

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**DISEÑO DE CIMENTACIONES PROFUNDAS EN EL MAR-
APLICACIÓN AL MUELLE ARTESANAL “NEGRITOS”
EVALUACION Y DISEÑO ESTRUCTURAL**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

MIGUEL ANGEL HUARCAYA AMACHI

Lima-Perú

2008

RESUMEN

La obra "Muelle Artesanal Negritos", se realizó con el fin de apertura y operar un Centro de Investigación para el Procesamiento de Productos Pesqueros, destinado a desarrollar la producción experimental de productos enlatados, congelados y otros, dirigidos a lograr el máximo aprovechamiento de los recursos hidrobiológicos de la zona, a cargo de la Municipalidad Distrital de La Brea.

Para la Evaluación y Diseño estructural de la cimentación del muelle tenemos diferentes métodos, aplicaremos para el análisis estructural, un método basado en resortes conectados a lo largo de la longitud de empotramiento y el modelo estructural en tres dimensiones con pórticos en ambas direcciones.

La evaluación determina si la cimentación de la estructura se encuentra en capacidad de soportar las cargas actuantes de gravedad y sismo, caso contrario se efectúa el diseño de la cimentación nueva.

Si el diseño de la cimentación del muelle, cumple con todos los requisitos sismo resistentes se evaluará la disminución de la cuantía de acero de refuerzo longitudinal para minimizar costos.

Las conclusiones se basaran en los resultados hallados en el análisis estructural y las recomendaciones indicaran alternativas para la mitigación de los efectos causados por las fuerzas actuantes.

INDICE

RESUMEN	2
INDICE	3
LISTA DE CUADROS	5
LISTA DE FIGURAS	6
INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO I: GENERALIDADES	8
1.1 ANTECEDENTES	9
1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	12
1.3 ACCESO A LA ESTRUCTURA	12
1.4 ANÁLISIS SITUACIONAL ACTUAL	12
1.5 FUNDAMENTO TEÓRICO	13
1.5.1 PILOTES	13
1.5.2 Funciones y Usos	13
1.5.3 Clasificación	13
CAPITULO II: ESTUDIOS PRELIMINARES	15
2.1 HIDROCEANOLOGIA	16
2.2 GEOTECNIA	16
2.2.1 Capacidad Portante	16
2.2.2 Calculo de La Constante de Balastro	18
CAPITULO III: EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA CIMENTACION EXISTENTE	19
3.1 ANALISIS ESTRUCTURAL DEL PUENTE	20

3.1.1	Geometría de Los Elementos Estructurales	20
3.1.2	Determinación de Cargas Actuantes	20
3.1.3	Modelo Estructural del Puente del Muelle Artesanal "Negritos"	24
3.1.4	Resumen de Resultados	25
3.2	VERIFICACION DEL DISEÑO DEL PUENTE DEL MUELLE ARTESANAL "NEGRITOS"	26
3.2.1	Verificación de Desplazamientos	26
3.2.2	Verificación del Acero de Refuerzo	26
3.2.3	Verificación de la Sección Transversal	28
CAPITULO IV: EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA CIMENTACION PROYECTADA		29
4.1	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA CIMENTACIÓN	30
4.1.1	Calculo de la Longitud de Empotramiento	30
4.1.2	Análisis Estructural del Puente	31
4.1.3	Análisis Estructural del Cabezo	38
4.1.3	Análisis Estructural del la Zona de Embarque	45
4.2	DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CIMENTACIÓN	53
4.2.1	Diseño Estructural de la Cimentación Típica	53
CONCLUSIONES		60
RECOMENDACIONES		61
BIBLIOGRAFIA		62
ANEXOS		63

LISTA DE CUADROS

Cuadro II – 1	Constante de Balastro del Suelo	18
Cuadro III – 1	Factores de amplificación sísmica para el puente I Etapa.	23
Cuadro III – 2	Fuerzas Axiales y Momentos Flectores de diseño	25
Cuadro IV – 1	Factores de amplificación sísmica para el puente II Etapa.	32
Cuadro IV – 2	Fuerzas Axiales y Momentos Flectores de diseño	35
Cuadro IV – 3	Factores de amplificación sísmica para el Cabezo del muelle.	40
Cuadro IV – 4	Fuerzas Axiales y Momentos Flectores de diseño	42
Cuadro IV – 5	Factores de amplificación sísmica para el Embarcadero del muelle	47
Cuadro IV – 6	Fuerzas Axiales y Momentos Flectores de diseño	50

LISTA DE FIGURAS

Figura I – 1	Sistema Estructural del Muelle Artesanal Negritos	10
Figura I – 2	Sistema Estructural del Muelle Artesanal Negritos	11
Figura I – 3	Clasificación de los pilotes según la forma de transmitir la carga al suelo	14
Figura III – 1	Secciones de los elementos estructurales del puente del muelle – I Etapa	20
Figura III – 2	Modelo estructural del puente del Muelle “Negritos” – I Etapa	24
Figura III – 3	Detalle del acero de refuerzo de la sección del pilote	26
Figura III – 4	Diagrama de Iteraciones de la sección del pilote	27
Figura IV – 1	Secciones de los elementos estructurales del puente II Etapa	31
Figura IV – 2	Modelo estructural del puente del Muelle “Negritos” II Etapa	34
Figura IV – 3	Detalle del acero de refuerzo de la sección del pilote	37
Figura IV – 4	Diagrama de iteración para la sección del pilote	37
Figura IV – 5	Secciones de los elementos estructurales Cabezo proyectado	38
Figura IV – 6	Modelo estructural del Cabezo del Muelle “Negritos”	41
Figura IV – 7	Detalle del acero de refuerzo de la sección del pilote	44
Figura IV – 8	Diagrama de iteración para la sección del pilote	44
Figura IV – 9	Secciones de los elementos estructurales del Atracadero proyectado	45
Figura IV – 10	Modelo estructural de la zona de Embarque del Muelle “Negritos”	49
Figura IV – 11	Detalle del acero de refuerzo de la sección del pilote	51
Figura IV – 12	Diagrama de iteración para la sección del pilote	53
Figura IV – 13	Detalle del acero de refuerzo de la sección del pilote	52
Figura IV – 14	Diagrama de iteración para la sección del pilote	54
Figura IV – 15	Momento Nominal Máximo	55
Figura 3	Detalle de Refuerzo en Pilotes	64

INTRODUCCIÓN

Las cimentaciones profundas con pilotes se emplean cuando los estratos de suelo o de roca situados inmediatamente debajo de la estructura, no son capaces de soportar la carga, con la adecuada seguridad o con un asentamiento tolerable.

El hecho de llevar la cimentación hasta el primer estrato resistente que se encuentre no es suficiente, pues la cimentación profunda debe analizarse de la misma manera que la que es poco profunda. Como la cimentación superficial; los estratos de suelo o roca situados debajo, deben ofrecer seguridad y no asentarse excesivamente por efecto de las cargas de la estructura que soportan.

En el presente informe se evaluará la cimentación existente (Ver Figura I - 1 y I - 2), en el muelle artesanal "Negritos" y propondrá una alternativa de diseño resistente a las fuerzas actuantes y que minimice los costos del proyecto.

El primer capítulo abarcará los antecedentes de la infraestructura, la función que desempeñará así como su ubicación y acceso. También se dará una breve descripción del estado actual de la población y su acceso a alimentos marinos, así como también un breve fundamento teórico sobre las diferentes clases de pilotes.

El segundo capítulo analizará los datos obtenidos por las diferentes especialidades que se complementan para el diseño estructural de la cimentación.

El tercer capítulo hará un análisis estructural de la cimentación existente de la primera etapa y de la segunda etapa en ejecución y evaluará el diseño propuesto.

En el cuarto capítulo, con los parámetros obtenidos de los estudios preliminares se propondrá un diseño estructural de la cimentación que permita corregir los errores, si los hubiera, o plantear alternativas para un óptimo diseño de la cimentación existente.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La Municipalidad Distrital la Brea Negritos a través de la Dirección de Desarrollo Urbano ha efectuado la inversión en mejorar la infraestructura vial en la Calle Grau de la Capilla, respondiendo al objetivo de mejorar la calidad de vida de la población de Negritos.

De acuerdo a los párrafos anteriores, la Municipalidad Distrital la Brea Negritos a través de la Dirección de Desarrollo Urbano ha efectuado la inversión en la construcción del Muelle Artesanal, con el propósito de equipar y operar el Centro de Investigación para el Procesamiento de Productos Pesqueros, destinado a desarrollar la producción experimental de productos enlatados, curados, congelados y otros, que se irán implementando de acuerdo a los programas de investigaciones que se realicen, dirigidos a lograr el máximo aprovechamiento de los recursos hidrobiológicos.

El proyecto, cumplirá una función promotora, orientada a estimular y complementar las actividades de producción de las empresas privadas, y contribuirá a la ampliación y diversificación de la oferta de los productos pesqueros procesados para las poblaciones del Perú.

La Obra Construcción del Muelle Negritos, consta de un Puente de 150.00 m. de largo y 5.00 m. de ancho; y el Cabezo de 50.00 m. de largo y 10.00 m. de ancho. Así mismo en el lado derecho del Cabezo hay un Embarcadero de 50.00 m. de longitud y 2.00 m. de ancho. Se inició la construcción en el año 2003 en su primera etapa y se viene construyendo según el proyecto actual en su segunda etapa, como se aprecia en las Figuras

SISTEMA ESTRUCTURAL DEL MUELLE ARTESANAL "NEGRITOS"

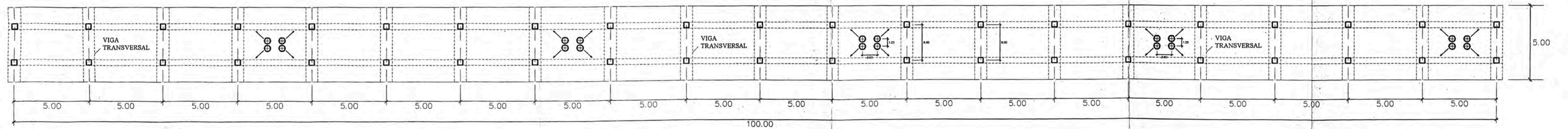
Figura I - 1

PLANTA DEL PUENTE - I ETAPA

PLANTA DEL PUENTE - II ETAPA

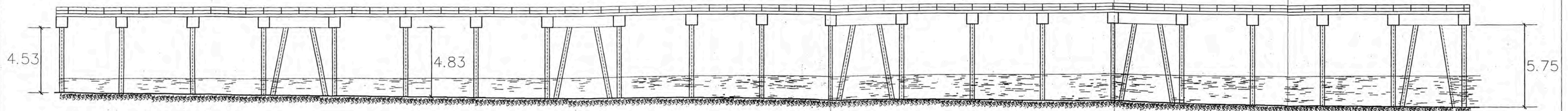
PLANTA DEL CABEZO

PLANTA DEL EMBARCADERO



PLANTA DEL MUELLE - I ETAPA

ESC. 1:200



PERFIL LONGITUDINAL - PUENTE I ETAPA

ESC. 1:200

DISEÑO DE CIMENTACIONES PROFUNDAS EN MAR – APLICACION MUELLE ARTESANAL "NEGRITOS" –
EVALUACION Y DISEÑO ESTRUCTURAL
HUARCAYA AMACHI MIGUEL ANGEL

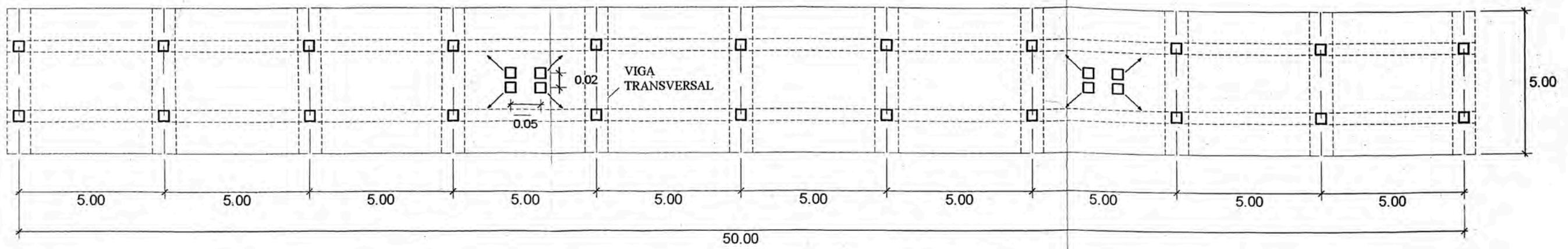
ESPECIFICACIONES TECNICAS

fy	: 4200 kg/cm ²
LOSAS PLANAS	: 280 kg/cm ²
VIGAS TRANSVERSALES	: 280 kg/cm ²
PILOTE	: 315 kg/cm ²
CARGA DE TRABAJO DE PILOTE	: 112 Tn.

RECUBRIMIENTOS:	
PILOTES	: 7.00 cm.
VIGAS	: 4.00 cm.
Cara Inferior	: 4 cm.
Cara Lateral	: 4 cm.
Cara Superior	: 4 cm.

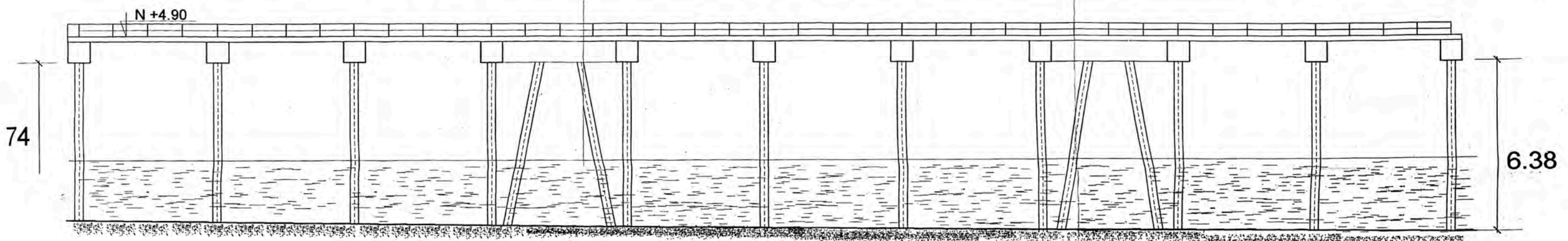
SISTEMA ESTRUCTURAL DEL MUELLE ARTESANAL " NEGRITOS "

Figura I - 2



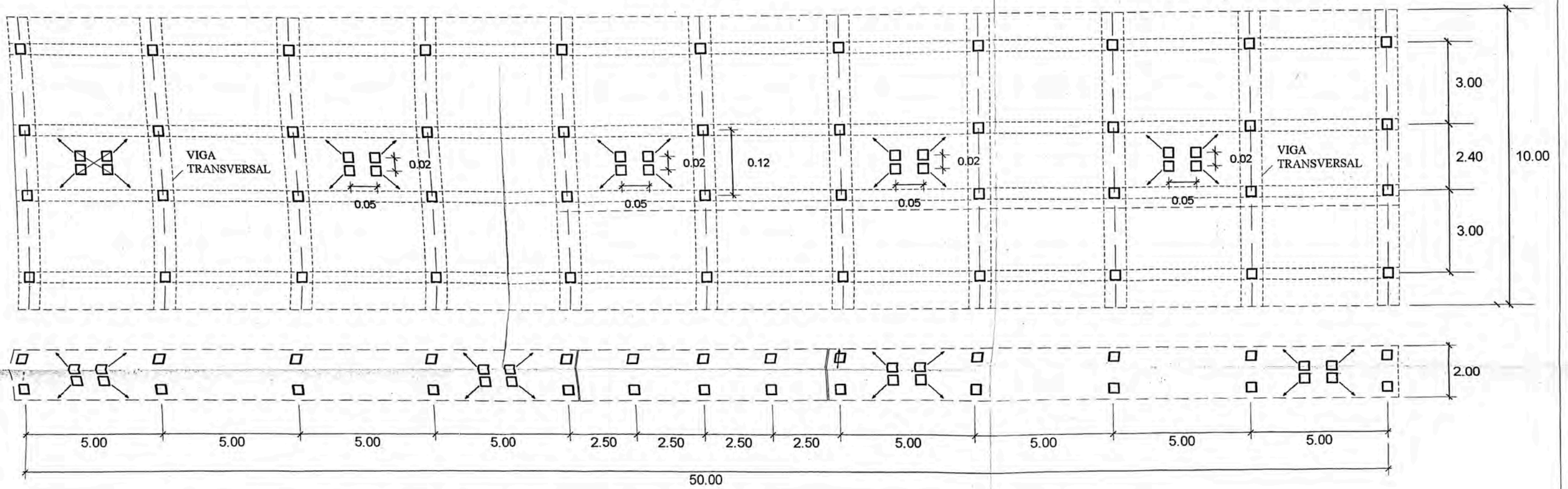
PLANTA DEL PUENTE - II ETAPA

ESC. 1:150



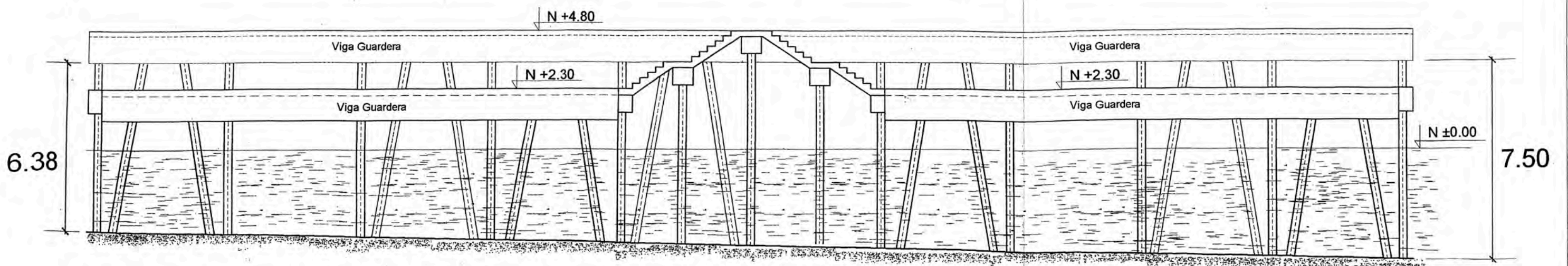
PERFIL LONGITUDINAL DEL PUENTE - II ETAPA

ESC. 1:150



PLANTA DEL CABEZO Y EMBARQUE

ESC. 1:150



PERFIL LONGITUDINAL DEL CABEZO Y EMBARQUE

ESC. 1:150

1.2 Ubicación Geográfica

Sector	:	Provincia
Localidad	:	Negritos
Distrito	:	La Brea
Provincia	:	Talara
Departamento:		Piura
Latitud Sur	:	04° 39.5'
Latitud Oeste	:	81° 18'

1.3 Acceso a la estructura

El Centro Poblado de Negritos, Distrito de La Brea, Provincia de Talara, Departamento de Piura, en cuyo ámbito se encuentra la Caleta de Negritos que desarrolla actividades de extracción y comercialización de especies pesqueras.

La caleta se encuentra a una distancia de 120 Km. de la capital del departamento de Piura al cual se encuentra conectada mediante una red vial asfaltada. Asimismo, también posee una adecuada conexión terrestre con las ciudades de Talara, Paita y la frontera con el Ecuador distante a 245 km.

1.4 Análisis Situacional Actual

La población del país presenta un bajo consumo per-cápita de origen pesquero especialmente en las zonas rurales y poblaciones alejadas de las costas por las distintas realidades geoeconómicas, a la ciencia de una cadena de frío en áreas interiores del país, vías de comunicación inapropiadas; y escasa diversificación de productos pesqueros, por esta razón el consumo de pescado está limitado en muchos casos a las zonas urbanas y otras cercanas a los puertos de desembarcaderos, lo que determina el bajo consumo per-cápita a nivel nacional.

En el distrito de la Brea donde se ubicara el proyecto, son escasas las oportunidades de empleo para la población estando la mayoría en la condición de sub-empleados y desempleados. Sin embargo, con las actividades de

procesamiento de los productos pesqueros que impulse el proyecto, avizora grandes posibilidades ocupacionales.

1.5 Fundamento Teórico

1.5.1 Pilotes

Los Pilotes o sistema por pilotaje, es un tipo de cimentación profunda de tipo puntual, que se hinca en el terreno buscando siempre el estrato resistente que pueda soportar las cargas transmitidas

1.5.2 Funciones y Usos

Los pilotes se utilizan cuando las cargas transmitidas por la estructura no se pueden distribuir adecuadamente en una cimentación superficial excediendo la capacidad portante del suelo.

También se emplean los pilotes para eliminar asentamientos no permitidos por la estructura, así como para transmitir esfuerzos a estratos de estratos de suelo blando o agua a estratos inferiores más resistentes que tengan la suficiente capacidad de carga para soportar la estructura.

1.5.3 Clasificación

Por su Interacción con el suelo

Pilotes de Punta:

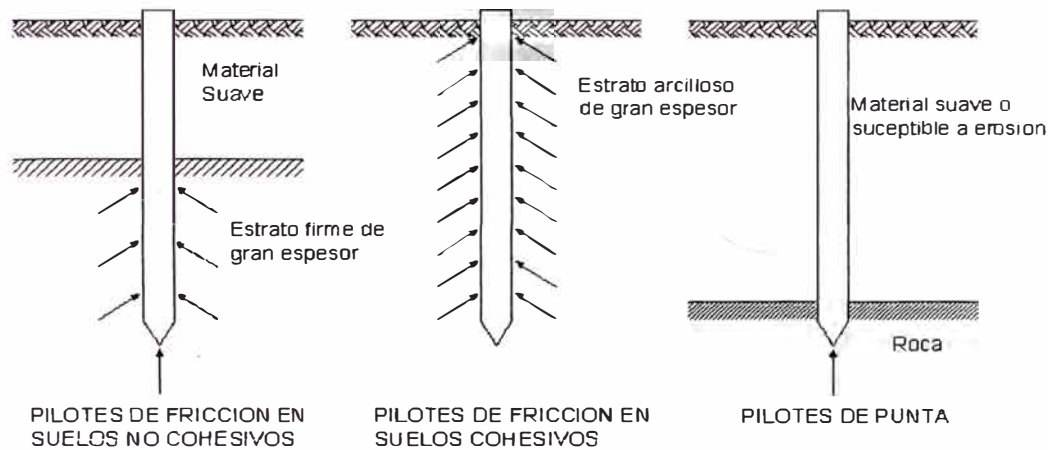
Son aquellos que funcionan principalmente como una columna que al soportar una carga sobre su extremo superior, desarrollan su capacidad de carga con apoyo directo sobre un estrato resistente, pudiendo desarrollarse una pequeña resistencia sobre la superficie del mismo.

Pilotes de Fricción:

Son aquellos que al estar soportando una carga sobre su cabeza dentro de un estrato profundo de suelo coherente, desarrollan su resistencia por el rozamiento que se genera a lo largo de éste y el suelo que lo rodea

Pilotes Mixtos:

Son aquellos elementos que utilizan las características de los de punta y de fricción.



Clasificación de los pilotes según la forma de transmitir la carga al suelo

Figura I - 3

Por el material que lo forma

Pilotes de Madera:

Estos pilotes están condicionados a efectos del crecimiento del árbol del cual provienen; y su durabilidad depende de la clase de madera y las condiciones físicas a la que ha estado expuesto durante su desarrollo.

Pilotes de Concreto:

Pueden ser reforzados con acero convencional o pretensados (prefabricados), por lo general son instalados por hincado, tienen sección transversal circular, cuadrada, hexagonal u octogonal y un ligero ahusamiento.

Los pilotes también pueden ser vaciados In situ, para lo cual primero se perfora el terreno y luego se procede al vaciado.

Pilotes de Acero:

Estos pilotes son siempre instalados por hincado, penetrando en el terreno fácilmente. Los pilotes de acero tienen una capacidad de soporte de carga algo más grande que los pilotes de concreto. Su alta resistencia y facilidad para el corte los hacen importantes.

CAPÍTULO II

ESTUDIOS PRELIMINARES

2.1 HIDROCEANOGRAFIA.-

El Muelle Artesanal "Negritos" se encuentra en una zona al abrigo de vientos considerables y por ende de corrientes superficiales despreciables

El estudio oceanográfico detalla que la altura de la ola máxima será de 3.50m a 4.00m y no existe peligro en cuanto a la socavación en la cimentación a base de pilotes.

2.2 GEOTECNIA.-

El estudio de suelos nos detalla que el suelo del terreno de fundación es una arena densa mal graduada en la mayor parte del estrato y grava mal graduada en las proximidades a la roca.

Recomienda que la profundidad de cimentación debe ser no mayor a 9.00 m, haciendo incidencia que el pilote debe ser empotrado hasta llegar al estrato rocoso.

2.2.1 CAPACIDAD PORTANTE

La capacidad portante del pilote se determinara su capacidad por punta y por fricción.

El cálculo de la capacidad portante del pilote por punta se determina mediante la siguiente expresión:

$$Pp = B^2 (1.3 c Nc + \gamma D_f N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma)$$

Donde:

B	:	0.35 m	Lado de la sección del pilote
c	:	0	Suelo granular
γ	:	1.87 Ton/m ³	Densidad promedio del suelo
D _f	:	8.00 m	Profundidad de cimentación
N _c	:	95.7	
N _q	:	81.3	

$$N_y : 100.4$$

Entonces:

$$P_p = 0.35^2 (1.87 \times 8 \times 81.4 + 0.4 \times 1.87 \times 0.35 \times 100.4)$$

$$P_p = 152.59 \text{ Ton}$$

El cálculo de la capacidad portante por fricción se determina mediante la siguiente expresión:

$$P_f = \sum A_s f_s$$

Donde:

A_s : $4 \times 0.35 \times 8.00$ Área efectiva de la superficie lateral del pilote

f_s : 3.50 Ton/m^2 Resistencia friccional en las caras laterales del pilote

$$P_f = 4 \times 0.35 \times 8 \times 7.0 = 39.2$$

Por lo tanto la resistencia del suelo será:

$$P = P_p + P_f$$

$$P = 152.59 + 39.2$$

$$P = 191.60 \text{ Ton}$$

2.2.2 CALCULO DE LA CONSTANTE DE BALASTRO

Para suelos arenosos la constante de balastro se determina mediante la siguiente expresión:

$$Kn = Nn \frac{Z}{D}$$

$$Nn = \left(\left(\frac{Nc}{0.36Nc + 32} \right)^{1.7} + 0.03 \right) \times 10^4$$

Donde:

Nc : SPT del ensayo de penetración.

Determinamos los valores de la Constante de Balastro hasta una profundidad de 7.00 m

Z	Nc	Nn (Kn/m3)	Kn (Kn/m3)	Kn (Ton/m3)	Kn (Ton/m)
1	32	6,605.10	18,871.70	1,923.72	673.30
2	32	13,176.44	75,293.95	7,675.22	2,686.33
3	62	26,366.17	225,995.78	23,037.29	8,063.05
4	16	5,957.09	68,080.99	6,939.96	2,428.99
5	16	5,957.09	85,101.23	8,674.95	3,036.23
6	41	17,285.35	296,320.24	30,205.94	10,572.08
7	46	19,524.19	390,483.72	39,804.66	13,931.63

Constante de Balastro del Suelo

Cuadro II - 1

CAPÍTULO III

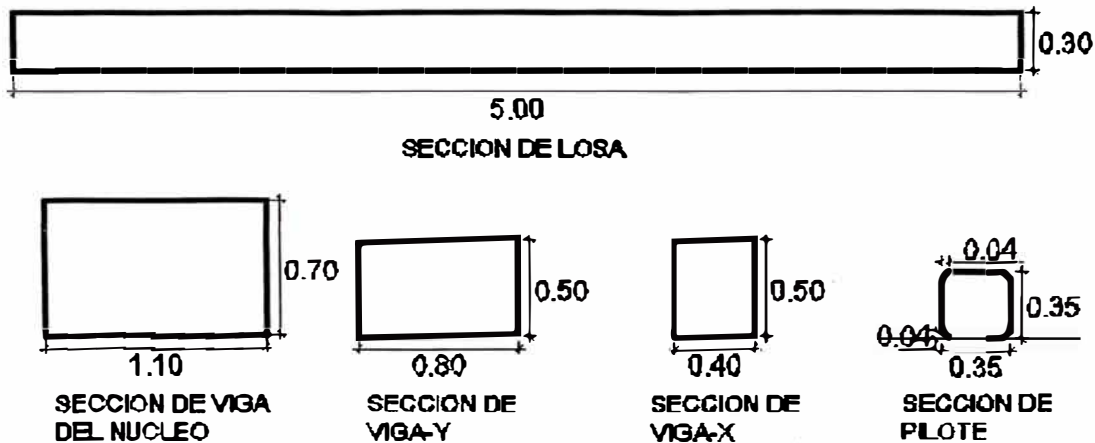
EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA CIMENTACION EXISTENTE

3.1 ANALISIS ESTRUCTURAL DEL PUENTE

Para la verificación en la subestructura de la Cimentación Profunda del puente del muelle, tenemos que hallar las cargas de diseño últimas que llegan a los pilotes como son momentos y fuerzas axiales, para lo cual usaremos el programa de computo SAP 2000 en el análisis de la estructura.

3.1.1 GEOMETRIA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El Puente tiene una longitud de 100.00m dividido en 20 tramos cuya distancia entre ejes es de 5.00m, la longitud de las vigas transversales es de 5.00m con una sección para nuestro modelo simplificado de 0.80x0.50m y la longitud de cada paño de la losa es de 5.00m con una sección de 5.00x0.30m



Secciones de los elementos estructurales del puente del muelle - I Etapa

Figura III - 1

3.1.2 DETERMINACION DE CARGAS

a) Calculo de las Fuerzas de Gravedad.-

- Cargas Muertas

Peso Propio - LOSA

El programa lo considera según su geometría.

Peso Propio - VIGAS TRANSVERSALES

El programa lo considera según su geometría.

Peso Propio - VIGAS DE NUCLEO

El programa lo considera según su geometría.

Peso Propio – PILOTES VERTICALES

El programa lo considera según su geometría.

Peso Propio – PILOTES INCLINADOS

El programa lo considera según su geometría.

- **Cargas Vivas.-**

Peso de Sobrecarga

Será de 1.00 Ton/m²

Peso de Grúa Camión

Será de 33.00 Ton y puntual móvil.

b) Cálculo de la Fuerza del Viento

Las fuerzas de vientos que actúan sobre un barco atracado pueden ser aditivas a las fuerzas de impacto lateral del barco, a partir de la componente del movimiento hacia adelante, normal hacia la cara de la estructura, mientras el movimiento longitudinal permanece inalterado.

En nuestro caso la ubicación que tiene el muelle, determina que las fuerzas no influyan en los estados de carga y por ende en el diseño, debido fundamentalmente a que toda la zona en mención se encuentra en un mar relativamente tranquilo, sin embargo tenemos que analizarlo.

Las fuerzas de viento sobre estructuras, muelles y plataformas de amarre, actuando sobre ellos, pueden ser determinados a partir de la fórmula:

$$P_w = 0.003V_w^2$$

Donde:

P_w : Carga Horizontal de viento

V_w : Velocidad del Viento M.P.H

$$V_w = 16 \text{ MPH}$$

Reemplazando valores tenemos:

$$P_w = 0.003 \times (16)^2$$

$$P_w = 0.768 \text{ Lb / ft}^2$$

$$P_w = 0.000376 \text{ kg / cm}^2$$

Área aproximada del tramo: 1'300,000 cm²

$$FH = 1'300,000 \times 0.000376$$

$$FH = 488.80 \text{ Kg} \leftrightarrow 0.49 \text{ Ton}$$

Como se puede apreciar la fuerza del viento demasiado pequeño como para ser considerado en el análisis.

c) Cálculo de la Fuerza Sísmica

Como en el modelo estructural está formado a base de pórticos de concreto armado en ambas direcciones, la cortante en la base se puede determinar a partir de la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

PARAMETRO	DESCRIPCION	VALOR
Z	Zona III , Piura	0.40
U	Muelle artesanal	1.30
C	Suelo Arenoso	2.5
S	Suelo Arenoso	1.20
R	Sistema Aporticado	10

Factores de amplificación sísmica para el puente – I Etapa

Cuadro III - 1

El Peso Propio de la superestructura será el peso de la estructura más un porcentaje de la carga viva (50%), como detallamos a continuación:

Peso Propio de Losa	:	2.40x5.00x100x0.30
Peso Propio de las Vigas Transversales	:	21x2.40x5.00x0.80x0.50
Peso Propio de las Vigas Longitudinales	:	40x2.40x5.00x0.40x0.50
Peso Propio de las Vigas de Núcleos	:	5x2.40x1.10x0.70x4.20
Peso Propio de los Pilotes Verticales	:	21x2.40x0.35x0.35x6.50
Peso Propio de los Pilotes Incluidos	:	20x2.40x0.35x0.35x6.70
Peso de Carga Viva (50%)	:	1.00x100x5.00x0.50

$$P = 886.97 \text{ Ton}$$

Reemplazando valores:

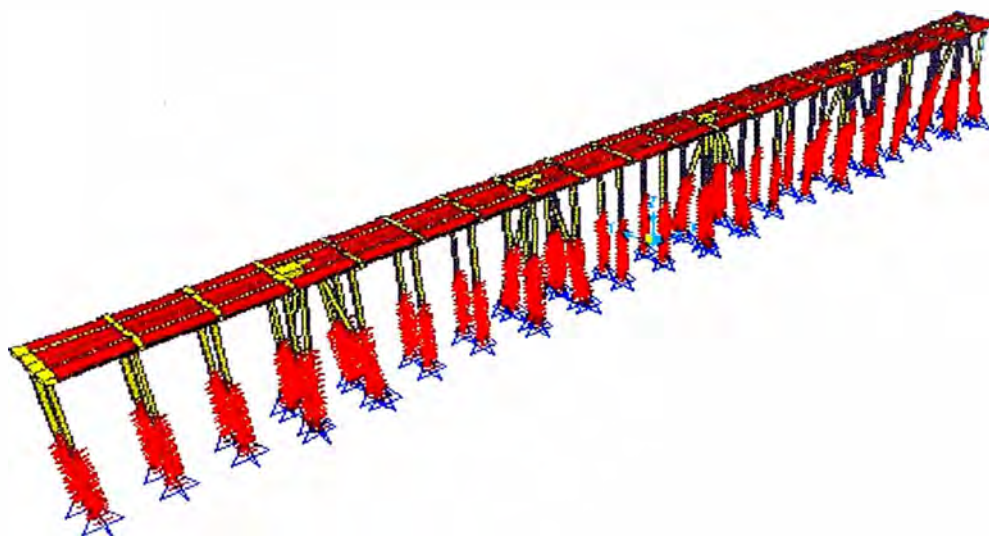
$$V = 0.156P \geq 0.12P \text{ (Fuerza Sísmica Mínima)}$$

$$V = 0.156 \times 886.97$$

$$V = 138.37 \text{ Ton}$$

3.1.3 MODELO ESTRUCTURAL DEL PUEBTE DEL MUELLE ARTESANAL “NEGRITOS”

Para el análisis estructural, proponemos un modelo tridimensional del puente del muelle conformado por pórticos en la dirección transversal y longitudinal; también consideramos una longitud uniforme de los pilotes, debido a que no existe mucha variación de longitudes de los pilotes; hacia las vigas de núcleo llegan pilotes verticales e inclinados, cuya sección es como se muestra en la Figura IV - 1 y se puede modelar como sección cuadrada de 0.35x0.35 m.



Modelo estructural del puente del Muelle “Negritos” – I Etapa

Figura III – 2

Para el análisis estructural se tienen las siguientes consideraciones:

- Combinaciones de carga:

$$U = 1.5 \text{ CM} + 1.8 \text{ CV}$$

$$U = 1.25 (\text{CM} + \text{CV}) \pm 1.00 \text{ CS}$$

$$U = 0.9 \text{ CM} \pm 1.00 \text{ CS}$$

Donde:

CM : Carga Muerta

CV : Carga Viva

CS : Carga Sísmica

- La losa del puente actúa en conjunto con las vigas transversales y las vigas de núcleo como diafragma rígido para que tengan los mismos desplazamientos laterales y una buena distribución de las fuerzas horizontales en función de sus rigideces.
- Para el caso de las cargas móviles, como el Camión-Grúa, se agrega una viga ficticia de dimensiones despreciables para que actúe como vía, para efectos de cálculo.
- Los apoyos inferiores son articulados al final de la longitud de empotramiento.
- La fuerza de sismo actúa en el centro de rigideces y en las dos direcciones de análisis.
- Debido a la interacción del suelo con el pilote se añaden resortes (Constante de Balastro) a lo largo de la longitud de empotramiento y en ambos sentidos.

3.1.4 RESUMEN DE RESULTADOS

De los resultados hallados con el programa Sap2000 se tiene un valor de Fuerza Axial y Momento Flector de resistencia par las diferentes combinaciones de carga, como sigue:

Nº	COMBINACION	Pu (Ton)	Mu (Ton-m)
1	1.5 D + 1.8 L	91.15	2.94
2	1.25 D + 1.25 L + 1.00 Sx	66.59	3.78
3	1.25 D + 1.25 L - 1.00 Sx	66.62	4.36
4	0.90 D + 1.00 Sx	50.63	2.65
5	0.90 D - 1.00 Sx	50.63	2.62
6	1.25 D + 1.25 L + 1.00 Sy	82.56	2.76
7	1.25 D + 1.25 L - 1.00 Sy	83.57	2.79
8	0.90 D + 1.00 Sy	68.13	1.63
9	0.90 D - 1.00 Sy	68.43	1.56

Fuerzas Axiales y Momentos Flectores de diseño

Cuadro III – 2

3.2 VERIFICACION DEL DISEÑO DEL PUEBTE DEL MUELLE ARTESANAL "NEGRITOS"

3.2.1 VERIFICACION DE DESPLAZAMIENTOS

El puente del muelle artesanal "Negritos" en la superestructura se deformara homogéneamente en todos sus tramos, pues se considera como una losa infinitamente rígida.

El desplazamiento permitido viene dado por la siguiente expresión:

$$d_i / L_n \leq 0.007$$

El máximo desplazamiento obtenido del análisis estructural es:

$$d_i = 0.0175 \text{ m}$$

Entonces:

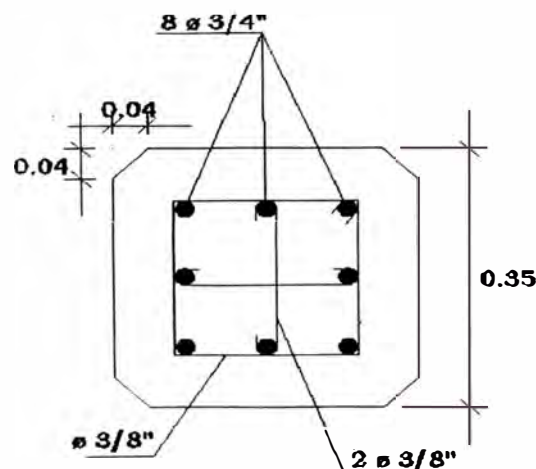
L_n : 6.50 m Longitud libre

$$d_i / L_n = 0.0175 / 6.50 = 0.003 \leq 0.007$$

Es conforme.

3.2.2 VERIFICACION DEL ACERO DE REFUERZO

El refuerzo utilizado para el puente del muelle en su primera etapa es igual a 8 ϕ 3/4"



Detalle del acero de refuerzo de la sección del pilote

Figura III – 3

$$A_s = 8 \times 2.85 = 22.80 \text{ cm}^2$$

$$A_g = 35 \times 35 = 1,225.00 \text{ cm}^2$$

Luego la cuantía será:

$$\rho_t = A_s / A_g$$

$$\rho_t = 22.80 / 1,225.00 = 0.0186$$

$$0.01 < \rho_t = 0.0186 < 0.06$$

Nuestra cuantía se encuentra dentro del rango establecido, luego se verifica que el par ordenado (Pu,Mu), de los datos del cuadro III – 4, se encuentren dentro del área permisible del diagrama de iteracciones.

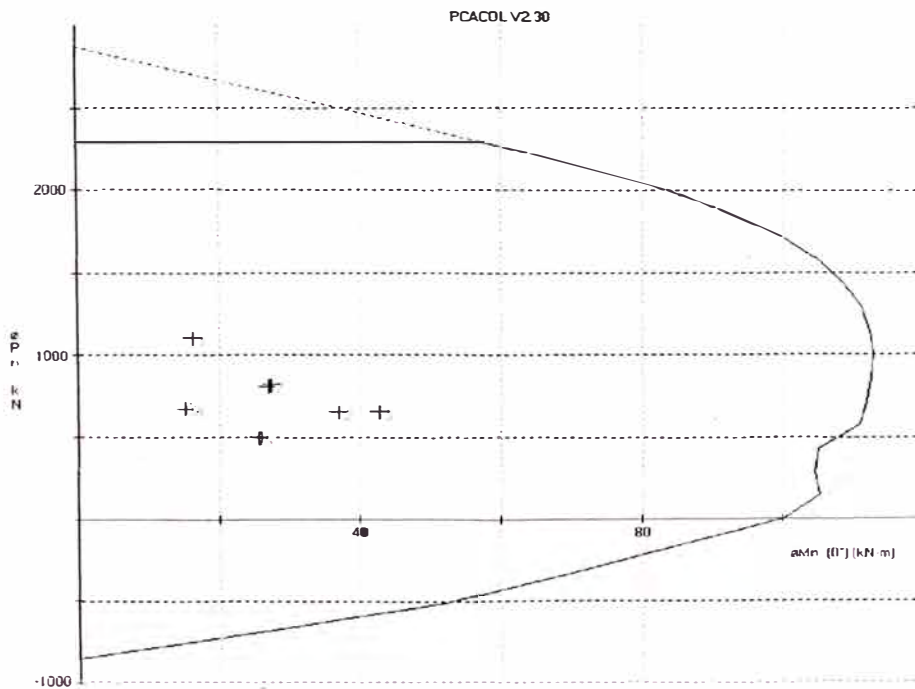


Diagrama de Iteracciones de la sección del pilote

Figura III - 4

Podemos apreciar que nuestra distribución de acero es conforme.

3.2.3 VERIFICACION DE LA SECCION TRANSVERSAL

Para pilotes con estribos se tiene la siguiente expresión:

$$A_g \geq \frac{P_u}{0.45(f'_c + f_y \rho_t)}$$

$$A_g \geq \frac{79,680}{0.45 (315+4200 \times 0.0186)}$$

$$A_g \geq 450 \text{ cm}^2$$

Para nuestro pilote de sección 35X35 cm, el área de la sección es de:

$$A_g = 1,225 \text{ cm}^2$$

Se concluye que las secciones y sus cuantías son adecuadas y soportaran las cargas actuantes

CAPÍTULO IV

EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA CIMENTACION PROYECTADA

4.1 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA CIMENTACIÓN

4.1.1 CALCULO DE LA LONGITUD DE EMPOTRAMIENTO

Para todas las estructuras del muelle se determinan las longitudes de empotramiento, que en este caso es única debido a que los pilotes tienen la misma sección y están hincados en el mismo tipo de suelo.

Para suelos granulares, limo y turba tenemos:

$$L_e = 4T \quad (\text{Longitud de empotramiento})$$

Donde:

$$T = (EI / Nh)^{0.20}$$

De la geometría de la sección de los estudios de mecánica de suelos tenemos los siguientes datos:

$$E = 15000(f'c)^{0.5} = 15000(315)^{0.5} = 2.66 \text{ E}+5 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 3.79 \text{ E}+6 \text{ Lb/in}^2 \quad \text{Modulo de Elasticidad del concreto}$$

$$I = 2,802.8 \text{ in}^4 \quad \text{Momento de Inercia de la sección del pilote}$$

$$Nh = 10 \text{ Lb/in}^2 \text{ (Arena)} \quad \text{Coef. del Modulo de Subgrado horizontal}$$

Reemplazando valores tenemos:

$$T = (3.79 \times 10^6 \times 2,802.4 / 10)^{0.20}$$

$$T = 64 \text{ in} \approx 1.60 \text{ m}$$

$$L_e = 4 \times 1.60$$

$$L_e = 6.40 \text{ m}$$

Por lo tanto tenemos que la longitud de empotramiento para la cimentación del muelle no será menor que 6.40 m.

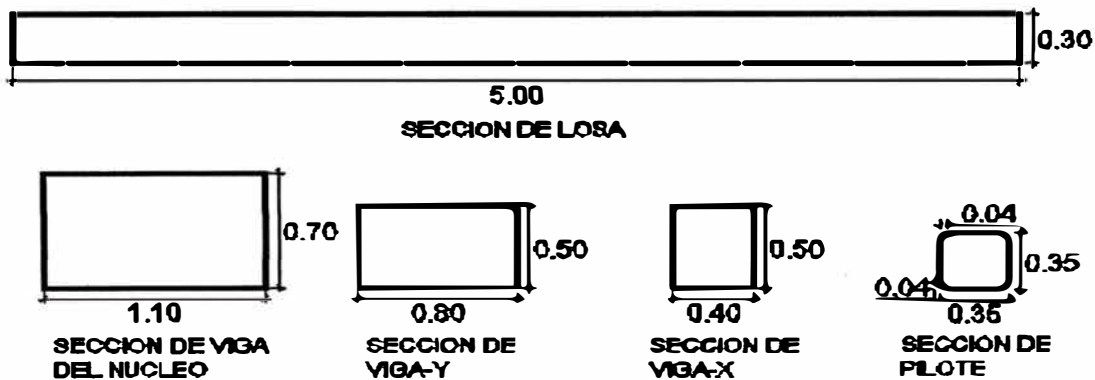
El estudio geotécnico de la zona recomienda una longitud de empotramiento desde el fondo marino hasta llegar a la roca ($L_e = 8.00$)

4.1.2 ANALISIS ESTRUCTURAL DEL PUENTE

Para el diseño de la Cimentación Profunda en el puente del muelle, tenemos que hallar las cargas de diseño últimas que llegan a los pilotes como son momentos y fuerzas axiales, para lo cual usaremos el programa de computo SAP 2000, como herramienta de cálculo, en el análisis de la estructura.

GEOMETRIA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El Puente tiene una longitud de 50.00m dividido en 10 tramos cuya distancia entre ejes es de 5.00m, la longitud de las vigas transversales es de 5.00m con una sección para nuestro modelo simplificado de 0.80x0.50m y la longitud de la losa prefabricada es de 5.00m con una sección de 5.00x0.30m



Secciones de los elementos estructurales del puente – II Etapa

Figura IV - 1

DETERMINACION DE CARGAS

a) **Calculo de las Fuerzas de Gravedad**

- **Cargas Muertas**

Peso Propio - LOSA

El programa lo considera según su geometría.

Peso Propio - VIGAS TRANSVERSALES

El programa lo considera según su geometría.

Peso Propio - VIGAS DE NUCLEO

El programa lo considera según su geometría.

Peso Propio – PILOTES VERTICALES

El programa lo considera según su geometría.

Peso Propio – PILOTES INCLINADOS

El programa lo considera según su geometría.

- **Cargas Vivas**

Peso de Sobrecarga

Será de 1.00 Ton/m²

Peso de Grúa Camión

Será de 33.00 Ton y puntual móvil.

b) Calculo de la Fuerza del Viento

Como se determino en el análisis del puente existente (Cap. III), las fuerzas de viento son despreciables por la ubicación del proyecto.

c) Calculo de la Fuerza Sísmica

Como en el modelo estructural está formado a base de pórticos de concreto armado en ambas direcciones, la fuerza sísmica se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

PARAMETRO	DESCRIPCION	VALOR
Z	Zona III , Piura	0.40
U	Muelle artesanal	1.30
C	Suelo Arenoso	2.5
S	Suelo Arenoso	1.20
R	Sistema Aporticado	10

Factores de amplificación sísmica para el puente – II Etapa

Cuadro IV - 1

El Peso Propio de la superestructura será el peso de la estructura más un porcentaje de la carga viva (50%), como detallamos a continuación:

Peso Propio de Losa	:	2.40x5.00x50x0.30
Peso Propio de las Vigas Transversales	:	11x2.40x5.00x0.80x0.50
Peso Propio de las Vigas Longitudinales	:	20x2.40x5.00x0.40x0.50
Peso Propio de las Vigas de Núcleos	:	2x2.40x1.10x0.70x4.20
Peso Propio de los Pilotes Verticales	:	22x2.40x0.35x0.35x6.80
Peso Propio de los Pilotes Inclínados	:	8x2.40x0.35x0.35x7.00
Peso de Carga Viva (50%)	:	1.00x50x5.00x0.50

$$P = 481.77 \text{ Ton}$$

Reemplazando valores:

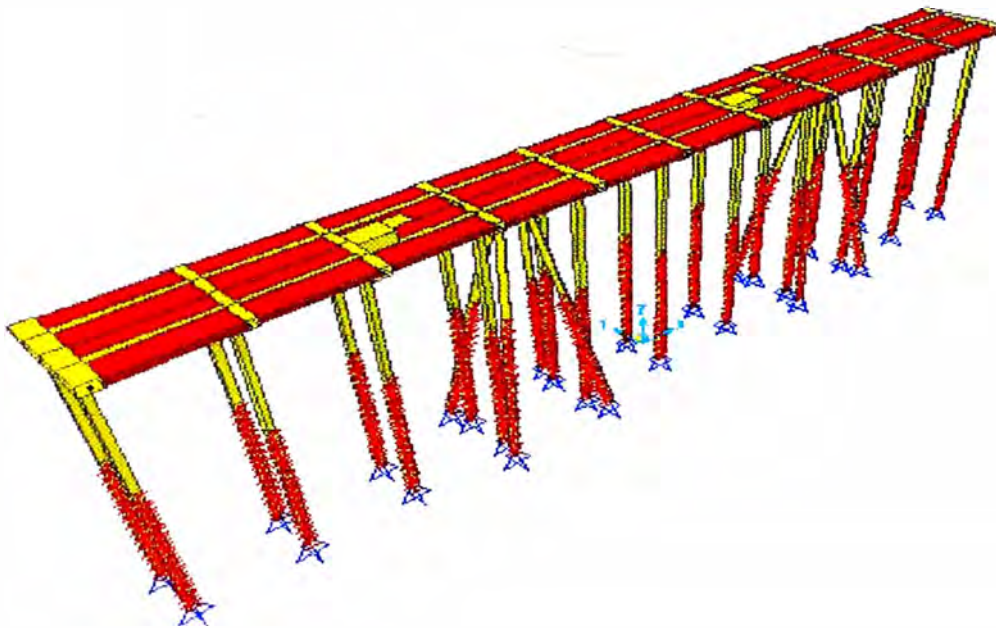
$$V = 0.156P \geq 0.12P \text{ (Fuerza Sísmica Mínima)}$$

$$V = 0.156 \times 925.14$$

$$V = 75.16 \text{ Ton}$$

MODELO ESTRUCTURAL DEL PUENTE PROYECTADO PARA EL MUELLE ARTESANAL “NEGRITOS”

Para el análisis estructural, proponemos un modelo tridimensional del puente del muelle basado en pórticos en la dirección transversal y longitudinal; también consideramos una longitud uniforme promedio de los pilotes, debido a que no existe variaciones significativas entre ellos; hacia las vigas de núcleo llegan pilotes verticales e inclinados, cuya sección es como se muestra en la Figura IV - 1 y se puede modelar como sección cuadrada de 0.35x0.35 m.



Modelo estructural del puente del Muelle “Negritos” – II Etapa

Figura IV – 2

Para el caso de las cargas móviles como el Camión-Grúa, se agrega una viga ficticia de dimensiones despreciables para que actúe como vía.

Para el análisis estructural se tienen las siguientes consideraciones:

- Combinaciones de carga:

$$U = 1.5 \text{ CM} + 1.8 \text{ CV}$$

$$U = 1.25 (\text{CM} + \text{CV}) \pm 1.00 \text{ CS}$$

$$U = 0.9 \text{ CM} \pm 1.00 \text{ CS}$$

Donde:

CM	:	Carga Muerta
CV	:	Carga Viva
CS	:	Carga Sísmica

- La losa del puente actúa en conjunto con las vigas transversales, las vigas longitudinales y las vigas de núcleo como diafragma.
- En toda la longitud de empotramiento existen resortes (Constante de Balastro) a cada 1.00 m que actúan como la interacción del suelo al pilote
- La fuerza de sismo actúa en el centro de rigideces y en las dos direcciones de análisis.

RESUMEN DE RESULTADOS

De los resultados hallados con el programa Sap2000 se tiene un valor de Fuerza Axial y Momento Flector de resistencia para las diferentes combinaciones de carga, como sigue:

Nº	COMBINACION	Pu (Ton)	Mu (Ton-m)
1	1.5 D + 1.8 L	90.23	2.50
2	1.25 D + 1.25 L + 1.00 Sx	79.38	4.83
3	1.25 D + 1.25 L - 1.00 Sx	78.04	4.80
4	0.90 D + 1.00 Sx	71.62	3.29
5	0.90 D - 1.00 Sx	72.10	3.29
6	1.25 D + 1.25 L + 1.00 Sy	99.42	2.79
7	1.25 D + 1.25 L - 1.00 Sy	98.87	2.78
8	0.90 D + 1.00 Sy	91.49	1.33
9	0.90 D - 1.00 Sy	93.08	1.33

Fuerzas Axiales y Momentos Flectores de diseño

Cuadro IV – 2

VERIFICACION DE DESPLAZAMIENTOS

El puente del muelle artesanal "Negritos" en la superestructura se deformara homogéneamente en todos sus tramos, pues se considera como una losa infinitamente rígida.

El desplazamiento permitido viene dado por la siguiente expresión:

$$d_i / L_n \leq 0.007$$

El máximo desplazamiento obtenido del análisis estructural es:

$$d_i = 0.0368 \text{ m}$$

Entonces:

L_n : 6.80 m Longitud libre

$$d_i / L_n = 0.0368 / 6.80 = 0.005 \leq 0.007$$

Es conforme.

VERIFICACION DEL ACERO DE REFUERZO

El para el puente (II Etapa) del muelle es $8 \phi 3/4"$

$$A_s = 8 \times 2.85 = 22.80 \text{ cm}^2$$

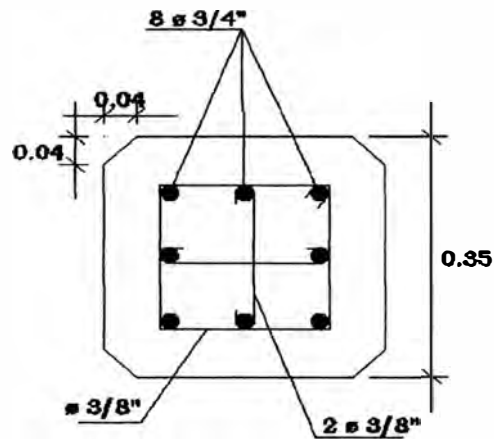
$$A_g = 35 \times 35 = 1,225.00 \text{ cm}^2$$

Luego la cuantía será:

$$\rho_t = A_s / A_g$$

$$\rho_t = 22.80 / 1,225.00 = 0.0186$$

Nuestra cuantía se encuentra dentro de lo permitido y la distribución será como sigue en la Figura IV - 3



Detalle del acero de refuerzo de la sección del pilote
 Figura IV – 3

Se verifica que el par ordenado (P_u, M_u) , de los datos del cuadro IV – 2, se encuentren dentro del área permisible del diagrama de iteraciones.

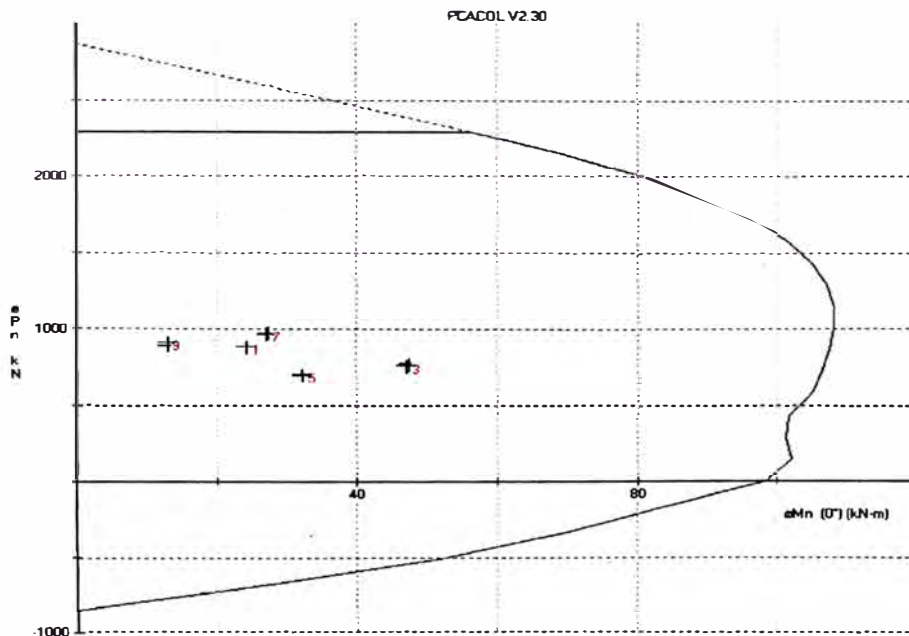


Diagrama de iteración para la sección del pilote
 Figura IV – 4

Podemos apreciar que los puntos se encuentran dentro del área encerrada por la curva de iteración, por lo que el acero propuesto y su distribución es conforme.

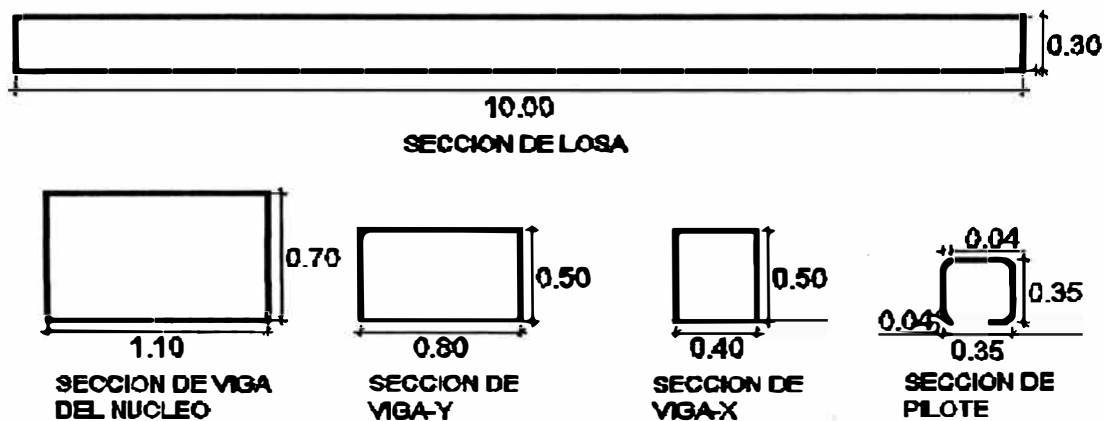
4.1.3 ANALISIS ESTRUCTURAL DEL CABEZO

Se determinara las cargas de diseño últimas que llegan a los pilotes como son momentos, fuerzas axiales y cortantes, para lo cual usaremos el programa de computo SAP 2000, para el análisis de la estructura.

El análisis se hará a partir de un modelo estructural el cual está formado por pórticos en ambas direcciones.

GEOMETRIA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El Cabezo del muelle tiene una longitud de 50.00 m de largo y 10.00 m de ancho, el sistema estructural está formado por pórticos en ambas direcciones, las secciones de los elementos estructurales es como se detalla en la figura:



Secciones de los elementos estructurales Cabezo proyectado

Figura IV - 5

DETERMINACION DE CARGAS

a) Calculo de las Fuerzas de Gravedad.-

- Cargas Muertas

Peso Propio - LOSA

El programa lo considera según su geometría.

Peso Propio - VIGAS TRANSVERSALES

El programa lo considera según su geometría.

Peso Propio - VIGAS DE NUCLEO

El programa lo considera según su geometría.

Peso Propio – PILOTES VERTICALES

El programa lo considera según su geometría.

Peso Propio – PILOTES INCLINADOS

El programa lo considera según su geometría.

- **Cargas Vivas**

Peso de Sobrecarga

Será de 1.00 Ton/m²

Peso de Grúa Camión

Será de 33.00 Ton y puntual móvil.

b) Cálculo de la Fuerza del Viento

Como se determino en el análisis del puente existente, las fuerzas de viento son despreciables en la ubicación del proyecto.

c) Cálculo de la Fuerza Sísmica

Como en el modelo estructural está formado a base de pórticos de concreto armado en ambas direcciones, se puede calcular la fuerza sísmica a partir de la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

PARAMETRO	DESCRIPCION	VALOR
Z	Zona III , Piura	0.40
U	Muelle artesanal	1.30
C	Suelo Arenoso	2.5
S	Suelo Arenoso	1.20
R	Sistema Aporticado	10

Factores de amplificación sísmica para el Cabezo del muelle

Cuadro IV - 3

El Peso Propio de la superestructura será el peso de la estructura más un porcentaje de la carga viva (50%), como detallamos a continuación:

- Peso Propio de Losa : 2.40x10.00x50.00x0.30
- Peso Propio de las Vigas Transversales : 11x2.40x10.00x0.80x0.50
- Peso Propio de las Vigas Longitudinales : 40x2.40x0.40x0.50x5.00
- Peso Propio de las Vigas de Núcleos : 5x2.40x1.10x0.70x4.20
- Peso Propio de los Pilotes Verticales : 44x2.40x0.35x0.35x8.00
- Peso Propio de los Pilotes Inclinaados : 20x2.40x0.35x0.35x8.25
- Peso de Carga Viva (50%) : 1.00x10x50x0.50

P = 1,002.41 Ton

Reemplazando valores:

$V = 0.156P \geq 0.12P$ (Fuerza Sísmica Mínima)

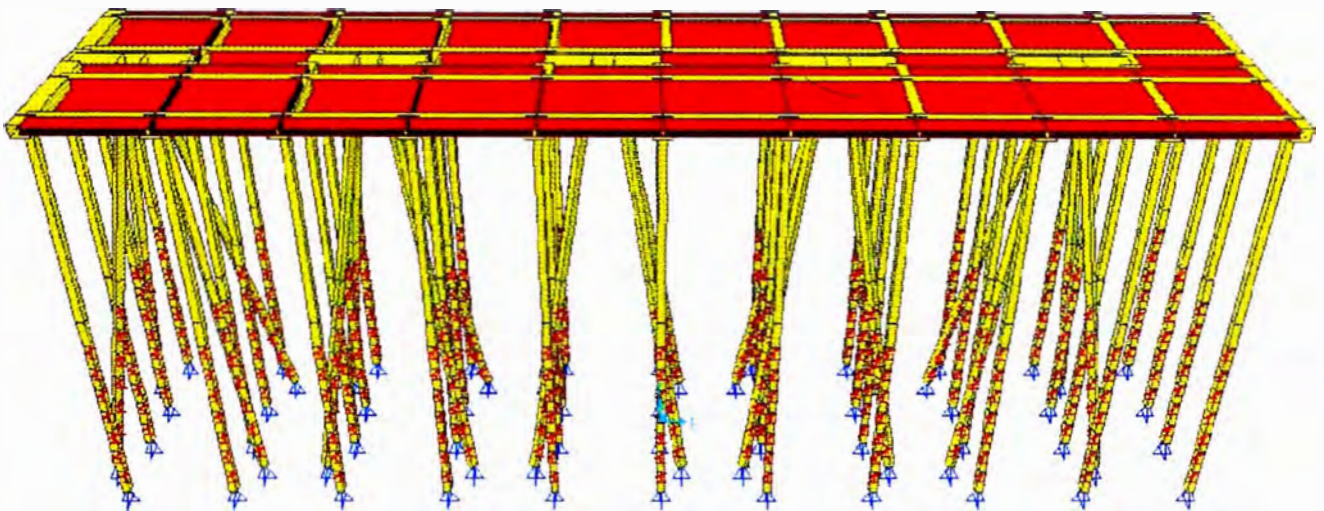
$V = 0.156x1,002.41$

V = 156.38 Ton

*El análisis sísmico se hace en las dos direcciones, la fuerza que absorben los elementos estructurales en una dirección son la fuerza de sismo en la dirección de estudio mas el 30% de la misma fuerza en la dirección perpendicular.

MODELO ESTRUCTURAL DEL CABEZO PARA EL MUELLE ARTESANAL "NEGRITOS"

Para el análisis estructural, proponemos un modelo tridimensional del muelle basado en pórticos en la dirección transversal y longitudinal; también consideramos una longitud uniforme promedio de los pilotes, debido a que no existe variaciones significativas entre ellos; hacia las vigas de núcleo llegan pilotes verticales e inclinados, cuya sección es como se muestra en la Figura IV - 5 y se puede modelar como sección cuadrada de 0.35x0.35 m.



Modelo estructural del Cabezo del Muelle "Negritos"

Figura IV – 6

Para el caso de las cargas móviles como el Camión-Grúa, se agrega una viga ficticia en el centro del tablero, solo para efectos del cálculo, de dimensiones despreciables para que actúe como vía.

Para el análisis estructural se tienen las siguientes consideraciones:

- Combinaciones de carga:

$$U = 1.5 \text{ CM} + 1.8 \text{ CV}$$

$$U = 1.25 (\text{CM} + \text{CV}) \pm 1.00 \text{ CS}$$

$$U = 0.9 \text{ CM} \pm 1.00 \text{ CS}$$

Donde:

CM : Carga Muerta

CV : Carga Viva

CS : Carga Sísmica

- La losa del Cabezo actúa en conjunto con las vigas transversales, las vigas longitudinales y las vigas de núcleo como diafragma rígido para que tengan los mismos desplazamientos laterales y una buena distribución de las fuerzas horizontales en función de sus rigideces.
- Los apoyos inferiores son articulados en el término de la longitud de empotramiento.
- En toda la longitud de empotramiento existen resortes a cada 1.00 m que actúan como la interacción del suelo al pilote.

RESUMEN DE RESULTADOS

De los resultados hallados con el programa Sap2000 se tiene un valor de Fuerza Axial y Momento Flector de resistencia par las diferentes combinaciones de carga, como sigue:

Nº	COMBINACION	Pu (Ton)	Mu (Ton-m)
1	1.5 D + 1.8 L	112.10	4.99
2	1.25 D + 1.25 L + 1.00 Sx	80.37	4.66
3	1.25 D + 1.25 L - 1.00 Sx	79.96	4.65
4	0.90 D + 1.00 Sx	60.24	2.21
5	0.90 D - 1.00 Sx	60.25	2.25
6	1.25 D + 1.25 L + 1.00 Sy	89.98	3.79
7	1.25 D + 1.25 L - 1.00 Sy	88.41	4.41
8	0.90 D + 1.00 Sy	74.13	1.65
9	0.90 D - 1.00 Sy	73.75	1.66

Fuerzas Axiales y Momentos Flectores de diseño

Cuadro IV – 4

VERIFICACION DE DESPLAZAMIENTOS

El cabezo del muelle artesanal "Negritos" en la superestructura se deformara homogéneamente en todos sus tramos, pues se considera como una losa infinitamente rígida.

El desplazamiento permitido viene dado por la siguiente expresión:

$$d_i / L_n \leq 0.007$$

El máximo desplazamiento obtenido del análisis estructural es:

$$d_i = 0.0225 \text{ m}$$

Entonces:

L_n : 8.00 m Longitud libre

$$d_i / L_n = 0.0225 / 8.00 = 0.003 \leq 0.007$$

Es conforme.

VERIFICACION DEL ACERO DE REFUERZO

El refuerzo utilizado para el cabezo del muelle proyectado es $8 \phi 3/4"$

$$A_s = 8 \times 2.85 = 22.80 \text{ cm}^2$$

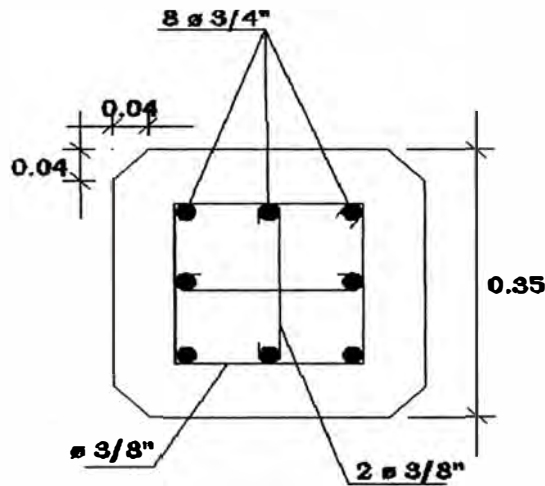
$$A_g = 35 \times 35 = 1,225.00 \text{ cm}^2$$

Luego la cuantía será:

$$\rho_t = A_s / A_g$$

$$\rho_t = 22.80 / 1,225.00 = 0.0186$$

Nuestra cuantía se encuentra dentro de lo permitido y la distribución será como sigue en la Figura IV - 7



Detalle del acero de refuerzo de la sección del pilote

Figura IV – 7

Se verifica que el par ordenado (P_u, M_u) , de los datos del cuadro IV – 4, se encuentren dentro del área permisible del diagrama de iteraciones.

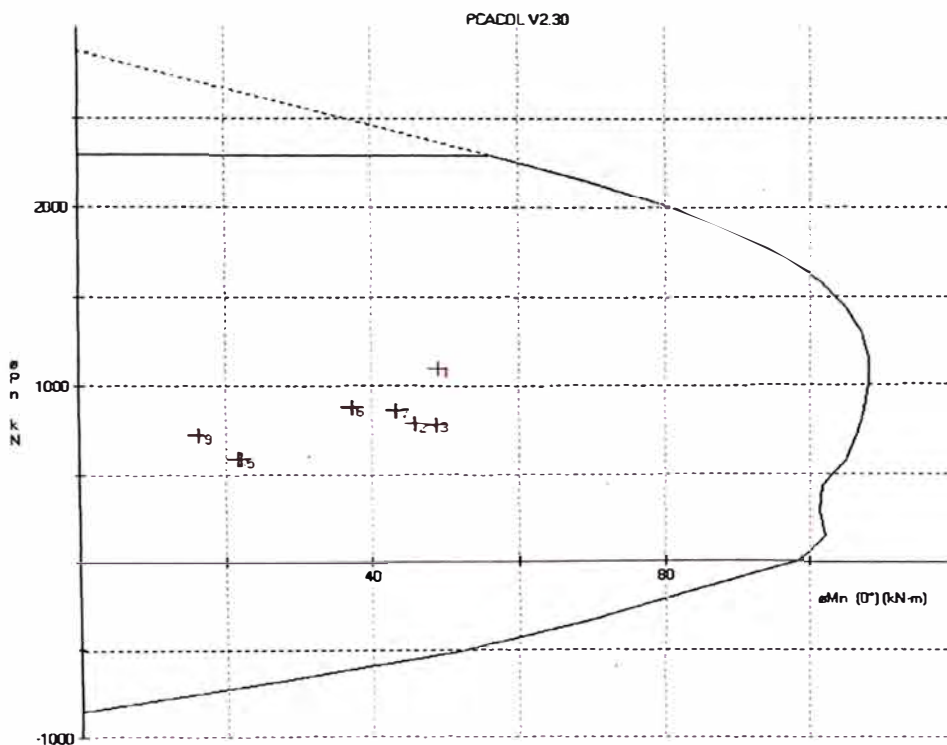


Diagrama de iteracion para la sección del pilote

Figura IV – 8

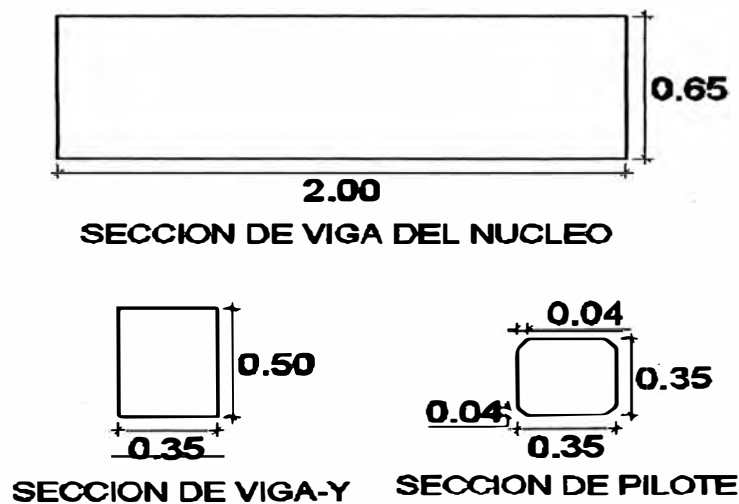
Podemos apreciar que los puntos se encuentran dentro de lo permisible por lo que el acero propuesto y su distribución es conforme.

4.1.3 ANALISIS ESTRUCTURAL DEL LA ZONA DE EMBARQUE

Se determinara las cargas de diseño últimas que llegan a los pilotes como son momentos, fuerzas axiales y cortantes, para lo cual usaremos el programa de computo SAP 2000, para el análisis de la estructura.

GEOMETRIA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El Atracadero del muelle tiene una longitud de 20.00 m de largo y 2.00 m de ancho, el sistema estructural está formado un pórtico en la dirección longitudinal en el cual la viga actúa como losa, y los elementos estructurales tiene las siguientes secciones



Secciones de los elementos estructurales del Atracadero proyectado

Figura IV - 9

DETERMINACION DE CARGAS

a) Calculo de las Fuerzas de Gravedad

- Cargas Muertas

Peso Propio - VIGAS TRANSVERSALES

El programa lo considera según su geometría.

Peso Propio - VIGAS DE NUCLEO

El programa lo considera según su geometría.

Peso Propio – PILOTES VERTICALES

El programa lo considera según su geometría.

Peso Propio – PILOTES INCLINADOS

El programa lo considera según su geometría.

Peso de la Guardera (Protección)

$$Pg = 2.40 \times 0.25 \times 2.95 = 1.77 \text{ Ton / m}$$

- **Cargas Vivas**

Peso de Sobrecarga

Será de 2.86 Ton/m, para aplicación lineal.

Fuerza de Acoderamiento**Energía de Atraque:**

$$E = \frac{W_1 V^2 C_M C_E C_S}{2g}$$

Donde:

W_1	:	500 Ton	Peso de la embarcación para muelles artesanales
V	:	0.20 m/s ²	Velocidad de Arranque
C_M	:	1.30 Aprox.	Factor de masa
C_E	:	0.50 Aprox.	Factor de excentricidad
C_S	:	0.90 Aprox.	Factor de suavidad
g	:	9.81 m/s ²	Aceleración de la gravedad

$$E = (500 \times 0.20^2 \times 1.30 \times 0.50 \times 0.90) / 2 \times 9.81$$

$$E = 0.60 \text{ Ton} - \text{m}$$

La energía de atraque es mínima, entonces podemos concluir que la fuerza de acoderamiento es despreciable, siendo el análisis por sismo el más importante.

b) Cálculo de la Fuerza del Viento

Como se determinó en el análisis del puente existente, las fuerzas de viento son despreciables en la ubicación del proyecto.

c) Cálculo de la Fuerza Sísmica

Como en el modelo estructural simplificado está formado a base de pórticos de concreto armado, se puede calcular la fuerza sísmica mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

PARAMETRO	DESCRIPCION	VALOR
Z	Zona III , Piura	0.40
U	Muelle artesanal	1.30
C	Suelo Arenoso	2.5
S	Suelo Arenoso	1.20
R	Sistema Aporticado	10

Factores de amplificación sísmica para el Embarcadero del muelle

Cuadro IV - 5

El Peso Propio de la superestructura será el peso de la estructura más un porcentaje de la carga viva (50%), como detallamos a continuación:

Peso Propio de las Vigas Transversales	:	5x2.40x0.35x0.50x1.80
Peso Propio de las Vigas de Núcleos	:	1x2.40x1.80x0.65x20.00
Peso Propio de los Pilotes Verticales	:	10x2.40x0.35x0.35x6.00

Peso Propio de los Pilotes Inclizados : 8x2.40x0.35x0.35x6.20

Peso de Carga Viva (50%) : 2.86x20x0.50

$$P = 120.76 \text{ Ton}$$

Reemplazando valores:

$$V = 0.156P \geq 0.12P \text{ (Fuerza Sísmica Mínima)}$$

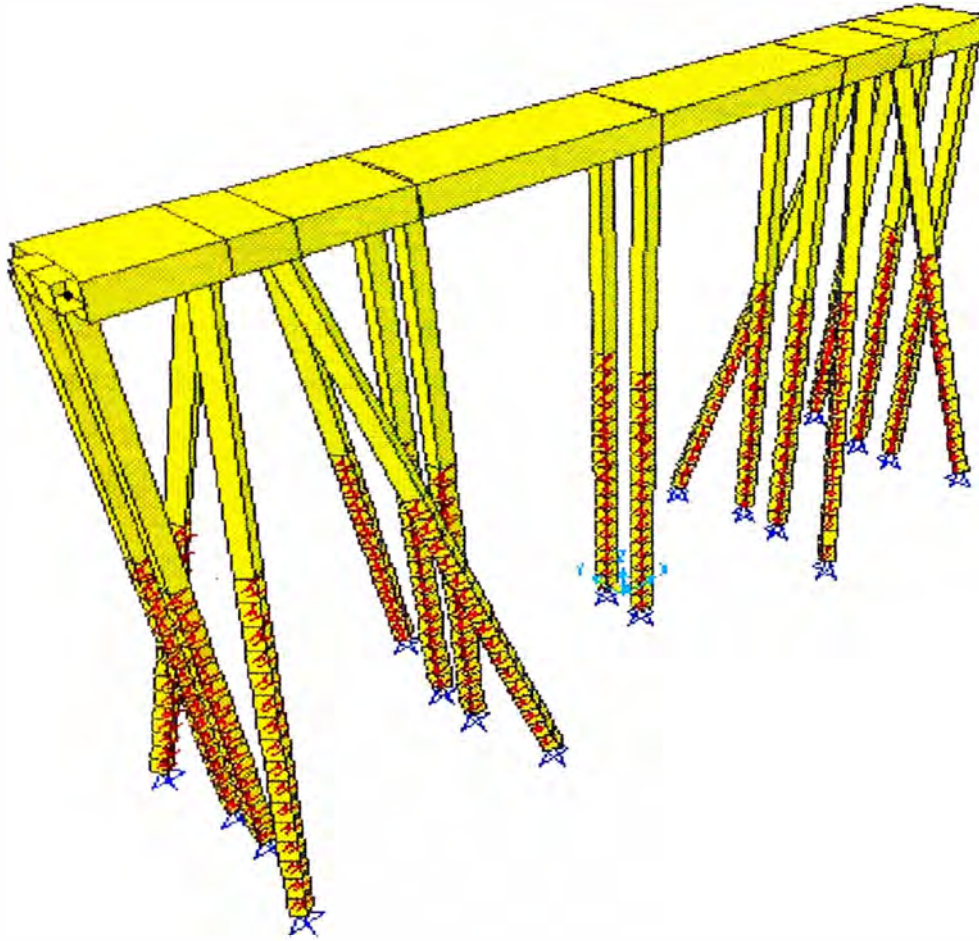
$$V = 0.156 \times 120.76$$

$$V = 18.84 \text{ Ton}$$

*El análisis sísmico se hace en las dos direcciones, la fuerza que absorben los elementos estructurales en una dirección son la fuerza de sismo en la dirección de estudio mas el 30% de la misma fuerza en la dirección perpendicular.

MODELO ESTRUCTURAL DE LA ZONA DE EMBARQUE PARA EL MUELLE ARTESANAL "NEGRITOS"

Para el análisis estructural, proponemos un modelo simplificado tridimensional del muelle basado en pórticos en la longitudinal; también consideramos una longitud uniforme promedio de los pilotes, debido a que no existe variaciones significativas entre ellos; hacia las vigas de núcleo llegan pilotes verticales e inclinados, cuya sección es como se muestra en la Figura IV - 9 y se puede modelar como sección cuadrada de 0.35x0.35 m.



Modelo estructural de la zona de Embarque del Muelle “Negritos”

Figura IV – 10

Para el análisis estructural se tienen las siguientes consideraciones:

- Combinaciones de carga:

$$U = 1.5 CM + 1.8 CV$$

$$U = 1.25 (CM + CV) \pm 1.00 CS$$

$$U = 0.9 CM \pm 1.00 CS$$

Donde:

CM : Carga Muerta

CV : Carga Viva

CS : Carga Sísmica

- La viga de núcleo actúa como diafragma rígido junto con las vigas transversales, para que la estructura tenga los mismos desplazamientos laterales y una buena distribución de las fuerzas horizontales en función de sus rigideces.
- Los apoyos inferiores son articulados en el término de la longitud de empotramiento.
- En toda la longitud de empotramiento existen resortes a cada 1.00 m que actúan como la interacción del suelo al pilote
- La fuerza de sismo actúa en el centro de rigideces y en las dos direcciones de análisis.

RESUMEN DE RESULTADOS

De los resultados hallados con el programa Sap2000 se tiene un valor de Fuerza Axial y Momento Flector de resistencia par las diferentes combinaciones de carga, como sigue:

Nº	COMBINACION	Pu (Ton)	Mu (Ton-m)
1	1.5 D + 1.8 L	28.55	0.89
2	1.25 D + 1.25 L + 1.00 Sx	24.94	1.26
3	1.25 D + 1.25 L - 1.00 Sx	24.94	1.26
4	0.90 D + 1.00 Sx	19.84	1.05
5	0.90 D - 1.00 Sx	19.84	1.05
6	1.25 D + 1.25 L + 1.00 Sy	26.52	1.03
7	1.25 D + 1.25 L - 1.00 Sy	26.52	1.03
8	0.90 D + 1.00 Sy	21.42	0.83
9	0.90 D - 1.00 Sy	21.42	0.83

Fuerzas Axiales y Momentos Flectores de diseño

Cuadro IV – 6

VERIFICACION DEL ACERO DE REFUERZO

El refuerzo utilizado para el atracadero del muelle es $8 \phi 3/4"$

$$A_s = 8 \times 2.85 = 22.80 \text{ cm}^2$$

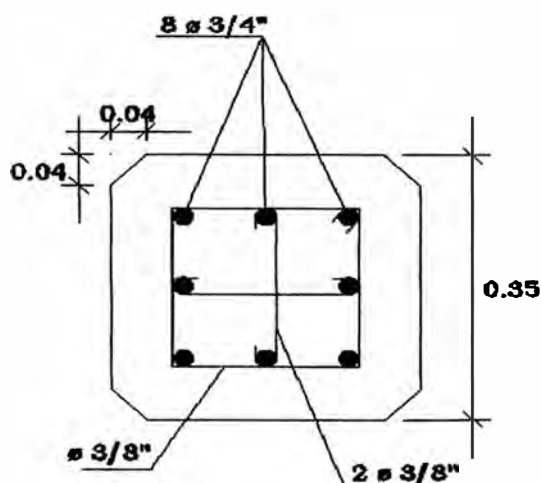
$$A_g = 35 \times 35 = 1,225.00 \text{ cm}^2$$

Luego la cuantía será:

$$\rho_t = A_s / A_g$$

$$\rho_t = 22.80 / 1,225.00 = 0.0186$$

Nuestra cuantía se encuentra dentro de lo permitido y la distribución será como sigue en la Figura III - 7



Detalle del acero de refuerzo de la sección del pilote

Figura IV – 11

Se verifica que el par ordenado (P_u, M_u) , de los datos del cuadro IV – 6, se encuentren dentro del área permisible del diagrama de iteraciones.

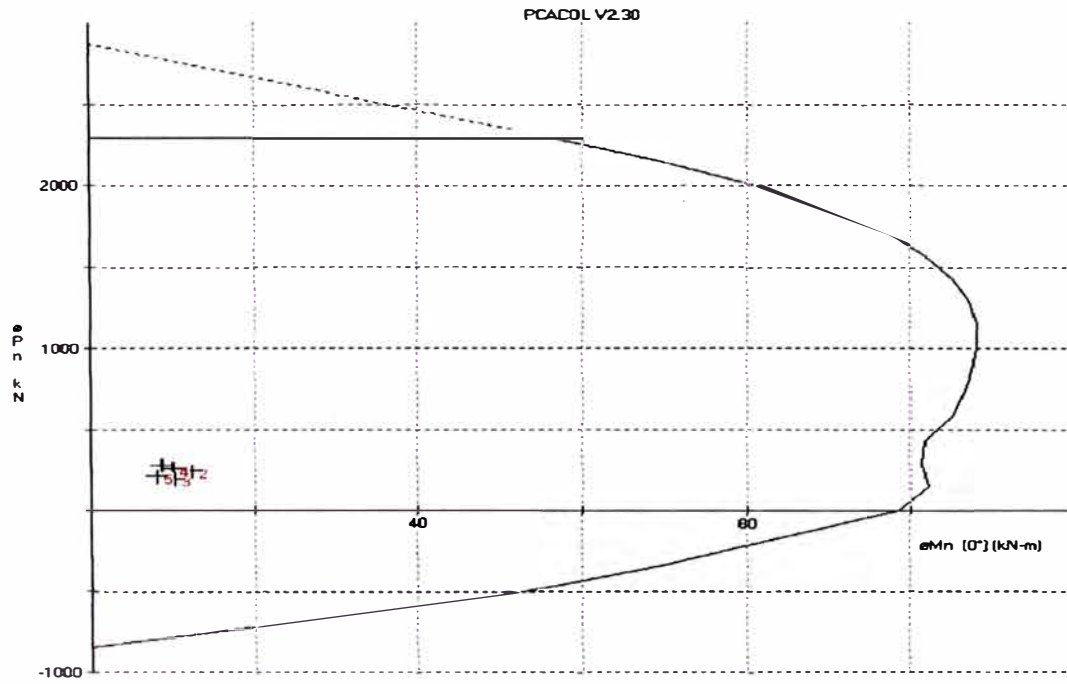


Diagrama de iteración para la sección del pilote

Figura IV – 12

Podemos apreciar que los puntos se encuentran dentro del área de la curva de iteraciones, por lo que el acero propuesto y su distribución es conforme.

4.2 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CIMENTACIÓN

Como podemos apreciar en los resultados de los análisis de cada estructura, el par ordenado (P_u, M_u) de las diferentes combinaciones de carga, se encuentran dentro del área del diagrama de iteraciones y notamos que el acero de refuerzo está sobredimensionado, por lo que se diseñara con una cuantía menor para minimizar costos y se verificara si cumple los requisitos del diseño.

4.2.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CIMENTACION TIPICA

DETERMINACION DEL ACERO DE REFUERZO

Nuestro acero de refuerzo debe proporcionarnos una cuantía (ρ_t) que varía según:

$$0.01 < \rho_t < 0.06$$

Para la sección del pilote probamos una distribución de acero igual a $8 \phi 5/8$ "

$$A_s = 8 \times 1.98 = 15.84 \text{ cm}^2$$

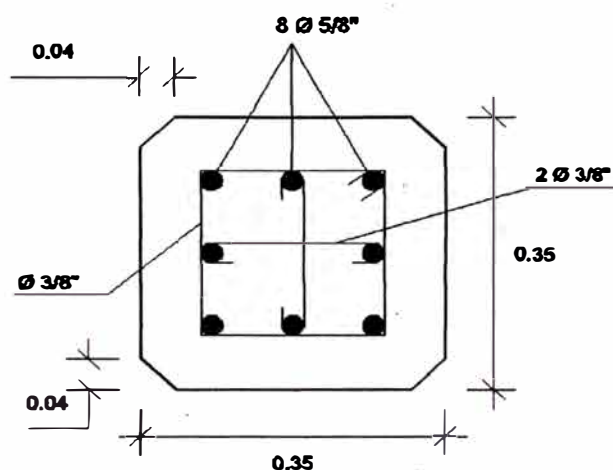
$$A_g = 35 \times 35 = 1,225.00 \text{ cm}^2$$

Luego la cuantía será:

$$\rho_t = A_s / A_g$$

$$\rho_t = 15.84 / 1,225.00 = 0.0129$$

Nuestra cuantía se encuentra dentro de lo permitido y la distribución será como sigue en la Figura IV – 13.



Detalle del acero de refuerzo de la sección del pilote

Figura IV – 13

Se verifica que el par ordenado (Pu,Mu), que se encuentran en los cuadros IV – 2, IV – 4 y IV – 6; que pertenecen a los resultados del análisis de cada estructura componente del muelle, se encuentren dentro del área permisible del diagrama de iteraciones.

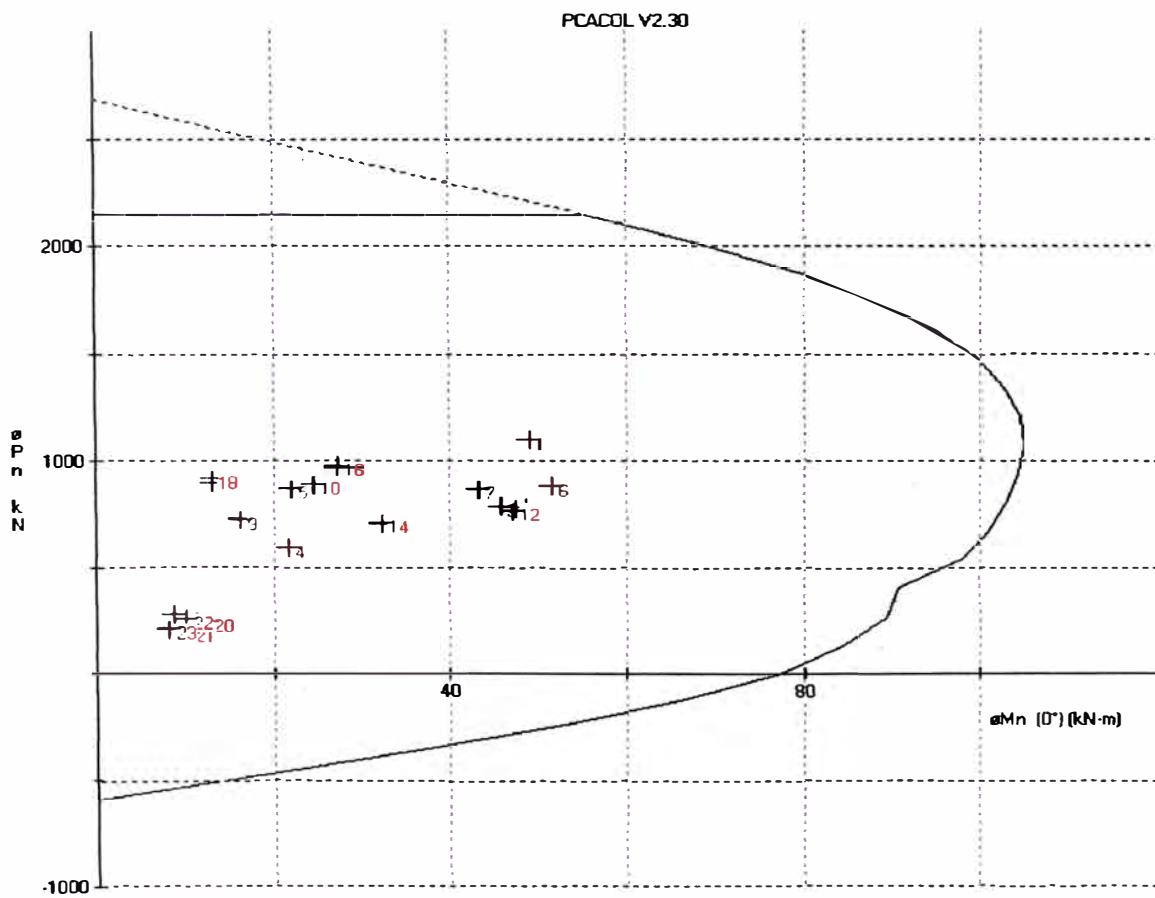


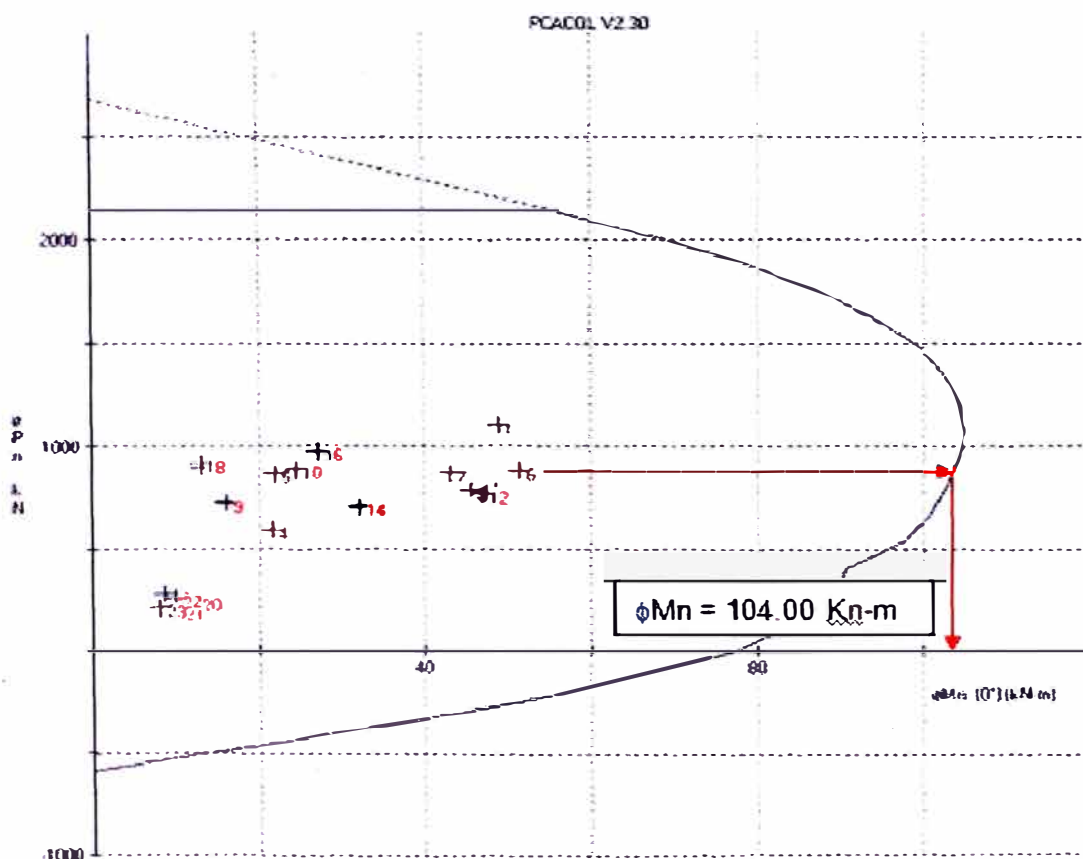
Diagrama de iteración para la sección del pilote

Figura IV – 14

Podemos apreciar que los puntos se encuentran dentro de lo permisible por lo que el acero propuesto y su distribución es conforme (Ver Figura 3 de los Anexos).

DISEÑO POR CORTANTE

Para diseñar por cortante se debe encontrar los momentos resistentes (nominales) del pilote, con el acero de refuerzo colocado, que resulte del diagrama de iteraciones de la Figura IV – 15



Momento Nominal Máximo

Figura IV – 15

Se tiene del diagrama de iteración:

$$\phi M_n = 104.00 \text{ Kn-m}$$

$$\phi = 0.70 \text{ (Pilote con Estribos)}$$

$$M_n = 15.15 \text{ Ton – m}$$

Calculamos el cortante de diseño:

$$V_u = (M_n + M_n) / L_n$$

$$V_u = (15.15 + 15.15) / 8.00$$

$$V_u = 3.79 \text{ Ton}$$

Calculando el cortante resistido por el concreto:

$$V_c = 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \times (1 + 0.0071 \times N_u / A_g)$$

Donde:

f'_c	:	315 kg / cm ²	Calidad del concreto
b_w	:	35.00 cm	Acho de la sección de del pilote
d	:	26.25 cm	Peralte efectivo de la sección del pilote
N_u	:	89,980.00 Kg	Carga ultima de diseño debido a sismo
A_g	:	1,225.00 cm ²	Área de la sección bruta del pilote

$$V_c = 0.53 \times (315^{0.5}) \times 35 \times 26.25 \times (1 + 0.0071 \times 89,980 / 1,225)$$

$$V_c = 13.15 \text{ Ton}$$

Como vemos que $V_u < V_c$, entonces teóricamente no se necesita estribos, se usaran estribos formados por varillas de acero de 3/8", cumpliendo con los requisitos mínimos del diseño sismo resistente (Ver Figura 1 de los Anexos)..

VERIFICACION DE LA RESITENCIA DEL PILOTE AL INCADO

Según la fórmula simplificada de la Oficina de YARDS and DOCKS de la Marina de USA

$$F_t = 2080(E/P)^2$$

Condición:

$$2 F_t < f'_c$$

La energía máxima usando un martillo DELMAG D-12 en hincado vertical es:

$$E_{\max} = MH$$

M : 1.20 Ton Peso del Pistón

H : 2.50 m Altura de caída

$$E_{\max} = 1.20 \times 2.50$$

$$E_{\max} = 3.00 \text{ Ton} - \text{m}$$

Calculo de la perdida de energía en el choque sobre la cabeza del pilote

De acuerdo a la formula:

$$E_p = E_{\max} P \left(\frac{1 - p_x p}{M + p} \right)$$

Donde:

P : 4.70 Ton Peso del pilote

p : 0.25 Coeficiente de restitución de Newton para
hundicion sobre material Pino Obregón

$$E_p = 3.00 \times 4.70 \times \left(\frac{1 - 0.25 \times 0.25}{1.20 + 4.70} \right)$$

$$E_p = 2.24 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$E_{\text{útil}} = E_{\max} - E_p$$

$$E_{\text{útil}} = 3.00 - 2.24$$

$$E_{\text{útil}} = 0.76 \text{ Ton} - \text{m}$$

Usando la formula de YARDS and DUCKS

$$F_t = 2080(E/P)^2$$

$$F_t = 2080 (0.76 / 4.70)^{1/2}$$

$$F_t = 836.41 \text{ Ton} / \text{m}^2 = 83.64 \text{ kg/cm}^2$$

Luego verificamos:

$$2 F_t = 167.28 < f'_c = 315.00 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Es conforme.

VERIFICACION DEL PILOTE POR IZAJE

Para determinar por cuantos puntos se izara el pilote tenemos los siguientes datos:

$$f'c = 3150 \text{ Ton/m}^2 \quad Fy = 42000 \text{ Ton/m}^2$$

Ag	:	0.35x0.35 m ²	Sección Transversal:
L	:	16.00 m	Longitud del pilote
As	:	40.54 cm ²	Acero de refuerzo
r	:	7 cm	Recubrimiento
d	:	26.73 cm	Peralte efectivo

Peso propio del concreto:

$$w = 0.35 \times 0.35 \times 2.4 = 0.294 \text{ Ton/m}$$

Considerando izaje por 2 puntos:

$$M \text{ max} = 0.012w L^2$$

$$M \text{ max} = 0.012 \times 0.294 \times 16^2 = 0.90 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

Usamos métodos elásticos para el cálculo del momento resistente, se tiene:

Es : 2.10x10⁷ Ton/m² Modulo de Elasticidad del acero

Ec : 2.66x10⁵ Ton/m² Modulo de Elasticidad del Concreto

Las características de los materiales son los mismos que en el diseño del puente por lo que:

K : 138.42 Ton/m²

$$Mr = k b d^2$$

$$Mr = 138.42 \times 0.35 \times 0.267^2$$

$$Mr = 3.43 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

Luego tenemos que:

$$M_{\max} = 0.94 < M_r = 3.43$$

Es conforme, entonces:

$$A_s = M_{\max} / F_y j d$$

$$A_s = 94000 / 4200 \times 0.93 \times 26.55 = 0.91 \text{ cm}^2$$

Luego tenemos:

$$A_s = 0.91 < 3\phi 5/8" = 5.94$$

Es conforme

Calculamos el área de acero para el gancho del pilote:

$$F_b = 0.60 F_y = 0.60 \times 4200 = 2520 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{sg} = R_s / F_b$$

Donde:

$$R_s : w L / 2 = 294 \times 1600 / 2 = 2305 \text{ kg} \quad \text{Tensión del gancho}$$

Entonces:

$$A_{sg} = 2305 / 2520 = 0.93 \text{ cm}^2$$

Se usara fierro de $\phi 1/2"$ en los dos puntos de izaje.

CONCLUSIONES

1. El terreno de fundación permite diseñar el pilote por punta, debido a que esta fuerza es más importante que la fricción lateral.
2. La fuerza de viento despreciable en el diseño, siendo más importante la fuerza de sismo en todas las estructuras.
3. La fuerza de acoderamiento se puede despreciar, pues la energía que transmite al atracadero es mínima (0.60 Ton-m), debido que para muelles artesanales sólo trabajan embarcaciones de poco tonelaje.
4. La cimentación para el puente existente del muelle es suficiente, pues los cálculos estructurales determinan que la sección y el acero de refuerzo cumplen con todos los requisitos de diseño.
5. Las fuerza de sismo son absorbidas en su mayor parte por la viga de núcleo, y tanto a los pórticos como a los pilotes inclinados llegan sólo una parte de la fuerza horizontal, que es absorbido por el concreto sólo necesitando estribos mínimos pero necesarios.
6. Las fuerzas axiales predominantes en cada estructura son absorbidas por los pilotes inclinados, debido a que absorben también una componente axial de la fuerza de sismo.
7. El empotramiento propuesto en el modelo, a base de resortes, resulta más cercano a la realidad que un modelo formado por columnas y empotrado en la base.
8. Los desplazamientos horizontales están bien controlados por los pórticos y los núcleos.
9. El terreno de fundación es lo suficientemente estable y tiene una alta capacidad portante, para la cimentación a base de pilotes.
10. En términos generales el proyecto cuenta con una cimentación sobredimensionada.

RECOMENDACIONES

1. Se debe construir rompeolas para disminuir el oleaje en la zona, pues se encuentra en el departamento de Piura y es afecto al fenómeno del niño.
2. En la zona de embarque colocar como medida de protección llantas que amortigüen el acoderamiento de los barcos, incluso aunque la energía de atraque sea mínima.
3. Se deberá ampliar el ancho del puente del muelle, para dar mayor maniobrabilidad a los trabajos de traslado de cargas pesqueras.
4. Se recomienda al momento del hincado, perforar la roca hasta por lo menos un metro de profundidad para que tenga una base solida en el contacto con dicha roca.

BIBLIOGRAFÍA

1. BLANCO BLASCO, Antonio; "Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado", 1997, 2da Edición, Colegio de Ingenieros del Perú, Capitulo de Ingeniería Civil, Perú
2. CHAPARRO MENDEZ, José Alex; "Cimentación de un muelle en fondo rocoso", 1989, UNI – FIC, Lima – Perú.
3. DURAND MORENO, Oscar; "Análisis Estructural de un Muelle", 1991, UNI – FIC, Lima – Perú.
4. FUENTES ORTIZ, César; Ingeniería Portuaria, 2001, 1ra Edición, Coper Editores, Perú.
5. MORALES MORALES, Roberto; "Diseño en Concreto Armado", 2002, 2da Edición, Fondo editorial ICG, Perú.
6. Municipalidad Distrital de La Brea, Expediente Técnico Obra "Construcción de Muelle Artesanal Negritos", 2003, Talara, Perú.
7. VERA MALLQUI, Arturo; "Método Simplificado para Análisis de Grupos de Pilotes Verticales", 1991, UNI – FIC, Lima – Perú.

ANEXOS