6	MZ =	.00

LA MATRIZ ASAT DE LA CIMENTACION--100 FACTORIZADA

1	503.1	-1.3	2.1	-4.2	-12.0	59.3
2	-1.3	6262.7	-4.6	-1.1	10.9	8003.4
3	2.1	-4.6	263.1	905.3	198.8	-6.8
4	-4.2	.0	963.1	116370.9	3192.0	.1
5	-12.1	10.9	241.7	3163.1	9726.0	-21.4
6	1.5	7960.5	-6.8	-.3	64.4	102297.1

DESPLAZAMIENTOS DE LA CIMENTACION

X = -.000054 Y= -.001895 Z= .006607 ALPHA X= -.000051 ALPHA Y= -.000145 ALPHA Z= .000148

DESPLAZAMIENTOS DE CIMENTACION Y FUERZAS EN LOS PILOTES (OBSERVAR FU,EV,FW,ETC ESTAN ACTUANDO EN EL CABEZAL)

PILOTE	DU	DV	DW	ALPHA U	ALPHA V	ALPHA W	FU	FV	FW	MU	MV	MW
1	.0030	-.0058	.0008	.0001	-.0001	-.0001	876.5	-6.	2.	0.	0.	0.
2	.0027	-.0058	.0000	.0001	-.0001	-.0001	788.0	-6.	1.	0.	0.	0.
3	.0024	-.0058	-.0009	.0001	-.0001	-.0001	699.5	-6.	1.	0.	0.	0.
4	.0003	-.0066	.0006	.0001	-.0002	-.0001	75.6	-7.	2.	0.	0.	0.
5	.0043	.0064	-.0007	.0002	.0002	-.0001	1252.3	6.	-3.	0.	0.	0.
6	.0047	.0067	.0006	.0002	.0002	-.0001	1354.3	6.	-1.	0.	0.	0.
7	-.0004	-.0065	-.0008	.0001	-.0002	-.0001	-123.6	-7.	1.	0.	0.	0.
8	.0020	-.0068	-.0001	.0001	-.0001	-.0001	593.5	-8.	1.	0.	0.	0.
9	.0015	.0068	.0011	.0002	.0001	.0000	447.2	7.	0.	0.	0.	0.
10	.0016	.0068	.0000	.0002	.0001	.0000	461.6	7.	-1.	0.	0.	0.
11	.0011	-.0068	-.0012	.0001	-.0001	-.0001	311.3	-8.	0.	0.	0.	0.
12	-.0010	-.0072	.0006	.0001	-.0002	-.0001	-302.9	-7.	2.	0.	0.	0.
13	.0037	.0070	-.0008	.0002	.0002	-.0001	1087.3	6.	-3.	0.	0.	0.
14	.0015	-.0073	.0008	.0001	-.0001	-.0001	446.0	-7.	2.	0.	0.	0.
15	.0016	-.0073	.0001	.0001	-.0001	-.0001	474.0	-8.	1.	0.	0.	0.
16	.0011	.0073	.0010	.0002	.0001	.0000	327.1	7.	0.	0.	0.	0.
17	.0014	-.0073	-.0002	.0001	-.0001	-.0001	403.5	-8.	1.	0.	0.	0.
18	.0011	.0073	.0006	.0002	.0001	.0000	331.9	7.	-1.	0.	0.	0.
19	.0012	-.0073	-.0001	.0001	-.0001	-.0001	357.5	-7.	1.	0.	0.	0.
20	.0012	.0073	.0002	.0002	.0001	.0000	336.7	7.	-1.	0.	0.	0.
21	.0009	-.0073	-.0008	.0001	-.0001	-.0001	262.4	-8.	1.	0.	0.	0.
22	.0012	.0073	-.0001	.0002	.0001	.0000	341.5	7.	-2.	0.	0.	0.
23	.0007	-.0073	-.0011	.0001	-.0001	-.0001	191.8	-8.	0.	0.	0.	0.
24	.0009	-.0073	-.0009	.0001	-.0001	-.0001	269.0	-7.	1.	0.	0.	0.

COMPONENTES INDIVIDUALES DE FUERAS PARA CHEQUEAR LA SUMA DE FUERZAS A LO LARGO DE LOS EJES

PILE NO	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	2.2191	-876.4623	6.0778	-5258.7730	20.1132	4820.5420
2	1.3788	-787.9639	6.0778	.0000	33.4279	4333.8020
3	.5385	-699.4655	6.0778	4196.7930	36.6591	3847.0600
4	2.6447	-72.7752	-21.7111	-349.3212	-95.1969	276.5459
5	-3.5741	-1164.8670	470.4066	5591.3630	1770.3900	4426.4960
6	-2.3126	-1259.6920	508.5433	-6046.5210	1333.3130	3275.1980
7	.8218	112.2524	52.2105	-538.8115	139.6918	-291.8562
8	221.6310	-550.5662	9.4497	-2642.7180	-1078.0030	-825.8492
9	-166.3934	-415.0741	5.9164	-1494.2670	590.1414	-622.6112
10	-172.7514	-428.0990	5.8930	1541.1560	-630.7447	-642.1484
11	115.8308	-288.9459	8.5442	1386.9400	543.1716	-433.4189
12	1.7337	278.5117	119.3648	1336.8560	-366.4161	835.5351
13	-3.4423	-1011.8550	409.6102	4856.9020	-1245.3540	-3035.5640
14	2.2160	-445.9909	7.4772	-2675.9460	-46.9436	-2006.9590
15	177.3997	-439.5563	9.4861	-2109.8700	-894.2059	-1978.0030
16	-121.9336	-303.4962	6.5302	-1092.5860	409.5750	-1365.7330
17	150.9496	-374.1512	9.2597	-897.9631	-403.9479	-1683.6810
18	-124.0529	-307.8378	6.5224	-369.4054	119.5126	-1385.2700
19	1.3757	-357.4926	7.4772	.0000	-33.6474	-1608.7170
20	-126.1723	-312.1794	6.5146	374.6153	-180.7226	-1404.8070
21	98.0496	-243.3412	8.8070	584.0189	195.6877	-1095.0350
22	-128.2916	-316.5210	6.5069	1139.4760	-491.1307	-1424.3440
23	71.5995	-177.9361	8.5806	854.0932	305.0652	-800.7123
24	.5355	-268.9942	7.4772	1613.9650	-30.4347	-1210.4740
TOTAL =	.0000	-10712.5000	1671.1000	-.0021	.0010	-.0034
(	.000)	(-10712.500)	(1671.100)	(.000)	(.000)	(.000)

DOLPHIN DE ATRAQUE EXTERIOR - EC3

BAYO
24 3 1 0

DATOS GENERALES
=====

PILOTE N#	X	Y	Z	ALPHA	INCLINACION
1	-5.50	.00	-6.00	.00	100.00
2	-5.50	.00	.00	.00	100.00
3	-5.50	.00	6.00	.00	100.00
4	-3.80	.00	-4.80	270.00	2.50
5	-3.80	.00	4.80	90.00	2.50
6	-2.60	.00	-4.80	90.00	2.50
7	-2.60	.00	4.80	270.00	2.50
8	1.50	.00	-4.80	360.00	2.50
9	1.50	.00	-3.60	180.00	2.50
10	1.50	.00	3.60	180.00	2.50
11	1.50	.00	4.80	360.00	2.50
12	3.00	.00	-4.80	270.00	2.50
13	3.00	.00	4.80	90.00	2.50
14	4.50	.00	-6.00	.00	100.00
15	4.50	.00	-4.80	360.00	2.50
16	4.50	.00	-3.60	180.00	2.50
17	4.50	.00	-2.40	360.00	2.50
18	4.50	.00	-1.20	180.00	2.50
19	4.50	.00	.00	.00	100.00
20	4.50	.00	1.20	180.00	2.50
21	4.50	.00	2.40	360.00	2.50
22	4.50	.00	3.60	180.00	2.50
23	4.50	.00	4.80	360.00	2.50
24	4.50	.00	6.00	.00	100.00

LAS CONSTANTES DEL PILOTE:

PILE NO	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
2	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
3	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
4	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
5	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
6	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
7	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
8	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
9	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
10	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
11	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
12	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
13	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
14	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
15	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
16	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
17	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
18	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
19	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
20	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
21	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
22	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
23	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
24	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0

LA MATRIZ DE CARGA P

1	PX =	5641.00
2	PY =	-10712.50
3	PZ =	.00
4	MX =	.00
5	MY =	-11282.00
6	MZ =	.00

LA MATRIZ ASAT DE LA CIMENTACION--100 FACTORIZADA

1	503.1	-1.3	2.1	-4.2	-12.0	59.3
2	-1.3	6262.7	-4.6	-1	10.9	8003.4
3	2.1	-4.6	263.1	905.3	198.8	-6.8
4	-4.2	.0	963.1	116370.9	3192.0	.1
5	-12.1	10.9	241.7	3163.1	9726.0	-21.4
6	1.5	7960.5	-6.8	-.3	64.4	102297.1

DESPLAZAMIENTOS DE LA CIMENTACION

X = .011160 Y= -.001895 Z= .000673 ALPHA X= .000027 ALPHA Y= -.001169 ALPHA Z= .000148

DESPLAZAMIENTOS DE CIMENTACION Y FUERZAS EN LOS PILOTES (OBSERVAR FU,FV,FW,ETC ESTAN ACTUANDO EN EL CABEZAL)

PILOTE	DU	DV	DW	ALPHA U	ALPHA V	ALPHA W	FU	FV	FW	MU	MV	MW
1	.0025	.0058	.0182	.0012	-.0001	.0000	741.3	6.	19.	0.	0.	0.
2	.0027	.0058	.0112	.0012	-.0001	.0000	788.2	6.	12.	0.	0.	0.
3	.0029	.0058	.0042	.0012	-.0001	.0000	835.2	6.	5.	0.	0.	0.
4	.0036	.0026	.0168	.0010	-.0006	.0000	1048.1	3.	22.	0.	0.	0.
5	.0010	-.0025	.0056	.0011	.0006	.0000	290.2	-2.	0.	0.	0.	0.
6	.0011	-.0014	.0168	.0011	.0006	.0000	321.4	-1.	11.	0.	0.	0.
7	.0031	.0013	.0055	.0010	-.0006	.0000	910.3	1.	11.	0.	0.	0.
8	.0077	-.0024	.0150	.0011	-.0001	-.0004	2231.5	-6.	16.	0.	0.	0.
9	-.0042	.0024	.0149	.0011	.0001	.0005	-1236.1	7.	13.	0.	0.	0.
10	-.0009	.0024	.0071	.0011	.0001	.0005	-274.3	7.	5.	0.	0.	0.
11	.0037	-.0024	.0045	.0011	-.0001	-.0004	1088.6	-6.	6.	0.	0.	0.
12	-.0003	-.0044	.0168	.0010	-.0006	.0000	-82.9	-4.	22.	0.	0.	0.
13	.0030	.0045	.0056	.0011	.0006	.0000	877.2	5.	0.	0.	0.	0.
14	.0011	-.0059	.0182	.0012	-.0001	.0000	310.5	-5.	19.	0.	0.	0.
15	.0073	-.0059	.0152	.0011	-.0001	-.0004	2114.8	-10.	16.	0.	0.	0.
16	-.0047	.0059	.0147	.0011	.0001	.0005	-1357.7	10.	13.	0.	0.	0.
17	.0063	-.0059	.0125	.0011	-.0001	-.0004	1829.1	-10.	13.	0.	0.	0.
18	-.0036	.0059	.0121	.0011	.0001	.0005	-1037.1	10.	10.	0.	0.	0.
19	.0012	-.0059	.0112	.0012	-.0001	.0000	357.5	-5.	12.	0.	0.	0.
20	-.0025	.0059	.0095	.0011	.0001	.0005	-716.5	10.	8.	0.	0.	0.
21	.0043	-.0059	.0073	.0011	-.0001	-.0004	1257.6	-10.	8.	0.	0.	0.
22	-.0014	.0059	.0069	.0011	.0001	.0005	-395.9	10.	5.	0.	0.	0.
23	.0033	-.0059	.0046	.0011	-.0001	-.0004	971.9	-10.	6.	0.	0.	0.
24	.0014	-.0059	.0041	.0012	-.0001	.0000	404.4	-5.	5.	0.	0.	0.

COMPONENTES INDIVIDUALES DE FUERAS PARA CHEQUEAR LA SUMA DE FUERZAS A LO LARGO DE LOS EJES

PILE NO	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	18.9335	-741.3430	-5.8270	-4448.0580	-145.6499	4077.3860
2	12.1790	-788.2758	-5.8270	.0000	-32.0486	4335.5170
3	5.4244	-835.2087	-5.8270	5011.2520	.4978	4593.6470
4	24.1787	-972.0143	-391.7835	-4665.6690	-1604.8350	3693.6550
5	-.3921	-268.6071	105.7440	1289.3150	399.9451	1020.7070
6	10.3899	-298.0081	118.3546	-1430.4390	257.8504	774.8212
7	13.0393	-844.6415	-339.4534	4054.2800	-819.9902	2196.0680
8	843.4200	-2065.9880	13.4381	-9916.7430	-4068.5740	-3098.9820
9	471.0432	1142.8940	8.7550	4114.4190	-1708.8880	1714.3410
10	106.9095	252.6302	7.2016	-909.4687	374.0719	378.9453
11	409.5652	-1008.5790	9.7707	4841.1820	1951.2570	-1512.8690
12	21.4569	75.5593	34.5049	362.6846	-206.5075	226.6778
13	-.8676	-816.1346	330.0173	3917.4460	-994.2165	-2448.4040
14	18.9305	-310.5451	5.4312	-1863.2710	-138.0231	-1397.4530
15	800.2199	-1957.5560	16.4410	-9396.2680	-3915.0400	-8809.0000
16	516.0726	1255.8970	12.3289	4521.2280	-1913.3420	5651.5350
17	691.7561	-1693.2030	15.5242	-4063.6880	-1730.0730	-7619.4160
18	394.6947	959.1420	11.8111	1150.9710	-526.7838	4316.1390
19	-.12.1759	-357.4779	5.4312	.0000	-24.4404	-1608.6510
20	273.3168	662.3873	11.2933	-794.8648	277.1602	2980.7420
21	474.8287	-1164.4990	13.6905	2794.7990	1077.9820	-5240.2460
22	151.9390	365.6326	10.7755	-1316.2770	498.4904	1645.3470
23	366.3651	-900.1473	12.7736	4320.7080	1701.0710	-4050.6630
24	5.4213	-404.4108	5.4312	2426.4650	8.0875	-1819.8480
TOTAL =	5641.0000	-10712.5000	.0001	.0002	-11282.0000	-.0034
(	5641.000)	(-10712.500)	(.000)	(.000)	(-11282.000)	(.000)

DOLPHIN DE ATRAQUE EXTERIOR - EC4

BAYO
24 2 1 0

DATOS GENERALES
=====

PILOTE N#	X	Y	Z	ALPHA	INCLINACION
1	-5.50	.00	-6.00	.00	100.00
2	-5.50	.00	.00	.00	100.00
3	-5.50	.00	6.00	.00	100.00
4	-3.80	.00	-4.80	270.00	2.50
5	-3.80	.00	4.80	90.00	2.50
6	-2.60	.00	-4.80	90.00	2.50
7	-2.60	.00	4.80	270.00	2.50
8	1.50	.00	-4.80	360.00	2.50
9	1.50	.00	-3.60	180.00	2.50
10	1.50	.00	3.60	180.00	2.50
11	1.50	.00	4.80	360.00	2.50
12	3.00	.00	-4.80	270.00	2.50
13	3.00	.00	4.80	90.00	2.50
14	4.50	.00	-6.00	.00	100.00
15	4.50	.00	-4.80	360.00	2.50
16	4.50	.00	-3.60	180.00	2.50
17	4.50	.00	-2.40	360.00	2.50
18	4.50	.00	-1.20	180.00	2.50
19	4.50	.00	.00	.00	100.00
20	4.50	.00	1.20	180.00	2.50
21	4.50	.00	2.40	360.00	2.50
22	4.50	.00	3.60	180.00	2.50
23	4.50	.00	4.80	360.00	2.50
24	4.50	.00	6.00	.00	100.00

LAS CONSTANTES DEL PILOTE:

PILE NO	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
2	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
3	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
4	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
5	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
6	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
7	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
8	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
9	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
10	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
11	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
12	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
13	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
14	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
15	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
16	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
17	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
18	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
19	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
20	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
21	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
22	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
23	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
24	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0

LA MATRIZ DE CARGA P

1	PX =	-881.60
2	PY =	-10712.50
3	PZ =	.00
4	MX =	.00
5	MY =	.00
6	MZ =	.00

LA MATRIZ ASAT DE LA CIMENTACION--100 FACTORIZADA

1	503.1	-1.3	2.1	-4.2	-12.0	59.3
2	-1.3	6262.7	-4.6	-1	10.9	8003.4
3	2.1	-4.6	263.1	905.3	198.8	-6.8
4	-4.2	.0	963.1	116370.9	3192.0	.1
5	-12.1	10.9	241.7	3163.1	9726.0	-21.4
6	1.5	7960.5	-6.8	-.3	64.4	102297.1

DESPLAZAMIENTOS DE LA CIMENTACION

X = -.001775 Y= -.001900 Z= -.000016 ALPHA X= .000000 ALPHA Y= .000001 ALPHA Z= .000148

DESPLAZAMIENTOS DE CIMENTACION Y FUERZAS EN LOS PILOTES (OBSERVAR FU,FV,FW,ETC ESTAN ACTUANDO EN EL CABEZAL)

PILOTE	DU	DV	DW	ALPHA U	ALPHA V	ALPHA W	FU	FV	FW	MU	MV	MW
1	.0027	.0000	-.0018	.0000	-.0001	.0000	789.3	0.	0.	0.	0.	0.
2	.0027	.0000	-.0018	.0000	-.0001	.0000	789.4	0.	0.	0.	0.	0.
3	.0027	.0000	-.0018	.0000	-.0001	.0000	789.5	0.	0.	0.	0.	0.
4	.0023	-.0009	-.0018	-.0001	-.0001	.0000	665.2	-1.	0.	0.	0.	0.
5	.0023	.0009	-.0018	.0001	.0001	.0000	664.0	1.	-3.	0.	0.	0.
6	.0021	.0008	-.0018	.0001	.0001	.0000	615.9	1.	-3.	0.	0.	0.
7	.0021	-.0008	-.0018	-.0001	-.0001	.0000	617.4	-1.	0.	0.	0.	0.
8	.0009	.0000	-.0023	.0000	-.0001	.0000	261.1	0.	-1.	0.	0.	0.
9	.0022	.0000	-.0010	.0000	.0001	.0000	645.3	0.	-2.	0.	0.	0.
10	.0022	.0000	-.0010	.0000	.0001	.0000	644.9	0.	-2.	0.	0.	0.
11	.0009	.0000	-.0023	.0000	-.0001	.0000	261.9	0.	-1.	0.	0.	0.
12	.0014	-.0005	-.0018	-.0001	-.0001	.0000	394.0	-1.	0.	0.	0.	0.
13	.0013	.0005	-.0018	.0001	.0001	.0000	392.0	1.	-3.	0.	0.	0.
14	.0012	.0000	-.0018	.0000	-.0001	.0000	359.1	0.	0.	0.	0.	0.
15	.0005	.0000	-.0021	.0000	-.0001	.0000	141.3	0.	-1.	0.	0.	0.
16	.0018	.0000	-.0012	.0000	.0001	.0000	525.4	0.	-3.	0.	0.	0.
17	.0005	.0000	-.0021	.0000	-.0001	.0000	141.5	0.	-1.	0.	0.	0.
18	.0018	.0000	-.0012	.0000	.0001	.0000	525.3	0.	-3.	0.	0.	0.
19	.0012	.0000	-.0018	.0000	-.0001	.0000	359.2	0.	0.	0.	0.	0.
20	.0018	.0000	-.0012	.0000	.0001	.0000	525.2	0.	-3.	0.	0.	0.
21	.0005	.0000	-.0021	.0000	-.0001	.0000	141.9	0.	-1.	0.	0.	0.
22	.0018	.0000	-.0012	.0000	.0001	.0000	525.0	0.	-3.	0.	0.	0.
23	.0005	.0000	-.0021	.0000	-.0001	.0000	142.1	0.	-1.	0.	0.	0.
24	.0012	.0000	-.0018	.0000	-.0001	.0000	359.2	0.	0.	0.	0.	0.

COMPONENTES INDIVIDUALES DE FUERZAS PARA CHEQUEAR LA SUMA DE FUERZAS A LO LARGO DE LOS EJES

PILE NO	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-.2830	-789.2839	-.0124	-4735.7030	1.6299	4341.0610
2	-.2794	-789.3719	-.0124	.0000	-.0683	4341.5450
3	-.2758	-789.4601	-.0124	4736.7610	-1.7232	4342.0300
4	1.2087	-617.8994	-246.2212	-2965.9170	-941.4424	2348.0180
5	-3.5587	-616.8598	247.4225	2960.9270	923.1238	2344.0670
6	-3.5259	-572.1356	229.4827	-2746.2510	613.5793	1487.5520
7	1.0996	-573.5716	-228.5594	2753.1440	-588.9762	1491.2860
8	96.2711	-242.7483	.8191	-1165.1920	-463.3299	-364.1223
9	-241.8848	-598.2213	-1.0601	-2153.5960	872.3755	-897.3320
10	-241.7367	-597.8621	-1.0595	2152.3030	-868.6628	-896.7932
11	96.5655	-243.4704	.8216	1168.6580	462.2821	-365.2055
12	.5561	-365.9976	-145.8541	-1756.7880	434.8929	-1097.9930
13	-3.3404	-364.1044	146.0372	1747.7010	-454.1457	-1092.3130
14	-.2861	-359.0713	-.0184	-2154.4270	1.7998	-1615.8210
15	51.9147	-131.4258	.4328	-630.8440	-251.1378	-591.4162
16	-197.5281	-486.9013	-.8684	-1752.8450	715.0089	-2191.0560
17	51.9883	-131.6064	.4334	-315.8553	-126.7221	-592.2286
18	-197.4787	-486.7816	-.8682	-584.1379	240.8813	-2190.5170
19	-.2825	-359.1594	-.0184	.0000	.0830	-1616.2170
20	-197.4294	-486.6619	-.8680	583.9943	-233.0094	-2189.9790
21	52.1355	-131.9674	.4346	316.7218	123.1693	-593.8533
22	-197.3800	-486.5421	-.8678	1751.5520	-706.6630	-2189.4390
23	52.2091	-132.1479	.4353	634.3102	248.6450	-594.6657
24	-.2789	-359.2475	-.0184	2155.4850	-1.5904	-1616.6140
TOTAL =	-881.6000	-10712.5000	.0000	.0000	-.0005	-.0060
	(-881.600)	(-10712.500)	(.000)	(.000)	(.000)	(.000)

DOLPHIN DE ATRAQUE INTERIOR - EC1

BAYO
16 1 1 0

DATOS GENERALES
=====

PILOTE N#	X	Y	Z	ALPHA	INCLINACION
1	-4.00	.00	-4.80	.00	100.00
2	-4.00	.00	.00	.00	100.00
3	-4.00	.00	4.80	.00	100.00
4	-2.30	.00	-3.60	270.00	2.50
5	-2.30	.00	3.60	90.00	2.50
6	-1.10	.00	-2.40	360.00	2.50
7	-1.10	.00	2.40	360.00	2.50
8	3.00	.00	-4.80	.00	100.00
9	3.00	.00	-3.60	180.00	2.50
10	3.00	.00	-2.40	360.00	2.50
11	3.00	.00	-1.20	180.00	2.50
12	3.00	.00	.00	.00	2.50
13	3.00	.00	1.20	180.00	2.50
14	3.00	.00	2.40	360.00	2.50
15	3.00	.00	3.60	180.00	2.50
16	3.00	.00	4.80	.00	100.00

LAS CONSTANTES DEL PILOTE:

PILE NO	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
2	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
3	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
4	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
5	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
6	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
7	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
8	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
9	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
10	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
11	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
12	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
13	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
14	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
15	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
16	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0

LA MATRIZ DE CARGA P	LA MATRIZ ASAT DE LA CIMENTACION--100 FACTORIZADA						
1 PX = .00	1	375.4	-100.4	1.7	-3.1	-4.2	578.1
2 PY = -7063.20	2	-100.4	4215.1	-2.4	-1	-4	1849.9
3 PZ = .00	3	1.7	-2.4	95.4	665.2	144.6	3.5
4 MX = .00	4	-3.1	.0	722.3	46352.7	1091.2	.1
5 MY = .00	5	-4.2	-4	176.7	986.9	2892.9	-66.0
6 MZ = .00	6	521.0	1817.8	3.5	.1	-1.7	38341.5

DESPLAZAMIENTOS DE LA CIMENTACION

X = -.000601 Y = -.001730 Z = -.000045 ALPHA X = .000001 ALPHA Y = .000004 ALPHA Z = .000090

DESPLAZAMIENTOS DE CIMENTACION Y FUERZAS EN LOS PILOTES (OBSERVAR FU,FV,FW,ETC ESTAN ACTUANDO EN EL CABEZAL)

PILOTE	DU	DV	DW	ALPHA U	ALPHA V	ALPHA W	FU	FV	FW	MU	MV	MW
1	.0021	.0000	-.0006	.0000	-.0001	.0000	607.4	0.	0.	0.	0.	0.
2	.0021	.0000	-.0006	.0000	-.0001	.0000	608.2	0.	0.	0.	0.	0.
3	.0021	.0000	-.0006	.0000	-.0001	.0000	609.0	0.	0.	0.	0.	0.
4	.0018	-.0007	-.0006	.0000	-.0001	.0000	526.2	-1.	0.	0.	0.	0.
5	.0018	.0007	-.0006	.0000	.0001	.0000	520.0	1.	-1.	0.	0.	0.

6	.0015	.0000	-.0012	.0000	-.0001	.0000	427.7	0.	0.	0.	0.	0.
7	.0015	.0000	-.0012	.0000	-.0001	.0000	430.3	0.	0.	0.	0.	0.
8	.0015	.0001	-.0006	.0000	-.0001	.0000	423.7	0.	0.	0.	0.	0.
9	.0016	-.0001	.0000	.0000	.0001	.0000	460.0	0.	-1.	0.	0.	0.
10	.0011	.0001	-.0011	.0000	-.0001	.0000	327.8	0.	0.	0.	0.	0.
11	.0016	-.0001	.0000	.0000	.0001	.0000	459.4	0.	-1.	0.	0.	0.
12	.0011	.0001	-.0011	.0000	-.0001	.0000	329.2	0.	0.	0.	0.	0.
13	.0016	-.0001	.0000	.0000	.0001	.0000	458.9	0.	-1.	0.	0.	0.
14	.0011	.0001	-.0011	.0000	-.0001	.0000	330.4	0.	0.	0.	0.	0.
15	.0016	-.0001	.0000	.0000	.0001	.0000	458.3	0.	-1.	0.	0.	0.
16	.0015	.0001	-.0006	.0000	-.0001	.0000	425.3	0.	0.	0.	0.	0.

COMPONENTES INDIVIDUALES DE FUERAS PARA CHEQUEAR LA SUMA DE FUERZAS A LO LARGO DE LOS EJES

PILE NO	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	.2774	-607.3571	-.0352	-2915.3140	-1.4723	2429.4280
2	.2936	-608.1635	-.0352	.0000	-.1410	2432.6540
3	.3099	-608.9701	-.0352	2923.0560	1.3467	2435.8800
4	1.4688	-488.8490	-194.8326	-1759.8570	-453.4028	1124.3530
5	-1.7777	-483.0241	193.7293	1738.8870	439.1777	1110.9550
6	158.5385	-397.2507	1.3151	-953.4016	-379.0459	436.9758
7	159.5080	-399.6364	1.3234	959.1274	384.2749	439.6001
8	.2760	-423.7036	-.0590	-2033.7770	-1.1481	-1271.1110
9	-171.6553	-426.7287	-.8038	-1536.2230	620.3705	-1280.1860
10	121.5651	-304.4576	.9807	-730.6984	-294.6985	-913.3729
11	-171.4477	-426.2314	-.8029	-511.4778	208.1460	-1278.6940
12	122.0727	-305.6964	-.0712	.0000	.2137	-917.0891
13	-171.2401	-425.7341	-.8020	510.8810	-203.0820	-1277.2020
14	122.5346	-306.8434	.9890	736.4241	291.1161	-920.5300
15	-171.0325	-425.2369	-.8012	1530.8530	-613.3137	-1275.7110
16	.3086	-425.3167	-.0590	2041.5200	1.6583	-1275.9500
TOTAL =	.0000	-7063.1990	.0000	-.0011	-.0002	-.0009
	(.000)	(-7063.200)	(.000)	(.000)	(.000)	(.000)

DOLPHIN DE ATRAQUE INTERIOR - EC2

BAYO
16 2 1 0

DATOS GENERALES

=====

PILOTE N#	X	Y	Z	ALPHA	INCLINACION
1	-4.00	.00	-4.80	.00	100.00
2	-4.00	.00	.00	.00	100.00
3	-4.00	.00	4.80	.00	100.00
4	-2.30	.00	-3.60	270.00	2.50
5	-2.30	.00	3.60	90.00	2.50
6	-1.10	.00	-2.40	360.00	2.50
7	-1.10	.00	2.40	360.00	2.50
8	3.00	.00	-4.80	.00	100.00
9	3.00	.00	-3.60	180.00	2.50
10	3.00	.00	-2.40	360.00	2.50
11	3.00	.00	-1.20	180.00	2.50
12	3.00	.00	.00	.00	2.50
13	3.00	.00	1.20	180.00	2.50
14	3.00	.00	2.40	360.00	2.50
15	3.00	.00	3.60	180.00	2.50
16	3.00	.00	4.80	.00	100.00

LAS CONSTANTES DEL PILOTE:

PILE NO	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
2	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
3	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
4	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
5	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
6	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
7	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
8	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
9	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
10	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
11	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
12	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
13	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
14	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
15	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
16	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0

LA MATRIZ DE CARGA P	1	2	3	4	5	6	LA MATRIZ ASAT DE LA CIMENTACION--100 FACTORIZADA
1 EX =	.00	375.4	-100.4	1.7	-3.1	-4.2	578.1
2 PY =	-7063.20	-100.4	4215.1	-2.4	-1	-4	1849.9
3 PZ =	1101.90	1.7	-2.4	95.4	665.2	144.6	3.5
4 MX =	.00	-3.1	.0	722.3	46352.7	1091.2	.1
5 MY =	.00	-4.2	-4	176.7	986.9	2892.9	-66.0
6 MZ =	.00	521.0	1817.8	3.5	.1	-1.7	38341.5

DESPLAZAMIENTOS DE LA CIMENTACION

X = -.000675 Y= -.001723 Z= .014120 ALPHA X= -.000201 ALPHA Y= -.000793 ALPHA Z= .000090

DESPLAZAMIENTOS DE CIMENTACION Y FUERZAS EN LOS PILOTES (OBSERVAR FU,FV,FW,ETC ESTAN ACTUANDO EN EL

CABEZAL)	PILOTE	DU	DV	DW	ALPHA U	ALPHA V	ALPHA W	FU	FV	FW	MU	MV	MW
1	.0030	-.0109	.0031	.0008	-.0001	-.0002	886.8	-12.	4.	0.	0.	0.	
2	.0021	-.0109	-.0007	.0008	-.0001	-.0002	605.5	-12.	0.	0.	0.	0.	
3	.0011	-.0109	-.0045	.0008	-.0001	-.0002	324.3	-12.	-3.	0.	0.	0.	
4	-.0021	-.0124	.0022	.0007	-.0004	-.0002	-610.1	-14.	6.	0.	0.	0.	
5	.0057	.0119	-.0035	.0008	.0004	-.0002	1654.7	9.	-7.	0.	0.	0.	

6	.0026	-.0132	.0003	.0007	-.0001	-.0005	767.8	-17.	1.	0.	0.	0.
7	.0003	-.0132	-.0029	.0007	-.0001	-.0005	95.4	-17.	-2.	0.	0.	0.
8	.0024	-.0165	.0031	.0008	-.0001	-.0002	704.5	-18.	4.	0.	0.	0.
9	.0012	.0165	.0028	.0008	.0001	.0001	345.6	17.	2.	0.	0.	0.
10	.0023	-.0165	.0004	.0007	-.0001	-.0005	671.6	-21.	1.	0.	0.	0.
11	.0014	.0165	.0009	.0008	.0001	.0001	420.6	17.	0.	0.	0.	0.
12	.0011	-.0165	-.0012	.0007	-.0001	-.0005	320.0	-21.	0.	0.	0.	0.
13	.0017	.0165	-.0011	.0008	.0001	.0001	495.6	17.	-2.	0.	0.	0.
14	.0000	-.0165	-.0028	.0007	-.0001	-.0005	-.7	-21.	-2.	0.	0.	0.
15	.0020	.0165	-.0030	.0008	.0001	.0001	570.6	17.	-4.	0.	0.	0.
16	.0005	-.0165	-.0045	.0008	-.0001	-.0002	141.9	-18.	-3.	0.	0.	0.

COMPONENTES INDIVIDUALES DE FUERZAS PARA CHEQUEAR LA SUMA DE FUERZAS A LO LARGO DE LOS EJES

FILE NO	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	3.8837	-886.8412	12.4666	-4256.8380	31.2246	3547.3650
2	.2169	-605.5464	12.4666	.0000	49.8663	2422.1860
3	-3.4498	-324.2515	12.4666	1556.4070	33.3072	1297.0060
4	4.2666	561.3364	239.5003	2020.8110	535.4908	-1291.0740
5	-8.3690	-1539.8980	623.3643	5543.6330	1403.6090	3541.7660
6	286.1466	-712.3896	19.8575	-1709.7350	-664.9085	783.6285
7	33.6103	-89.2564	17.7001	214.2155	100.1349	98.1821
8	3.8824	-704.4666	17.8110	-3381.4400	-72.0685	-2113.4000
9	-126.5816	-321.5149	16.3643	-1157.4530	406.6008	-964.5446
10	250.5626	-623.0728	22.6794	-1495.3750	-669.3884	-1869.2180
11	-156.1818	-390.4697	16.2431	-468.5637	138.6888	-1171.4090
12	118.6023	-297.2089	20.5243	.0000	-61.5730	-891.6268
13	-185.7821	-459.4244	16.1220	551.3094	-271.3044	-1378.2730
14	-1.9737	.0604	20.5219	-.1450	-66.3025	.1812
15	-215.3823	-528.3793	16.0008	1902.1650	-823.3788	-1585.1380
16	-3.4511	-141.8769	17.8110	681.0092	-69.9984	-425.6307
TOTAL =	.0000	-7063.2000	1101.9000	.0004	.0002	.0010
	(.000)	(-7063.200)	(1101.900)	(.000)	(.000)	(.000)

DOLPHIN DE ATRAQUE INTERIOR - EC3

BAYO
16 3 1 0

DATOS GENERALES
=====

PILOTE N#	X	Y	Z	ALPHA	INCLINACION
1	-4.00	.00	-4.80	.00	100.00
2	-4.00	.00	.00	.00	100.00
3	-4.00	.00	4.80	.00	100.00
4	-2.30	.00	-3.60	270.00	2.50
5	-2.30	.00	3.60	90.00	2.50
6	-1.10	.00	-2.40	360.00	2.50
7	-1.10	.00	2.40	360.00	2.50
8	3.00	.00	-4.80	.00	100.00
9	3.00	.00	-3.60	180.00	2.50
10	3.00	.00	-2.40	360.00	2.50
11	3.00	.00	-1.20	180.00	2.50
12	3.00	.00	.00	.00	2.50
13	3.00	.00	1.20	180.00	2.50
14	3.00	.00	2.40	360.00	2.50
15	3.00	.00	3.60	180.00	2.50
16	3.00	.00	4.80	.00	100.00

LAS CONSTANTES DEL PILOTE:

PILE NO	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
2	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
3	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
4	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
5	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
6	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
7	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
8	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
9	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
10	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
11	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
12	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
13	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
14	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
15	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
16	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0

LA MATRIZ DE CARGA P	LA MATRIZ ASAT DE LA CIMENTACION--100 FACTORIZADA
1 PX = 3679.00	1 375.4 -100.4 1.7 -3.1 -4.2 578.1
2 PY = -7063.20	2 -100.4 4215.1 -2.4 -1.1 -.4 1849.9
3 PZ = .00	3 1.7 -2.4 95.4 665.2 144.6 3.5
4 MX = .00	4 -3.1 .0 722.3 46352.7 1091.2 .1
5 MY = -7358.00	5 -4.2 -.4 176.7 986.9 2892.9 -66.0
6 MZ = .00	6 521.0 1817.8 3.5 .1 -1.7 38341.5

DESPLAZAMIENTOS DE LA CIMENTACION

X = .009467 Y= -.001421 Z= .003971 ALPHA X= .000004 ALPHA Y= -.002775 ALPHA Z= -.000062

DESPLAZAMIENTOS DE CIMENTACION Y FUERZAS EN LOS PILOTES (OBSERVAR FU,FV,FW,ETC ESTAN ACTUANDO EN EL CABEZAL)

PILOTE	DU	DV	DW	ALPHA U	ALPHA V	ALPHA W	FU	FV	FW	MU	MV	MW
1	.0012	.0071	.0228	.0028	.0001	.0000	335.9	7.	21.	0.	0.	0.
2	.0012	.0071	.0095	.0028	.0001	.0000	341.6	7.	9.	0.	0.	0.
3	.0012	.0071	-.0039	.0028	.0001	.0000	347.3	7.	-4.	0.	0.	0.
4	.0021	.0018	.0195	.0026	-.0010	.0000	615.8	2.	28.	0.	0.	0.
5	.0003	-.0018	-.0005	.0026	.0010	.0000	89.0	-2.	-10.	0.	0.	0.

6	.0072	-.0009	.0145	.0026	.0001	-.0010	2106.3	-11.	13.	0.	0.	0.
7	.0023	-.0009	.0021	.0026	.0001	-.0010	672.3	-11.	1.	0.	0.	0.
8	.0016	-.0123	.0228	.0028	.0001	.0000	461.6	-12.	21.	0.	0.	0.
9	-.0058	.0123	.0187	.0026	-.0001	.0010	-1678.3	22.	19.	0.	0.	0.
10	.0075	-.0123	.0144	.0026	.0001	-.0010	2185.3	-22.	13.	0.	0.	0.
11	-.0033	.0123	.0125	.0026	-.0001	.0010	-955.9	22.	13.	0.	0.	0.
12	.0050	-.0123	.0082	.0026	.0001	-.0010	1456.8	-22.	7.	0.	0.	0.
13	-.0008	.0123	.0063	.0026	-.0001	.0010	-233.6	22.	7.	0.	0.	0.
14	.0026	-.0123	.0020	.0026	.0001	-.0010	751.3	-22.	1.	0.	0.	0.
15	.0017	.0123	.0001	.0026	-.0001	.0010	488.7	22.	1.	0.	0.	0.
16	.0016	-.0123	-.0039	.0028	.0001	.0000	473.0	-12.	-4.	0.	0.	0.

COMPONENTES INDIVIDUALES DE FUERAS PARA CHEQUEAR LA SUMA DE FUERZAS A LO LARGO DE LOS EJES

PILE NO	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	21.3521	-335.9176	-6.9634	-1612.4050	-130.3435	1343.6700
2	8.5244	-341.5992	-6.9634	.0000	-27.8535	1366.3970
3	-4.3033	-347.2808	-6.9634	1666.9480	-48.5094	1389.1230
4	29.5924	-571.0981	-230.2476	-2055.9530	-636.1021	1313.5260
5	-9.9474	-81.9846	31.5248	295.1445	36.6966	188.5645
6	794.5204	-1950.6580	17.5309	-4681.5790	-1887.5650	2145.7240
7	250.9034	-623.6540	12.9295	1496.7700	616.3907	686.0194
8	21.3530	-461.6636	11.7439	-2215.9860	-137.7260	-1384.9910
9	640.5645	1551.3410	24.5132	5584.8270	-2379.5720	4654.0230
10	823.7774	-2024.0470	28.7416	-4857.7120	-2063.2910	-6072.1400
11	366.7787	882.8959	23.3466	1059.4750	-510.1743	2648.6680
12	547.8262	-1349.9220	21.7298	.0000	-65.1893	-4049.7650
13	92.9930	214.4506	22.1800	-257.3407	45.0516	643.3519
14	280.1603	-697.0426	24.1402	1672.9020	599.9641	-2091.1280
15	-180.7927	-453.9946	21.0134	1634.3810	-713.8939	-1361.9840
16	-4.3024	-473.0269	11.7439	2270.5290	-55.8832	-1419.0810
TOTAL =	3679.0000	-7063.2000	.0000	.0005	-7358.0000	-.0013
	(3679.000) (	-7063.200) (	.000) (	.000) (	-7358.000) (	.000) (

DOLPHIN DE ATRAQUE INTERIOR - EC4

BAYO
16 2 1 0

DATOS GENERALES
=====

PILOTE N#	X	Y	Z	ALPHA	INCLINACION
1	-4.00	.00	-4.80	.00	100.00
2	-4.00	.00	.00	.00	100.00
3	-4.00	.00	4.80	.00	100.00
4	-2.30	.00	-3.60	270.00	2.50
5	-2.30	.00	3.60	90.00	2.50
6	-1.10	.00	-2.40	360.00	2.50
7	-1.10	.00	2.40	360.00	2.50
8	3.00	.00	-4.80	.00	100.00
9	3.00	.00	-3.60	180.00	2.50
10	3.00	.00	-2.40	360.00	2.50
11	3.00	.00	-1.20	180.00	2.50
12	3.00	.00	.00	.00	2.50
13	3.00	.00	1.20	180.00	2.50
14	3.00	.00	2.40	360.00	2.50
15	3.00	.00	3.60	180.00	2.50
16	3.00	.00	4.80	.00	100.00

LAS CONSTANTES DEL PILOTE:

PILE NO	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
2	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
3	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
4	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
5	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
6	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
7	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
8	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
9	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
10	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
11	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
12	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
13	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
14	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
15	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0
16	963.0	9629.9	.0	.0	290943.6	.0

LA MATRIZ DE CARGA P			LA MATRIZ ASAT DE LA CIMENTACION--100 FACTORIZADA						
1	PX =	-881.60	1	375.4	-100.4	1.7	-3.1	-4.2	578.1
2	PY =	-7063.20	2	-100.4	4215.1	-2.4	-1.1	-4	1849.9
3	PZ =	.00	3	1.7	-2.4	95.4	665.2	144.6	3.5
4	MX =	.00	4	-3.1	.0	722.3	46352.7	1091.2	.1
5	MY =	.00	5	-4.2	-4	176.7	986.9	2892.9	-66.0
6	MZ =	.00	6	521.0	1817.8	3.5	.1	-1.7	38341.5

DESPLAZAMIENTOS DE LA CIMENTACION

X = -.003026 Y = -.001803 Z = .000011 ALPHA X = .000000 ALPHA Y = -.000002 ALPHA Z = .000127

DESPLAZAMIENTOS DE CIMENTACION Y FUERZAS EN LOS PILOTES (OBSERVAR FU, FV, FW, ETC ESTAN ACTUANDO EN EL CABEZAL)

PILOTE	DU	DV	DW	ALPHA U	ALPHA V	ALPHA W	FU	FV	FW	MU	MV	MW
1	.0023	.0000	-.0030	.0000	-.0001	.0000	672.5	0.	-2.	0.	0.	0.
2	.0023	.0000	-.0030	.0000	-.0001	.0000	672.0	0.	-2.	0.	0.	0.
3	.0023	.0000	-.0030	.0000	-.0001	.0000	671.6	0.	-2.	0.	0.	0.
4	.0019	-.0008	-.0030	.0000	-.0001	.0000	563.4	-1.	-2.	0.	0.	0.
5	.0019	.0008	-.0030	.0000	.0001	.0000	566.8	1.	-4.	0.	0.	0.

6	.0007	.0000	-.0035	.0000	-.0001	.0000	198.6	0.	-2.	0.	0.	0.
7	.0007	.0000	-.0035	.0000	-.0001	.0000	197.0	0.	-2.	0.	0.	0.
8	.0014	.0000	-.0030	.0000	-.0001	.0000	414.6	0.	-2.	0.	0.	0.
9	.0024	.0000	-.0023	.0000	.0001	.0000	710.9	0.	-3.	0.	0.	0.
10	.0002	.0000	-.0033	.0000	-.0001	.0000	58.4	0.	-2.	0.	0.	0.
11	.0024	.0000	-.0023	.0000	.0001	.0000	711.3	0.	-3.	0.	0.	0.
12	.0002	.0000	-.0033	.0000	-.0001	.0000	57.5	0.	-2.	0.	0.	0.
13	.0024	.0000	-.0023	.0000	.0001	.0000	711.7	0.	-3.	0.	0.	0.
14	.0002	.0000	-.0033	.0000	-.0001	.0000	56.8	0.	-2.	0.	0.	0.
15	.0024	.0000	-.0023	.0000	.0001	.0000	712.1	0.	-3.	0.	0.	0.
16	.0014	.0000	-.0030	.0000	-.0001	.0000	413.7	0.	-2.	0.	0.	0.

COMPONENTES INDIVIDUALES DE FUERAS PARA CHEQUEAR LA SUMA DE FUERZAS A LO LARGO DE LOS EJES

PILE NO	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-1.6794	-672.4669	.0049	-3227.8410	8.0805	2689.8670
2	-1.6901	-672.0162	.0049	.0000	.0195	2688.0650
3	-1.7007	-671.5655	.0049	3223.5140	-8.1440	2686.2620
4	-.4100	-523.3671	-208.5274	-1884.1220	-478.1369	1203.7440
5	-4.5172	-526.5676	211.2143	1895.6430	469.5308	1211.1060
6	71.7379	-185.2124	.6567	-444.5099	-171.4486	203.7337
7	71.1292	-183.7159	.6515	440.9180	171.4268	202.0874
8	-1.6812	-414.6040	.0204	-1990.0990	8.0086	-1243.8120
9	-267.1927	-658.8116	-1.1255	-2371.7210	965.2701	-1976.4350
10	19.8349	-54.9500	.2159	-131.8801	-48.2513	-164.8500
11	-267.3422	-659.1711	-1.1261	-791.0054	324.1889	-1977.5130
12	19.5206	-54.1747	.0285	.0000	-.0855	-162.5240
13	-267.4916	-659.5308	-1.1267	791.4370	-317.6099	-1978.5920
14	19.2262	-53.4534	.2107	128.2882	45.5108	-160.3602
15	-267.6411	-659.8903	-1.1273	2375.6050	-960.1259	-1979.6710
16	-1.7026	-413.7026	.0204	1985.7730	-8.2337	-1241.1080
TOTAL =	-881.6001	-7063.2000	.0000	-.0004	.0000	.0001
	(-881.600)	(-7063.200)	(.000)	(.000)	(.000)	(.000)

A2.- SUMITOMO RUBBER INDUSTRIES, LTD. – UPI TYPE FENDER

PHISICAL PROPERTIES OF UPI – TYPE FENDER

UPI-Type Fender is made of superior rubber compound very resistant to aging, sea water, weathering and abrasion. Its physical properties are as follows.

Physical Properties and Test Method

Test Item		Properties	Test Method JIS K6301	Alternative Standard	
Physical Test	Before Aging	Tensile strength	160 kgf/cm ² min.	Test piece: Dumbell No.3	
		Elongation	350% min.		Test piece: Dumbell No.3
		Hardness	CPA: 76Hs max. CPO: 72Hs max. CP1: 72Hs max. CP2: 72Hs max.	Spring type hardness test. (Type A)		ASTM D2240 DIN 53505 BS-903 A26
	After Aging	Tensile strength	Not less than 80% of original value	Aging by air heating: 70 ± 1°C × 96hours.	ASTM D865 DIN 53508 BS-903 A19
		Elongation	Not less than 80% of original value		
		Hardness	Less than original value plus 8'		
Tear Resistance		70 kgf/cm min.	Test piece: Type A	ASTM D624, DIN 53507, BS-903 A3	
Compression Set		25% max.	Heat treatment: 70 ± 1°C × 22hours.	ASTM D395 BS-903 A6	

WEIGHT OF FENDER

Weight (A pair rubber legs only)

The weights in kg. and lb. for 1000mm length are equivalent to each other. But the weights in lb. for other lengths than 1000mm are not always so to the corresponding lengths' in kg. because they are calculated independently from the latter in proportion to the fender lengths.

Unit: kg

H \ L(mm)	1000	1500	2000	2500	3000
UPI-600	540	810	1080	1350	1620
UPI-800	820	1230	1640	2050	2460
UPI-1000	1180	1770	2360	2950	3540
UPI-1250	1690	2540	3380	4230	5070
UPI-1400	2060	3090	4120	5150	6180
UPI-1700	2930	4400	5860	7330	8790
UPI-2000	4000	6000	8000	10000	12000
UPI-2500	5750	8600	11500	14400	17300

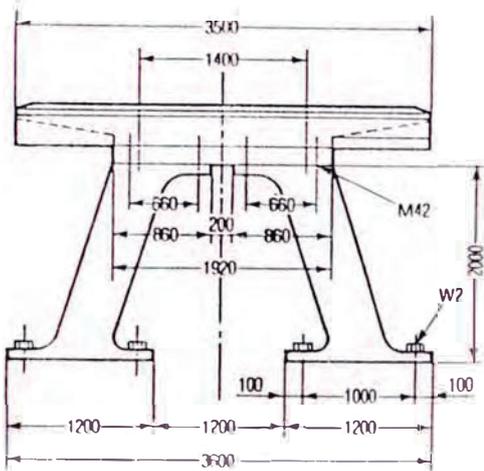
Unit: lbs

H \ L(mm)	1000	1500	2000	2500	3000
UPI-600	1190	1790	2380	2980	3570
UPI-800	1810	2710	3620	4520	5420
UPI-1000	2600	3900	5200	6500	7800
UPI-1250	3730	5600	7450	9330	11180
UPI-1400	4540	6810	9080	11360	13630
UPI-1700	6460	9700	12920	16160	19380
UPI-2000	8820	13230	17640	22050	26460
UPI-2500	12700	19000	25400	31800	38000

The data may vary according to rubber compound.

UPi – 2000H

STANDARD DIMENSIONS AND BOLT HOLE PITCHES

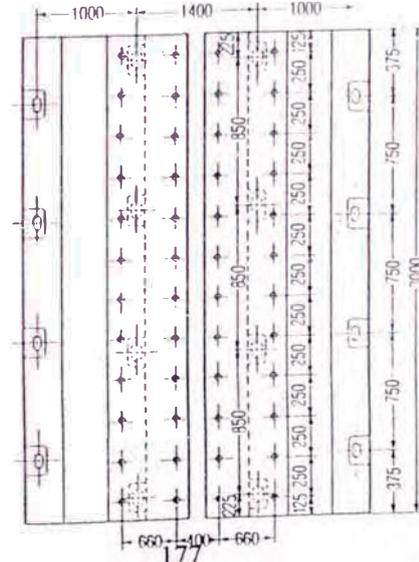
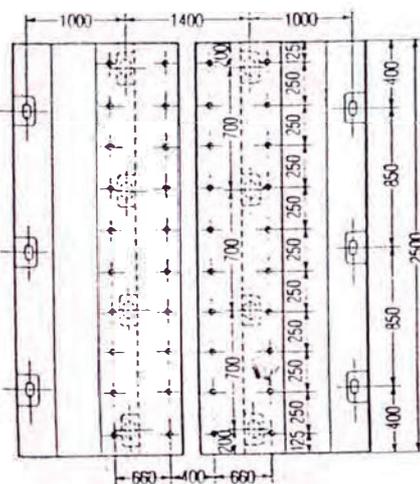
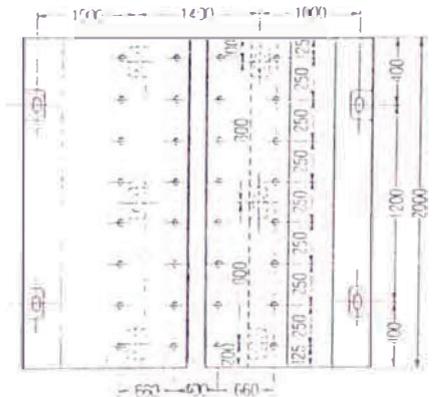
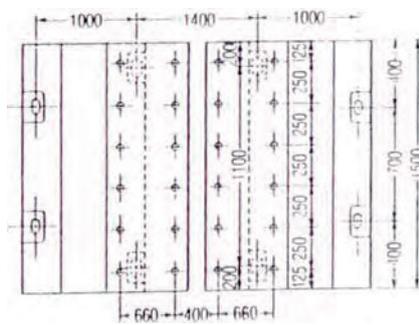
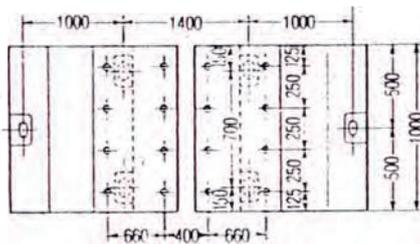


Dimensional Tolerance:

Height, Length, Width	+1% -2%	Bolt Pitch	± 4mm
Thickness	+8% -2%	Bolt hole diameter	± 2mm

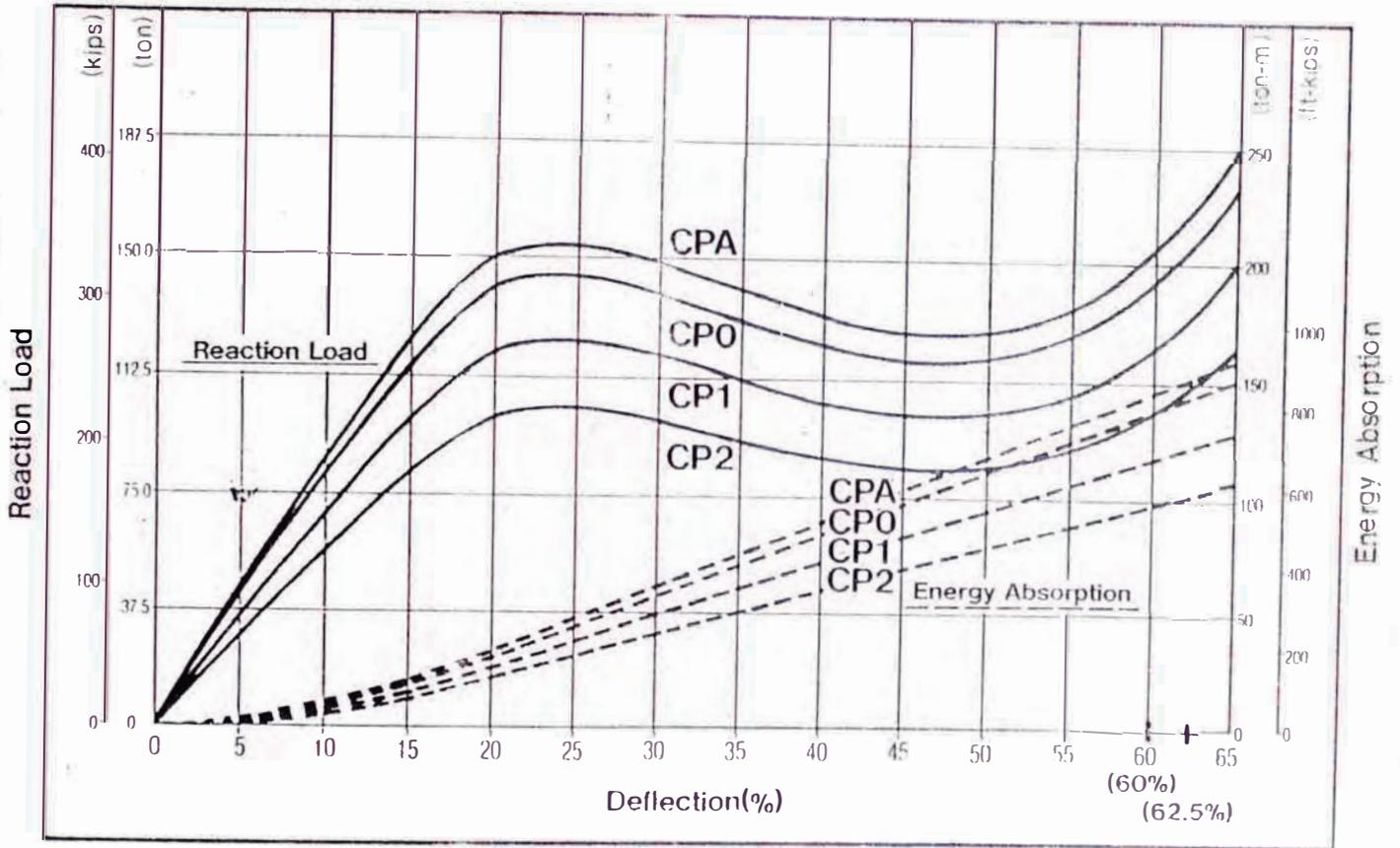
The fender can be supplied in any length at the interval of 10cm (4 inch) at request.

The bolt holes can be made at any pitches lengthwise.



() : Quantity of Anchor Bolt

THE PERFORMANCE CURVES UPi – 2000H x 1000L



PERFORMANCE CHARACTERISTICS

The performance is in proportion to rubber leg length.

Rubber compound	CPA				CP0				CP1				CP2			
	60%		62.5%		60%		62.5%		60%		62.5%		60%		62.5%	
	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E
1000L	156.0	145.8	168.5	153.6	145.6	136.1	157.2	143.4	124.8	116.6	134.8	122.9	104.0	97.2	112.3	102.4
1500L	234.0	218.7	252.7	230.4	218.4	204.1	235.9	215.0	187.2	175.0	202.2	184.3	156.0	145.8	168.5	153.6
2000L	312.0	291.6	337.0	307.2	291.2	272.2	314.5	286.7	249.6	233.3	269.6	245.8	208.0	194.4	224.6	204.8
2500L	390.0	364.5	421.2	384.0	364.0	340.2	393.1	358.4	312.0	291.6	337.0	307.2	260.0	249.6	280.8	256.0
3000L	468.0	437.4	505.4	460.8	436.8	408.2	471.7	430.1	374.4	349.9	404.4	368.6	312.0	349.9	337.0	307.2

● Rated Deflection = 60% R: Reaction Load
 ● Max Deflection = 62.5% E: Energy Absorption

Tolerance: ± 10%

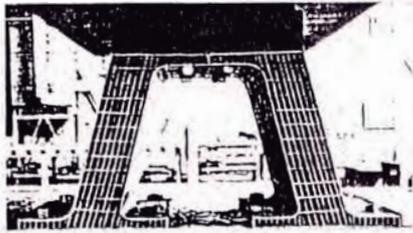
Rubber compound	CPA				CP0				CP1				CP2			
	60%		62.5%		60%		62.5%		60%		62.5%		60%		62.5%	
	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E
1000L	344.0	1054.9	371.5	1111.3	321.0	984.7	346.6	1037.5	275.2	843.6	297.2	889.2	229.3	703.2	247.6	740.9
1500L	516.0	1582.3	557.2	1666.9	481.6	1476.7	520.2	1555.5	412.8	1266.1	445.9	1333.4	344.0	1054.9	371.5	1111.3
2000L	688.0	2109.7	743.1	2222.6	642.1	1969.4	693.5	2074.3	550.4	1688.0	594.5	1778.4	458.6	1406.5	495.2	1481.7
2500L	860.0	2637.2	928.7	2778.2	802.6	2461.3	866.8	2593.0	688.0	2109.7	743.1	2222.6	573.3	2109.7	619.2	1852.2
3000L	1032.0	3164.6	1114.4	3333.9	963.1	2953.3	1040.1	3111.8	825.6	2531.5	891.7	2666.8	699.0	2531.5	743.1	2222.6

● Rated Deflection = 60% R: Reaction Load
 ● Max Deflection = 62.5% E: Energy Absorption

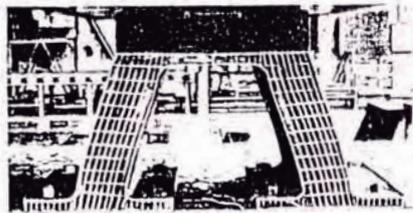
Tolerance: ± 10%

COMPRESSION

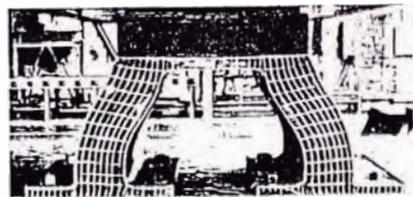
UPi-TYPE FENDER



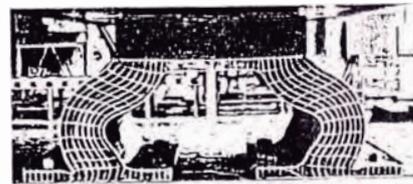
0 %



10 %



20 %



30 %



40 %



50 %

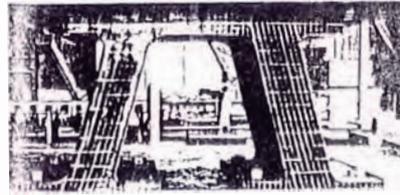


60 %



70 %

Pi-TYPE FENDER



0 %



10 %



20 %



30 %



40 %



50 %

A3.- TABLAS

TABLA 1	ENERGÍA DE ACODERAMIENTO Y ESPECIFICACIONES DE BUQUES TANQUE
TABLA 2	ESPECIFICACIONES DE ESLABONES REFORZADOS DE CADENAS. NORMA JIS F3303
TABLA 3	ESPECIFICACIONES DE GRILLETES. NORMA B2801
TABLA 4	ESTANDARES MUNDIALES PARA EL ACERO USADO EN LOS SISTEMAS DE DEFENSA
TABLA 5	EQUIVALENCIAS ENTRE SERIE U.S. SIEVE Y TYLER (Para especificar tamices de partículas)
TABLA 6	CÁLCULO DEL PUNTO DE ROCÍO ("DEW POINT") EN °C
TABLA 7	PROPIEDADES DE ACEROS ESTRUCTURALES ASTM

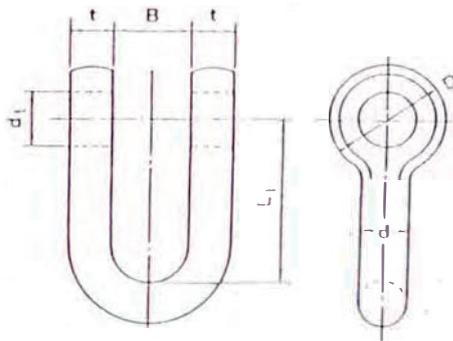
TABLA 11.- ENERGÍA DE ACODERAMIENTO Y ESPECIFICACIONES DE BUCQUES TANQUE

Dead weight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (ton)	Estimated weight (ton)	Berthing energy (ton-m)		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.15 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)
1,000	1,333	61	8.9	4.5	4.2	866	2,199	0.6	1.4	2.2
2,000	2,667	76	11.2	5.7	5.1	1,591	4,258	1.1	2.5	4.3
3,000	4,000	87	12.8	6.5	5.7	2,274	6,274	1.6	3.6	6.4
4,000	5,333	96	14.0	7.2	6.2	2,969	8,302	2.1	4.7	8.5
5,000	6,667	103	15.1	7.8	6.5	3,501	10,168	2.6	5.9	10.4
6,000	8,000	110	16.0	8.2	6.9	4,214	12,214	3.1	7.0	12.5
7,000	9,331	116	16.8	8.7	7.2	4,838	14,169	3.6	8.1	14.5
8,000	10,667	126	15.7	9.0	7.4	5,552	16,219	4.1	9.2	16.6
10,000	13,333	140	17.2	9.8	7.9	7,030	20,363	5.2	11.7	20.8
12,000	16,000	150	18.4	10.4	8.3	8,314	24,314	6.2	14.0	24.8
15,000	20,000	163	20.0	11.2	8.8	10,156	30,156	7.7	17.3	30.8
17,000	22,667	170	21.0	11.7	9.1	11,327	33,994	8.7	19.6	34.7
20,000	26,667	164	23.7	12.3	9.5	11,909	38,576	9.8	22.1	39.4
25,000	33,333	176	25.5	13.3	10.1	14,446	47,779	12.2	27.5	48.8
30,000	40,000	187	27.1	14.1	10.6	16,906	56,906	14.5	32.6	58.1
35,000	46,667	197	28.5	14.8	11.1	19,530	66,197	16.9	38.0	67.6
40,000	53,333	206	29.7	15.5	11.5	21,920	75,253	19.2	43.2	76.8
45,000	60,000	223	30.5	15.2	11.2	22,507	82,507	21.1	47.5	84.2
50,000	66,667	222	32.0	16.7	12.2	26,586	93,253	23.8	53.6	95.2
60,000	80,000	236	34.0	17.8	12.8	31,111	111,111	28.3	63.7	113.4
65,000	86,667	250	34.0	18.0	13.3	35,581	122,248	31.2	70.2	124.7
70,000	93,333	248	35.7	18.7	13.4	35,830	129,163	33.0	74.3	131.8
80,000	106,640	260	37.3	19.6	13.9	40,419	147,059	37.5	84.4	150.1
85,000	113,333	260	38.1	18.7	14.0	41,002	154,335	39.4	88.7	157.5
100,000	133,333	280	40.1	21.1	14.8	49,347	182,680	46.6	104.9	186.4
120,000	160,000	297	42.6	22.4	15.5	57,412	217,412	55.5	124.9	221.9
150,000	200,000	320	45.8	24.1	16.5	70,097	270,097	68.9	155.0	275.6
200,000	272,000	326	49.8	23.2	17.7	82,178	354,178	90.4	203.4	361.4
250,000	333,333	338	51.8	26.7	20.6	115,410	448,743	114.5	257.6	457.9

TABLA 2.- ESPECIFICACIONES DE ESLABONES REFORZADOS DE CADENAS. NORMA JIS F3303

Normal Dia d (mm)	Class 1		Class 2		Class 3		Min. Weight per 1m. Chain (kg)
	Breaking test load (ton)	Proof test load (ton)	Breaking test load (ton)	Proof test load (ton)	Breaking test load (ton)	Proof test load (ton)	
12.5	—	—	9.40	6.72	—	—	3.422
14	8.40	5.88	11.77	8.40	—	—	4.292
16	10.94	7.66	15.31	10.94	—	—	5.606
17.5	13.04	9.13	18.26	13.04	—	—	6.707
19	15.34	10.74	21.47	15.34	—	—	7.906
20.5	17.80	12.47	24.93	17.80	—	—	9.203
22	20.44	14.31	28.62	20.44	—	—	10.60
24	24.24	16.97	33.93	24.24	—	—	12.61
26	28.34	19.84	39.67	28.34	—	—	14.80
28	32.74	22.92	45.84	32.74	—	—	17.17
30	37.45	26.20	52.40	37.15	—	—	19.71
32	42.45	29.70	59.40	42.45	—	—	22.43
34	47.70	33.40	66.80	47.70	—	—	25.32
36	53.30	37.30	74.60	53.30	—	—	28.38
38	59.15	41.40	82.80	59.15	—	—	31.62
40	65.28	45.70	91.40	65.28	130.55	91.40	35.04
42	71.70	50.20	100.35	71.70	143.40	100.35	38.63
44	78.35	54.85	109.70	78.35	156.75	109.70	42.40
46	85.30	59.70	119.45	85.30	170.65	119.45	46.34
48	92.55	64.75	129.55	92.55	185.05	129.50	50.46
50	100.00	70.00	140.00	100.00	200.00	140.00	54.75
52	107.75	75.40	150.80	107.75	215.45	150.80	59.22
54	115.70	81.00	162.00	115.70	231.40	162.00	63.86
56	123.95	86.75	173.50	123.95	247.85	173.50	68.68
58	132.40	92.70	185.35	132.40	264.80	185.35	73.67
60	141.10	98.80	197.55	141.10	282.25	197.65	78.84
62	150.05	105.05	210.10	150.05	300.15	210.10	84.18
64	159.25	111.50	222.95	159.25	318.50	222.15	89.70
66	168.65	118.05	236.15	168.65	337.35	236.15	95.40
68	178.30	124.80	249.60	178.30	356.60	249.60	101.3
70	188.15	131.70	263.40	188.15	376.30	263.40	107.3
73	203.35	142.35	284.70	203.35	406.70	284.70	116.7
76	219.05	153.35	306.65	219.05	438.05	306.65	126.5
78	229.75	160.80	321.60	229.75	459.45	321.60	133.2
81	246.15	172.30	344.65	246.15	429.35	344.65	143.7
84	263.05	184.15	368.25	263.05	526.10	368.25	154.5
87	280.35	196.25	392.50	280.35	560.70	392.50	165.8
90	298.10	208.65	417.30	298.10	595.15	417.30	177.4
92	310.10	217.10	434.15	310.10	620.25	434.15	185.4
95	328.50	229.95	459.90	328.50	657.00	459.90	197.6
98	347.30	243.10	486.20	347.30	694.55	486.20	210.3
100	360.00	252.00	504.00	360.00	720.00	504.00	219.0
102	372.90	261.00	522.05	372.90	745.75	522.05	227.8
105	392.50	274.75	549.50	392.50	785.00	549.50	241.4
108	412.45	288.70	577.40	412.45	842.85	577.40	255.4
111	432.70	302.90	605.80	432.70	865.45	605.80	269.8
114	453.30	317.30	634.60	453.30	906.60	634.60	284.6
117	—	—	663.85	474.20	948.35	663.85	299.8
120	—	—	693.50	495.35	990.70	693.50	315.4
122	—	—	—	—	1019.0	713.50	326.0
124	—	—	—	—	1048.0	733.60	336.7
127	—	—	—	—	1092.0	764.10	353.2
130	—	—	—	—	1136.0	795.00	370.1
132	—	—	—	—	1165.0	815.70	381.6
137	—	—	—	—	1240.0	868.20	411.0
142	—	—	—	—	1316.0	921.40	441.6
147	—	—	—	—	1393.0	975.30	473.2
152	—	—	—	—	1471.0	1030.00	506.0

TABLA 3.- ESPECIFICACIONES DE GEILLETES. NORMA JIS B2801



Unit: mm

Shackle size	t	d	B	D	d _i	L _i	Reference weight(kg) SB
6	6	6	11	17	9	24	—
8	8	8	14	21	11	32	—
10	10	10	17	25	13	40	—
12	12	12	20	32	16	48	—
14	14	14	24	36	18	56	—
16	16	16	26	40	20	64	—
18	18	18	29	45	22	72	—
20	20	20	31	50	25	80	1.33
22	22	22	34	55	27	88	1.53
24	24	24	39	62	31	96	1.74
26	26	26	41	66	33	104	2.48
28	28	28	43	70	35	112	3.49
30	30	30	45	75	37	120	4.60
32	32	32	48	80	39	128	6.18
34	34	34	50	85	41	136	7.61
36	36	36	54	90	43	144	9.35
38	38	38	57	95	47	152	10.98
40	40	40	60	100	49	160	12.15
42	42	42	63	105	53	168	14.27
44	44	44	66	110	56	176	16.11
46	46	46	68	115	58	184	18.19
48	48	48	72	120	60	192	20.14
50	50	50	75	125	62	200	21.88
55	55	55	83	139	67	220	29.50
60	60	60	90	150	72	240	41.24
65	65	65	98	164	79	260	50.75
70	70	70	105	178	85	280	60.41
75	75	75	112	192	92	300	76.76
80	80	80	120	206	98	320	93.19
85	85	85	128	220	104	340	112.48
90	90	90	135	232	110	360	131.73

JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD

TABLA 4.- ESTÁNDARES MUNDIALES PARA EL ACERO USADO EN LOS SISTEMAS DE DEFENSA

Accesorios	Parts	Material	Grade	JIS No.	Alt. Standard				
Frontal frame	—	Mild steel	SS41	G3101	ASTM A36				
Fixing bolt, nut and washer	—	Mild steel	SS41	G3101	ASTM A36				
Super bolt	Bolt, Washer, Flange, Anchor plate and Anchor bar Sleeve	Mild steel	SS41	G3101	ASTM A36				
						Stainless Steel	SUS403	G4305	AISI403
							(SUS304) (")	(SUS316) (")	(AISI304) (AISI316)
Rubber Flex Chain	Rubber flex	Rubber and Mild steel	SS41	G3101	ASTM A36				
	Shackle and Turn-buckle Chain	Carbon steel for machine structure use Steel bars for chains	S25C	G4051	ASTM A575 Gr 1025				
			(S35C)	(G4051)	(ASTM A575 Gr 1025)				
			SBC31	G3105	—				
		(SBC50) (SBC70)							
Shear and Tension chain	—	Steel bars for chains	SBC31	G3105	—				
			(SBC50)	(G3105)	—				
			(SBC70)	(G3105)	—				
Shackle	—	Carbon steel for machine structural use	S25C	G4051	ASTM A575 Gr 1025				
U-Anchor	—	Carbon steel for machine structural use	S25C	G4051	ASTM A575 Gr 1025				
One-Touch anchor	Bolt, Washer and Taper pin Sleeve	Rolled steel	SS41	G3101	ASTM A36				
		Stainless steel	SUS304	G4305	AISI304				
Resin anchor	Resin	Polyester resin	—	—	—				
	Bolt	Stainless steel	SUS420J2	G4305	BS970 & 1449 420S15				
	Nut	Stainless steel	SUS403	G4305	AISI403				
Frontal pad	—	Polyethylene	—	—	—				

Remark: Materials in the parenthesis can be selected for adequately meeting the operating conditions.

TABLA 5.- EQUIVALENCIAS ENTRE SERIES U.S. SIEVE Y TYLER
 (Para especificar tamices de partículas)

SERIE		DIAM. DE ORIFICIOS		DIAM. DE ALAMBRES	
U.S. SIEVE	TYLER	mm	pulg	mm	pulg
Nº 4	4mes h	4,7600	0,1870	1,5400	0,0606
Nº 8	8mes h	2,3800	0,0937	1,0000	0,0394
Nº 10	9mes h	2,0000	0,0787	0,9000	0,0354
Nº 16	14mes h	1,1900	0,0469	0,6500	0,0256
Nº 20	20mes h	0,8410	0,0331	0,5100	0,0201
Nº 25	24mes h	0,7070	0,0278	0,4500	0,0177
Nº 30	28mes h	0,5950	0,0234	0,3900	0,0154
Nº 35	32mes h	0,5000	0,0197	0,3400	0,0134
Nº 40	35mes h	0,4200	0,0165	0,2900	0,0114
Nº 45	42mes h	0,3340	0,0139	0,2470	0,0097
Nº 50	48mes h	0,2950	0,0117	0,2150	0,0085
Nº 60	60mes h	0,2500	0,0098	0,1800	0,0071
Nº 80	80mes h	0,1770	0,0070	0,1310	0,0052
Nº 100	100mes h	0,1490	0,0059	0,1100	0,0043
Nº 200	200mes h	0,0740	0,0029	0,0530	0,0021
Nº 400	400mes h	0,0370	0,0015	0,0250	0,0010

REF.: ASTM - E - 211 - 61

TABLA 6.- CÁLCULO DEL PUNTO DE ROCÍO (DEW POINT) EN °C

HUMEDAD RELATIVA(%)	TEMPERATURA AMBIENTE DEL AIRE (°C)									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
95	4	9	14	19	24	29	34	39	44	49
90	3	8	13	18	23	26	33	38	43	48
85	2	7	12	17	22	27	32	37	42	47
80	1	6	11	16	21	26	31	36	41	46
75	0	5	10	15	20	25	30	35	40	44
70	-1	4	9	14	19	24	29	34	38	42
65	-2	3	8	13	18	23	28	32	36	40
60	-3	2	7	12	17	22	26	30	34	38
55	-4	1	6	11	16	20	24	28	32	36
50	-5	0	5	10	14	18	22	26	30	34
45	-6	-1	4	8	12	16	20	24	28	32
40	-7	-2	2	6	10	14	18	22	26	30
35	-8	-4	0	4	8	12	16	20	24	28
30	-10	-6	-2	2	6	10	14	18	22	26

Punto de Rocío:

Temperatura a la cual condensará la humedad sobre el sustrato (superficie a pintarse). No debe arenarse ni pintarse mientras la temperatura del sustrato no esté por lo menos 4°C sobre el punto de rocío.

TABLA 7: PROPIEDADES DE ACEROS ESTRUCTURALES ASTM

Designación ASTM	Tipo de Acero	Formas	Usos Recomendados	Esf. mín de flu. Fy (kip)	Resist. últ. Fu (kip)
A36	Al carbono	Perfiles, barras y placas	Puentes, edificios y otras estructuras atornilladas, soldadas o remachadas.	36 pero 32 si $t > 8"$	58 - 80
A501	Al carbono	Tubos laminados en caliente, soldados y sin costura.		36	58
A529	Al carbono	Perfiles, placas hasta 1/2"	Similar al A36.	42	60 - 85
A441	De alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas y barras hasta 8"	Similar al A36.	40 - 50	60 - 70
A242		Perfiles, placas y barras hasta 4"	Construcciones atornilladas, soldadas o remachadas. Técnica de soldado muy importante.	42 - 50	65 - 70
A588	De alta resistencia y baja aleación, resist. a la corrosión atmosférica	Placas y barras	Construcciones atornilladas y remachadas	42 - 50	63 - 70
A618	De alta resistencia y baja aleación	Tubos laminados en caliente, soldados y sin costura.		50	65 - 70
A572	De alta resistencia y baja aleación, al cromo vanadio.	Perfiles, placas, y barras hasta 6"	Construcciones atornilladas, soldadas o remachadas. No para puentes soldados los de Fy = 55 o mayores	42 - 65	60 - 80
A514	Templados y revenidos	Placas sólo hasta 4"	Estructuras soldadas con mucha atención a la técnica empleada; no se use si la ductilidad es importante.	90 - 100	110 - 130

**ANEXO A4.- PROGRAMA DE ANÁLISIS TRIDIMENSIONAL
PARA UN GRUPO DE PILOTES**

```

0001      DIMENSION XF(30), ALPHA(30), SLOPE(30), C1(30), C2(30), C3(30),
          C4(30), C5(30), C6(30), X(30), Y(30), Z(30), A(6,6), SAT(6,6), ASAT(6,6),
          C(6,6), F(6), G1(30), G2(30), ALPHAR(30), ZZ(6), YY(6), P(6), XPILE(6),
          BSLOPE(30), H(30), FCOMP(30,6), TITLE(20)
0002      DOUBLE PRECISION ALPHA, SLOPE, H, G1, G2, F1, F2, B1, B2, ALPHAR
0003      6000 READ(1,1000,END=50)TITLE
0004      1000 FORMAT(20A4)
0005      WRITE(3,1001)TITLE
0006      1001 FORMAT('/,/,T5,20A4,/)
0007      READ(1,1004)N, NP, NLC, LIST
0008      1004 FORMAT(4I5)
0009      WRITE(3,1005)
0010      1005 FORMAT(T10,'GENERAL IMPUT DATA',/,T5,'PILE N°',4X,'X',
          9X,'Y',9X,'Z',7X,'ALPHA',5X,'BATTER'
0011      NPROB=1
0012      3300 SUMX=0.
0013      SUMY=0.
0014      SUMZ=0.
0015      SUMMX=0.
0016      SUMMY=0.
0017      SUMMZ=0.
0018      IF(NPROB.GT.1)GO TO 31
0019      DO 102 K=1,N
0020      READ(1,1006)C1(K), C2(K), C3(K), C4(K), C5(K), C6(K)
0021      READ(1,1006)X(K), Y(K), Z(K), ALPHA(K), H(K)
0022      1006 FORMAT(6F10.2)
0023      102  WRITE(3,1007)K, X(K), Y(K), Z(K), ALPHA(K), H(K)
0024      1007 FORMAT(T8,12,5(3X,F7.2))
0025      WRITE(3,10003)
0026      1003 FORMAT(T10,'THE PILE CONSTANTS ARE',/,T5,'PILE N°',
          6X,'C1',11X,'C2',11X,'C3',11X,'C4',11X,'C5',11X,'C6')
0027      DO 103 I=1,N
0028      103  WRITE (3,1009)I,C1(I), C2(I), C3(I), C4(I), C5(I), C6(I)
0029      1009 FORMAT(T8, I2, 3X, F11.1, 5(2X,F11.1))
0030      INDEX=1
0031      DO 104 I=1,6
0032      DO 104 I=1,6
0033      104  ASAT (I,J) = 0
          C   FORM A E SAT MATRICES FOR EACH PILE AND SUM
          C   THE ASAT MATRIX FOR THE FOUNDATION
0034      CO = 180. / 3. 1415927
0035      I=1
0036      GO   ALPHAR (I) = ALPHA (I) / CO
0037      B1 = DSIN (ALPHAAR (I))
0038      F1 = DCOS (ALPHAR (I))
0039      S1 = 1.
0040      S2 = 1.
0041      1F (F1) 10,I1,I1
0042      10   S1 = -1.0
0043      GO TO 12
0044      11   S2 = -1.0
0045      12   IF (H (I). EQ. 100) GO TO 15
0046      BSLOPE (I) = DSQRT (1. + H (I) * =2)
0047      B2 = H (I) / BSLOPE (I)

```

```

0048      F2 1. / BSLOPE (I)
0049      GO TO 16
0050  15   AFAC = 90 / CO
0051      G1 (I) = AFAC
0052      B2 = 1.
0053      F2 = 0.
0054      GO TO 17
0055  16   G1 (I) = DATAN (B2 / (F2 * F1))
0056  17   G2 (I) = DARCOS (B1 * F2)
0057      B3 = DSIN (G1 (I))
0058      F3 = DCOS (G1 (I))
0059      B4 = DSIN (G2 (I))
0060      F4 = DCOS (G2 (I))
0061      DO G1 II = 1,6
0062      DO 61 JJ = 1,6
0063      A (II,JJ) = 0,
0064      A (1,1) = F1 * F2
0065      A (1,2) = F2 * F3 * S1
0066      A (1,3) = B3 * S1
0067      A (2,1) = -B2
0068      A (2,2) = B3 * F4 * S2
0069      A (2,3) = F3 * S1
0070  22   A (3,1) = B1 * F2
0071      A (3,2) = B4 * S2
0072      A (3,3) = 0.
0073      A (4,1) = -2(I) * A(2,1) + Y(I) * A(3,1)
0074      A (4,2) = -2(I) * A(2,2) + Y(I) * A(3,2)
0075      A (4,3) = -2(I) * A(2,3)
0076      A (4,4) = A(1,1)
0077      A (A,5) = A(1,2)
0078      A (4,6) = A(1,3)
0079      A (5,1) = Z(I) * A(1,1) - X(I) * A(3,1)
0080      A (5,2) = Z(I) * A(1,2) - X(I) * A(3R)
0081      A (5,3) = Z(I) * A(1,3)
0082      A (5,4) = A(2,1,)
0083      A (5,5) = A(2,2)
0084      A (5,6) = A(2,3)
0085      A (6,1) = -Y(I) * A(1,1) + X(I) * A(2.1)
0086      A (6,2) = -Y(I) * A(1,2) + X(I) * A(2,2)
0087      A (6,3) = -Y(I) * A(1,3) + X(i) * A(2,3)
0088      A (6,4) = A(3,1)
0089      A (6.5) = A(3.2)
0090      A (6,6) = 0.
0091  24   DO 62 K = 1,6
0092      DO 62 J = 1,6
0093  62   C (K,J) = 0.
0094      C (1,1) = C5(I)
0095      C (2,2) = C1(I)
0096      C (2,6) = C2(I)
0097      C (3,3) = C1(I)
0098      C (3,5) = -C2(I)
0099      C (4,4) = C6(I)
0100      C (5,3) = -C3(I)
0101      C (5,5,) = C4(I)
0102      C (6,2,) = C3(I)
0103      C (6,6) = C4(I)
0104      IF (INDEX. GT. 1) GO TO 65
0105  26   DO 106 K = 1,6

```

```

0106      DO 106 L = 1,6
0107      SAT (K,L) = 0.
0108      DO 106 NN = 1,6
0109 106   SAT (K,L) = SAT (K,L) + C(K,NN) * A(L,NN)
0110      IF (LIST. LE. 0) GO TO 75
0111      WRITE (3, 1098)I
0112 1098  FORMAT ( 11, T10, 'THE A-MATRIX FOR PILE NO', 13',***, T65, 'THE SAT
          1 MATRIX – 100 FACTORED')
0113 2001  WRITE (3,2020) (A(M,K),K=1,6), (SAT(M,J), 1 = 1,6), M = 1,6)
0114 2020  FORMAT (I5, OP 6FB, 4, 1X, -2 P6F9.0)
0115 75    DO 108 K=1,6
0116      DO 108 L=1,6
0117      DO 108 M=1,6
0118 108   ASAT (K,L) = ASAT (K,L) + A(K,M) * SAT (M,L)
0119 550   I = I+1
0120      IF (I.LE.N) GO TO 60
0121 31    DO 110 L = 1,6
0122 110   P(L) = 0.
0123      READ (1, 1010) (J, P(I), JJ = 1, NP)
0124 1010  FORMAT (15, F10.4)
0125      WRITE (3,968)
0126 968  FORMAT ( ///, TS, 'THE P-MATRIX IS', T26, 'THE FOUNDATION' ASAT
          MATRIX - -100 FACTORED')
0127      WRITE (3,969) (I1, P(I), I, ASAT (I,J), J = 1,6), I = 1.6
0128 969  FORMAT (T5, I3, 2X, 'PX = ', F10.2, 5X, I3, -3P (6F9.1),/, T5, I3,2X, 'PY =
          ', OP F10.2, 5X, I3, -3P(6F9.1), /, T5, I3, 2X, 'P2 = ', OPF10.2, 5X, I3, -3P
          (6FP.1), /, T5, I3, 2X, 'MX = ', OPF10.2, 5X. I3, -3P (6F9.1), /, T5, I3, 2X,
          'MY = ', OPF10.2, 5X, I3, -3P (6F9.1), /, T5, I3, 2X, 'M2 = ', OPF10.2, 5X,
          I3, -3P (6F9.1)
0129      IF (N PROD. GT .1) GO TO 200
          C      ** INVERT ASAT MATRIX – USE IBM SUBROUTINE SINCE
          C      A ZERO MAY BE ON
0130      CALL MINV (ASAT, 6, DET, 22, YY)
          C      COMPUTE FOUNDATION DISPLACEMENTS XF
0131 200   DO 114 1 = 1,6
0132      XF (1) = 0.
0133      DO 114 M=1,6
0134 114   XF(J) = XF (J) + ASAT (J,M) + P(M)
0135      WRITE (3,971) (XF (MM), MM = 1,6)
0136 971  FORMAT(//, T15, 'THE FOUNDATION DISPLACEMENTS ARE ' /, T5, 'X = ',
          F9. 6, 2X, 'Y= ', F9. 6, 2X, 'Z= ', F9.6, 2X, 'ALPHA X = ', F9. 6, 2X, 'Y= ', F9.
          6, 2X, 'ALPHA Z =', F9.6)
0137      WRITE (3,972)
0138 972  FORMAT (//, T5, 'The foundation displacements and pile forces - - ** NOTE
          FU, FV, FW, ETC, are acting on cop' /, T2, 'PILE, 4X, 'DU', 6X, 'DV, 6X, 'DW
          3X, [ALPHA U', 1X, 'ALPHA V', 1X, 'ALPHA W', 6X, 'FU' 17X, 'FV', 7X, 'FW',
          7X, 'MU', 7X, 'MV, 7X, 'MW)
0139      INDEX = INDEX + 1
0140      I = 1
0141      GO TO 60
          C      Compute Individual pile movements (XPILE) USING
          C      E = AT * X
0142 65    DO 116 K = 1,6
0143      XPILE (K) = 0.0
0144      DO 116 J = 1,6
0145 116   XPILE (K) = XPILE (K) + A (J,K) * XF(J)
          C      Compute pile forces using F * C * PILE(K) *
          C      Note could use F = S

```

```

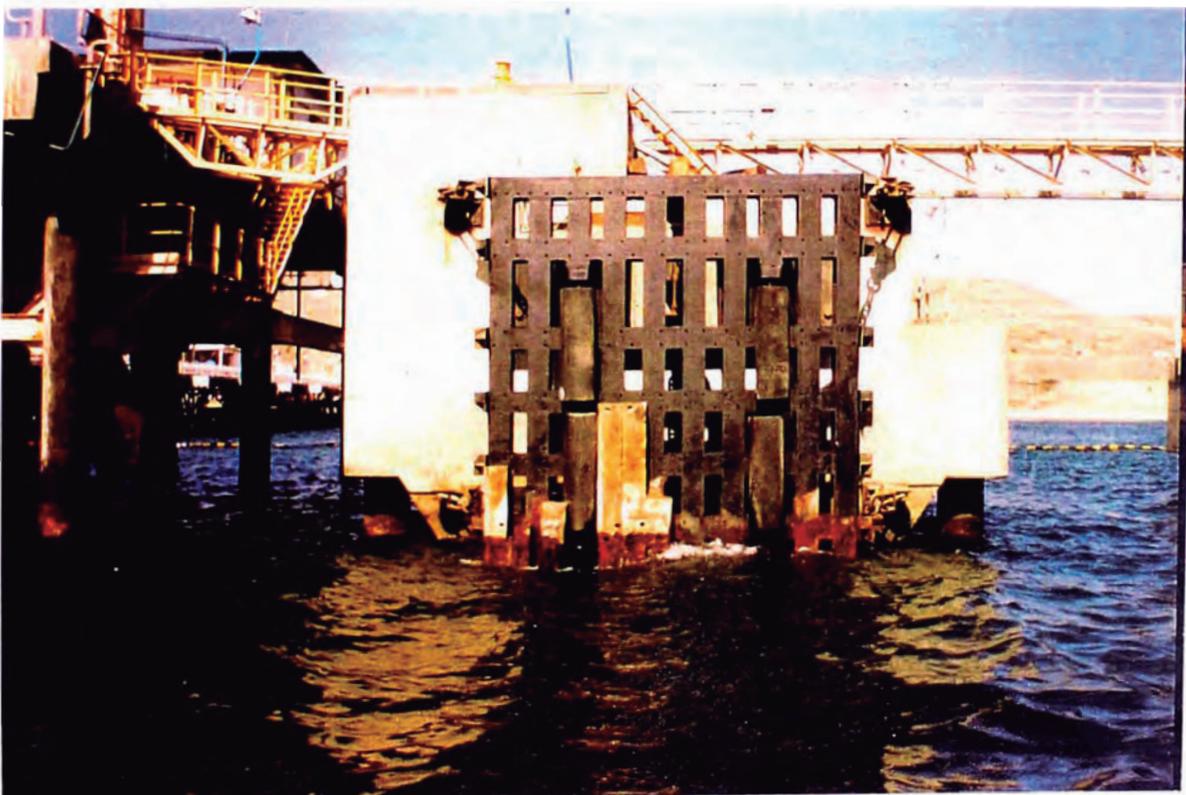
0146      DO 122 L= 1,6
0147      F (L) = 0
0148      DO 122 M = 1,6
0149 122    F(L) = F(L) + C(L,M) * XPILE(M)
0150      WRITE (3,1023) I, (XPILE(K), K = 1,6, (F(L), L = 1,6)
0151 1023   FORMAT (T3, I2, 2X, F7.4, 5(1X, F7.4), 2X, F8.1, 672X, F7.1)
        C   *** Compute X,Y,Z components of individual piles
        C   using P = A * F
0152      DO 118 K = 1,6
0153      FCOMP (I , K) = 0
0154      DO 118 L = 1,6
0155 118    FCOMP (I,K) = FCOMP (I,K) + A(K,L) * F(L)
0156      SUMX = SUMX + FCOMP (I,1)
0157      SUMY = SUMY + FCOMP (I,1)
0158      SUMZ = SUMZ + FCOMP (I,3)
0159      SUMM X = SUMM X + FCOMP (I,4)
0160      SUMM Y = SUMM Y + FCOMP (I,5)
0161      SUMM Z = SUMM Z + FCOMP (I,6)
0162      I = I + 1
0163      IF (I.LE.N) GO TO 60
0164      WRITE (3,1024)
0165 1024   Format (//m T10, 'individual pile force components to 1 cicle sum of forces
        along Axes', I, T10, 'PILE NO', 2 GX, 'FX', 10X, 'FY, 10X,, 'MX, 10X, 'MY',
        10X. 'MZ')
0166      Write (3,1025) (I, (FCOMP (I,K), K = 1,6), I = 1,N)
0167 1025   Format (T10, I3, 3X, 6 F12.4)
0168      Write (3,1026) Sum X , Sum Y, Sum Z , Sum mX, SUMMY, SUMMZ, (P(NN)
        NN = 1,6)
0169 1026   Format (T8, 'TOTAL = ', 1X, 6F12.4, I, T10, '/', F10.3')
0170      IF (NPROB. NQ. NLC) GO TO 6000
0171      NPROB = NPROB + 1

```

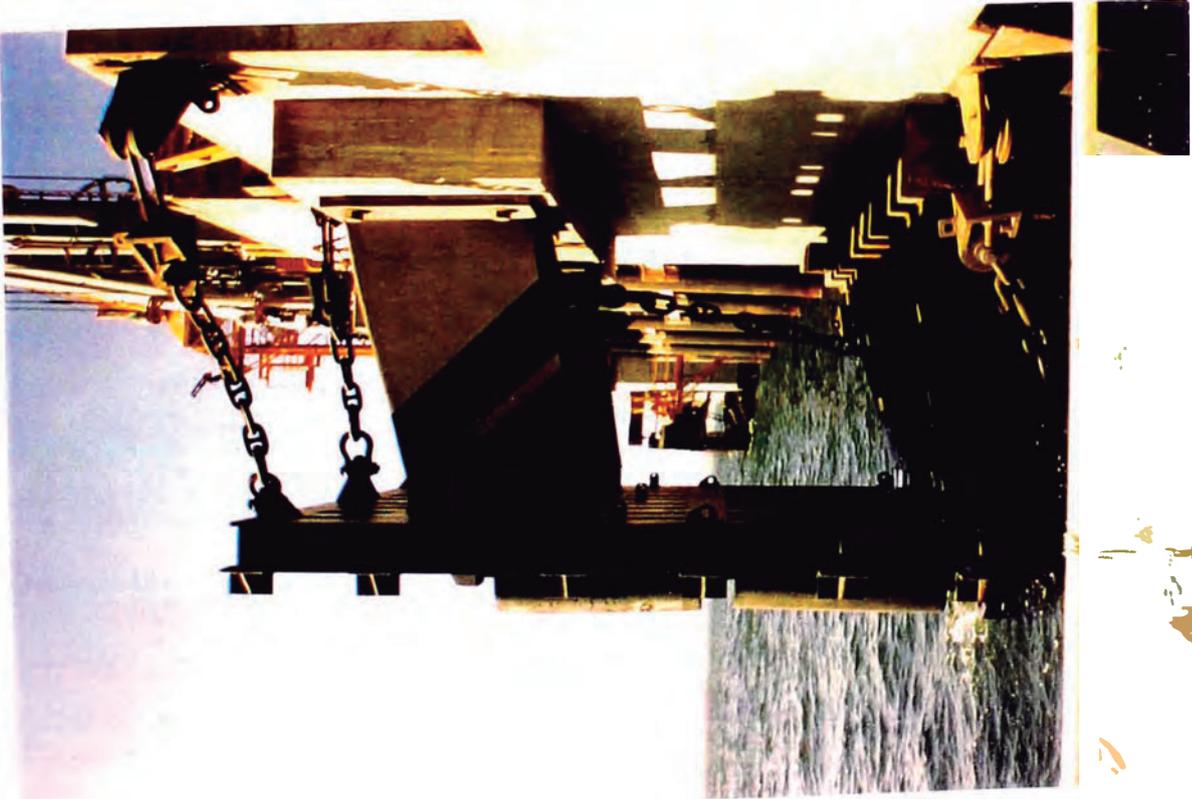
REGISTRO FOTOGRÁFICO



1.- Vista de la parte posterior de los dolphines de atraque BD3 y BD4. Se aprecia la plataforma del muelle con los brazos de carga



2.- Vista frontal del dolphin BD2. Se aprecia el panel metálico del escudo de defensa y algunos de los maderos sumergidos.



3.- Vista lateral de los fenders Seibu y del escudo de defensa del dolphin BD2. Se nota la ausencia de maderamen y la distribución de las cadenas.



4.- Vista lateral del dolphin BD1.



5.- Vista de la Lineal de atraque. El Dolphin BD4 en primer plano



6.- Acercamiento de la parte posterior de un escudo de Defensa. Nótese los cadenas horizontales y los fenders Seibu.



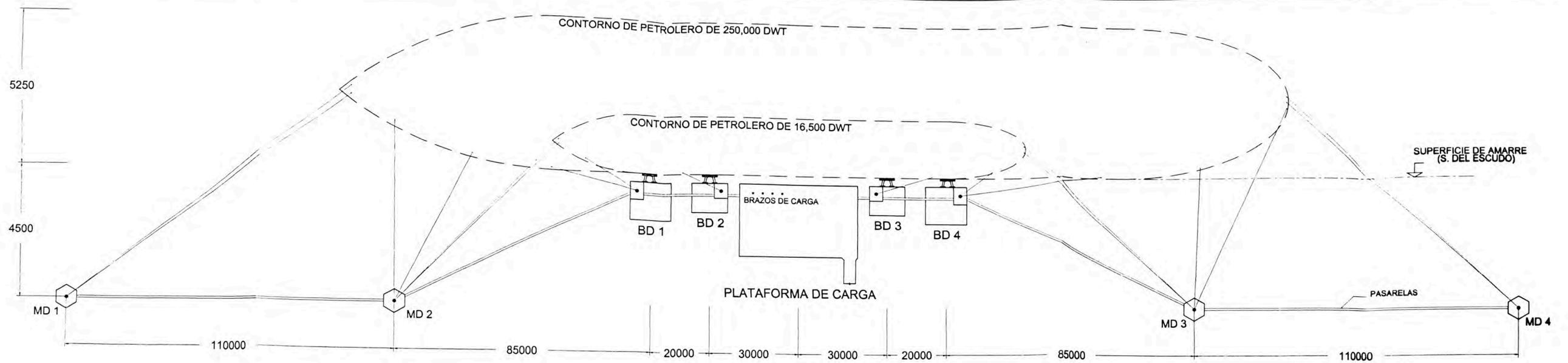
7.- Maniobra de izaje del fender Seibu. Nótese las vigas VS y VE arriba y el bote que trasladará el jebe abajo.



8. Vista de la maniobra de izaje del jebe Seibu.

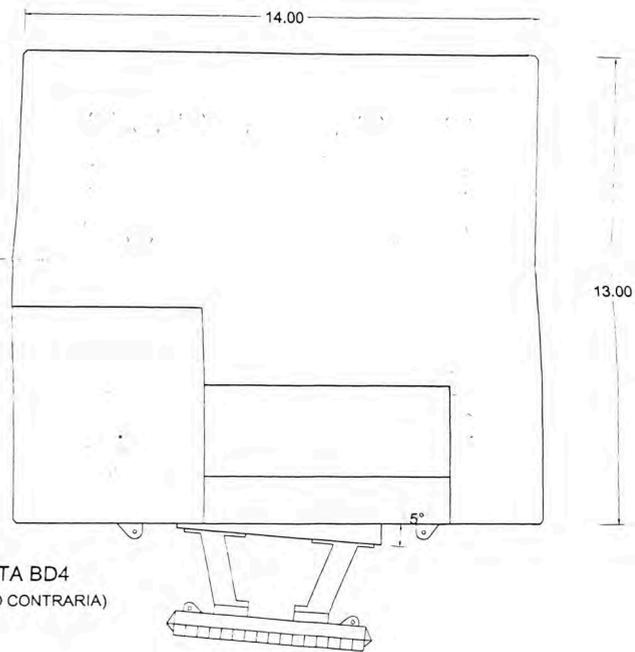
PLANOS

- L1** DOLPHINES DE ATRAQUE
- L2** DETALLES DEL SISTEMA DE DEFENSA – DOLPHIN 1 Y 4
- L3** DETALLES DEL SISTEMA DE DEFENSA – DOLPHIN 2 Y 3
- L4** MÉNSULAS Y PLACAS DE FIJACIÓN – DOLPHIN 1 Y 4
- L5** MÉNSULAS Y PLACAS DE FIJACIÓN – DOLPHIN 2 Y 3
- L6** DETALLES DE TALONES EN ESCUDOS
- L7** DETALLES DE CADENAS EN ESCUDOS
- L8** DETALLES GENERALES DE LOS PANELES DE DEFENSA
- L9** DETALLES GENERALES DE LOS ESCUDOS METÁLICOS

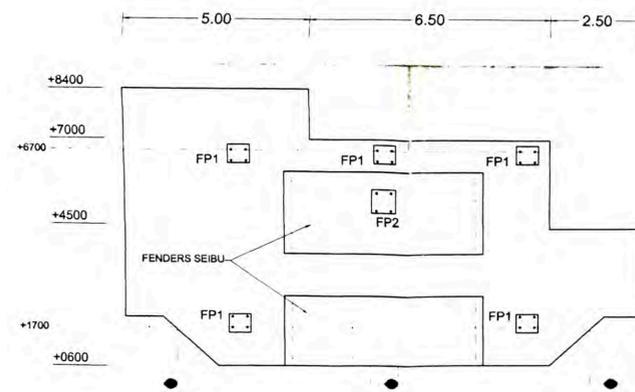


PLANTA DEL AMARRE

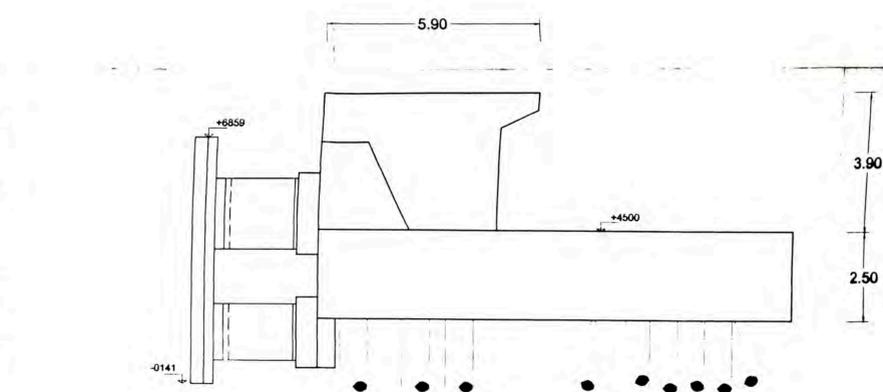
ESCALA 1 : 750



PLANTA BD4
(BD1 MANO CONTRARIA)

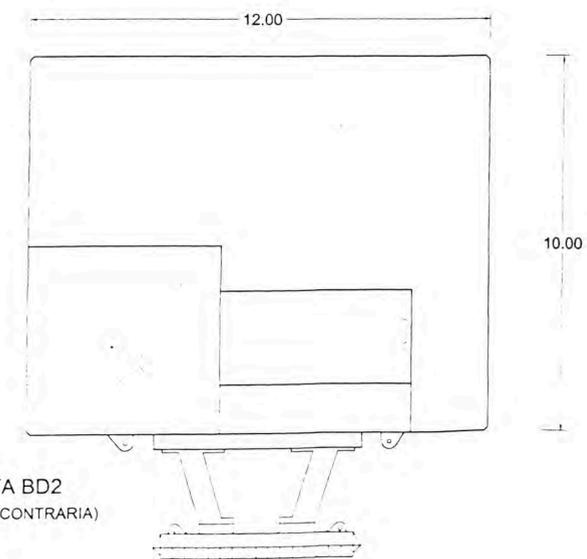


ELEVACION BD4

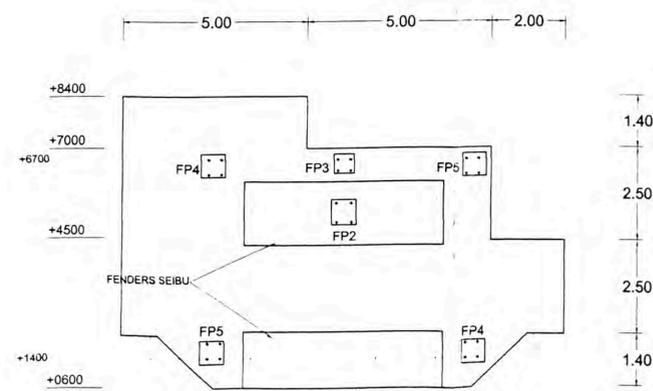


PERFIL BD4

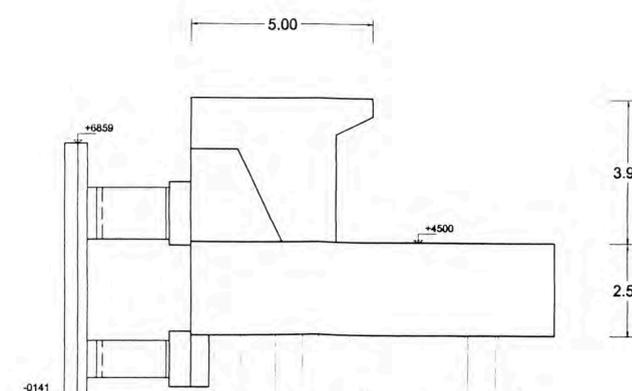
DOLPHIN DE ATRAQUE BD 4
(BD1 MANO CONTRARIA)



PLANTA BD2
(BD3 MANO CONTRARIA)



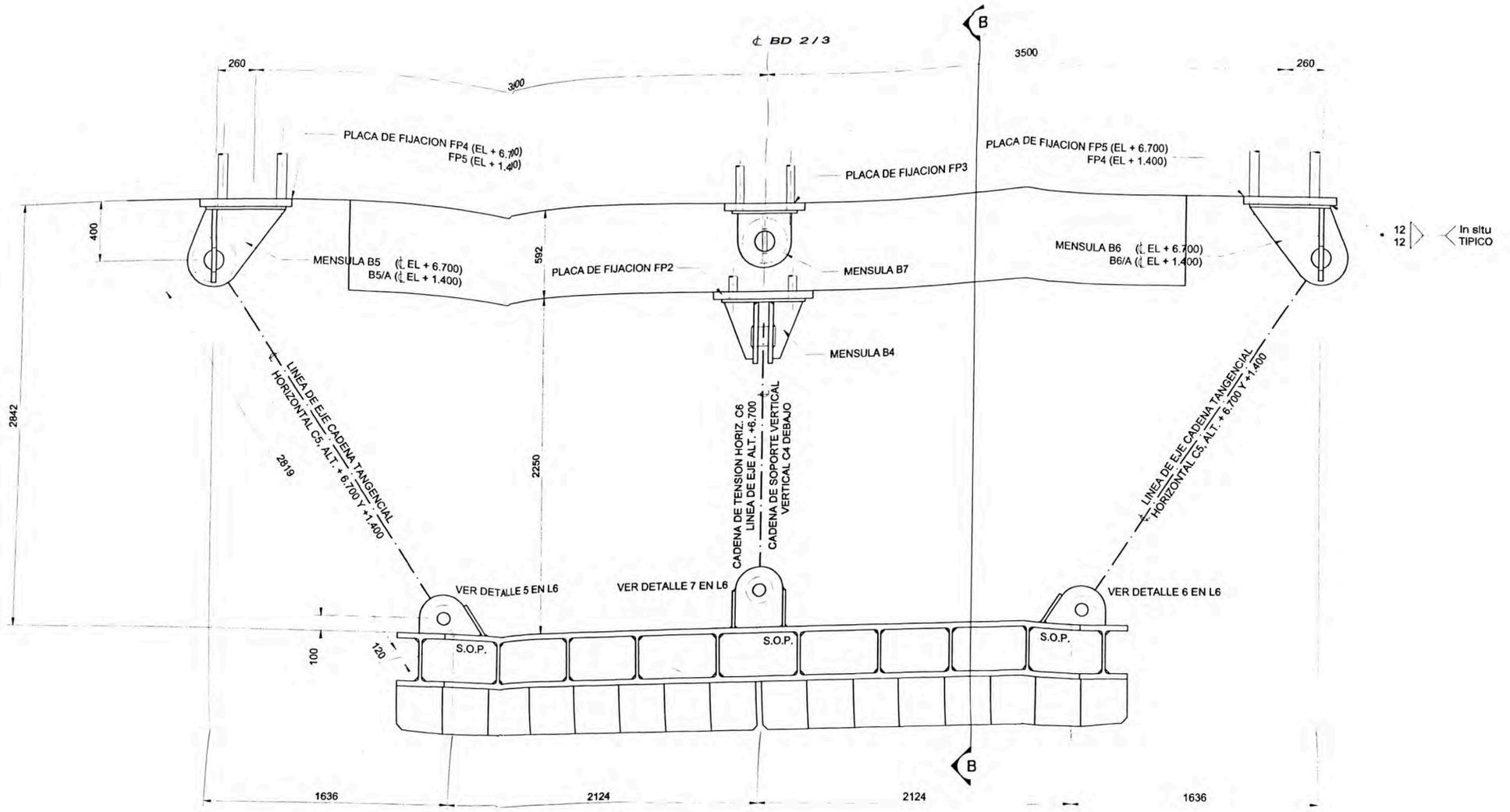
ELEVACION BD2



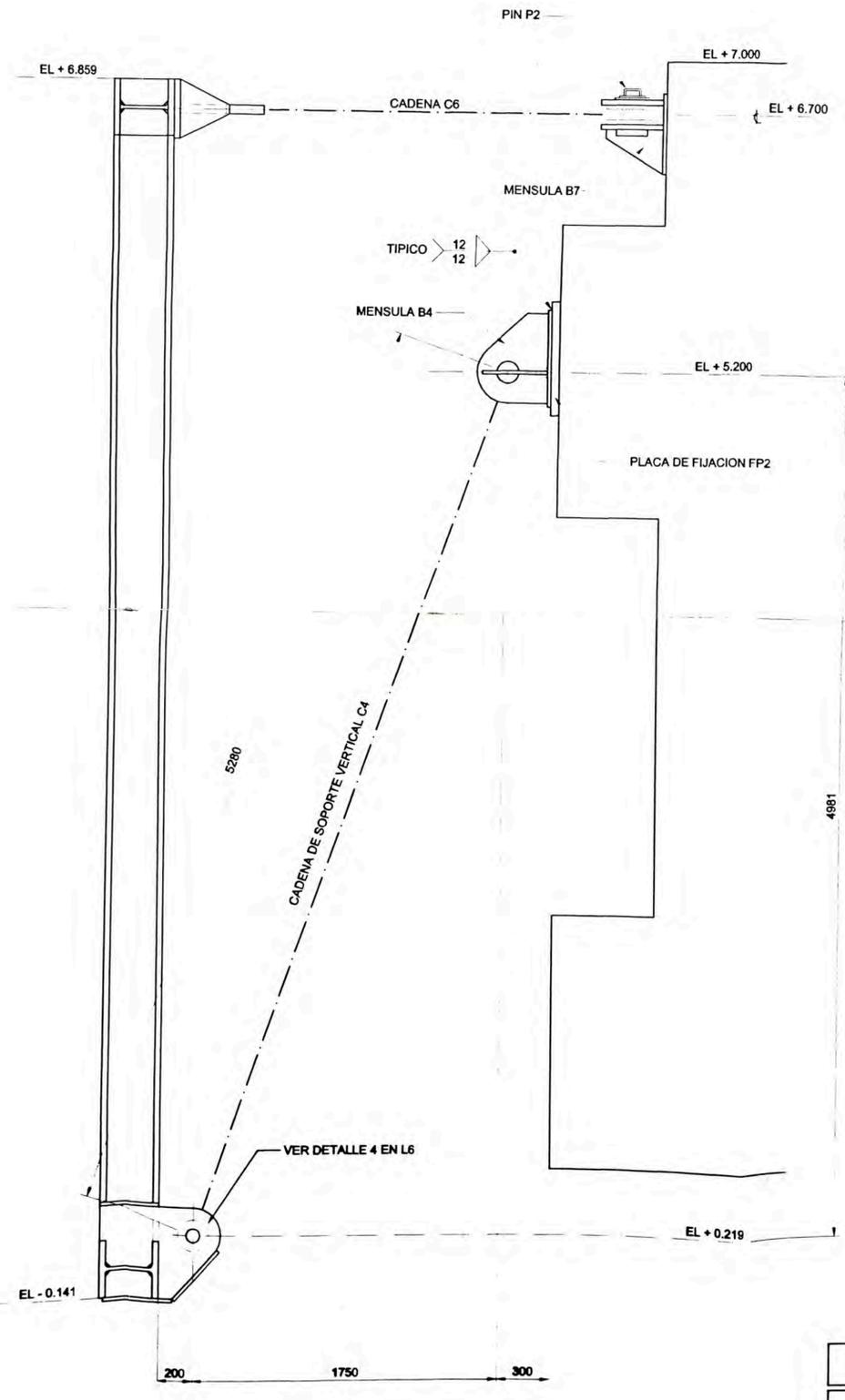
PERFIL BD2

DOLPHIN DE ATRAQUE BD 2
(BD3 MANO CONTRARIA)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS DE GRADO			
TEMA: ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS DEFENSAS DEL MUELLE DEL TERMINAL PORTUARIO DE BAYÓVAR - OLEODUCTO NOR PERUANO			
PLANO: DOLPHINES DE ATRAQUE			LIMBA: L1
TECNIC: MIGUEL ÁNGEL ROJAS CUSTODIO			
DIBUJO: M. R. C.	ESCALA: 1:100	FECHA: NOV. 2010	

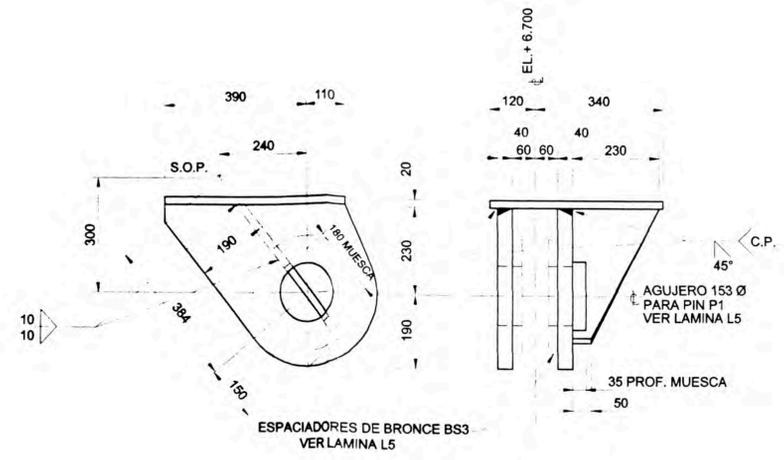


PLANTA SOBRE LOS DOLPHINES DE ATRAQUE INTERIORES BD2 Y BD3

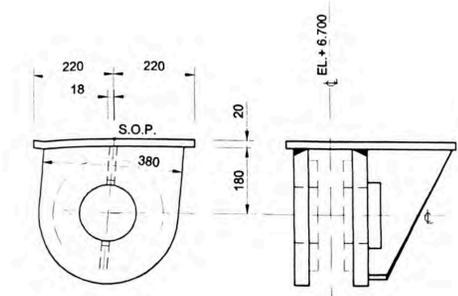


SECCION B-B

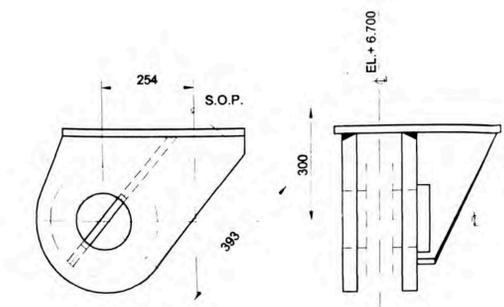
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS DE GRADO			
ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS DEFENSAS DEL MUELLE DEL TERMINAL PORTUARIO DE BAYÓVAR - OLEODUCTO NOR PERUANO			
PLANO		LABOR	
DETALLES DEL SIST. DE DEFENSA - DOLPHIN 2 Y 3		L3	
AUTOR: MIGUEL ÁNGEL ROJAS CUSTODIO			
FECHA: M. R. C.	ESCALA: 1:20	FECHA: NOV. 2000	



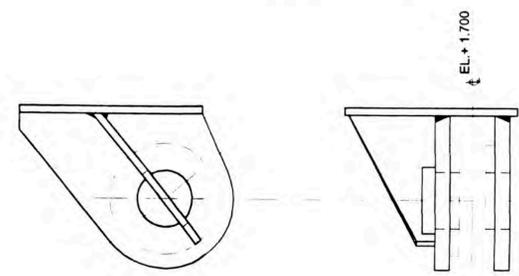
MENSULA B1



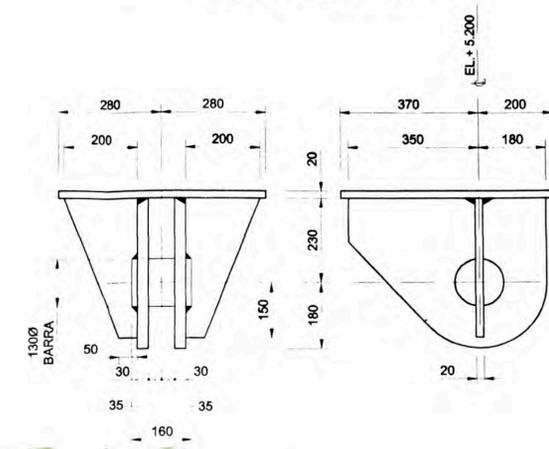
MENSULAS B3
LOS DETALLES NO INDICADOS SON COMO
LOS DE LA MENSULA B1



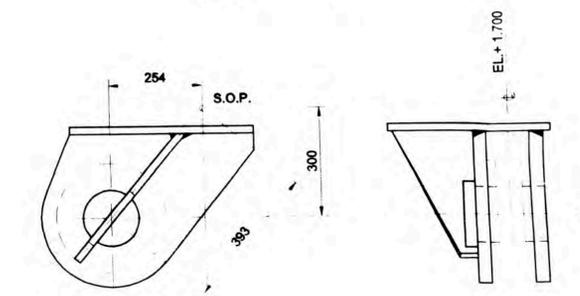
MENSULA B2
LOS DETALLES NO INDICADOS SON COMO
LOS DE MENSULA B1



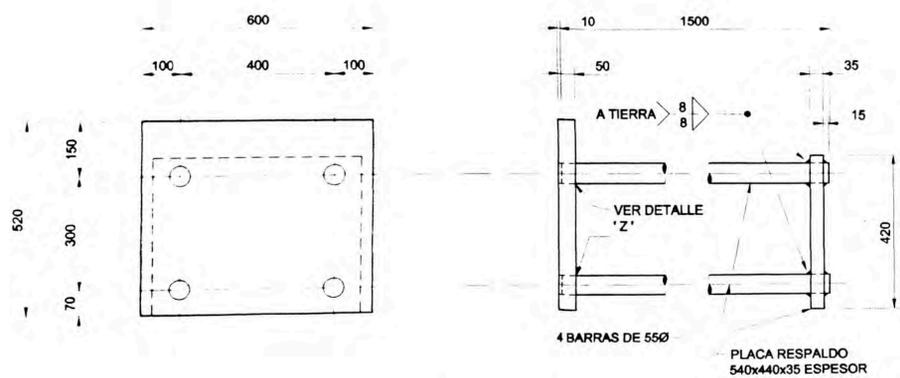
MENSULAS B1/A
LOS DETALLES NO INDICADOS SON COMO
LOS DE LA MENSULA B1



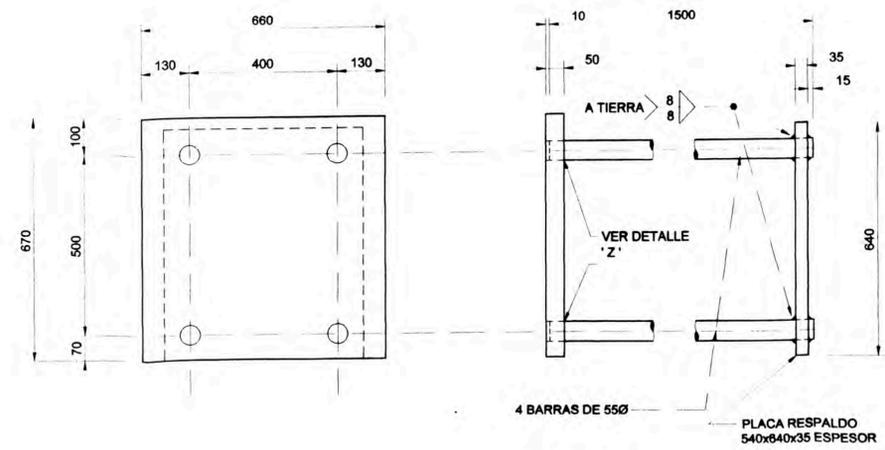
MENSULA B4
DETALLES DE SOLDADURA ANALOGOS
A LOS DE LA MENSULA B1



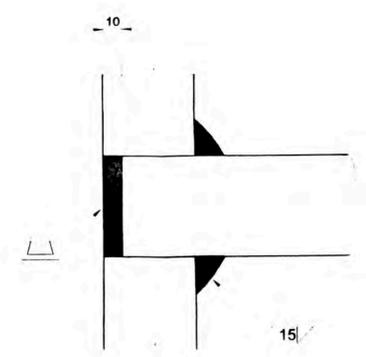
MENSULAS B2/A
LOS DETALLES NO INDICADOS SON COMO
LOS DE LA MENSULA B1



PLACA DE FIJACION FP1

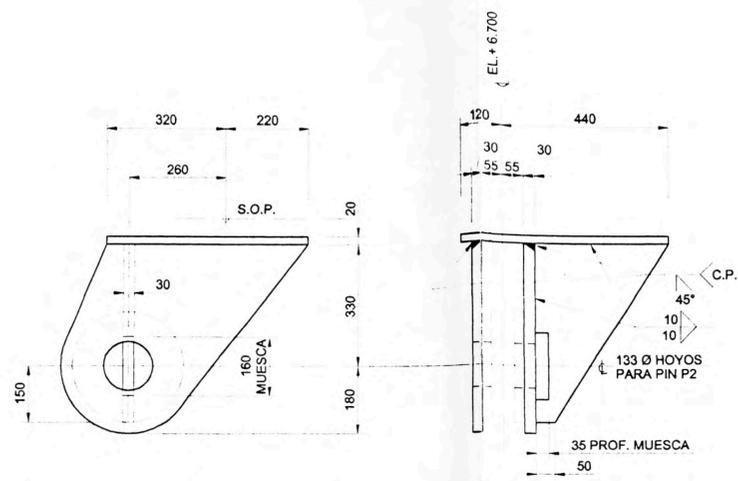


PLACA DE FIJACION FP2

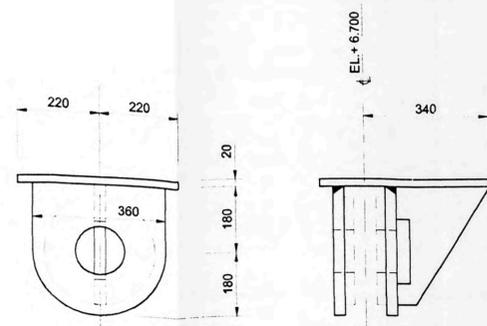


DETALLE 'Z'
ESCALA 1:2

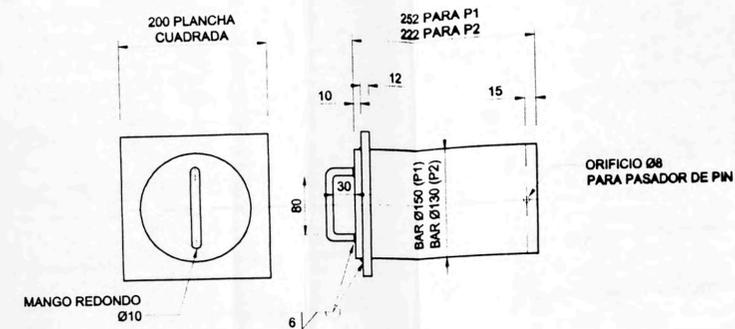
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS DE GRADO			
TEMA: ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS DEFENSAS DEL MUELLE DEL TERMINAL PORTUARIO DE BAYÓVAR - OLEODUCTO NOR PERUANO			
PLANO:	MÉNSULAS Y PLACAS DE FIJACIÓN - DOLPHIN 1 Y 4		
TÍTULO:	MIGUEL ÁNGEL ROJAS CUSTODIO		
DISEÑO:	M. R. C.	ESCALA:	1:10
FECHA:	NOV. 2000		



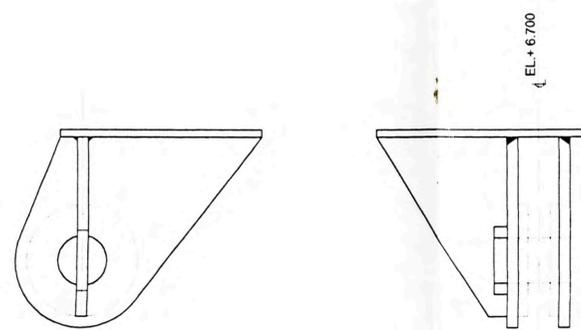
MENSULA B5, SEGUN PLANO
MENSULA B6, MANO CONTRARIA



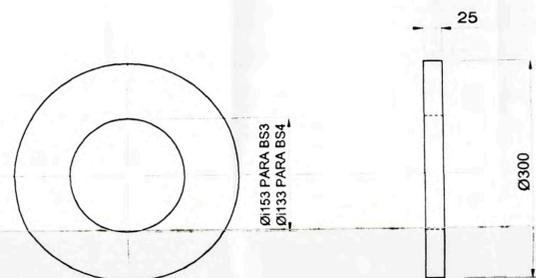
MENSULA B7
LOS DETALLES NO INDICADOS SON COMO LOS DE LA MENSULA B5



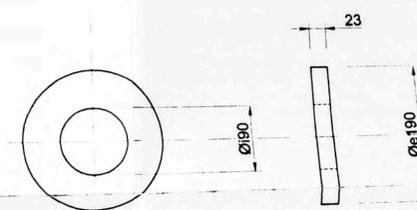
PINES P1 Y P2



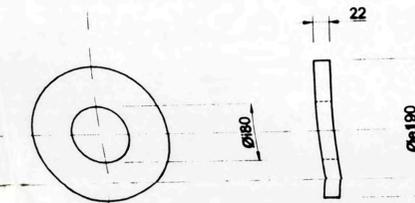
MENSULA B5/A, SEGUN PLANO
MENSULA B6/A, MANO CONTRARIA
LOS DETALLES NO INDICADOS SON COMO LOS DE LA MENSULA B5



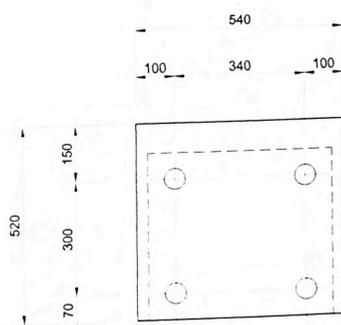
ESPACIADORES DE BRONCE BS3 Y BS4
ESCALA 1:5



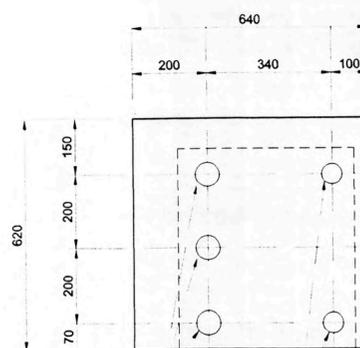
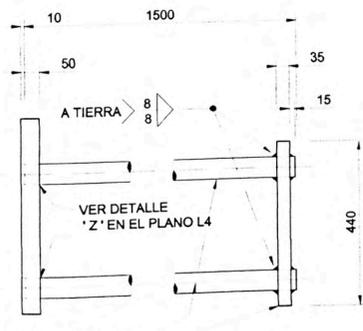
ESPACIADORES DE BRONCE BS1
ESCALA 1:5



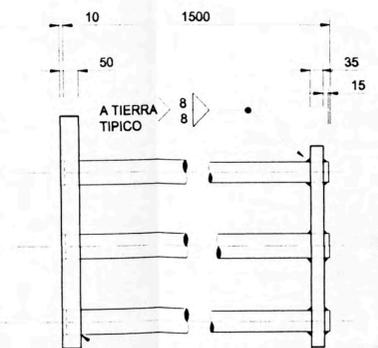
ESPACIADORES DE BRONCE BS2
ESCALA 1:5



PLACA DE FIJACION FP3

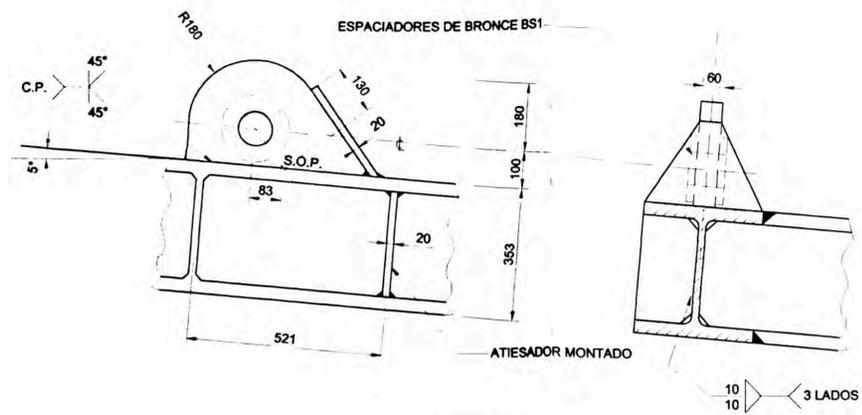


PLACAS DE FIJACION FP4, SEGUN PLANO
PLACAS DE FIJACION FP5, MANO OCNTRARIA

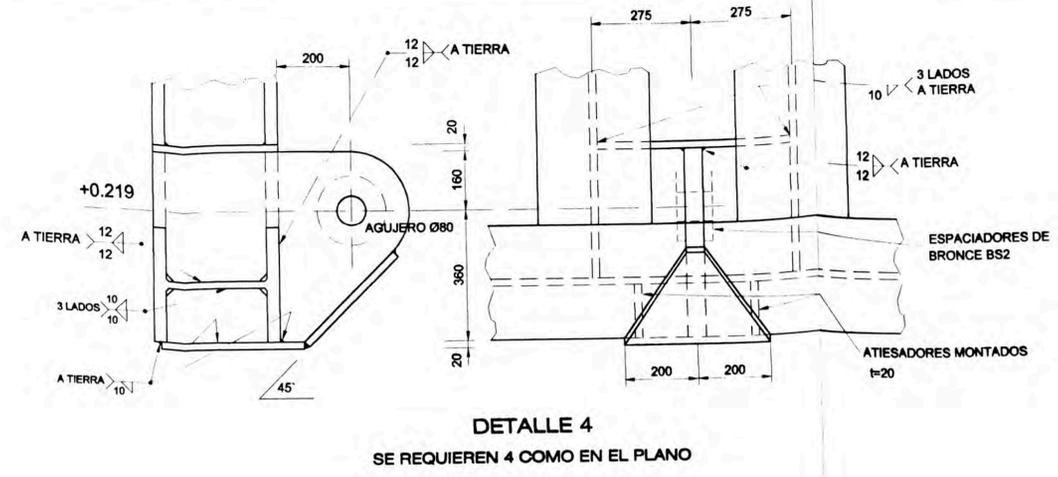


PASADOR PARA PIN

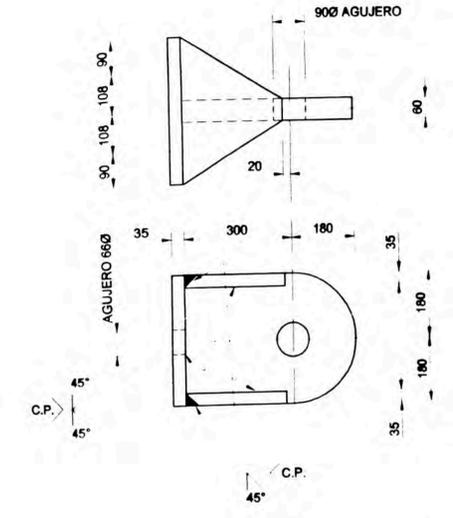
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS DE GRADO			
TITULO: ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS DEFENSAS DEL MUELLE DEL TERMINAL PORTUARIO DE BAYÓVAR - OLEODUCTO NOR PERUANO			
PLANO: MENSULAS Y PLACAS DE FIJACIÓN - DOLPHIN: 2 Y 3			
AUTOR: MIGUEL ÁNGEL ROJAS CUSTODIO			
ORIGEN: M. R. C.	ESCALA: 1:10	FECHA: NOV. 2000	L5



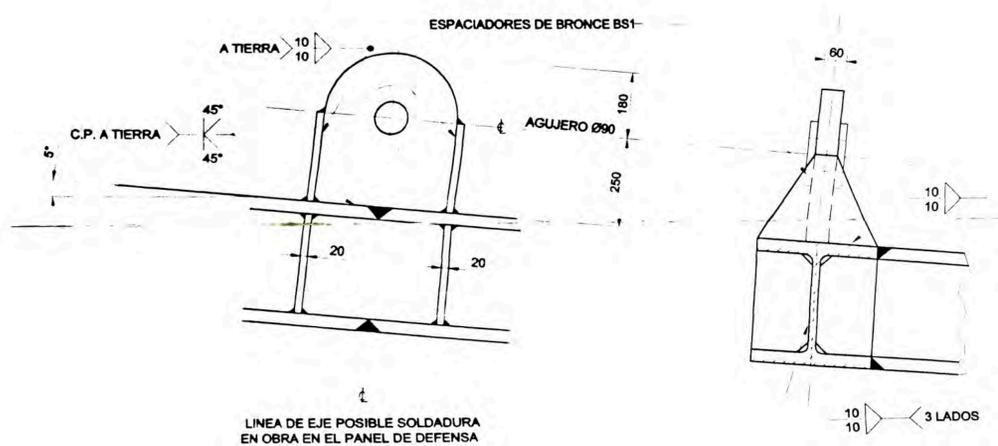
DETALLE 1
SE REQUIEREN 2 COMO EN EL PLANO Y 2 DE MANO CONTRARIA



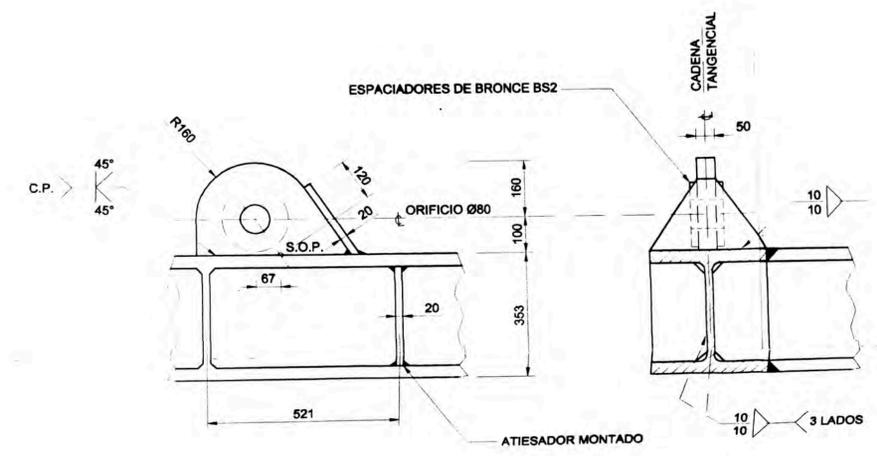
DETALLE 4
SE REQUIEREN 4 COMO EN EL PLANO



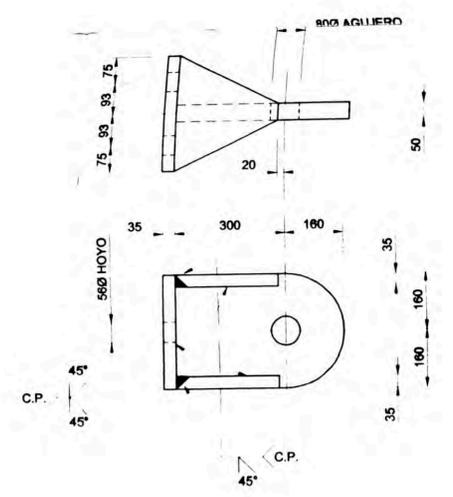
PLACA DE CONEXION CP1



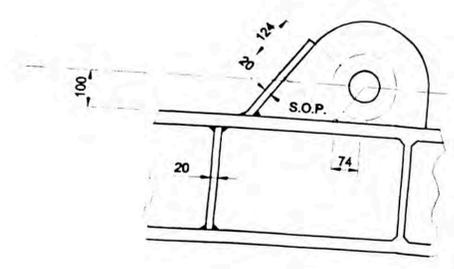
DETALLE 3
SE REQUIEREN 2 COMO EN EL PLANO



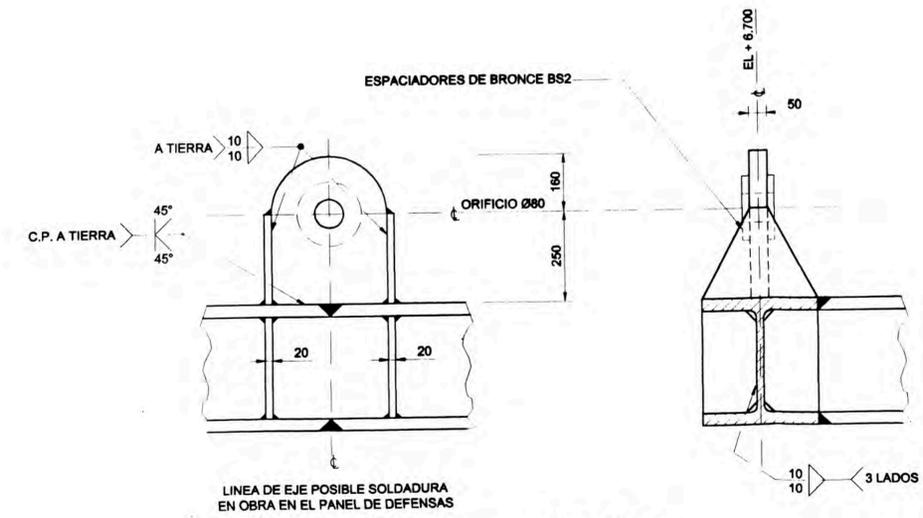
DETALLE 5, SE REQUIEREN 4 EN EL PLANO
DETALLE 6, SE REQUIEREN 4 EN MANO CONTRARIA



PLACA DE CONEXION CP2

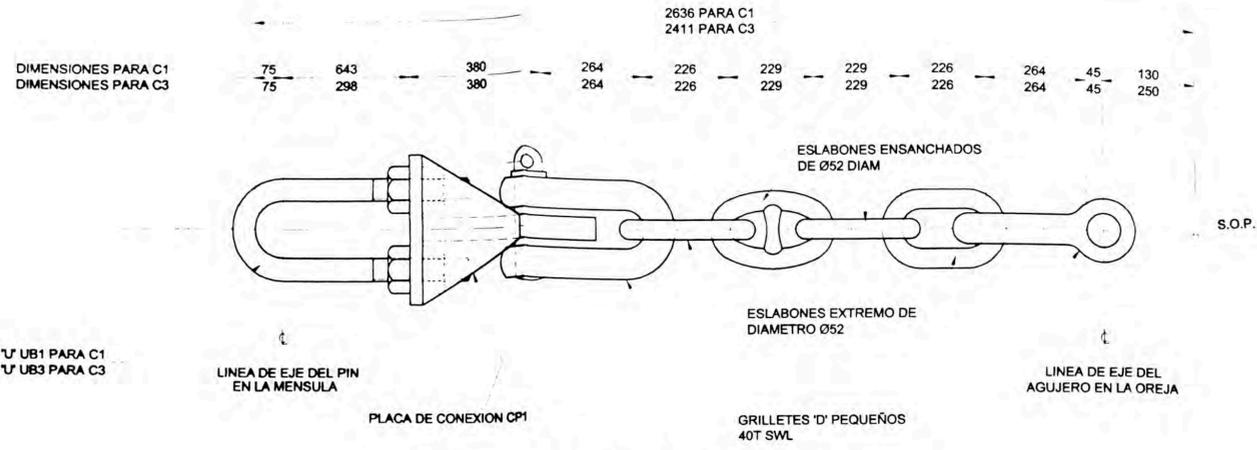


DETALLE 2
SE REQUIEREN 2 COMO EN EL PLANO Y 2 DE MANO CONTRARIA
LOS DETALLES NO INDICADOS HAN DE SER COMO EL DETALLE 1

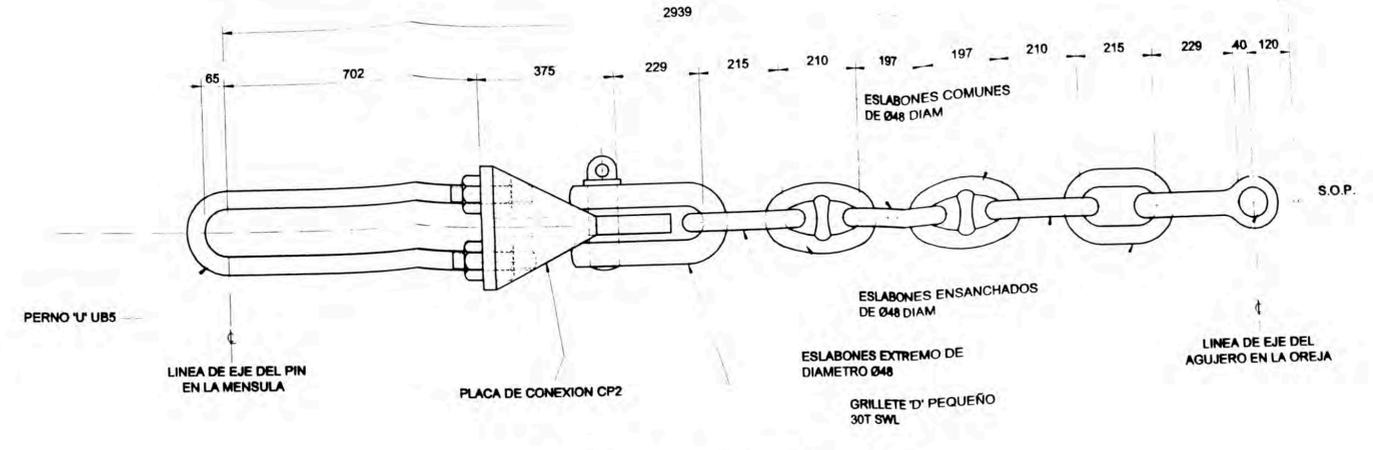


DETALLE 7
SE REQUIEREN 2 COMO EN EL PLANO

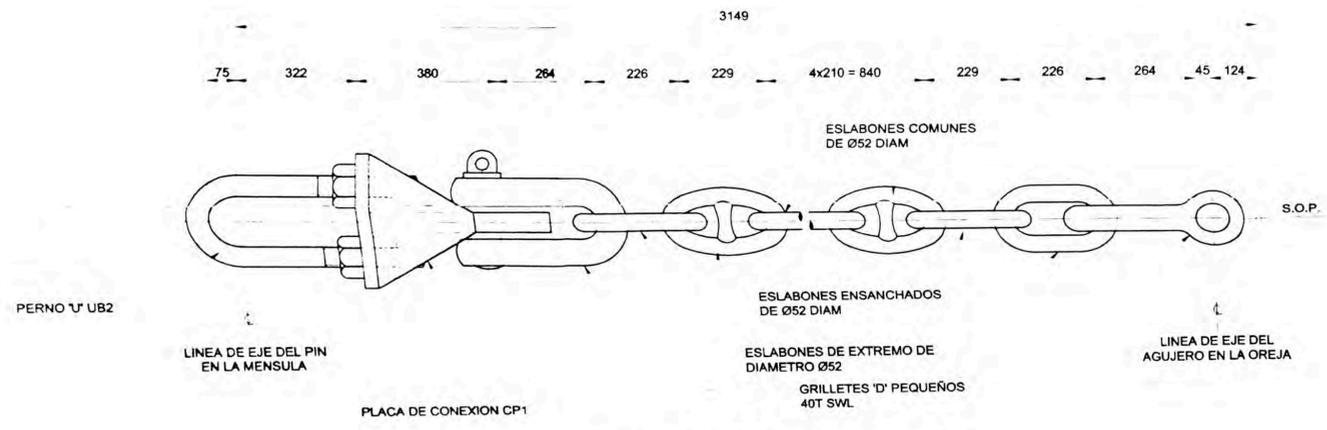
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS DE GRADO			
TÍTULO: ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS DEFENSAS DEL MUELLE DEL TERMINAL PORTUARIO DE BAYÓVAR - OLEODUCTO NOR PERUANO			
PLANO:	DETALLES DE TALONES EN ESCUDOS		
TERRITA:	MIGUEL ÁNGEL ROJAS CUSTODIO		
DIBUJÓ:	M. R. C.	ESCALA:	1:10
		FECHA:	NOV. 2000
			L6



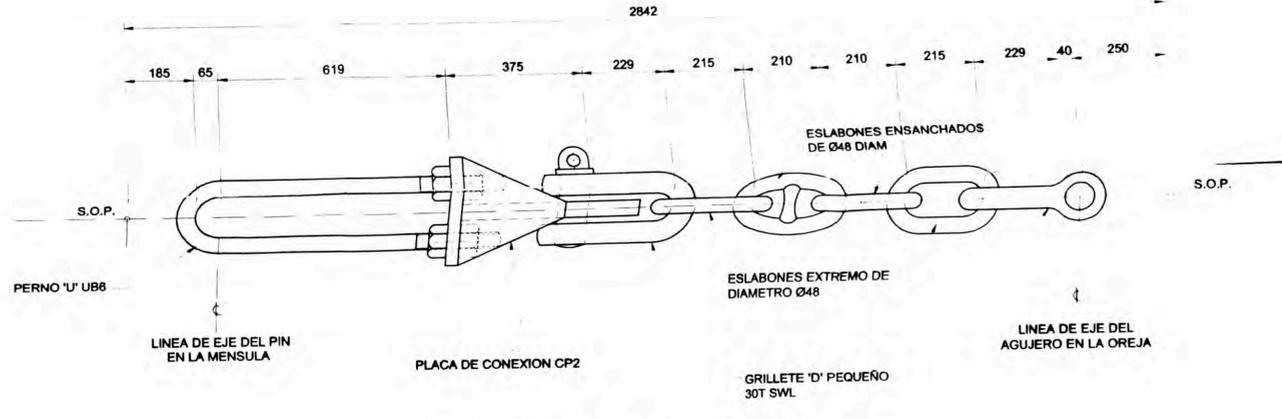
CADENAS C1 Y C3 DE 52 mm DE DIAM.



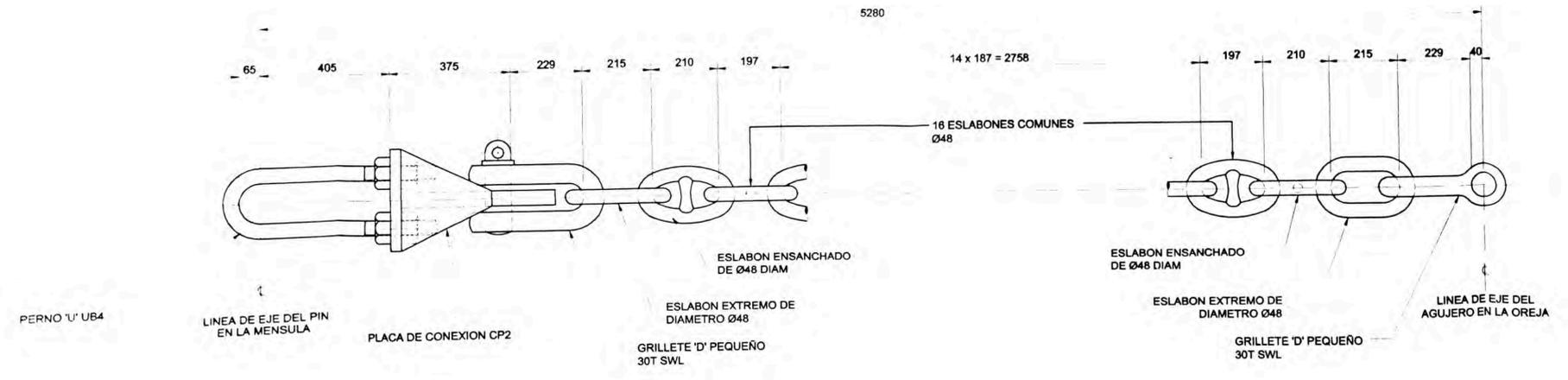
CADENA C5 DE 48 mm DE DIAM.



CADENA C2 DE 52 mm DE DIAM.



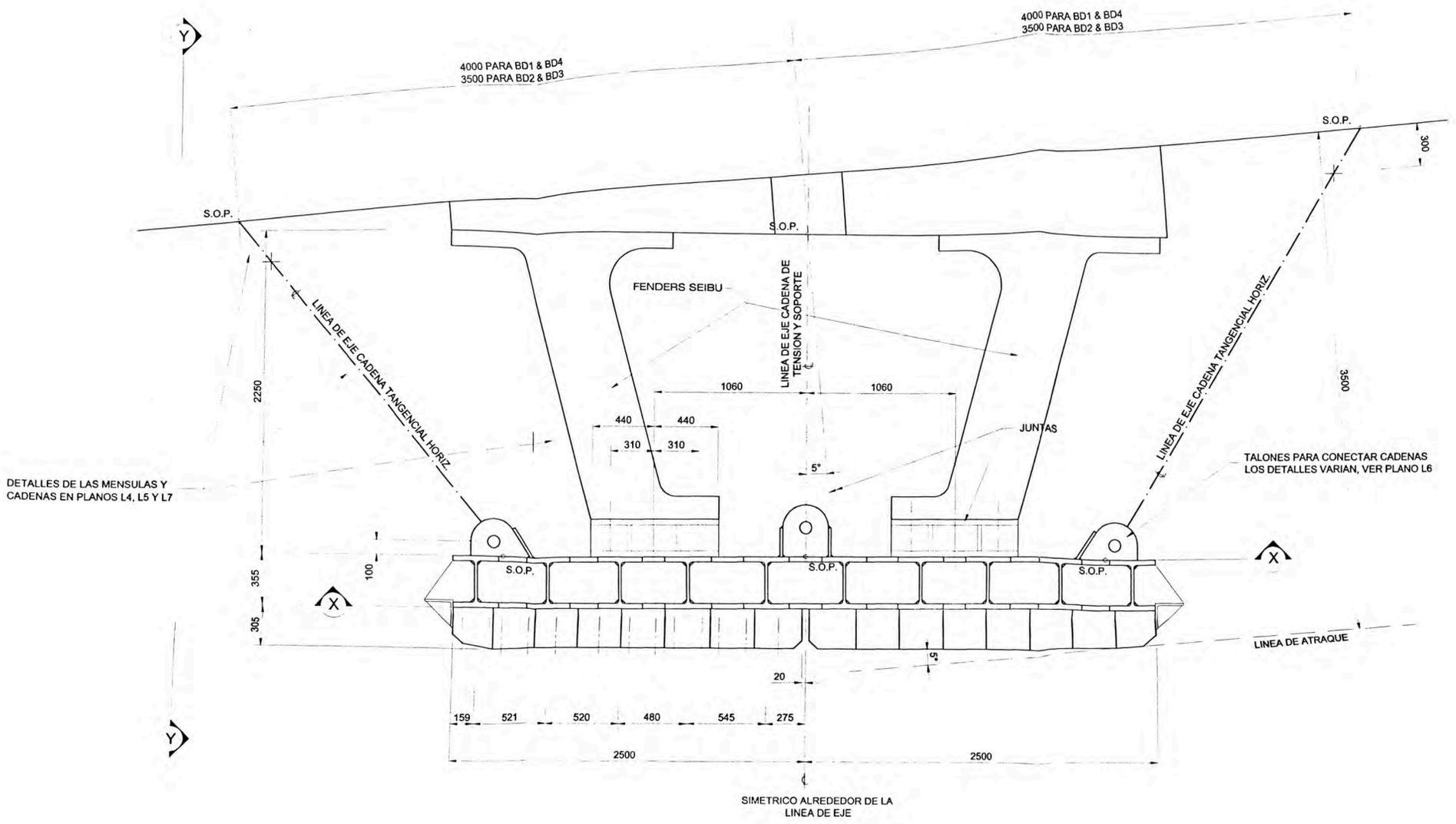
CADENA C6 DE 48 mm DE DIAM.



CADENA C4 DE 48 mm DE DIAM.

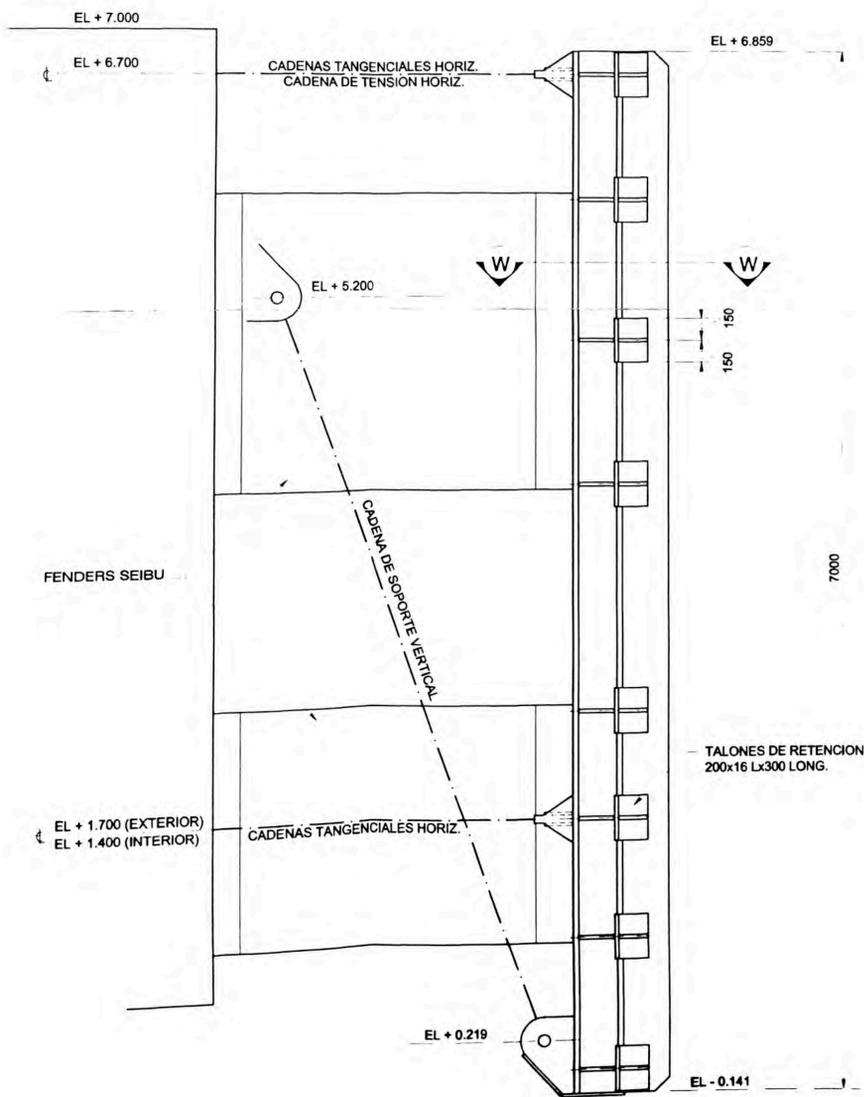
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS DE GRADO			
TEMA: ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS DEFENSAS DEL MUELLE DEL TERMINAL PORTUARIO DE BAYÓVAR - OLEODUCTO NOR PERUANO			
PLANO: DETALLES DE CADENAS EN ESCUDOS			
TÍTULO: MIGUEL ÁNGEL ROJAS CUSTODIO			
DIBUJÓ: M. R. C.	ESCALA: 1:10	FECHA: NOV. 2000	LÁMINA: L7

DOLPHIN

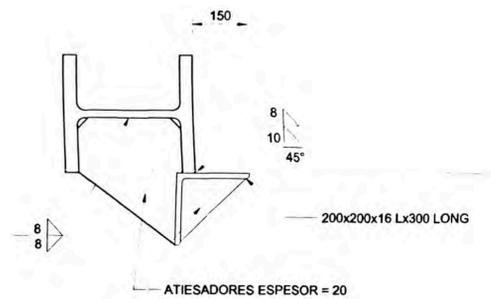


DETALLES DE LAS MENSULAS Y CADENAS EN PLANOS L4, L5 Y L7

PLANTA
ESCALA 1:20



ELEVACION Y-Y
ESCALA 1:25



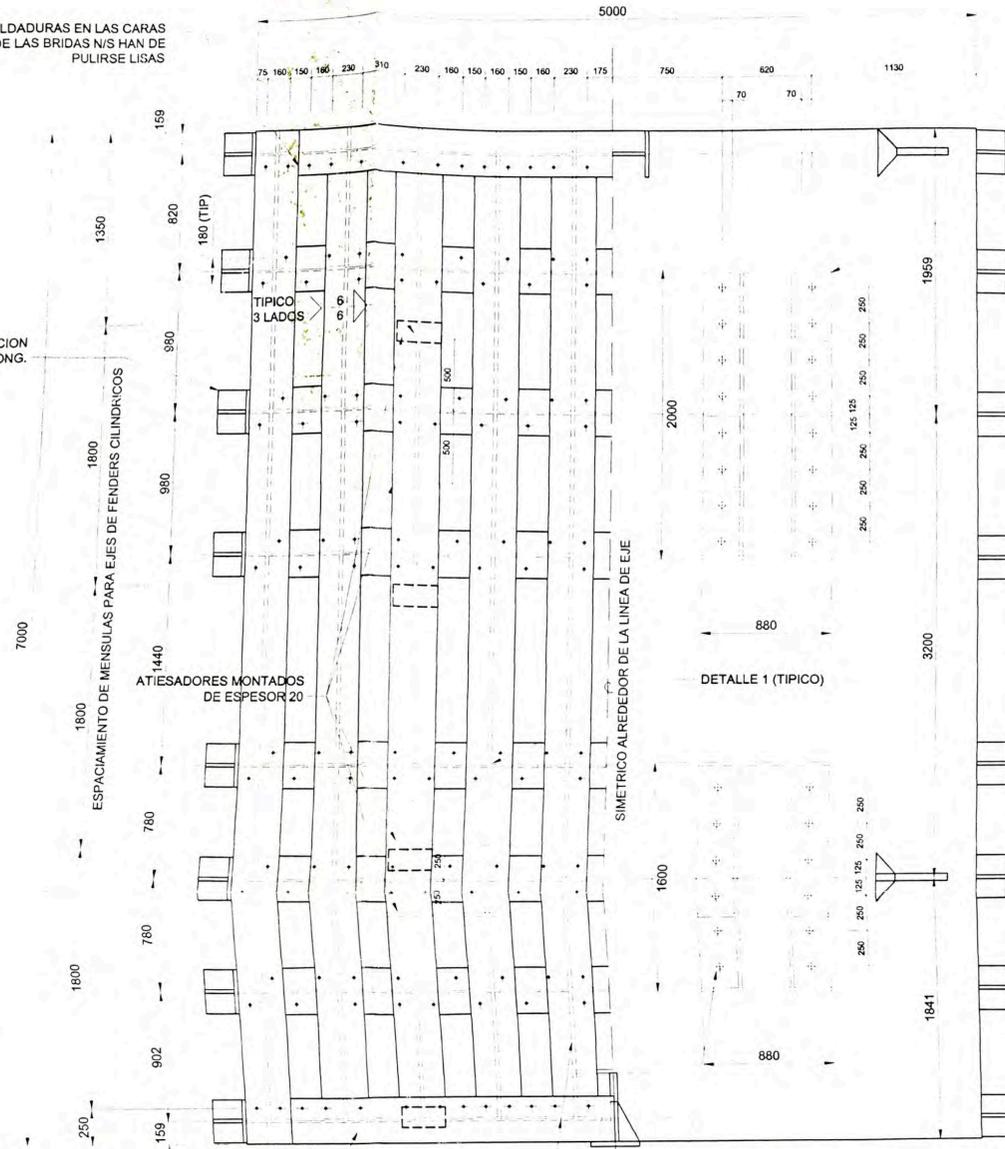
SECCION W-W
ESCALA 1:10

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
TESIS DE GRADO		
TÍTULO: ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS DEFENSAS DEL MUELLE DEL TERMINAL PORTUARIO DE BAYÓVAR - OLEODUCTO NOR PERUANO		
PLANO: DETALLES GENERALES DE LOS PANELES DE DEFENSA		
AUTOR: MIGUEL ÁNGEL ROJAS CUSTODIO		
PROF. M. R. C.	SECC. INDICADAS	FECHA: NOV. 2000

L8

TODAS LAS SOLDADURAS EN LAS CARAS DE LAS BRIDAS N/S HAN DE PULIRSE LISAS

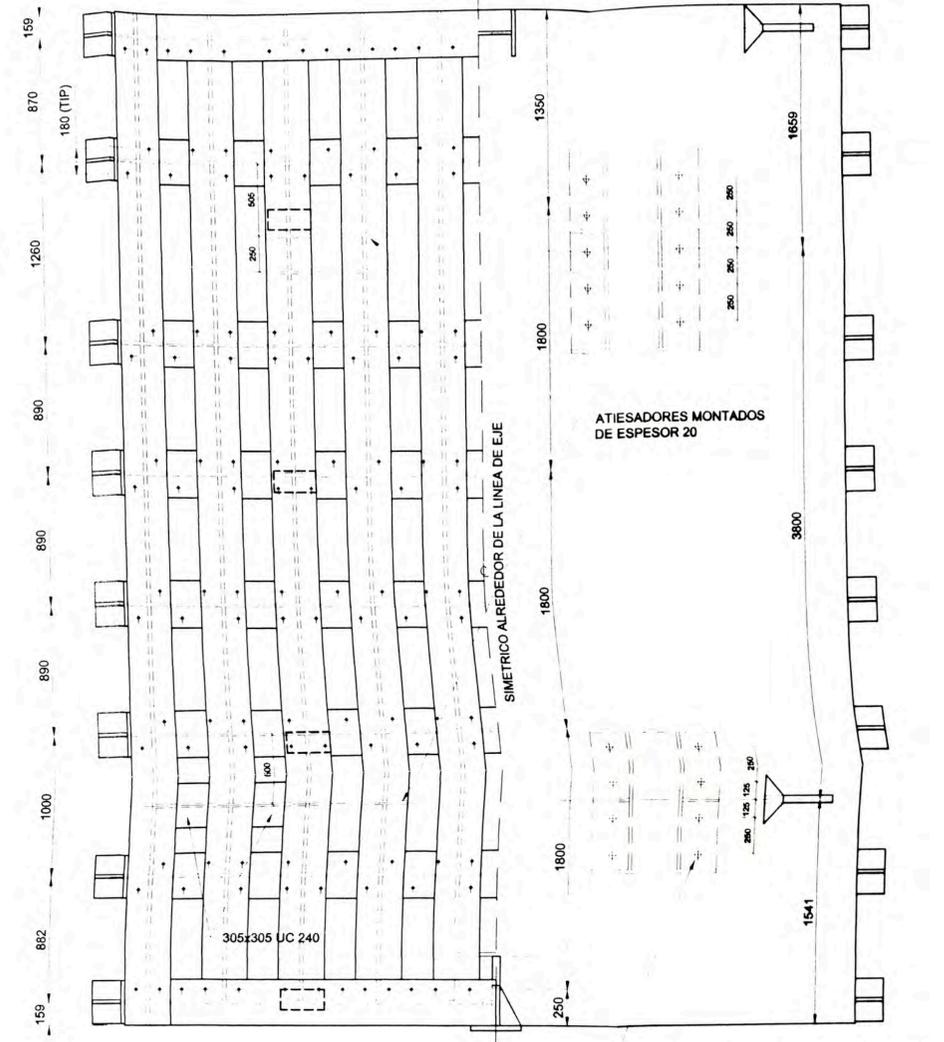
TALONES DE RETENCION 200x16 Lx300 LONG.



SECCION 'X-X' PARA DOLPHINES DE ATRAQUE EXTERIORES BD1 Y BD4

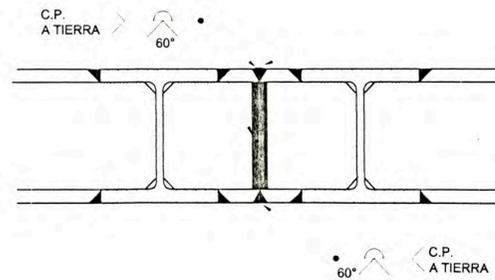
DETALLE 1 (TIPICO)
ESCALA 1:10

ZONAS EN LAS BRIDAS F/S CUBIERTAS POR JUNTAS HAN DE TENER SOLDADURAS PULIDAS LISAS



SECCION 'X-X' PARA DOLPHINES DE ATRAQUE INTERIORES BD2 Y BD3

LOS DETALLES NO CONSIGNADOS SON IGUALES QUE PARA BD1 Y BD4



DETALLE 2
UNION EN OBRA SI SE REQUIERE
ESCALA 1:10

Si se requiere unión en obra, el constructor deberá soldar el panel de defensa completo, luego cortar y preparar la unión en obra para conseguir la alineación correcta

Pulir a nivel donde se indica en el alzado frontal C.P.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS DE GRADO			
TEMA: ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS DEFENSAS DEL MUELLE DEL TERMINAL PORTUARIO DE BAYÓVAR - OLEODUCTO NOR PERUANO			
PLANO: DETALLES GENERALES DE LOS ESCUDOS METALICOS			
DISEÑADO: MIGUEL ÁNGEL ROJAS CUSTODIO			
DIBUJADO: M. R. C.	ESCALA: 1:25	FECHA: NOV. 2000	L9