

INVAMAR



Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago  
de San Andrés, Providencia y Santa Catalina

## ESTUDIOS TÉCNICOS, BIOFÍSICOS, OCEANOGRÁFICOS Y TOPOGRÁFICOS PREVIOS Y DE DISEÑO DE UN MUELLE DE DESEMBARQUE EN EL PARQUE REGIONAL NATURAL JOHNNY CAY, SAN ANDRÉS ISLAS



INFORME TÉCNICO FINAL  
DISEÑO DEL MUELLE

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras  
José Benito Vives De Andrés

Vinculado al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Santa Marta, junio de 2007

# ESTUDIOS TÉCNICOS, BIOFÍSICOS, OCEANOGRÁFICOS Y TOPOGRÁFICOS PREVIOS AL DISEÑO DEL MUELLE DE DESEMBARQUE EN EL PARQUE REGIONAL NATURAL JOHNNY CAY, SAN ANDRÉS ISLAS

## INFORME TÉCNICO FINAL - DISEÑO DEL MUELLE

### DIRECTIVOS INVEMAR

**Director**

Francisco A. Arias Isaza

**Subdirector**

Coordinación de Investigaciones  
Jesús Antonio Garay Tinoco

**Coordinador (E)**

Programa Biodiversidad y  
Ecosistemas Marinos (BEM)  
Gabriel Navas Suárez

**Coordinador**

Programa Aprovechamiento de Recursos  
Marinos Vivos (VAR)  
Mario Rueda Hernández.

**Coordinadora**

Programa Calidad  
Ambiental Marina (CAM)  
Luisa Fernanda Espinosa

**Coordinadora**

Programa de Investigación  
para la Gestión en Zonas Costeras  
Paula Sierra Correa

**Coordinadora**

Programa Geociencias Marinas y  
Costeras (GEO)  
Georgina Guzmán Ospitia

**Subdirector**

Recursos y Apoyo a la Investigación  
(SRA)  
Carlos Pinilla Gpnzález

**Coordinador de Servicios Científicos:  
Jefe de Proyecto**  
Oscar David Solano Plazas

**Elaborado por**  
Hyser Ltda.

**Apoyo y Logística**  
John Ortiz Ruiz

*junio de 2007 - Santa Marta - Colombia*

Cítese como: INVEMAR, 2007. Estudios técnicos, biofísicos, oceanográficos, topográficos y de diseño para la construcción del muelle de desembarque en el Parque Regional Natural Johnny Cay, San Andrés Islas. Coordinación de Servicios Científicos, INVEMAR, Informe Técnico Final, Diseño del muelle, para CORALINA, Santa Marta, 24 p.

Imagen portada: Ilustración del muelle en Vista Aérea para embarcaciones turísticas en Johnny Cay, Hyser Ltda.



**TABLA DE CONTENIDO**

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>2. ESTUDIO GEOTÉCNICO .....</b>	<b>9</b>
2.1. TRABAJO DE CAMPO.....	9
2.2. INVESTIGACION DE LABORATORIO .....	10
2.3. PERFIL ESTRATIGRÁFICO .....	10
2.4. PROPIEDADES DE LOS ESTRATOS ENCONTRADOS.....	12
2.5. NIVEL FREÁTICO.....	13
2.6. SISMICIDAD DEL ENTORNO. ....	13
2.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	13
2.8. SISTEMA DE CIMENTACIÓN. ....	14
2.9. LIMITACIONES.....	14
<b>3. SELECCIÓN EMBARCACIÓN TIPO.....</b>	<b>15</b>
3.1. DIMENSIONES BÁSICAS DE LAS EMBARCACIONES .....	15
3.2. EMBARCACIÓN TIPO.....	15
<b>4. CÁLCULO ESTRUCTURAL DEL MUELLE.....</b>	<b>19</b>
4.1. CALCULO DE FUERZAS POR VIENTO Y CORRIENTE.....	19
4.1.1. <i>Datos conocidos.....</i>	<i>19</i>
4.1.2. <i>Cálculo de fuerzas - (Viento - Corrientes).....</i>	<i>19</i>
4.2. CRITERIOS DE DISEÑO MARÍTIMO ESTRUCTURAL .....	20
4.2.1. <i>Combinaciones de cargas.....</i>	<i>20</i>
4.3. CAPACIDAD DE CARGA ESTRUCTURAL DEL PILOTE .....	21
4.3.1. <i>Sección del pilote .....</i>	<i>21</i>
4.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	21
4.5. CAPACIDAD POR FLEXIÓN .....	21
4.6. RESISTENCIA AL CORTE .....	22
<b>5. DISEÑO DEL MUELLE .....</b>	<b>23</b>
5.1. PRIMERA ALTERNATIVA.....	23
5.1.1. <i>Descripción de la obra .....</i>	<i>23</i>
5.1.1.1. Cimentación.....	23
5.1.1.2. Estructura.....	23
5.1.2. <i>Diseño gráfico.....</i>	<i>25</i>
5.1.3. <i>Especificaciones técnicas.....</i>	<i>28</i>
5.1.3.1. Normas aplicables .....	28
5.1.3.2. Pilotes .....	30
5.1.3.3. Concreto.....	34
5.1.3.4. Juntas .....	39
5.1.3.5. Encofrados.....	40
5.1.3.6. Protección y curado .....	40
5.1.3.7. Control de calidad.....	40
5.1.4. <i>Proceso constructivo.....</i>	<i>41</i>

<b>4 ESTUDIOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MUELLE EN JOHNNY CAY</b>	<b>CORALINA</b>
5.1.4.1. Obra preliminares.....	41
5.1.4.2. Obras de prefabricado .....	42
5.1.4.3. Obras marítimas - muelle de acceso.....	43
<i>5.1.5. Protocolo de carga .....</i>	<i>45</i>
5.1.5.1. Hincado de pilotes.....	45
5.1.5.2. Emplantillado .....	45
5.1.5.3. Hincado de pilotes.....	45
5.1.5.4. carga de servicio y control .....	46
5.1.5.5. Tolerancias de hincado .....	46
5.1.5.6. Procedimiento.....	46
5.1.5.7. Equipo a utilizarse .....	50
5.1.5.8. Capacidad de carga .....	50
<i>5.1.6. Programación de construcción.....</i>	<i>52</i>
<i>5.1.7. Presupuesto primera alternativa .....</i>	<i>56</i>
5.1.7.1. Costos directos .....	56
5.1.7.2. Costos indirectos.....	56
5.1.7.3. Otros costos .....	56
<b>5.2. SEGUNDA ALTERNATIVA.....</b>	<b>58</b>
<i>5.2.1. Descripción de la obra .....</i>	<i>58</i>
5.2.1.1. Cimentación.....	58
5.2.1.2. Estructura.....	59
5.2.1.3. Proceso constructivo.....	60
<i>5.2.2. Especificaciones adicionales .....</i>	<i>62</i>
5.2.2.1. Instalación e hinca de pilotes .....	62
5.2.2.2. Procedimiento de hinca.....	63
5.2.2.3. Actividades .....	63
5.2.2.4. Movilización de equipos a zona de hincado: .....	64
5.2.2.5. Cálculo de la capacidad de carga .....	65
5.2.2.6. Capacidad de carga del pilote típico .....	66
5.2.2.7. Equipo a utilizarse .....	67
5.2.2.8. Conclusiones.....	67
<i>5.2.3. Programación de construcción.....</i>	<i>67</i>
<i>5.2.4. Presupuesto segunda alternativa .....</i>	<i>71</i>
5.2.4.1. Costos directos .....	71
5.2.4.2. Costos indirectos.....	71
5.2.4.3. Otros costos .....	72
5.2.4.4. Exclusiones.....	72
5.2.4.5. Licencia.....	72
5.2.4.6. Interventoría.....	72
<b>6. ANEXOS .....</b>	<b>77</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Profundidades de exploración .....	9
Tabla 2.2 Características del material encontrado .....	10
Tabla 2.3 Propiedades estrato de 0 a 1.8 m.....	12
Tabla 2.4 Propiedades estratos hasta 6,8 m Arena mal gradada con fragmentos de coral.....	13
Tabla 3.1 Relación de embarcaciones turísticas que arriban a Johnny Cay .....	16
Tabla 4.1 Coeficiente de Vientos.....	19
Tabla 4.2 Coeficiente de Arrastre .....	20
Tabla 4.3 Combinaciones de Carga .....	20
Tabla 5.1 Cuadro comparativo de resultados Capacidad de Carga.....	51
Tabla 5.2 Cronograma de construcción (página 1) .....	53
Tabla 5.3 Cronograma de construcción (página 2) .....	54
Tabla 5.4 Cronograma de construcción (página 3) .....	55
Tabla 5.5 Presupuesto general para la segunda alternativa de construcción del muelle .....	57
Tabla 5.6 Resultados de la prueba de capacidad de carga .....	66
Tabla 5.7 Cronograma de construcción Segunda Alternativa (página 1).....	68
Tabla 5.8 Cronograma de construcción Segunda Alternativa (página 2).....	69
Tabla 5.9 Cronograma de construcción Segunda Alternativa (página 3).....	70
Tabla 5.10 Presupuesto general para la segunda alternativa de construcción del muelle .....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ubicación de las perforaciones .....	9
Figura 2.2 Localización de los sondeos .....	10
Figura 2.3 Perfil estratigráfico.....	11
Figura 3.1 Frecuencia eslora embarcaciones que llegan a Johnny Cay .....	17
Figura 3.2 Frecuencia Calado embarcaciones que llegan a Johnny Cay .....	17
Figura 4.1 Cálculo de la sección de pilote y de la losa .....	22
Figura 5.1 Planta general del Muelle turístico.....	24
Figura 5.2 Corte de escaleras de ingreso a la plataforma.....	24
Figura 5.3 Vista Aérea del muelle para embarcaciones turísticas en Johnny Cay.....	25
Figura 5.4 Vista Frontal de la plataforma de embarque de pasajeros.....	26
Figura 5.5 Vista lateral del muelle turístico de Johnny Cay.....	26
Figura 5.6 Vista isométrica alta del muelle turístico en Johnny Cay .....	27
Figura 5.7 Vista isométrica inferior del muelle turístico en Johnny Cay .....	28
Figura 5.8 Detalle de losas prefabricadas en concreto .....	42
Figura 5.9 Detalle de pilotes .....	43
Figura 5.10 Comparación de la combinación de cargas, por el método de la ecuación de onda y de la ecuación Delmag .....	51
Figura 5.11 Planta general Segunda alternativa del Muelle turístico.....	59
Figura 5.12 Corte de escaleras de ingreso al muelle, segunda alternativa .....	60

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 6.1 Plan de Manejo Ambiental diseñado por la firma Hyser Ltda. para las labores operativas en la construcción de un muelle turístico en Johnny Cay..... 77

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento incluye el estudio de diseño de un muelle turístico en Johnny Cay como parte del Proyecto marco incluido en el convenio realizado entre el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, INVEMAR y la Corporación para el Desarrollo Sostenible de San Andrés, Providencia y Santa catalina, CORALINA para "realizar los estudios técnicos, biofísicos, oceanográficos y topográficos previos y de diseño de un muelle de desembarque en el parque regional natural Johnny Cay, San Andrés Islas"

Aquí se plantean dos alternativas principales de diseño, que incluyen las características arquitectónicas y de ingeniería ideales, además de los cálculos presupuestales para la creación y montaje del muelle turístico en Johnny Cay en cada una de ellas.

Según la firma (Hyser Ltda.) encargada de realizar el estudio de diseño del muelle y bajo consultas posteriores a una reunión sostenida con la comunidad de San Andrés, Johnny Cay, CORALINA, la construcción de la obra está concebida para ser hecha en una sola fase, por tal motivo se debe asegurar la totalidad de recurso.

A continuación se presentan los inconvenientes de construir la obra en varias fases:

- Una estructura parcialmente construida no cumple con el objetivo del proyecto, dado que no puede entrar en operación inmediatamente.
- Al realizarse la obra en varias etapas, conllevaría sobre costos por doble movilización y disponibilidad de equipos, incrementando el costo de las obras.
- Al construirse en varias etapas, podría requerir de la participación de varios contratistas, no siendo fácil establecer la responsabilidad de la estabilidad futura de la obra.
- Construir en varias etapas, conlleva a actividades adicionales de protección de las estructuras, frente a las condiciones de interperismo críticas de la zona de proyecto (alta salinidad, corrosión, vientos, vandalismo) inseguridad, impacto ambiental negativo, etc. El control de las anteriores factores de amenaza conllevan a sobre costos y deterioro general del ambiente.
- Una obra inconclusa y parcialmente suspendida, conllevaría a tomar medidas de control y restricción en las áreas de influencia de la obra, que limitarían en la operación adecuada del parque, incomodando altamente a los turistas por tiempo indefinido. Podría afectar el atractivo turístico (demanda) del parque y su ambiente natural.

**8 ESTUDIOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN  
DE UN MUELLE EN JOHNNY CAY**

**CORALINA**

Respecto a otras inquietudes en la reunión planteada anteriormente, en la parte final del presente documento se presentan y enumeran las respuestas por parte de la firma encargada de hacer el diseño y Plan de Manejo Ambiental en este estudio.



## 2. ESTUDIO GEOTÉCNICO

### 2.1. TRABAJO DE CAMPO

La investigación de campo consistió en la exploración de las características del suelo, mediante la ejecución de dos (2) perforaciones, cuyas profundidades se muestran en la Tabla 2.1 y la ubicación en la Figura 2.1 con una foto del antiguo muelle en la que se indica los lugares seleccionados para hacer las perforaciones; Figura 2.2 contiene un plano en planta de dichos lugares.

Tabla 2.1 Profundidades de exploración

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)
S - 1	10
S - 2	12,5

Con equipos de mediana capacidad de perforación (tipo Rotatorios, utilizando triconos y brocas diamantadas con barrenas recuperadoras de núcleo diámetro NQ) con los cuales se logro perforar hasta los 12,50 m de profundidad, suficiente para las cargas y/o esfuerzos que transmitirá el proyecto al suelo.



Figura 2.1 Ubicación de las perforaciones

Adicionalmente se realizó el ensayo de penetración Normal (Standard Penetration Test S.P.T.) para penetrar un muestreador de tubo partido con el fin de obtener muestras representativas del suelo y una medida de resistencia del suelo a la penetración del muestreador. El ensayo se realizó siguiendo la norma de ensayo ASTM D 1586. En cada perforación se extrajeron muestras inalteradas y alteradas para su posterior investigación.

10 ESTUDIOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MUELLE EN JOHNNY CAY

CORALINA

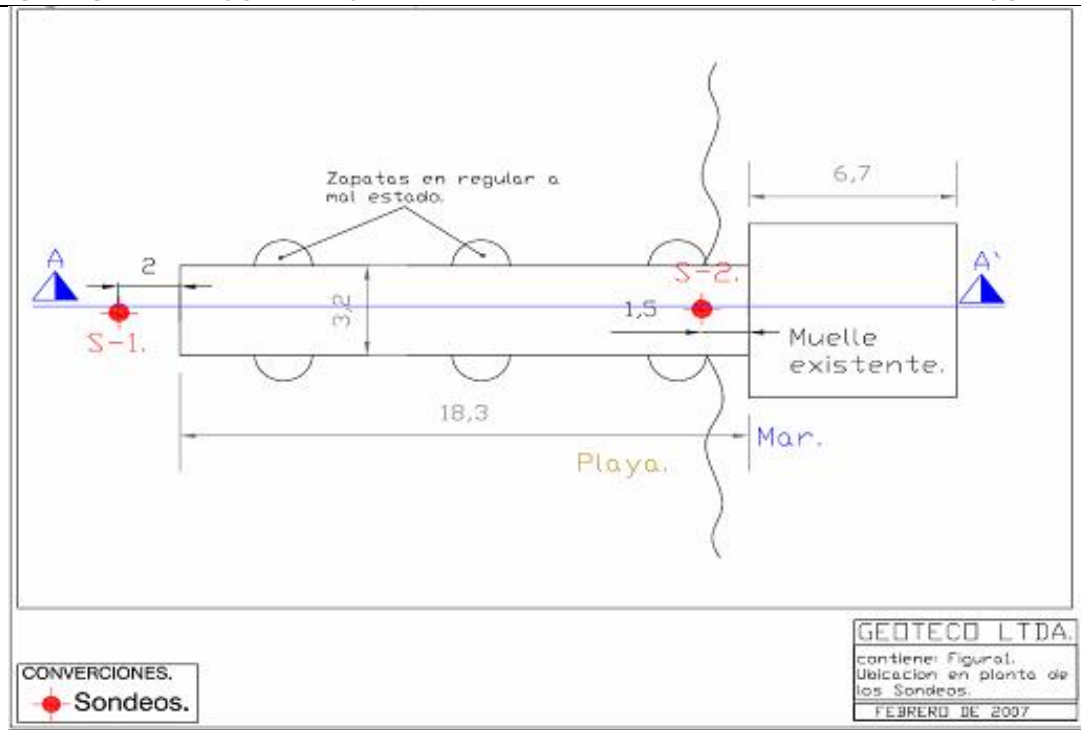


Figura 2.2 Localización de los sondeos

2.2. INVESTIGACION DE LABORATORIO

A las muestras recuperadas en cada perforación se les practicaron ensayos de laboratorio, los cuales fueron de gran ayuda para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo (Tabla 2.2 ). Los ensayos realizados se desarrollaron siguiendo las normas exigidas en el título H (H.2.3.1) de las NSR-98. (Normas NTC, ICONTEC, ASTM).

Tabla 2.2 Características del material encontrado

SONDEO	PROFUNDIDAD cm	W%	LIMITES			$\gamma$ t/m <sup>3</sup>	$q_u$ kg/cm <sup>2</sup>	% QUE PASA					SUCS			
			LL	LP	IP			3/4"	1/2"	3/8"	4	10		40	100	200
1	0,50-1,00	10,2	NP	NP	NP			100,0	100,0	100,0	100,0	99,6	59,9	19,4	17,8	SM
1	4,50-5,00	9,5	NP	NP	NP			100,0	100,0	100,0	100,0	99,6	17,5	1,9	1,4	SP
1	5,00-5,50	9,9	NP	NP	NP			100,0	72,5	70,3	65,5	60,1	38,4	7,2	3,0	SP
2	3,00-3,50	11,2	NP	NP	NP			100,0	72,0	72,0	67,8	63,7	36,8	5,4	2,4	SP
2	6,00-6,50	10,2	NP	NP	NP			100,0	100,0	79,2	68,5	59,3	35,5	4,3	2,9	SP
2	9,50-10,00	11,5	NP	NP	NP			100,0	80,3	74,3	69,2	62,2	35,4	7,2	3,2	SP
2	10,50-11,00	10,5	NP	NP	NP			100,0	90,8	78,5	59,7	40,1	8,6	1,2	0,9	SP

2.3. PERFIL ESTRATIGRÁFICO

La Figura 2.3 (Corte A-A') muestra el perfil estratigráfico del sitio a escala gráfica, a lo largo de la zona del lote.

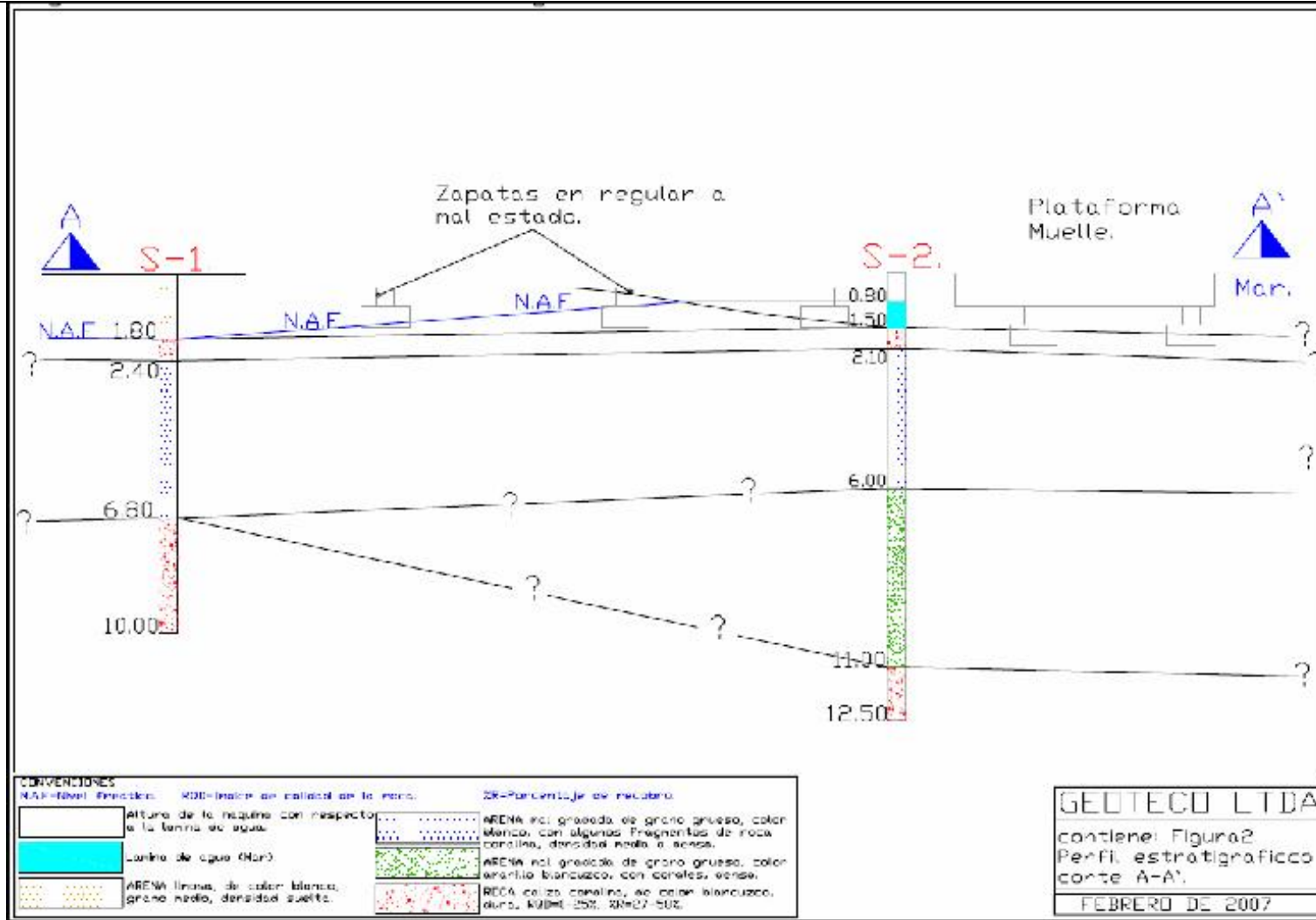


Figura 2.3 Perfil estratigráfico

Como se puede observar en el perfil estratigráfico, el sondeo S-2 se realizó sobre la plataforma del muelle, encontrándose una lámina de agua con un espesor que oscilaba entre 0.50 y 1.00 metro de profundidad. En el sector del sondeo S-1, desde la superficie actual del terreno hasta una profundidad de 1,80 mts, se encontró un depósito granular conformado por ARENAS limosas, de color blanco, humedad alta, densidad suelta (Nº de golpes/pie = 3-9 siendo). Este depósito presentó un porcentaje de pasa tamiz Nº200 del 18% y clasifica como un SM Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S).

Subyaciendo este estrato granular y sobre toda la zona explorada, se encontró una ROCA CALIZA O ROCA CORALINA (COSTRA) de color blancuzco, resistente (Nº de golpes/pie = >50). Este estrato tiene un espesor aproximado de 60 centímetros, presenta un índice de calidad (RQD)=25% y un porcentaje de recobro (%R)=58%. Subyaciendo esta ROCA CALIZA (Costra), se halló un depósito granular compuesto por ARENAS MAL GRADADAS de color blanco, con algunos pequeños fragmentos de Roca coralina(gravillas). Este estrato presenta una densidad media (Nº de golpes/pie = 18-30 siendo en promedio = 24), un porcentaje de pasa tamiz Nº 200 del 2-3% clasificando como un SP Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S). Subyaciendo este estrato hacia el sector del sondeo 2, se encontró un depósito granular, conformado por ARENAS MAL GRADADAS de color amarillo blancuzco con fragmentos corales y caracoles cuyas propiedades físicas son muy similares al estrato anterior. Este estrato clasifico también como SP Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S).

Como suelo de apoyo de los anteriores se encontró un estrato coralino conformado por ROCAS CALIZAS meteorizadas. Este estrato Coralino se encontró a una profundidad de 11 metros debajo del muelle (sector S-2) y a una profundidad de 6,80 metros en la zona de la playa (sector S-1). Este estrato presentó un Nº de golpes/pie = >50 siendo resistente y presentó un índice de calidad (RQD)=0% y un porcentaje de recobro (%R)=27-34%.

#### **2.4. PROPIEDADES DE LOS ESTRATOS ENCONTRADOS**

En la Tabla 2.3 y Tabla 2.4 se presenta el resumen de las principales propiedades geotécnicas de los estratos encontrados. A continuación se muestra los valores máximos y mínimos del estrato predominante:

**Tabla 2.3 Propiedades estrato de 0 a 1.8 m**

##### **ARENA LIMOSA de color blancuzco, grano medio**

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>PRO</b>
<b>%Pasa Tamiz 200</b>	<b>18</b>
<b>Humedad natural (W%)</b>	<b>10</b>
<b>Limite Liquido (LL%)</b>	<b>NP</b>
<b>Indice Plástico (Ip%)</b>	<b>NP</b>
<b>Clasificación SUCS.</b>	<b>SM</b>

Tabla 2.4 Propiedades estratos hasta 6,8 m Arena mal gradada con fragmentos de coral

CARACTERISTICAS	MIN	PRO	MAX
%Pasa Tamiz 200	1	2	3
Humedad natural (W%)	9	10	12
Límite Líquido (LL%)	NP	NP	NP
Índice Plástico (Ip%)	NP	NP	NP
Clasificación SUCS.	SP	SP	SP

**ROCA CALIZA de color blancuzco, resistente (SP):**

CARACTERISTICAS	MIN	PRO	MAX
RQD	0	12	25
%R	27	43	58

## 2.5. NIVEL FREÁTICO

Debido a la posición geográfica sobre el mar Caribe, (S-1 a 18 m del mar y S-2 sobre el agua) en la fecha de la investigación, el nivel freático se encontró a una profundidad de 1.8 m en el sector de la playa y una lamina de agua de 0.60 m de espesor en el sector de la plataforma. Sin embargo, es posible que estas condiciones varíen a lo largo del año debido a cambios en la climatología del sector.

## 2.6. SISMICIDAD DEL ENTORNO.

De acuerdo a las Normas Colombianas de Diseño y construcción Sismo Resistente, NSR-98, (Ley 400 de 1997 y Decreto 33 de 1998), la isla de Jhonny Cay, al igual que todo el Departamento de San Andrés islas esta enmarcada dentro de una zona de amenaza sísmica baja. Con base en lo estipulado en la Norma y para efectos de diseño se recomienda utilizar los siguientes parámetros de diseño:

- a. Perfil del suelo: S2
- b. Coeficientes de sitio:  $S=1.2$
- c. Aceleración pico efectiva:  $A_a=0.10$

## 2.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este estudio se llevo a cabo teniendo en cuenta varios factores tales como:

- Características del proyecto y estructura actual.
- Posición y efecto de las aguas superficiales y subterráneas (N.A.F)
- Estratigrafía del sitio (Presencia de espesores de ARENAS mal gradadas, en estado suelto en superficie y densidad media al aumentar la profundidad, con espesores comprendidos entre 6.80 y 11.00 mts).
- Sistema estructural del proyecto.

## **2.8. SISTEMA DE CIMENTACIÓN.**

El muelle existente se encuentra en malas condiciones debido a que sus cimentación fué de tipo superficial, soportada sobre mantos de ARENAS mal gradadas, con densidades sueltas; razón por la cual GEOTECO LTDA, en su calidad de asesor geotécnico del proyecto, no recomienda el uso de cimentaciones superficiales para el apoyo de la estructura del muelle, ya que, se podrían generar grandes deformaciones para cargas gravitacionales y el impacto del mar sobre estas ocasionarían socavación y erosión.

Subyaciendo estas ARENAS, a una profundidad promedio de 9 m, se encuentra una ROCA CALIZA CORALINA, meteorizada de color blancuzco, resistente con buena capacidad para recibir las cargas de la estructura. Por lo anterior, GEOTECO LTDA recomienda la construcción de una cimentación tipo profunda, dado el espesor de la capa de material suelto y se apoyen sobre el estrato competente de roca Caliza, muy resistente.

## **2.9. LIMITACIONES**

Las recomendaciones dadas en este informe corresponden al resultado de evaluación de muestras y condiciones de suelo obtenidas de acuerdo con la ingeniería de suelos. Pueden existir condiciones del subsuelo no encontradas en los sondeos, sin embargo, se considera que el alcance de los trabajos de campo es adecuado para definir los parámetros y características de los suelos en el área del proyecto. En el caso de encontrarse condiciones distintas no contempladas en el suelo, al momento de iniciar los trabajos, es necesario acudir a Geoteco Ltda., con el objeto de verificar los resultados y dar las nuevas recomendaciones de cimentación.

El estudio geotécnico realizado por Geoteco Ltda., se aprecia en el Anexo No. 1, e incluye todos los detalles correspondientes a la anterior exposición.

### 3. SELECCIÓN EMBARCACIÓN TIPO

Con el objeto de obtener una base para el dimensionamiento de la estructura costera, se hace el análisis de los requerimientos que exige el servicio de embarque y desembarque de pasajeros en actividades turísticas, en el cayo de Johnny Cay, de acuerdo con las naves que lo prestan.

#### 3.1. DIMENSIONES BÁSICAS DE LAS EMBARCACIONES

Las principales dimensiones de las naves marinas son:

**ESLORA MÁXIMA O TOTAL:** Es la longitud del buque medida entre sus puntos más alejados de proa y popa.

**MANGA:** Ancho del buque de banda a banda, medido en la posición de la Cuaderna Maestra que es la sección transversal más ancha del buque y ubicada generalmente al centro de su eslora.

**PUNTAL:** Es la altura del buque en su interior desde el fondo hasta la parte inferior de la cubierta principal.

**CALADO:** Es la medida de la parte sumergida del casco del buque desde la quilla o fondo hasta la línea de agua o flotación por la que navega.

Las embarcaciones que atracarán en el muelle turístico a construir en Johnny Cay se relacionan en Tabla 3.1.

#### 3.2. EMBARCACIÓN TIPO

Para seleccionar la embarcación tipo, cuyas características determinarán el dimensionamiento del muelle, se efectuó el análisis de frecuencia de eslora y puntal, que son las variables que están relacionadas con la distancia horizontal necesaria de la plataforma de embarque y con la altura total del muelle desde el fondo marino.

En la Figura 3.1, se muestra gráficamente el análisis de la eslora y se aprecia que el 80% de las embarcaciones turísticas que van de San Andrés a Johnny Cay están en un rango entre 4 y 16 m de eslora y su promedio es de 8 m, el 90% tiene una eslora menor de 10 m y solo el 10% presenta esta dimensión entre 10 y 16 m. En la Figura 3.2 se aprecia la gráfica del análisis de frecuencia de puntales y calados y se determina que el 90% de las embarcaciones tienen puntales entre 0.4 m y 1,5 m y el 95% de las mismas tienen calados inferiores a 2 m.

Por lo tanto se adopta como embarcación tipo, una nave cuyo calado es de 1 m y su eslora es de 10 m.

**Tabla 3.1 Relación de embarcaciones turísticas que arriban a Johnny Cay**

No.	MOTONAVE	ESL.	MAN.	PUNT.	No.	MOTONAVE	ESL.	MAN.	PUNT.
1	MISS EVE	5,90	2,25	1,05	37	FLY DOLPHIN	7,74	2,17	0,65
2	JACKELINE	7.77	1.96	0.78	38	FLYING FISH	7,70	1,96	1,02
3	BLUE ANGEL II	9.50	2.50	0.70	39	MISTY II	5.60	2.10	1.20
4	BLACK ANGEL	7.65	2.20	1.49	40	CLAUDE II	7.76	2.18	0.75
5	CRAZY RABBIT	5,45	2,03	0.80	41	ESCORPION	7.70	2.10	0.70
6	LUNA ROSA	9,50	2,20		42	MARLINCH	6,20	2,40	0,60
7	MISS MATILDE	8,13	2,20	0,75	43	MR. BUSH	8,50	2,26	0,64
8	ANATOLY	5.19	2.04	0.92	44	LA CUCA	8,40	7,81	1,93
9	GRIMAS EXPRESS	6.66	2.42	1.51	45	CALIPSO	8.20	2.05	0.80
10	SEA BREEZE	9.90	2.03	0.85	46	M. STEVEN	7,60	250	80
11	EDGAR WHITE	7.60	1.96	0.90	47	STEPHANIE	7.65	2.20	1.52
12	SONY ANGEL	7.01	1.52	0.85	48	SAMANTA	6.40	2.05	1.40
13	KAYAN'S	6.10	2.44	1.06	49	MORGAN'S TOURS	7.70	1.80	0.80
14	NURIS II	5.00	2.80	0.25	50	CALYPSO SPIRIT	15.00	7.00	2.60
15	MELINDA II	8.00	1.90	0.50	51	MORGAN'S TOURS II	7,80	2,15	0,80
16	TAMPA II	6.00	1.80	0.60	52	CAP. MORGANS	15,7	4,50	
17	AYAYAY	7.35	1.82	0.75	53	NAUTILUS II	16.15	4.07	2.43
18	CALIPSO	8.20	2.05	0.80	54	SUN TRACKER -	7.50	2.60	0.90
19	KOJAK	7.30	1.80	0.75	55	FREEDON	6,00	2,00	0,80
20	GLOSAN II	7.03	1.61	0.75	56	CARIBEAN STYLE	7.60	1.98	1.08
21	IOANA EXPRESS	7.60	2.20	0.65	57	TRES JOTAS	8,50	2,10	
22	SUN SHINE	7.00	1.60		58	PACIFIC	7,70	1,94	1,15
23	WELLCOME	7.80	2.20	1.10	59	DELFIN	7,35	2,45	1,00
24	JANNELY	7.67	1.96	0.78	60	FIESTA III	7.76	2.18	0.86
25	CAPITAN NEMO	5.70	1.40	1.20	61	LA PAISITA	9.54	2.36	1.06
26	DON DIEGO	7.20	1.82	0.74	62	TORINO	5.75	2.50	0.70
27	PARA LA GLORIA DE DIOS	5,50	2,30		63	MR. NEYBAL	7.76	2.18	0.86
28	CATHERINE LALONDE	6,24	2,43	1,04	64	SEA CENTER	7.70	1.80	0.80
29	MISS MATILDE	8,13	2,20	0,75	65	KARINA	11.90	3.90	1.25
30	FABIOLA	5,60	1,58	0,80	66	ANTOÑITA	10,00	2,42	0,92
31	LUNA ROSA	9,50	2,20		67	DOÑA IVETTE	7,00	1,96	0,85
32	RAKAÑOTA	4,76	1,77	0,45	68	MISS CARMEN	10,55	2,48	1,20
33	TROPICAL WAVE	7.80	2.20	0.79	69	SHADYA M	7,75	2,28	0,90
34	JESUS DE NAZARETH	8,8	2,20	0,88	70	SEA CAT I	7,70	2,39	0,93
35	MISS BEHAVE	8,35	2,30	1,00	71	YEMAYE	9,80	2,42	0,75
36	TIBURON	7.31	2.44	0.70	72	TWISTER	9.10	2.44	1.20



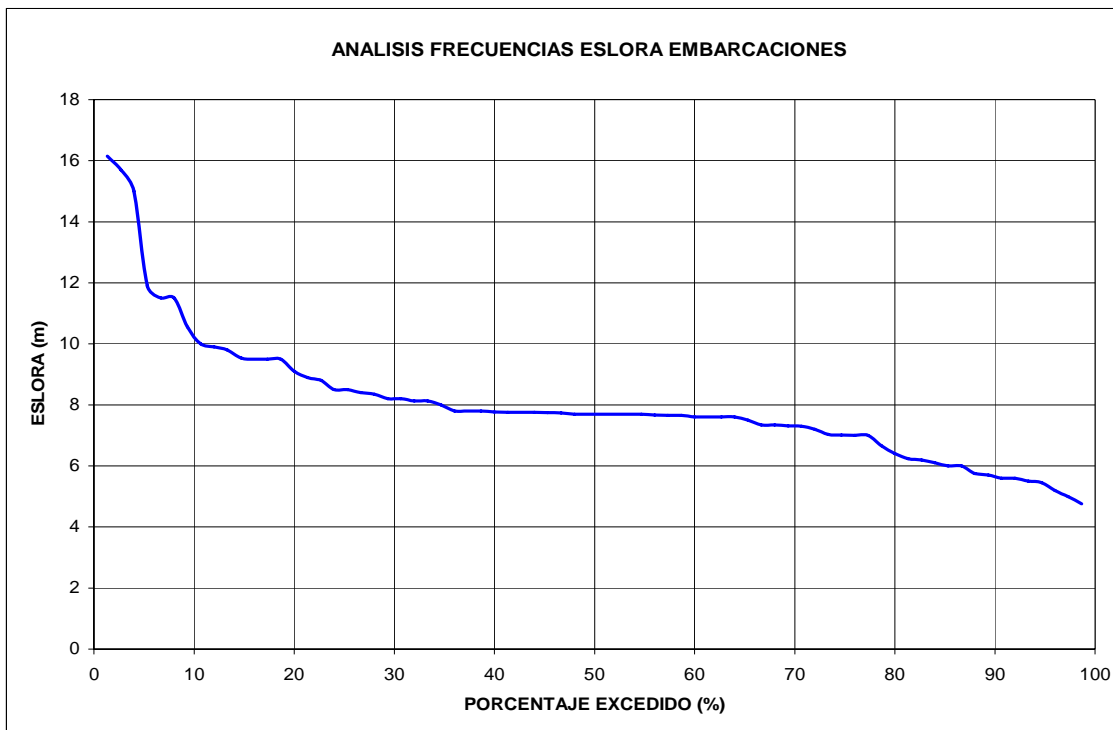


Figura 3.1 Frecuencia esloza embarcaciones que llegan a Johnny Cay

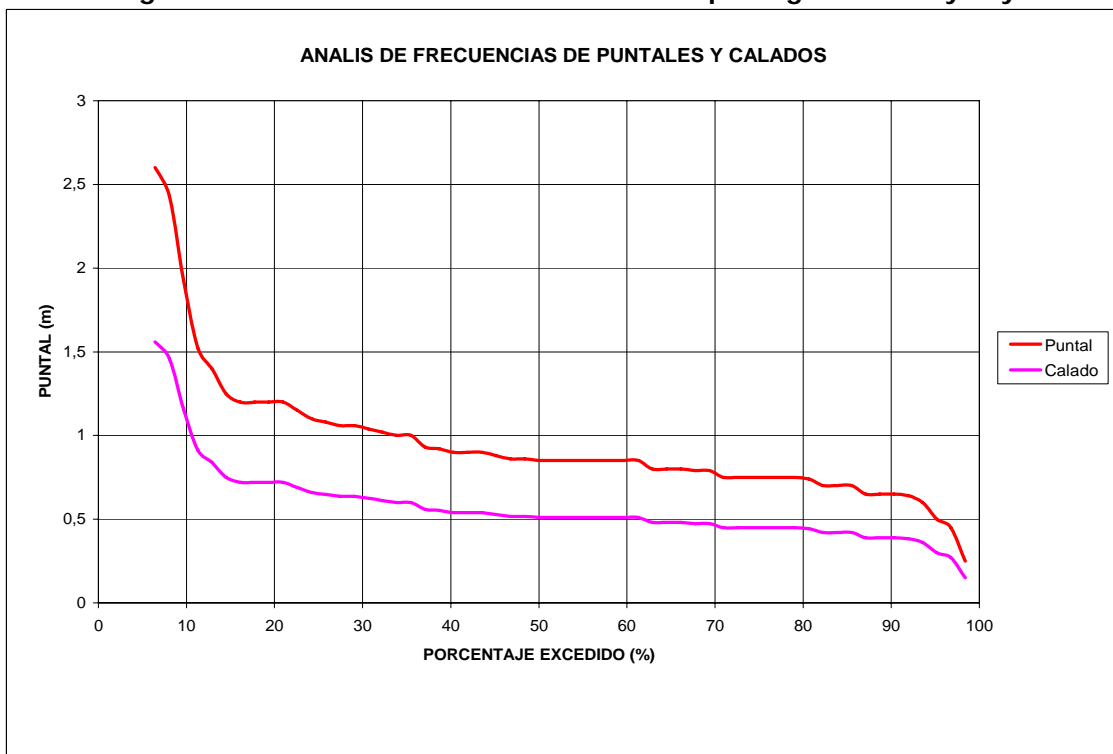


Figura 3.2 Frecuencia Calado embarcaciones que llegan a Johnny Cay



## 4. CÁLCULO ESTRUCTURAL DEL MUELLE

### 4.1. CALCULO DE FUERZAS POR VIENTO Y CORRIENTE

#### 4.1.1. Datos conocidos

Velocidad Viento	Vw=	120 km/hor = 74.57 mph
Area de ataque Frontal	A=	2.68 m <sup>2</sup>
Diámetro Parantes Tubos	Ø=	8" 0.61 m <sup>2</sup>
Área Vigas	A=	1.47 m <sup>2</sup>
Área Losa plataforma del muelle	A=	0.60 m <sup>2</sup>
Area de ataque Paralelo	A=	135.00 m <sup>2</sup>
Área Plataforma del muelle	A=	135.00 m <sup>2</sup>

#### 4.1.2. Cálculo de fuerzas - (Viento - Corrientes).

#### Fuerza del Viento

$$P_D = P_B \times \frac{(V_{DZ})^2}{25600} \quad V_{DZ} = 2.5 \times V_0 \times \frac{V_{DZ}}{V_0} \times \ln \frac{Z}{Z_0}$$

Donde:  $V_0 = 13.2$  Km/h Terreno Abierto

$V_W = 120$  Km/h Velocidad del viento

$V_B = 160$  Km/h Velocidad base

$Z = 5000$  mm Altura actuante del viento

$Z_0 = 70$  mm Altura Base

$$W_W = 2.5 \times 13.2 \times \frac{120 \times \ln \frac{5000}{70}}{160} = 105.65 \text{ Km/h}$$

$$P_D = P_B \times \frac{(105.65)^2}{25600} = P_D = 0.44 P_B$$

Tabla 4.1 Coeficiente de Vientos

	PB (ton/m <sup>2</sup> )		PD (ton/m <sup>2</sup> )	
	Barlovento	Sotavento	Barlovento	Sotavento
Para Pilotes, vigas	4.5		1.98	
Para losas		2.20		0.97

Fuerza de Corriente

p = presión del agua que fluye (MPa)

CD = coeficiente de arrastre

Tabla 4.2 Coeficiente de Arrastre

Tipo	CD
Pila con borde de ataque semicircular	0.7
Pila de extremo cuadrado	1.4
Arrastres acumulados contra la pila	1.4
Pila con borde de ataque en forma de cuña, ángulo del borde de ataque $\leq 90^\circ$	0.8

Fuerzas marinas contra pilotes = 0.70

V = 12.00 m/seg

p = 0.05 Mpa

p = 5.28 Ton/m<sup>2</sup>

Fuerzas marinas contra cara frontal de la losa = 0.80

V = 12.00 m/seg

p = 0.06 Mpa

p = 6.04 Ton/m<sup>2</sup>

V = velocidad del agua para la inundación de diseño en estados límites de resistencia y servicio y para la inundación de control en el estado límite correspondiente a evento extremo (m/s)

$$P = 5.14 \times 10^{-4} \times CD \times V^2$$

#### 4.2. CRITERIOS DE DISEÑO MARÍTIMO ESTRUCTURAL

##### 4.2.1. Combinaciones de cargas

Las estructuras se diseñarán para las combinaciones de carga y esfuerzos admisibles, indicados en el siguiente texto y en la Tabla 4.3:

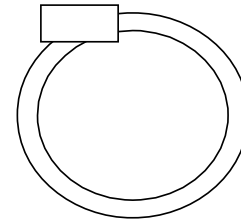
P	Peso propio	Cálculo int. Sap 2000
SC	Sobrecarga de trafico peatonal	180 kg/m <sup>2</sup>
I	Impacto 1.0 Ton	
V	Fuerzas de viento sobre la plataforma	Barlovento/Sotavento
Cc	Fuerzas de corrientes	6.04 ton/m <sup>2</sup>

Tabla 4.3 Combinaciones de Carga

Estado de Carga	Combinaciones de Carga						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>P</b>	1.3	1.3	1.3	1.25	1.3	1.3	1.3
<b>SC</b>	1.7		1.7		1.3	1.7	
<b>I</b>		1.7					
<b>V</b>		1.3	1.3	1.25	1.3		
<b>Cc</b>	1.3	1.3	1.3	1.25			

4.3. CAPACIDAD DE CARGA ESTRUCTURAL DEL PILOTE

4.3.1. Sección del pilote



$T_w = 12.7 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$      $L = 11.90 \text{ m} = 39.04 \text{ pies}$

Para el acero	Espesor Tubo	=	12.7 mm
	Diámetro interior $D_1$	=	22.80 cm
	Diámetro exterior	=	25.40 cm
	Peso ml	=	0.08 tn/m

$A = \frac{\pi * (d^2 - d_1^2)}{4} = 0.7853 * (d^2 - d_1^2)$      $A = 95.27 \text{ cm}^2$

$I = \frac{\pi * (d^4 - d_1^4)}{64} = 0.49087 * (d^4 - d_1^4)$      $I = 7.026 \text{ cm}^4$

$S = \frac{\pi * (d^4 - d_1^4)}{32*d} = 0.098175 * \frac{(d^4 - d_1^4)}{d}$      $I = 553.27 \text{ cm}^4$

$r = \sqrt{\frac{d^2 + d_1^2}{4}} = 0.098175 * (d^4 - d_1^4)$      $r = 8.54 \text{ cm}^4$

$Z = \frac{d^3 - d_1^3}{6}$      $Z = 740.15 \text{ d}^3$

4.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Radio de giro  $r = 3.36''$

Si  $\lambda < 1.5$      $\lambda = 0.13 < 1.5$

$F_{cr} = (0.68^{\lambda c^2}) * F_y$

$K = 1$

$F_{cr} = 35.75 \text{ Ksi} = 25129 \text{ Tcn/m}^2$

Si  $> 1.5$      $\emptyset = 0.85$

$F_{cr} = \frac{(0.68^{\lambda c^2}) * F_y}{\Lambda_c^2}$

$A = 96.27 \text{ cm}^2$

$P_B = \emptyset_c * A * F_{cr}^{\mu} = 205.64 \text{ Tn}$

4.5. CAPACIDAD POR FLEXIÓN

Momento de flexión debido a las cargas aplicadas =  $M$

Módulo de sección elástico, en la dirección de flexión =  $S = 553,27 \text{ cm}^2$

$\Theta * M = \Theta * S * F_y$

$F_y = 25308 \text{ T/m}^2$

$\Theta = 0.90\Theta * Mn = 12.60 \text{ T-m}$

#### 4.6. RESISTENCIA AL CORTE

Sección Transversal

$$\Theta_c * V_B = \Theta_c * A * F_Y$$

$$A(\text{total}) = 95.27 \text{ cm}^2$$

$$AE = 19629 \text{ T/m}^2$$

$$\Theta_c = 0.90$$

$$\Theta * V_B = 219.29 \text{ Ton}$$

Una vez se han definido las dimensiones de pilotes y losa (Figura 4.1), se procede a correr el programa SAP 2000, el cual muestra la memoria estructural

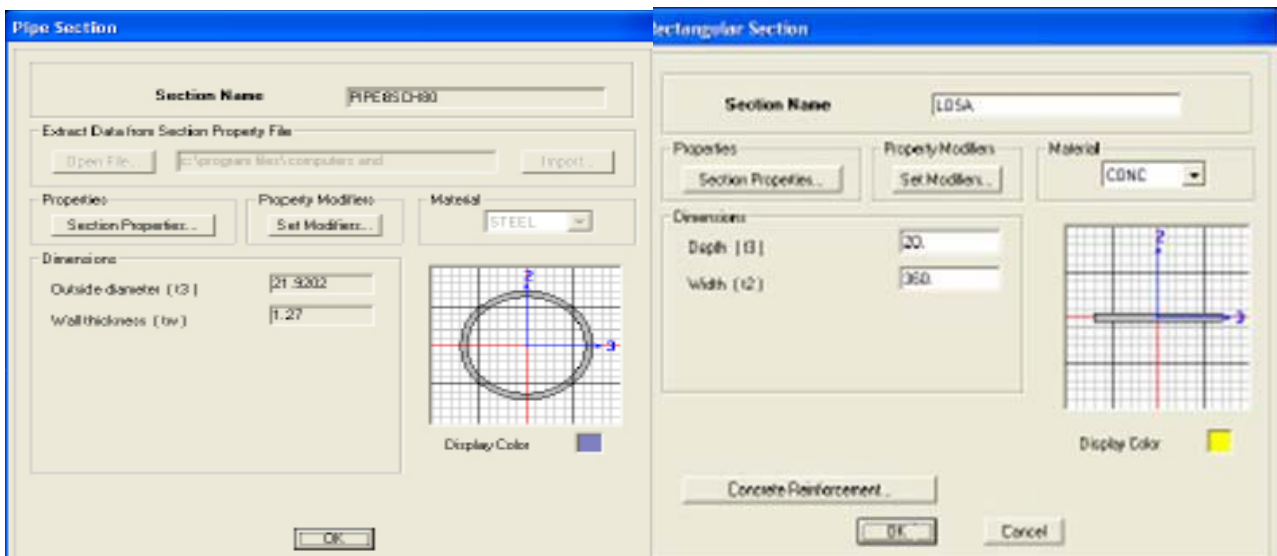


Figura 4.1 Cálculo de la sección de pilote y de la losa

## 5. DISEÑO DEL MUELLE

### 5.1. PRIMERA ALTERNATIVA

#### 5.1.1. *Descripción de la obra*

Se trata de una estructura en concreto, integrada por una plataforma de 45 m de largo y 3.0 m de ancho, soportada sobre una cimentación compuesta por pilotes de concreto prefabricados y posteriormente hincados. Estará ubicada a unos 165 m desde el norte, donde está la zona que recibe el oleaje más atenuado de todo el cayo. En la presente memoria descriptiva, se detalla la geometría, materiales, procedimientos y recomendaciones para la construcción del muelle turístico en Johnny Cay.

##### 5.1.1.1. Cimentación

La cimentación se efectuará mediante un pilotaje de elementos en concreto reforzado con sección circular fundidos en camisas de acero SCH 60 de 10" de diámetro, que estarán dispuestos en 12 ejes, de los cuales los 11 primeros ejes tienen una separación de 4.00m, el último 5.00m por separación, cada eje está conformado por dos pilotes separados a 2.50 m entre ejes.

Los ejes 0, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10 y 11 están conformados por pilotes verticales; los ejes 5 y 8 por pilotes con inclinación 1:3. En cada eje se ha previsto el montaje de una viga de concreto reforzado, del cual quedará un volado de 0.60 m en ambos lados del ancho del muelle, entre el eje 9 y 10 se sitúan dos elementos: una escalera y una rampa de acceso a la plataforma baja. Cada dos ejes continuos se soportan dos losas de espesor uniforme.

##### 5.1.1.2. Estructura

La plataforma será un sistema de losa y vigas de concreto reforzado con resistencia a la compresión  $f'c = 5,000$  psi, con espesor de losa de 0,20 m 3.80 m de longitud y 1.40 m de ancho, en total existen 18 losas. Se dispondrán 10 vigas de 4.20 m de longitud y 2 vigas de 4.60 m de largo (Figura 5.1).

La plataforma está integrada por tres tramos así:

Un tramo con 36 m de longitud por 3 m de ancho.

El segundo tramo consta de una escalera de 4m de largo y 1.5 m de ancho (Figura 5.2), una rampa paralela a la escalera de 4m de largo por 1.50 m de ancho.

El Tercer tramo es una plataforma baja de 5 m de largo por 4.60 m de ancho, conformado por tres losas de espesor uniforme y con nervadura central, cada losa tiene 4.80 m de largo y 1.40m de ancho por 15 cm de espesor.

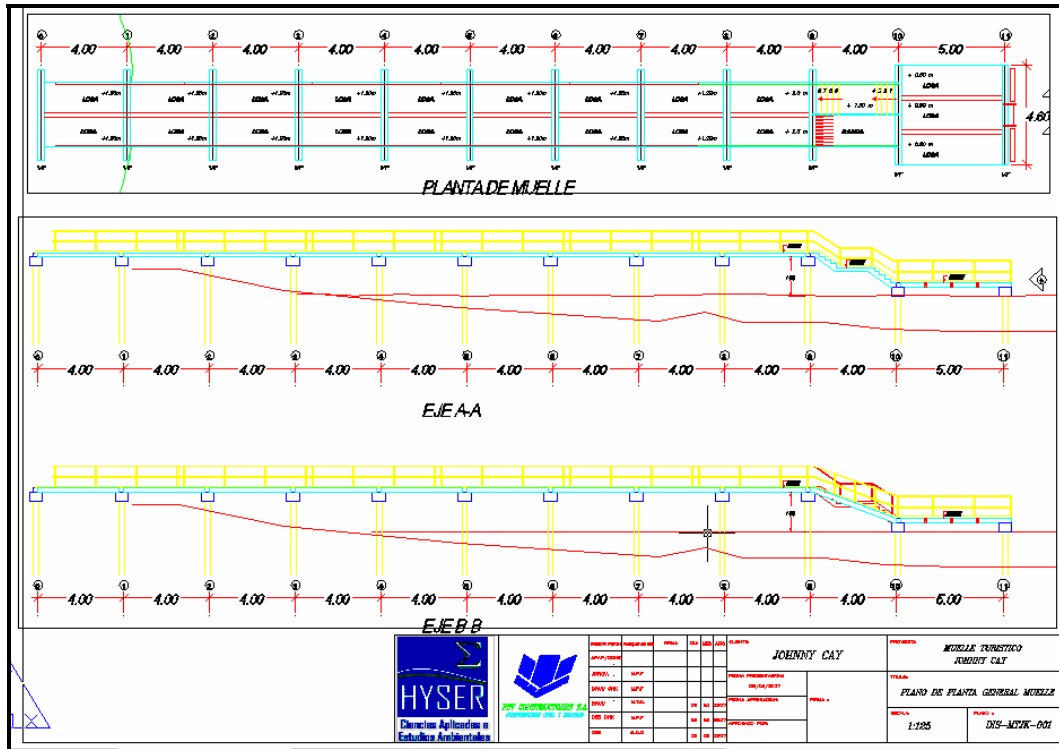


Figura 5.1 Planta general del Muelle turístico

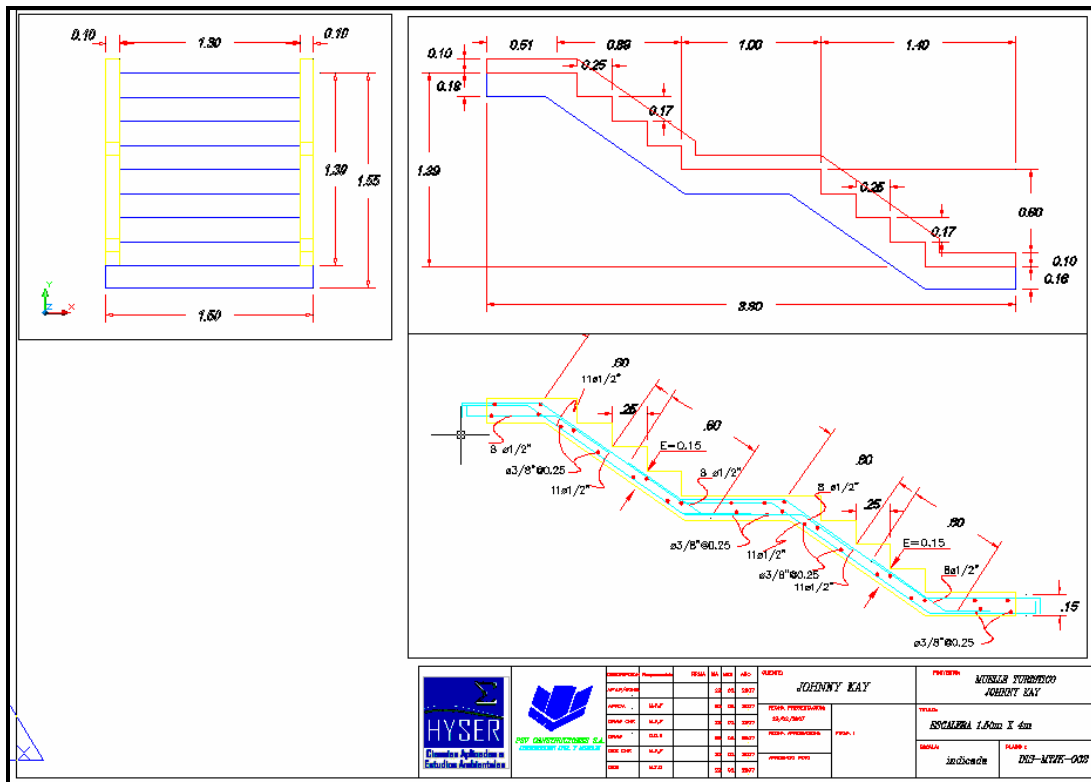


Figura 5.2 Corte de escaleras de ingreso a la plataforma



### 5.1.2. *Diseño gráfico*

En la Figura 5.3, Figura 5.4, Figura 5.5, Figura 5.6 y Figura 5.7 se aprecia le modelo del muelle proyectado en Johnny Cay, para prestar el servicio turístico de embarque de pasajeros.

En la figura 59 se tiene una prospectiva aérea, que permite ver de manera virtual el aspecto general en planta de los elementos de la superestructura del muelle, es decir la plataforma de embarque, las escaleras y la rampa de acceso a la tarima de circulación, de igual forma se indican las barandas de seguridad personal para los turistas durante su circulación en tarima y los elementos o bitas de amarre para las embarcaciones, instaladas en la La perspectiva frontal en mínima inclinación, de la superestructura, de la figura No. 60, muestra la plataforma de embarque y los elementos de ascenso a la tarima, como son las escaleras y la rampa, para brindar toda posibilidad de ingreso. También se aprecian claramente cuatro (4) bitas de amarre para dos naves marítimas de recreo, ya que se cuenta con el espacio y los elementos necesarios para su arribo simultáneo. Se aprecia el muelle y sus elementos de cimentación (pilotes), desde el punto de vista lateral, de sur a norte, en la figura No. 61



Figura 5.3 Vista Aérea del muelle para embarcaciones turísticas en Johnny Cay

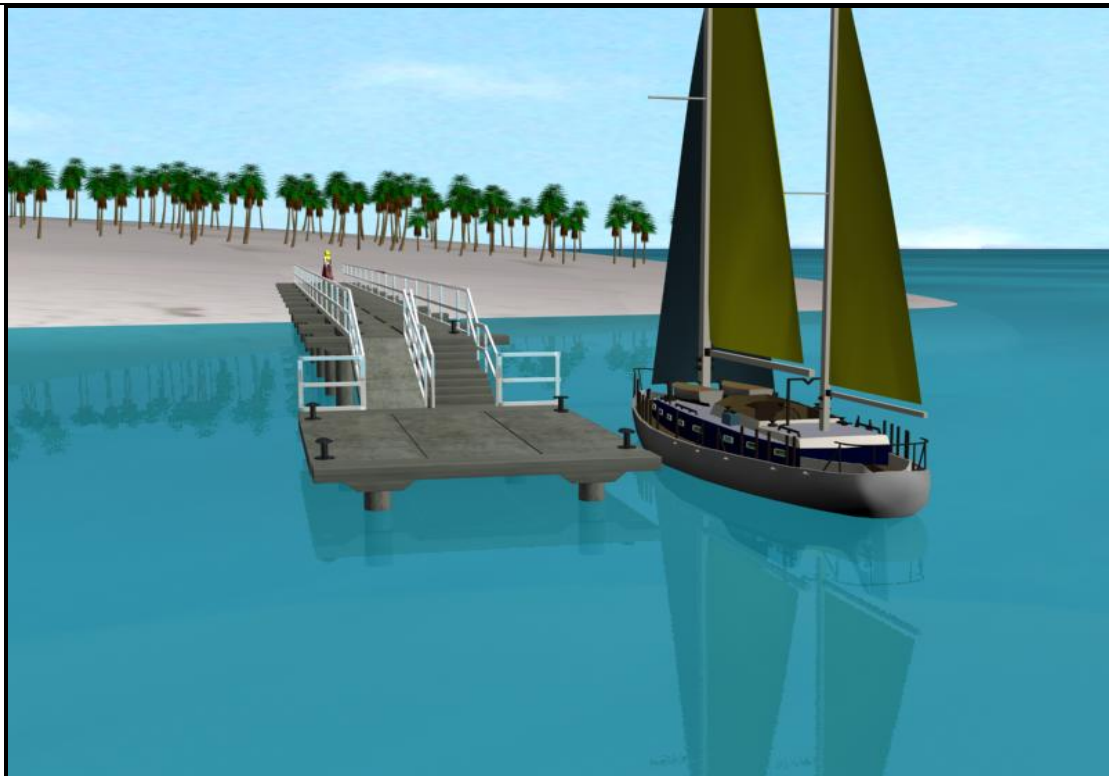


Figura 5.4 Vista Frontal de la plataforma de embarque de pasajeros

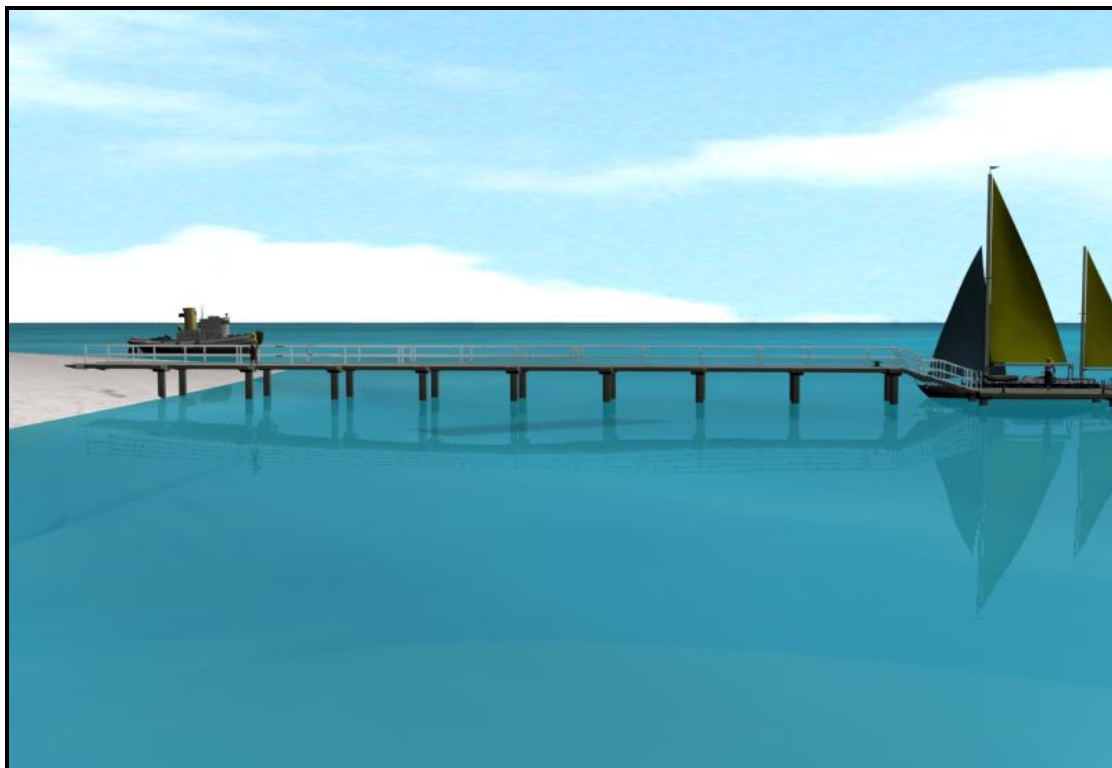


Figura 5.5 Vista lateral del muelle turístico de Johnny Cay



Figura 5.6 Vista isométrica alta del muelle turístico en Johnny Cay



Figura 5.7 Vista isométrica inferior del muelle turístico en Johnny Cay

### 5.1.3. Especificaciones técnicas

En este ítem se presentan los requerimientos técnicos para el suministro de tubos de acero y fabricación de pilotes para la construcción del muelle turístico en Johnny Cay.

Las dimensiones serán expresadas en las unidades del sistema métrico, preferentemente en milímetros y las elevaciones en metros. El diámetro de los tubos se indicará en pulgadas para los diámetros estándares y milímetros para los especiales. El detalle de los pilotes se presentan en la figura 66 y el plano DIS-MTJK-008.

#### 5.1.3.1. Normas aplicables

##### *Acero estructural y pilotes*

- ASTM A36 Specifications for Structural Steel
- ASTM A252 Welded and Seamless Steel Pipe Piles
- AISC-92 American Institute of Steel Construction (AISC), Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Building ASD edition 9ª de 1992.
- AWS D1.1-2000 American Welding Society, Code for Welding in Building Constructions.

- AWS D1.4- 98 American Welding Society, Reinforcing Steel.

#### CEMENTO

- ASTM C 150 : Standard Specification for Portland Cement

#### AGREGADOS

- ASTM C33-03 : Standard Specification for Concrete Aggregates
- ASTM D75-03 : Standard Practice for Sampling Aggregates
- ASTM C136-05 : Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
- ASTM C40-04 : Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete
- ASTM C127-04 : Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate
- ASTM C117-04 : Standard Test Method for Materials Finer than 75- $\mu$ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing
- ASTM C70-94 : Standard Test Method for Surface Moisture in Fine Aggregate
- ASTM C128-04a : Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate
- ASTM C131-03 : Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine
- ASTM C702-03 : Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size

#### *Concretos*

- ASTM C172-04 : Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete
- ASTM C31/C31M-03a : Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field
- ASTM C192/C192M-05 : Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory.
- ASTM C39/C39M-04a : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
- ASTM C94/C94M-04a : Standard Specification for Ready-Mixed Concrete

- ASTM C 231-78 : Air content of freshly mixed concrete by the pressure method.

### ***Concreto reforzado***

- ASTM A615/A615M-05a : Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement.
- ACI 211.1-91 Standard Practice for Selecting Proportions for Normal Heavyweight and Mass Concrete.
- ACI 301-96 Standard Specifications for Structural Concrete
- ACI 304.3R96 Heavyweight Concrete: Measuring, Mixing, Transporting, and Placing.
- ACI 305-91 Hot Weather Concreting
- ACI 315-92 Details and Detailing of Concrete Reinforcement ACI 318-02 Building Code Requirements for Structural Concrete
- ACI 347-78 Recommended Practice for Concrete Formwork
- ACI 497-72 Standard Specification for Welded Deformed Steel Wire Fabric for Concrete Reinforcement.

### ***5.1.3.2. Pilotes***

Este capítulo se refiere a la fabricación, perforación, hincas y anclaje de pilotes, cuyo detalle se aprecia en el DIS-MTJK-008.

Suministro de tubos para pilotes

Las siguientes prescripciones regirán para la provisión de los tubos de acero que se utilizarán en la fabricación de los pilotes tubulares de acero para la cimentación del muelle.

Material Los pilotes serán de acero estructural calidad SCH 60.

Dimensiones

Los tubos para pilotes serán de longitud variable, con diámetro de 10".  $e=1/2"$

### **Fabricación de pilotes**

Esta sección se refiere a los trabajos de fabricación de los pilotes y sus zapatas de hincas, en los largos requeridos por el proyecto, los que deberán ser entregados con su pintura de revestimiento, ver figura 66.

Antes del inicio de la faena el Constructor deberá preparar un programa y procedimiento de trabajo. Este documento deberá contener, en relación a la fabricación de pilotes, los siguientes antecedentes:

- Canchas de empalme de tubos de acero
- Procedimiento de soldadura
- Métodos e instrumentos de control de tolerancias
- Manejo de pilotes, etc.

### **Tolerancias**

Los tubos que se emplearán en la fabricación del tramo hincado de los pilotes deberán cumplir, cada 1 m de longitud y en dos diámetros ortogonales, con la siguiente condición de redondez:

$$(D_{\text{máx}} - D_{\text{mín.}})/D_{\text{nominal}} = 0.010$$

Donde; Para facilitar el cumplimiento de la condición de redondez, el fabricante deberá, medir y rechazar los tubos que no cumplan con dicha condición.

El diámetro exterior de los tubo constituyentes de los pilotes no deberá diferir del diámetro nominal más de – 1.0 % del diámetro En caso que los tubos sean conformados por tramos para obtener la longitud especificada, las tolerancias que deben cumplir estas uniones entre segmentos de tubo son las siguientes:

- Perpendicularidad: Los puntos del plano correspondiente a una sección
- $D_{\text{máx}}$  : Diámetro máximo del pilote
- $D_{\text{mín}}$  : Diámetro mínimo del pilote
- $D_{\text{nominal}}$  : Diámetro nominal del pilote

El diámetro exterior de los tubo constituyentes de los pilotes no deberá diferir del diámetro nominal más de – 1.0 % del diámetro. En caso que los tubos sean conformados por tramos para obtener la longitud especificada, las tolerancias que deben cumplir estas uniones entre segmentos de tubo son las siguientes:

Perpendicularidad: Los puntos del plano correspondiente a una sección terminal, cortada perpendicularmente al eje teórico, deben quedar a menos de 1 mm. del plano teórico.

Linealidad: La desviación axial no deberá sobrepasar 2 mm por metro lineal, ni 1.0 por mil en la longitud total del pilote.

### **Sección de pilotes**

La fabricación del segmento hincado de cada pilote deberá cumplir con lo especificado a continuación:

Los distintos tramos de secciones tubulares que conformarán el segmento hincado del pilote deberán ser inspeccionados previamente, registrando en ambos extremos las medidas máximas y mínimas de dos diámetros ortogonales. Se seleccionará y presentará los tramos de manera tal

### **32 ESTUDIOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MUELLE EN JOHNNY CAY**

**CORALINA**

de lograr que el pilote presente un diámetro uniforme. En caso que ello no sea posible, deberá presentarse los tramos de manera tal de lograr un pilote con diámetro decreciente hacia su extremo inferior.

Además, con el objetivo de no reducir la eventual fricción que se desarrollaría en la interfase suelo-acero, todos los cordones circunferenciales de soldadura resultantes de las uniones de tubos, existentes el segmento de pilote hincado en el estrato de conglomerado de arena compacta, deberá ser rebajado hasta el diámetro del pilote.

#### **Longitud de pilotes**

El Constructor deberá fabricar los pilotes con una longitud suficientemente holgada para alcanzar la penetración de proyecto, definida como alcanzar y penetrar en la roca basal.

El Constructor podrá optar a su costo, entre realizar un investigación geotécnica complementaria y/o estimar la longitud de fabricación de los pilotes en base a los resultados de la hinca y pruebas dinámicas de pilotes precedentes, apoyada con los resultados de una investigación del espesor del estrato granular existente sobre la roca, mediante sondeos de penetración con lanza de agua.

Todos los pilotes del proyecto deberán ser hincados hasta alcanzar y rechazar en la roca basal. Los pilotes cuya sollicitación de tracción sea mayor a su peso propio deberán ser anclados a la roca.

#### **Soldaduras**

Las soldaduras longitudinales del pilote deberán estar giradas en 180° entre los dos tubos que se empalman.

Todas las soldaduras circunferenciales efectuadas en terreno, en las canchas de empalmes de tubos, deberán ser inspeccionadas radiográficamente en a lo menos el 25 % de su longitud o, alternativamente en el 100 % de su longitud, utilizando equipos y procedimientos de ultrasonido de acuerdo a AWS D1.1-2000 de acuerdo a norma ASTM E317. El operador debe ser calificado en nivel II según SNT-TC- 1A de la ASNT (American Society for Nondestructive Testing).

#### **Marcas para control de inca**

Los pilotes se marcarán con pintura, de color contrastante con el color del pilote, mediante marcas distanciadas cada 10 cm. La longitud mínima de pilote cubierta por las marcas debe corresponder al tramo total a hincar. Al menos cada 1 m deberá estar indicada la longitud acumulada del pilote, medida desde el extremo inferior del zapato de hinca.

#### **Instalación e hinca de pilotes**

Tolerancias de Hincado y Criterios de Aceptación



El espaciamiento entre centros de los pilotes será el indicado en los planos del proyecto. En la presentación del pilote, previa al hincado. La medición de tolerancia se efectuará en el nivel de corte. La inclinación del eje de los pilotes no deberá variar en más de 1.5 % con respecto a la inclinación teórica.

Después de cortar los pilotes se deberá efectuar un levantamiento de su localización. A cada pilote se le determinará las coordenadas. Si algún pilote excede las tolerancias especificadas, el Constructor debe proponer las medidas técnicas necesarias para solucionar, a su costo, el problema. La solución debe ser revisada y aprobada por la STO.

#### Martinetes y Criterios de Rechazo

El martinete a utilizar en las faenas de hinca de pilotes es un Martillo Delmag D-8 Los criterios de rechazo propuestos a utilizar para los diferentes pilotes de la Obra deberán ser verificados en terreno a partir de los análisis de los resultados de las instrumentaciones dinámicas, efectuadas durante la hinca de los primeros pilotes de cada estructura del proyecto. Las tensiones máximas que se inducen durante la hinca en cualquier punto de un pilote pueden ser estimadas por medio de análisis de las trazas de fuerza y velocidad utilizando el programa CAPWAP desarrollado por Goble, Rauche y Likins.

Los criterios de rechazo serán revisados a medida que se conozcan los resultados de las pruebas de dinámicas especificadas a ejecutar sobre los pilotes de la Obra. Los criterios de rechazo podrán ser modificados por la interventoría a medida que progrese la hinca de pilotes e incorporando los resultados de la hinca de pilotes precedentes.

#### Profundidad de Hinca

La profundidad final de hinca de cada pilote será la necesaria para desarrollar las capacidades de carga requeridas para compresión.

#### Instalación de Pilotes

El Constructor deberá disponer para la hinca de los pilotes de un equipo de posicionamiento de pilotes, formado por estructuras guía, correderas, plantillas, etc.

#### Equipo de posicionamiento

Deberá permitirse presentar el pilote dentro de las tolerancias de posición e inclinación establecidas para los pilotes del proyecto y mantenerlo dentro de dichas tolerancias, durante el proceso de hincado. El sistema de guiado de pilotes deberá prevenir el daño al pilote.

Durante toda la faena de hinca se exigirá la perfecta alineación y coaxialidad entre el pilote y el martinete.

Será responsabilidad del Constructor mantener al pilote dentro de las tolerancias especificadas para los pilotes del proyecto.

#### Hinca de Pilotes

Una vez presentado el pilote se deslizará hasta alcanzar la penetración debida a su propio peso. Luego se instalará el martinete y permitirá la penetración adicional del pilote, generada por el peso propio del martinete. Luego de verificadas y aprobadas las tolerancias de instalación y la alineación martinete-pilote, se dará inicio a las labores de hinca.

Con el objetivo de reducir el riesgo de colapso estructural de algún pilote hincado en roca, se recomienda iniciar la hinca utilizando el martinete con su bomba de combustible fijada en la posición de menor energía.

Se llevará un registro de la faena de hinca de cada pilote en el cual se anotará, como mínimo la información siguiente:

- Número, diámetro, espesor y longitud inicial del pilote.
- Penetración del pilote debida a su peso propio
- Penetración del pilote debida al peso propio del martinete
- Tipo y energía del Martinete
- Cantidad de golpes por cada 0.10 m de penetración del pilote.
- Registro de detenciones de la faena de hinca, indicando causa y duración de la detención.
- Cantidad de golpes por minuto, al menos durante los últimos 2.0 m de hinca y cada vez que el número de golpes por decímetro de penetración sea mayor a 50.
- Ubicación del tapón de suelo en el interior del pilote después de la hinca.
- Longitudes de los tramos de tubo que conforman el pilote, cortes, etc.
- Cotas referidas al NRS: Fondo marino, de fin de hinca y nivel de corte.

### **Aprobacion de pilotes**

Todos los pilotes del Proyecto deberán ser aprobados por la interventoría, de acuerdo a los resultados de las pruebas de calidad de los materiales.

#### **5.1.3.3. Concreto**

Los siguientes trabajos quedan cubiertos por el presente capítulo:

- Materiales utilizados en la mezcla, colocación, terminación y curado de todas las obras de CONCRETO.
- Suministro, preparación y colocación de las barras de refuerzo para estructuras de CONCRETO reforzado.
- Suministro y colocación de insertos que quedarán embebidos en el CONCRETO.
- Tolerancias admisibles en concretos terminados.

Muestra: Fracción de CONCRETO extraída de una amasada en conformidad con la norma ASTM C 172. Para el caso de las presentes especificaciones, una muestra estará constituida por al menos 3 probetas.

### **MATERIALES**

Los materiales deberán cumplir las prescripciones mínimas que se indican a continuación:

- Cemento

Se usará cemento Portland Puzolánico que cumpla norma ASTM C 150 tipo V, resistente a los sulfatos y en una dosis no inferior a  $350 \text{ kg/m}^3$

- Agregados

Los agregados utilizados deberán cumplir con los requisitos generales indicados en la norma ASTM C 33 para concretos expuestos a condiciones climáticas severas y los siguientes valores límites:

- Desgaste en la máquina de Los Ángeles < al 40%
- Pérdida de masa por disgregación con sulfatos de sodio < al 12% para la grava
- Absorción < al 2% para la grava
- Absorción < al 3% para la arena

El agregado grueso deberá tener un tamaño máximo nominal no mayor a 50mm.

La grava, gravilla y arena deberán cumplir con la distribución granulométrica indicada en la tabla 2 Grading Requirements for Coarse Aggregates de la ASTM C 33 No se aceptará arenas de playa o áridos que contengan cloruros o sulfatos en cantidades superiores a los límites indicados en la norma ASTM C 33.

- Acero de Refuerzo

El acero de refuerzo para concretos serán barras con resaltes de calidad ASTM A36

- Agua

Como agua de amasado se deberá utilizar agua potable. Alternativamente se podrá utilizar agua limpia, de origen conocido, que no contenga materias orgánicas ni sales agresivas o cloruros, con un contenido de sólidos en suspensión inferior a 5000 ppm, siempre y cuando se demuestre mediante ensayos, (según ASTM C 109) de a lo menos 5 amasadas, de las cuales se extraerán un mínimo de 10 cubos o cilindros a cada una de ellas, que las resistencias a 7 y 28 días son superiores al 90% de las resistencias obtenidas sobre muestras gemelas confeccionadas con agua potable. La relación A/C no deberá ser mayor a 0,4 para todos los concretos ubicados en la zona splash y 0,42 para los concretos en general. Salvo en el caso de usar microsílíce peletizada, en cuyo caso se podrá incrementar esta relación a 0,45 considerando la adición de microsílíce como parte integral del conglomerante.

- Aditivos

Para lograr una impermeabilidad y consecuentemente una durabilidad adecuada es recomendable considerar el uso de superplastificantes y la adición de Sílica Fume Independientemente de lo anterior, es recomendable, el uso de plastificantes reductores de

### **36 ESTUDIOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MUELLE EN JOHNNY CAY**

**CORALINA**

agua, retardadores de fragüe, e incorporadores de aire, este último en una dosis tal que incorpore máximo un 4% de aire total  $\pm$  0.5%, incluido el aire atrapado. Todos los aditivos utilizados deberán ser definidos en el diseño de la mezcla y utilizados en los concretos de prueba, no se aceptará el uso de aditivos que contengan cloruro de calcio.

Calidad del concreto

En la construcción de las estructuras de los concretos marítimos de este proyecto, se han considerado las siguientes calidades de concretos:

-Concretos Estructurales:

CONCRETO con una resistencia cilíndrica  $f'c$  mayor o igual a 35 Mpa, según procedimientos de calidad del CONCRETO del código ACI – 318. Con el objeto de alcanzar exactitud y uniformidad en el CONCRETO, todos los materiales serán dosificados en peso.

Colocación de armaduras de refuerzo

En general, deberán respetarse todas las disposiciones contenidas en el código de diseño de CONCRETO armado ACI-318 y las siguientes disposiciones especiales:

- Las barras de acero se cortarán y doblarán en frío a velocidad controlada.
- Las barras de acero que han sido dobladas no serán enderezadas y no podrán volver a doblarse en una misma zona.
- La tendencia a la "rectificación" de las barras con curvatura dispuesta en la zona de tracción será evitada mediante estribos convenientemente distribuidos.
- Las armaduras deben colocarse limpias, exentas de polvo, barro, escamas de óxido, grasas, aceites, pinturas y toda otra sustancia capaz de reducir la adherencia con el CONCRETO.
- Las armaduras que estuvieran cubiertas por mortero o pastas de cemento u CONCRETO endurecido se limpiarán hasta eliminar todo resto en contacto con las barras.
- Todas las armaduras se colocarán en las posiciones precisas que se indican en los planos.
- Durante la colocación y fraguado del CONCRETO las armaduras deberán mantenerse en las posiciones indicadas en los planos, evitando los desplazamientos o vibraciones enérgicas. Para esto deberán disponerse los elementos adecuados.
- Para sostener o separar las armaduras de los encofrados se emplearán espaciadores de mortero (calugas) de igual calidad que el CONCRETO.
- Todos los estribos deberán llevar ganchos en sus extremos, formando ángulos de 135 grados.
- Todas las barras dobladas tendrán los radios recomendados por el fabricante.
- Deberán consultarse los dispositivos (amarras) que aseguren el correcto control de los recubrimientos específicos, admitiéndose una tolerancia de + 6mm salvo en losas donde se admitirán + - 3mm.
- Los recubrimientos mínimos, medidos entre la superficie del concreto y la barra de refuerzo más próxima serán de 5.0cms. en general y de 6.5cms en

las zonas de splash.

- Las barras que interfieren con tuberías o casilleros deberán desplazarse, pero no más de 5cm. Si el desplazamiento necesario es mayor, la barra se cortará y se reforzará la zona con armadura de la misma sección interrumpida, traslapada en una longitud que pueda desarrollar el 100% de su tensión.
- Para anclar barras de refuerzo de concretos existentes se usará un adhesivo a base de resina epoxi tipo Sikadur 32 de Sika o equivalente, la aplicación se hará solamente en los lugares indicados en el proyecto y de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

### **Fabricacion y transporte del concreto**

El CONCRETO deberá confeccionarse en planta con dosificación en peso, con pesadas acumuladas y un tiempo de revoltura mínimo de 1,5 minuto salvo que el equipo utilizado asegure la homogeneidad de la mezcla en un tiempo menor.

El CONCRETO fresco, a la salida de la hormigonera deberá tener una temperatura no superior a 24°C a fin de limitar la retracción térmica.

La capacidad de la planta deberá ser acorde al programa de concretado que entregue la empresa constructora que materialice la obra.

La totalidad de los componentes del CONCRETO deberán ser incorporados antes de ser despachado el CONCRETO de la planta, debiendo mantenerse un registro permanente de carguío, quedando estrictamente prohibida la incorporación de materiales adicionales. De ser necesaria la incorporación de algún aditivo en la mezcla, su uso deberá ser recomendado por el fabricante de éste y se registrará la cantidad y hora en la guía de control del CONCRETO.

Antes de iniciar cada faena de concretado el contratista deberá verificar el cumplimiento de los siguientes requisitos mínimos:

- Alineación y limpieza del encofrado
- Comprobación geométrica
- Aplicación correcta del encofrado
- Sello de las uniones del encofrado
- Calidad, limpieza y ubicación correcta del acero de refuerzo
- Colocación de separadores
- Longitud de traslapos.
- Verificación de la correcta colocación de insertos, pernos de anclaje, pasadas de ductos, etc.

En general el plazo máximo de fabricación y colocación del CONCRETO en fundida no podrá exceder de 4 horas, por lo que no se autorizará la colocación de concretos que pasado el tiempo máximo, no hayan sido colocados en el molde. En caso de uso de retardadores podrá prolongarse el plazo de fabricación y colocación indicados, el que en ningún caso podrá superar el 90% del tiempo de inicio de fraguado, determinado previamente en terreno, tomando como base el promedio de un mínimo de 3 mediciones.

La temperatura de colocación del CONCRETO fresco no podrá exceder, bajo

### **38 ESTUDIOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MUELLE EN JOHNNY CAY**

**CORALINA**

ninguna circunstancia los 24°C, no obstante, el constructor de la obra deberá demostrar que mediante su procedimiento de ejecución en los elementos no se generará un gradiente de temperatura superior a 15°C entre la superficie y el núcleo.

La pérdida de docilidad, medida en base al cono de Abrams, que pueda producirse debido a tiempos de espera o demoras en la colocación del CONCRETO, deberá estar considerada en la dosificación del CONCRETO, por lo que no se aceptará, en ningún caso, adicionar agua en obra.

Para el transporte desde la planta premezcladora, hasta el lugar de colocación del CONCRETO la empresa deberá contar con camiones agitadores que mantengan la homogeneidad de la mezcla.

La puesta en obra del CONCRETO podrá realizarse por vaciado directo de camión agitador mediante canoas, grúas con capacho o bombas, de acuerdo a los volúmenes a colocar y distancia desde el punto de vaciado en cada caso.

#### **Fundida de concreto**

La colocación del CONCRETO se realizará de acuerdo a un plan de trabajo programado y organizado, teniendo en cuenta que el CONCRETO debe ser colocado en una faena continua evitando que se produzcan juntas frías no programadas. Las juntas de construcción se fijarán de antemano, de acuerdo a normas, y con aprobación del proyectista.

Al fundir cada elemento, el CONCRETO se deberá depositar directamente, tan cerca como sea posible de su posición definitiva. Si es necesario mover lateralmente el CONCRETO, éste podrá ser paleado pero no trasladado por vibración.

No se aceptará ningún procedimiento de traslación que exija para su funcionamiento el agregado de agua adicional, o que produzca segregación parcial o total del mortero y áridos.

En los elementos estructurales, en condiciones normales, el CONCRETO deberá colocarse en capas de un espesor acorde a los elementos de compactación empleados.

Cada capa se deberá compactar preferentemente mediante vibración mecánica hasta alcanzar la máxima densidad del CONCRETO cuidando de llenar completamente el molde sin disgregar el CONCRETO ni dejar nidos de piedra u oquedades.

El vibrador de inmersión deberá introducirse y retirarse lenta y uniformemente en forma vertical, penetrando a lo menos 10 cm en la capa anterior teniendo especial cuidado de no vibrar las armaduras.

Los vibradores de inmersión que se utilicen deberán ser de alta frecuencia, de 8000 rev/ min o más.

El tiempo de aplicación de la vibración dependerá de la consistencia del CONCRETO, de su composición y de la potencia del vibrador.

Toda tubería que deba quedar incluida en el CONCRETO tendrá dimensiones tales y estará colocada en forma que no reduzca la resistencia ni la estabilidad de los elementos estructurales.

Los guardacantos, insertos, pernos de anclaje, pasadas de ducto, tuberías, etc. Deberán cumplir con las especificaciones para estructuras metálicas y estarán limpios, libres de pinturas, grasas y aceites.

En aristas de CONCRETO se usarán chaflanes de 2 x 2 cms. Las superficies de apoyo contra las que haya que fundir deberán estar limpias y húmedas antes de iniciar las labores. En caso de temperaturas extremas o ambiente seco, el contratista deberá dar adecuada atención a los materiales componentes, a los métodos de producción, al manejo, a la colocación, a la protección y al curado a fin de evitar temperaturas excesivas del CONCRETO o la evaporación del agua. Se recomienda implementar las precauciones indicadas en "Hot Weather Concreting", del comité ACI-305.

Se considera recomendable el uso de los siguientes descensos de cono, siempre que sean compatibles con las resistencias requeridas en los planos:

Concretos estructurales en general : 6 -8 cm Concretos bombeados : 9 a 12 cm.

La docilidad del CONCRETO deberá controlarse a lo menos cada aproximadamente 2 horas o cada 20 m<sup>3</sup> de CONCRETO colocado en cada fundida. Este ensayo servirá únicamente para controlar la permanencia de las propiedades y la dosificación.

En muros y elementos verticales la altura de caída máxima libre no podrá ser superior a 2 m. En caso de alturas mayores será de uso obligado el empleo de capachos con tubos, de diámetro interior igual o mayor a 4 veces el tamaño máximo del árido utilizado, introducidos hasta el fondo del molde a rellenar.

#### ***5.1.3.4. Juntas***

Las juntas de construcción deberán ser propuestas por el constructor, teniendo en consideración las normas respectivas, procurando ubicarlas en el cuarto de la luz del elemento. Dicha proposición deberá someterse a la aprobación del proyectista.

Se considerará como junta de construcción a toda interrupción de la fundida de concretado que impide la introducción del vibrador en la capa vertida antes de dicha detención. Cuando esto ocurra deberá tratarse la junta CONCRETO fresco endurecido eliminando la lechada superficial del CONCRETO endurecido mediante hidro lavado, hidro arenado, arenado o mediante medios mecánicos, dejando a la vista el agregado grueso. La superficie tratada deberá estar perfectamente limpia, con una rugosidad de 5 a 6 mm, libre de polvo partículas sueltas o de cualquier material que puede reducir su adherencia al CONCRETO fresco. Cuando la faena se interrumpa por menos de 24 horas, sobre el CONCRETO endurecido cuya superficie este saturada de agua pero superficialmente seca, se colocará una capa de 2 cm. de mortero de similar composición al CONCRETO utilizado, uniformando así la superficie e inmediatamente después se vertirá el CONCRETO fresco, cuidando evitar su disgregación. En caso de interrupciones de la faena de concretado superiores a 24, además de las condiciones establecidas deberá aplicarse sobre la superficie del CONCRETO endurecido un puente de adherencia epóxico de las características descritas.

**5.1.3.5. Encofrados**

Deberán ser diseñados, colocados y mantenidos en su sitio de modo que puedan resistir las presiones producidas por las cargas, sin sufrir deformaciones mayores a lo establecido por ACI 347 capítulo 4.

Deberá permitir una terminación de superficie según clasificación C de ACI 301, punto 11.9.3, los materiales en que se confeccionen los moldajes, podrán ser de madera o metálico.

Antes de colocar el CONCRETO dentro de los moldes, estos deberán ser limpiados y sus superficies deben ser cubiertas con un desmoldante adecuado.

El plazo para el retiro de las formaletas será de:

- 2 días para los elementos laterales de vigas y losas.
- 14 días para los elementos horizontales del encofrado o hasta que el CONCRETO alcance un 75% de la resistencia a la compresión especificada.

**5.1.3.6. Proteccion y curado**

El sistema de protección y curado que se adopte deberá mantener el CONCRETO en un ambiente saturado, evitando así la pérdida de agua de éste, además de impedir las variaciones bruscas de su temperatura y que se pueda ver afectado por las acciones externas producto de viento, cargas, vibraciones, etc. Este se ejecutará durante al menos de 7 días, contados a partir de terminada la faena de concretado, humedeciendo el CONCRETO al menos cuatro veces al día (2 en la mañana y 2 en la tarde). Alternativamente podrán utilizarse diques de agua o membranas de curado

basadas en resinas sintéticas polimerizadas (Clase B), que limiten la pérdida de agua a no más de 0,65 kg/m<sup>2</sup> de superficie en 72 horas, eventualmente se podrá exigir que por exceso de radiación estas sean pigmentadas (del tipo 2).

**5.1.3.7. Control de calidad**

El contratista deberá programar el trabajo y poner en conocimiento del Jefe de la STO, el programa de trabajo en las faenas que involucren al concreto, con una anticipación mínima de 24 horas, de tal forma que se dispongan de los recursos necesarios para permitir una faena continua para el concreto

Certificación de calidad: Se debe contar con un laboratorio de ensayos externo y acreditado, que será de cargo del constructor y permitirá al menos realizar muestreos, transporte, ensayos, análisis de resultados y certificaciones.

- Corresponderá al laboratorio verificar tanto la calidad como la composición granulométrica de los agregados a fin de cumplir con estas especificaciones.
- Diseñar y/o revisar las dosificaciones de concretos que el contratista proponga.
- Realizar los ensayos previos, conforme se señala en la letra a siguiente.



- Tomar las muestras necesarias para controlar resistencias de CONCRETO a 14 y 28 días, asentamientos de cono, aire incorporado, rendimientos de CONCRETO fresco, dosificación de mezcla, etc.

a) Ensayos Previos. Con la debida anticipación al inicio de las fundidas de concreto, el contratista deberá haber realizado los ensayos y pruebas necesarias para definir las dosificaciones de cada tipo de CONCRETO a utilizar, acompañado de los resultados a edad temprana, a 14 y 28 días, las pruebas se realizarán en una cantidad tal, que permita conocer el comportamiento y resultado de la mezcla y sus aditivos.

b) Control de los agregados. La supervisión podrá ordenar en cualquier etapa de la ejecución del proyecto, ensayos de certificación de la calidad de los agregados empleados. Como mínimo se realizara un ensayo cada vez que se produzca un reabastecimiento de estos durante la ejecución de las obras. Los ensayos se realizaran según indica el código ASTM

c) Control de la resistencia de los concretos: El control de calidad del CONCRETO elaborado se realizará mediante toma de muestras, a lo menos cada 50 m<sup>3</sup> de CONCRETO elaborado o por cada lote de producción. Cada muestra estará compuesta de un mínimo de 3 probetas cúbicas o cilíndricas las que se ensayará una 14 y 2 a 28 días.

Conjuntamente con la extracción de cada muestra se deberá medir la docilidad del CONCRETO, temperatura, condiciones climáticas, tiempos de transporte, colocación y todo parámetro que sea relevante para un buen análisis de cada faena de concretado.

La aprobación de los concretos será de acuerdo a lo dispuesto en los criterios establecidos en lo que corresponde a calidad del CONCRETO del código ACI-318.

#### **5.1.4. *Proceso constructivo***

##### **5.1.4.1. Obra preliminares**

- Movilización de Maquinaria, equipo, herramientas y materiales necesarias a obra.
- Toda Topografía preliminar necesaria previa al proceso de hincado y montaje.
- Construcción de ambientes Campamento y Almacén



- Encofrado de las losas.
- Vaciado de concreto especial 5,000 PSI.

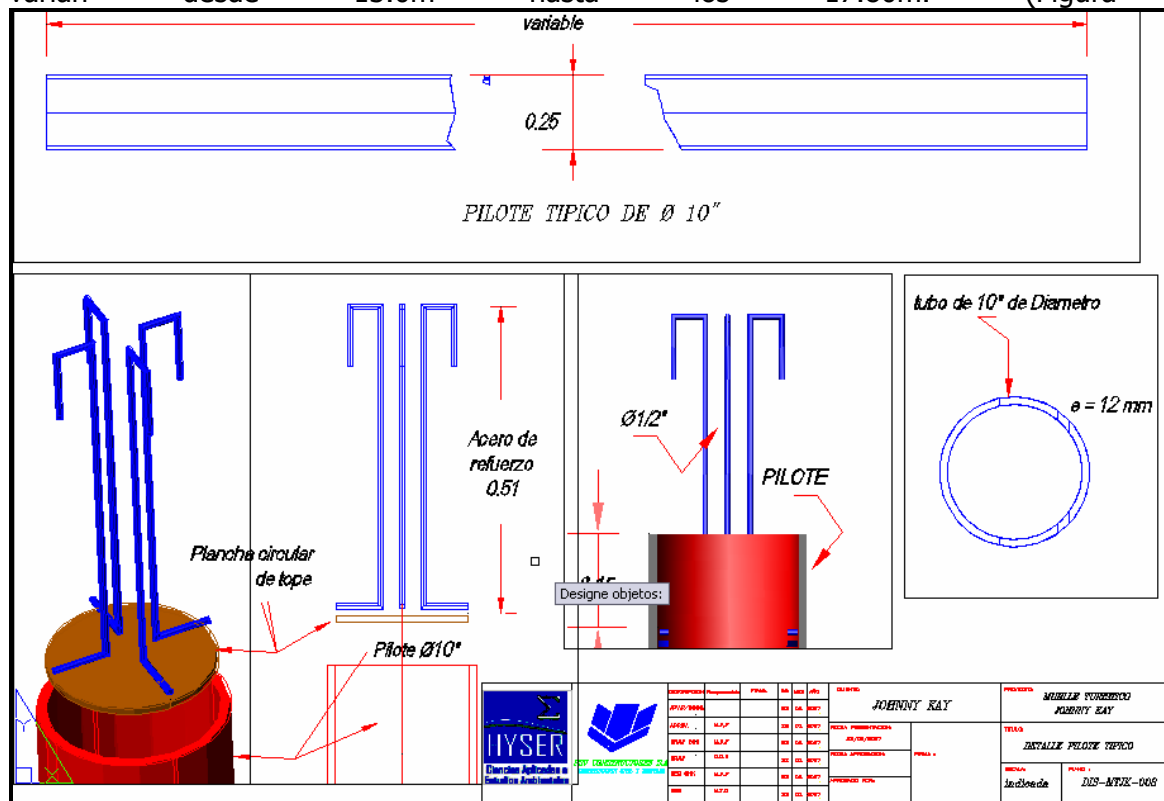
PREFABRICADO DE RAMPA DE ACCESO DE CONCRETO REFORZADO

Se fabricará en total 1 rampa de acceso, con armadura de refuerzo de acero corrugado 60,000 PSI, encofrado de las losas y vaciado de concreto especial 5,000 PSI.

Se fabricará en total 12 vigas de 4.20m y 3 vigas de 3.0m de largo, cada viga esta formada por vigas W12x65 y cartelas de arriostre lateral.

PREFABRICADO DE PILOTES PARA EL MUELLE

Se fabricará en total 24 pilotes de Ø10" espesor de pared de 12.70mm de kg/m, las longitudes varían desde 13.0m hasta los 17.80m. (Figura 5.9)



81.52

Figura 5.9 Detalle de pilotes

5.1.4.3. Obras maritimas - muelle de acceso

"EJE 0 - Pilotes verticales, Montaje de Viga y losas"

Para cada eje se realizarán las siguientes actividades:

- Traslado horizontal de elementos con grúa
- Replanteo topográfico del eje e instalación de la plantilla de hincado.
- Hinca de 02 Pilotes verticales de Ø10" tw=12.70mm.
- Corte y nivelado de pilotes a nivel de fondo de viga.

#### **44 ESTUDIOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MUELLE EN JOHNNY CAY**

**CORALINA**

- Montaje de 01 Vigas de Concreto armado 4.20m de largo.

"EJE 1, 2, 3, 4, 6, 7 y 9- Pilotes verticales, Montaje de Viga y losas"

Para cada eje se realizarán las siguientes actividades:

- Traslado horizontal de elementos con grúa
- Replanteo topográfico del eje e instalación de la plantilla de hincado.
- Hincado de 02 Pilotes verticales de Ø10" tw=12.70mm
- Montaje de 01 Vigas de Concreto armado 4.20m de largo.
- Montaje de 02 losas de concreto armado de 1.40m de ancho x 3.80m de largo y 0.20m de espesor.
- Encofrado de Juntas longitudinales y transversales e
- Instalación del Acero de refuerzo en juntas.
- Vaciado de concreto 5,000 PSI en juntas.

"EJE 5 y 8- Pilotes inclinados, Montaje de Viga y losas"

Para cada eje se realizarán las siguientes actividades:

- Traslado horizontal de elementos con grúa
- Replanteo topográfico del eje e instalación de la plantilla de hincado.
- Hincado de 02 Pilotes verticales de Ø10" tw=12.70mm
- Montaje de 01 Vigas de Concreto armado 4.60m de largo.
- Montaje de 03 losas de concreto armado de 1.40m de ancho x 3.80m de largo y 0.20m de espesor.
- Encofrado de Juntas longitudinales y transversales e
- Instalación del Acero de refuerzo en juntas.
- Vaciado de concreto 5,000 PSI en juntas.

"EJE 10 y 11- Pilotes verticales, Montaje de Viga, escalera, rampa y losas"

Para cada eje se procederá a realizar cada una de las siguientes actividades:

- Traslado horizontal de elementos con grúa
- Replanteo topográfico del eje e instalación de la plantilla de hincado.
- Hincado de 02 Pilotes verticales de Ø10" tw=12.70mm
- Montaje de 01 Vigas de Concreto armado 4.20m de largo.
- Montaje de 02 losas de concreto armado de 1.40m de ancho x 3.80m de largo y 0.20m de espesor.
- Encofrado de Juntas longitudinales y transversales e
- Instalación del Acero de refuerzo en juntas.
- Vaciado de concreto 5,000 PSI en juntas.
- Montaje de 01 rampa de concreto armado de 1.50m de ancho x 3.80m de largo y 0.20m de espesor.
- Montaje de 01 escalera de concreto armado de 1.50m de ancho x 3.80m de largo y 0.20m de espesor.

### **5.1.5. Protocolo de carga**

#### **5.1.5.1. Hincado de pilotes**

Establecer acciones de control de calidad aplicables en forma previa al proceso de hincado de pilotes desde tierra, las mismas que serán concordantes con las especificaciones técnicas, planos aprobados y normas nacionales e internacionales.

#### ***Definiciones***

#### **5.1.5.2. Emplantillado**

Es la actividad previa al hincado, que consiste en colocar un castillo con soporte en voladizo para replantear la posición del Pilote con los confinamientos necesarios para que se mantenga en su posición hasta la finalización del hincado del pilote.

#### **5.1.5.3. Hincado de pilotes**

Esta actividad define como el empotramiento del pilote por impacto de una masa que transmite energía potencial aplicada. El hincado termina cuando la energía permite alcanzar el rechazo y/o empotramiento especificado.

##### **a) Equipo para la Hinca**

Las guías tendrán suficiente rigidez y arriostre para mantener al pilote en posición y alineamiento durante el hincado. El equipo de hinca será aprobado por la Supervisión antes de iniciar las operaciones.

Los pilotes serán hincados con un martillo Delmag D-8, con energía suficiente para hincar pero sin dañar por exceso de impacto. En ningún caso se utilizará un martillo que pueda producir en los pilotes esfuerzos de hincado superiores al 90% de la resistencia estructural en fluencia del pilote. Los martillos tendrán guías fijas que se extenderán hasta el punto más bajo que alcance el martillo.

##### **b) Programa de hincado**

Se presentará a la supervisión un programa de hincado previsto, precisando detalles y características de cada pilote de con indicación de las longitudes de tubos por empalmar en taller o en obra, el tipo de soldadura, métodos y medios para el transporte y manipuleo, el avance y cronograma de ejecución.

#### **46 ESTUDIOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MUELLE EN JOHNNY CAY**

**CORALINA**

Los pilotes serán hincados en las ubicaciones indicadas en los planos. El proceso de hinca se efectuará hasta lograr el rechazo que determine la carga de servicio. Cada uno de los pilotes deberá ser hincado sin interrupción desde el primer golpe del martillo hasta obtener un rechazo aprobado y alcanzar la mínima profundidad especificada.

##### ***5.1.5.4. carga de servicio y control***

Los pilotes serán hincados hasta la obtención del rechazo requerido para alcanzar la carga de servicio o hasta obtener la penetración mínima en el terreno indicado en los planos. El rechazo de los pilotes será evaluado, en función a su carga de servicio dada en los planos.

##### ***5.1.5.5. Tolerancias de hincado***

Los pilotes deberán ser hincados en las posiciones indicadas en los planos permitiéndose una desviación especificada que será aprobada por la supervisión.

##### ***5.1.5.6. Procedimiento***

Las actividades a controlar relacionadas al hincado de pilotes son las siguientes:

- Instalación de la plantilla de hincado
- Replanteo de la Posición del Pilote
- Montaje del Pilote en su posición replanteada
- Colocación de la guía de hincado
- Colocación del martillo DELMAG D-8
- Hincado de pilotes
- Desmontaje del sistema para realizar lo mismo en otra posición
- Descabezado de Pilotes

##### ***Movilización de equipos a zona de hincado:***

Los equipos se movilizan a la zona de trabajo (estribo) de acuerdo a las normas y estándares de seguridad vigente, aplicables a la obra en construcción. Los equipos a movilizarse son:

- 1.- Grúa de 15 ton; sobre neumáticos
- 2.- Martillo Delmag D-8; de doble impacto.
- 3.- Plantilla para el replanteo de hincado. capaz de garantizar la estabilidad del sistema en el momento de hincado.
- 4.- Equipos de oxicorte: oxígeno y acetileno para la calderería y armado.
- 5.- Camión plataforma; para el suministro de elementos prefabricados provisionales y/o definitivos.

##### ***Instalación de la plantilla de hincado:***

El emplantillado proyectado para este frente, tendrá una capacidad estructural tal que soporte al sistema martillo, guía y pilote en un momento que el martillo impacte sobre el pilote. Este análisis detallará las cargas transmitidas.

El sistema consiste en vigas 02 W12"x58lib/pie de 12 m de longitud cada una y 02 vigas W10"x49lib/pie los que servirán de plantilla para las cajuelas de los pilotes y variarán según la posición de los mismos.

Consecuentemente se colocaran las pasarelas longitudinales y transversales que serán fijadas con soldadura provisional entre el tronco y la plataforma inmediata donde posa la grúa. Con estas estructuras colocadas podrán transitar los maniobristas para continuar con las siguientes actividades.

### ***Replanteo de la posición de hincado del Pilote:***

Esta actividad relacionada con el replanteo de posición, será determinante en función de la precisión topográfica y los niveles referenciales fijos que ayuden a una verificación de ejes y puntos en todo momento. Esta actividad queda definida con una cajuela metálica por donde ingresará el pilote simulando su inclinación especificada o verticalidad. Los pilotes verticales definirán su inclinación con la guía del martillo la cual descansará sobre el tronco apoyándose en tres puntos.

### ***Montaje del Pilote en posición de replanteo***

El montaje consiste en tomar el Pilote de la plataforma que alimenta estos elementos y se colocará en la cajuela de la plantilla sobre el tronco. Esta actividad varía cuando el pilote es vertical o inclinado. Si es vertical primero se coloca el pilote luego la guía, si es inclinado primero se coloca la guía luego el pilote.

### ***Colocación de la guía de hincado***

Para el caso de pilotes inclinados, luego de ubicar la cajuela donde ingresará el pilote se posiciona la guía, se fija con soldadura la base y luego se inclina de acuerdo a lo especificado. Determinada la inclinación se fija las patas de apoyo con soldadura provisional. Así quedaría la guía fijada con la inclinación especificada.

### ***Colocación del martillo DELMAG D-8***

Colocamos el martillo sobre la viga carrilera, la fijamos y apoyamos sobre la cabeza del pilote en posición de reposo. Esta posición ratifica la inclinación y libera tensiones antes de iniciar el hincado. El éxito de esta actividad radica en que el martillo, macaco y pilote deben estar alineados en la inclinación especificada y deben garantizar un impacto axial. De no producirse esta situación se toma los correctivos del caso y se reanuda la operación.

### ***Hincado de Pilotes***

#### **48 ESTUDIOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MUELLE EN JOHNNY CAY**

**CORALINA**

Esta actividad de hincado de pilote desde tierra, se complementa con un procedimiento de control que facilita el desarrollo de la actividad.

- marcado de los Pilotes a cada 10 cm en todo el tramo a hincar e indicará la longitud acumulada del pilote medida desde el extremo inferior del zapato de hinca.
- Control de hincado registrando el N° de golpes por cada 10 cm
- Control del N° de golpes por cada minuto.
- Control topográfico

Para el inicio de hincado, un operario maniobrista sube al nivel de placa de la guía y acciona por única vez la llave de encendido, para esta acción el operario utiliza todos los elementos de seguridad para trabajos en altura y desciende antes de iniciarse la hinca. El hincado concluye cuando se obtiene el rechazo y empotramiento especificado, luego se verifica las condiciones topográficas y se libera con los protocolos establecidos para el hincado. Los formatos que se adjuntan son registros de hincado y topográfico.

#### ***Desmontaje del sistema***

Liberado los protocolos y observaciones del procedimiento de hincado se procede con el desmontaje del sistema, para ello la grúa retira primero el martillo, la guía, las pasarelas y finalmente la plantilla.

La calidad de esta actividad será reflejada en la reutilización modular del sistema para el siguiente hincado de pilote. Si el desmontaje no es realizado teniendo cuidado para no dañar las articulaciones el sistema modular tendrá que ser reparado para el siguiente hincado, por consiguiente fallaría la programación.

#### ***Descabezado***

Retirado el sistema modular, se procede con el descabezado o corte de los pilotes a la altura de fondo de la viga transversal utilizando un equipo de oxicorte y una canastilla desde donde el operario cortador realiza esta actividad tomando las medidas de seguridad normalizados para esta maniobra.

#### ***Protocolo de hinca***

Se presenta el cálculo de la capacidad de carga de pilotes circulares de acero de 10" de sección, con espesor de pared de 12.70 mm, hincados con un Martillo Delmag D-8.

De acuerdo al Cronograma de Actividades se efectuara previo al hincado de los pilotes las verificaciones de Capacidad Dinámica de Carga para los pilotes propuestos, para ello se efectuarán los siguientes cálculos:

- a.- Cálculo de la Capacidad Dinámica de Carga por medio de la fórmula de los martillos Delmag.
- b.- Cálculo de la Capacidad Dinámica de Carga por medio de una Onda de Esfuerzos Inducidos: Wave Equation.
- c.- Equipo a utilizarse



**Capacidad de carga dinámica de pilote típico**

Se trata del pilote con longitud de 15.80 m, hincado con un martillo DELMAG.

El cálculo de la capacidad dinámica de carga esta referido a la capacidad de carga del pilote individual versus el número de golpes por cada 10 cm de penetración (rechazo) que tiene el pilote al momento de ser hincado.

Para nuestro caso se estudia la variación de la capacidad de carga dinámica del pilote de acero de 15.80 m de longitud promedio versus el incremento del rechazo, es decir a mayor rechazo una capacidad dinámica de carga mayor. Para el presente estudio se han empleado dos métodos:

- Método de las Fórmulas dinámicas clásicas: Formula de los Martillos Delmag
- Método de la Onda de Esfuerzos Inducida: Ecuación de Onda (Wave Equation).

Se determina la capacidad de carga del pilote de acero hincado con un martillo Delmag-8 para saber si el martillo es suficiente y necesario para alcanzar la capacidad dinámica de carga.

**Metodo de las fórmulas dinámicas clasica**

Fórmula de los martillos Delmag

Este método no es el más confiable para determinar la capacidad dinámica de carga puesto que su formulación parte del principio de cantidad de movimiento: una masa rígida golpea a otra masa rígida. En nuestro caso la masa rígida es el martinete que golpea no a otra masa rígida sino flexible que es el pilote, por lo que la idealización de transmisión de fuerzas que tienen las Fórmulas Dinámicas clásicas no es la correcta, sin embargo se utilizará este método a fin de comparar resultados con la ecuación de onda.

Presentamos a continuación la fórmula de los martillos Delmag empleada en el cálculo:

$$W = \frac{E * R}{(P + R) * (C * L + S)}$$

W = Capacidad Dinámica de Carga del pilote

E = Energía del martillo

R = Peso del pistón

P = Peso del Pilote

C = Constante de amortiguación elástica suelo pilote

L = Longitud del pilote

S = Rechazo

**Método la ecuación de onda de esfuerzos inducida**

Este método es el mas confiable para determinar la capacidad dinámica de carga puesto que su formulación parte del principio que el impacto del pistón en la parte superior del pilote origina una onda de esfuerzos que recorre longitudinalmente al pilote como una onda de compresión y en algunos casos regresa como una onda de tracción. El método permite controlar esfuerzos a

**50 ESTUDIOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN  
DE UN MUELLE EN JOHNNY CAY**

**CORALINA**

lo largo de la estructura, verificar esfuerzos de tracción en el pilote y determinar el rechazo para una capacidad dinámica determinada.

El inconveniente de este método es que requiere de un programa de cómputo que resuelva una ecuación diferencial de cuarto orden, pero con ayuda del computador ahora es mucho más fácil.

Resultados del Cálculo de la Capacidad Dinámica de Carga

Hay que considerar que el  $P_{dinámico}$  no puede exceder la capacidad admisible del acero ( $P_a$ ).

Tabla No. 15 Resultados capacidad de carga dinámica

<b>FÓRMULA DE LA ECUACIÓN DE ONDA</b>			
MARTILLO	PILOTE ( diámetro)	Capacidad (ton)	# de golpes
D-8	10"	50	27

Por lo tanto el Martillo Delmag D-8 es suficiente para obtener la capacidad dinámica solicitada. De acuerdo a los resultados encontrados con ambos métodos, el martillo Delmag **D-8** permite una satisfactoria capacidad dinámica de carga de los pilotes.

**5.1.5.7. Equipo a utilizarse**

- Grúa de 15 tn
- Martillo Hincapilotes Delmag **D-8**
- Tirfor
- Guía para martillo Delmag D-8
- Plantilla de Hincado Horizontal o castillo tronco piramidal.
- Moto soldadora
- Equipo de Corte

**5.1.5.8. Capacidad de carga**

**METODO DE LA ECUACION DE ONDA DE ESFUERZOS (ELEMENTOS FINITOS)**

**PILOTE CIRCULAR DE ACERO:**

DIAMETRO en pulg	10.0	ESPESOR
en mm	12.70	LONGITUD
PROMEDIO en m	17.80	

**METODO DE LA ECUACION PARA MARTILLO DELMAG**

$$E^*R$$

$$W = \frac{E^*R}{(P + R) * (C * L + S)}$$

$$W = 708.09 / (10.68 + S)$$

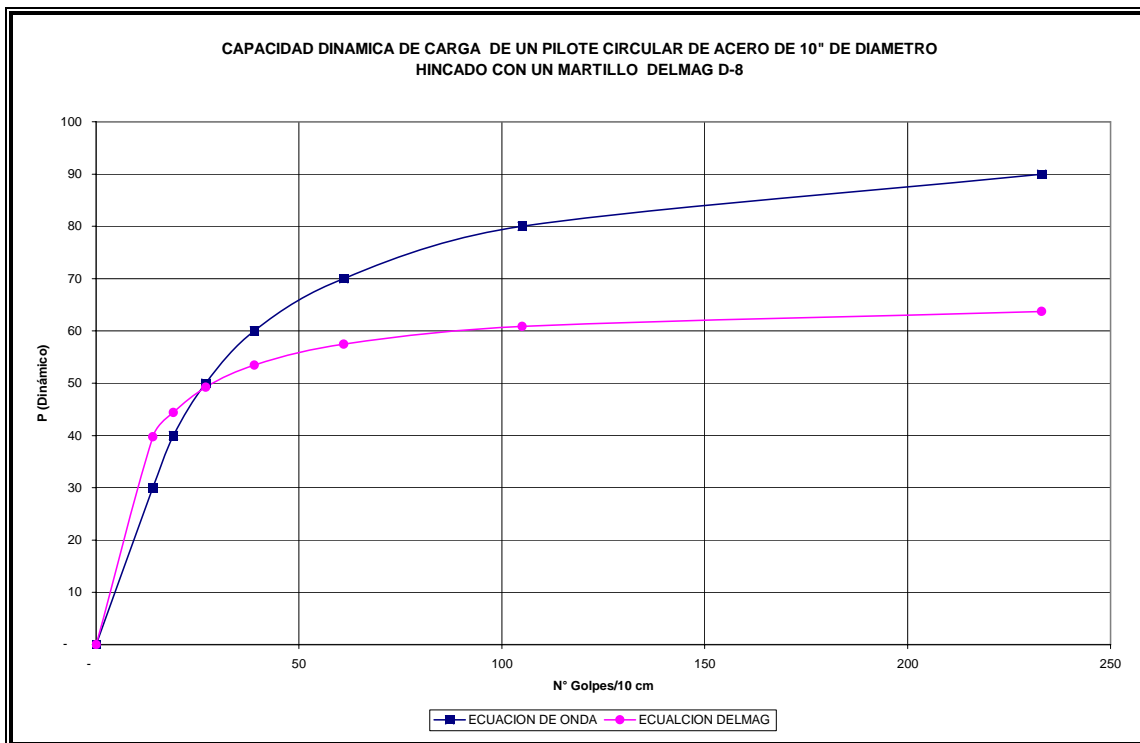
W = Capacidad Dinámica de Carga del pilote

- E = Energía del martillo = 2.000 kg-m
- R = Peso del pistón = 800 kg
- P = Peso del Pilote = 1.459.6 kg
- C = Constante de amortiguación elástica suelo pilote = 0.6
- L = Longitud del pilote = 17.8 m
- S = Rechazo = 100 golpes
- F<sub>s</sub> = Factor de seguridad = 2
- Eficiencia del Martillo = 0.9

En la tabla no. 4, se muestran los resultados del cálculo de la capacidad de carga, mediante el uso de los dos métodos descritos anteriormente y su comportamiento gráfico está descrito en la figura 62.

**Tabla 5.1 Cuadro comparativo de resultados Capacidad de Carga**

RESULTADOS			
RECHAZO	S	P (ton)	W (Ton)
No. De golpes/10 cm	mm	Ecuación de onda	Ecuación Delmag (cm)
14	7.14	30	39.73
19	5.26	40	44.41
14	3.7	50	49.23
39	2.56	60	53.46
61	1.64	70	57.48
105	0.95	80	60.87
233	0.43	90	63.74



**Figura 5.10 Comparación de la combinación de cargas, por el método de la ecuación de onda y de la ecuación Delmag**

### **5.1.6. Programación de construcción**

El cronograma de construcción del muelle considera un plazo de 115 días calendario, se aprecia en la Tabla 5.2 , Tabla 5.3 y en la Tabla 5.4.

Debido a la escasa oferta de servicios de construcción en la isla de San Andrés, se propone iniciar simultáneamente la movilización de los equipos, maquinaria y herramientas, desde la ciudad de Barranquilla, por vía marítima y la fabricación de los elementos en concreto reforzado prefabricado, que integran la infraestructura y la estructura del muelle, es decir los pilotes, las vigas y las losas, en la misma ciudad, para ser llevados en bongos hasta San Andrés y posteriormente a Johnny Cay, después de haber cumplido su periodo mínimo de fraguado final. Durante todo el tiempo de fabricación, se deberán efectuar las respectivas pruebas de calidad y deberán conservarse sus registros. Durante el tiempo de elaboración de los elementos prefabricados, se deberá efectuar la demolición de los restos del muelle anterior y el respectivo retiro de escombros, todo ello dentro de las prácticas más cuidadosas de la ingeniería, a fin de que el entorno natural y los medios marino y edáfico del cayo no sean afectados por impactos negativos. Aproximadamente en la quinta semana, se inician las labores de hincado de pilotes y el montaje de vigas y losas, lo cual se detalla en el numeral correspondiente al proceso constructivo y se extenderá hasta el final de la semana 9, tiempo en el cual se empezará a construir las juntas en concreto y a instalar las barandas metálicas.

Tabla 5.2 Cronograma de construcción (página 1)

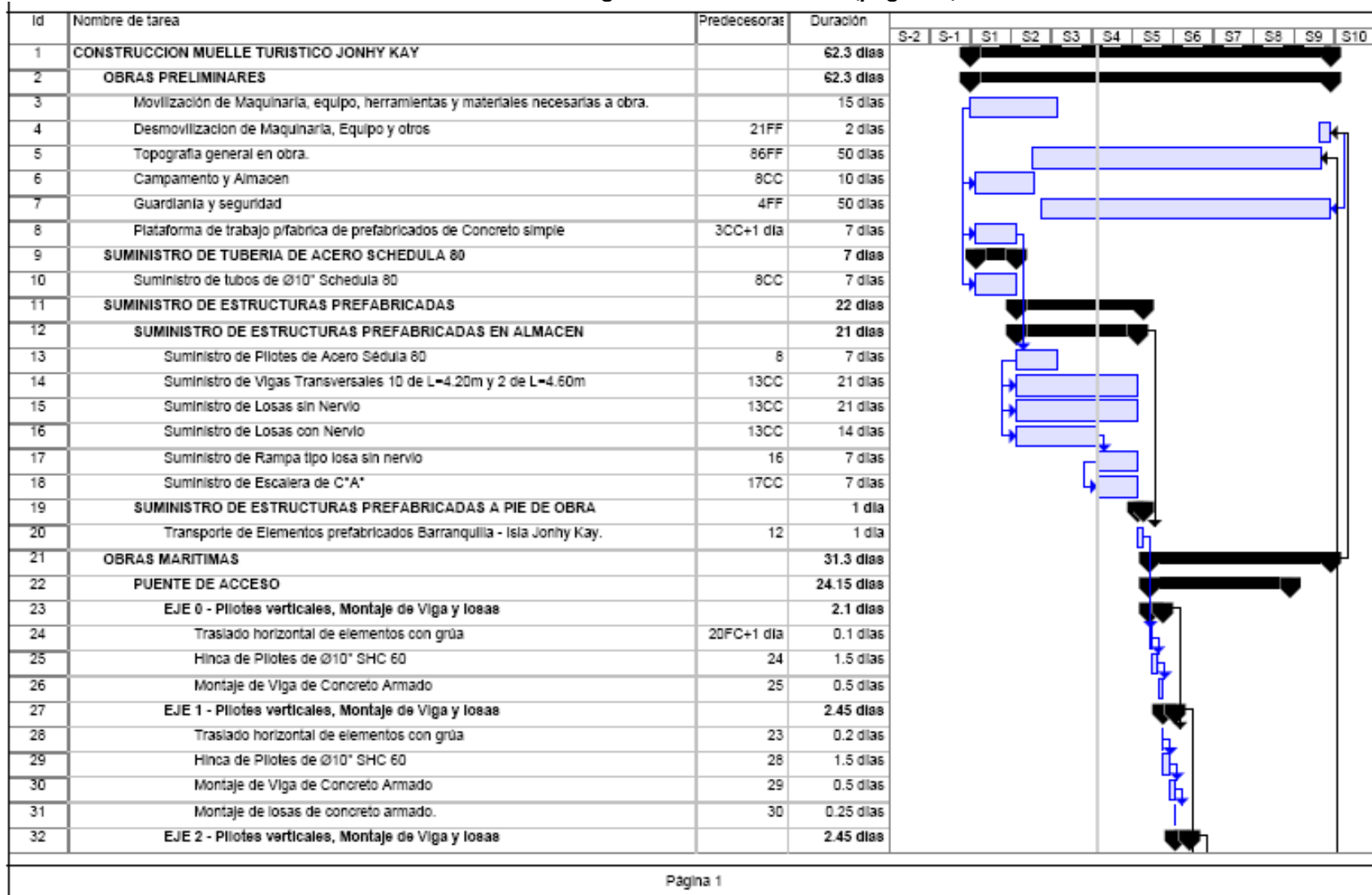


Tabla 5.3 Cronograma de construcción (página 2)

Id	Nombre de tarea	Predecesoras	Duración	S-2   S-1   S1   S2   S3   S4   S5   S6   S7   S8   S9   S10																	
				Gantt chart showing task duration across 11 work shifts (S-2 to S10).																	
33	Traslado horizontal de elementos con grúa	27	0.2 días																		
34	Hinca de Pilotes de Ø10" SHC 60	33	1.5 días																		
35	Montaje de Vigas de Concreto Armado	34	0.5 días																		
36	Montaje de losas de concreto armado.	35	0.25 días																		
37	<b>EJE 3 - Pilotes inclinados 1:3, Montaje de Viga y losas</b>		<b>2.45 días</b>																		
38	Traslado horizontal de elementos con grúa	32	0.2 días																		
39	Hinca de Pilotes de Ø10" SHC 60	36	1.5 días																		
40	Montaje de Vigas de Concreto Armado	39	0.5 días																		
41	Montaje de losas de concreto armado.	40	0.25 días																		
42	<b>EJE 4 - Pilotes verticales, Montaje de Viga y losas</b>		<b>2.45 días</b>																		
43	Traslado horizontal de elementos con grúa	37	0.2 días																		
44	Hinca de Pilotes de Ø10" SHC 60	43	1.5 días																		
45	Montaje de Vigas de Concreto Armado	44	0.5 días																		
46	Montaje de losas de concreto armado.	45	0.25 días																		
47	<b>EJE 5 - Pilotes verticales, Montaje de Viga y losas</b>		<b>2.45 días</b>																		
48	Traslado horizontal de elementos con grúa	42	0.2 días																		
49	Hinca de Pilotes de Ø10" SHC 60	46	1.5 días																		
50	Montaje de Vigas de Concreto Armado	49	0.5 días																		
51	Montaje de losas de concreto armado.	50	0.25 días																		
52	<b>Juntas desde eje 0 hasta eje 3</b>		<b>1.5 días</b>																		
53	Encofrado de Juntas	48CC	0.5 días																		
54	Acero de refuerzo en juntas	53	0.5 días																		
55	Vaciado de concreto f'c350kg/cm² en juntas	54	0.5 días																		
56	<b>EJE 6- Pilotes inclinados 1:3, Montaje de Viga y losas</b>		<b>2.45 días</b>																		
57	Traslado horizontal de elementos con grúa	47	0.2 días																		
58	Hinca de Pilotes de Ø10" SHC 60	57	1.5 días																		
59	Montaje de Vigas de Concreto Armado	58	0.5 días																		
60	Montaje de losas de concreto armado.	59	0.25 días																		
61	<b>EJE 7 - Pilotes verticales, Montaje de Viga y losas</b>		<b>2.45 días</b>																		
62	Traslado horizontal de elementos con grúa	56	0.2 días																		
63	Hinca de Pilotes de Ø10" SHC 60	62	1.5 días																		
64	Montaje de Vigas de Concreto Armado	63	0.5 días																		

Tabla 5.4 Cronograma de construcción (página 3)

Id	Nombre de tarea	Predecesoras	Duración	S-2 S-1 S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 S10																	
				S-2	S-1	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10						
65	Montaje de losas de concreto armado.	64	0.25 días																		
66	<b>EJE 8 - Pilotes verticales, Montaje de Viga y losas</b>		<b>2.45 días</b>																		
67	Traslado horizontal de elementos con grúa	61	0.2 días																		
68	Hinca de Pilotes de Ø10" SHC 60	67	1.5 días																		
69	Montaje de Vigas de Concreto Armado	68	0.5 días																		
70	Montaje de losas de concreto armado.	69	0.25 días																		
71	<b>Juntas desde eje 3 hasta eje 6</b>		<b>1.5 días</b>																		
72	Encofrado de Juntas	67CC	0.5 días																		
73	Acero de refuerzo en juntas	72	0.5 días																		
74	Vaciado de concreto f'c350kg/cm² en juntas	73	0.5 días																		
75	<b>EJE 9 - Pilotes verticales, Montaje de Viga y losas</b>		<b>2.45 días</b>																		
76	Traslado horizontal de elementos con grúa	66	0.2 días																		
77	Hinca de Pilotes de Ø10" SHC 60	76	1.5 días																		
78	Montaje de Vigas de Concreto Armado	77	0.5 días																		
79	Montaje de losas de concreto armado.	78	0.25 días																		
80	<b>PLATAFORMA BAJA</b>		<b>7.15 días</b>																		
81	<b>EJE 10 - Pilotes verticales, Montaje de Viga y losas</b>		<b>2.45 días</b>																		
82	Traslado horizontal de elementos con grúa	75	0.2 días																		
83	Hinca de Pilotes de Ø10" SHC 60	82	1.5 días																		
84	Montaje de Vigas de Concreto Armado	83	0.5 días																		
85	Montaje de losas de concreto armado.	84	0.25 días																		
86	<b>EJE 11 - Pilotes verticales, Montaje de Viga y losas</b>		<b>3.2 días</b>																		
87	Traslado horizontal de elementos con grúa	81	0.2 días																		
88	Hinca de Pilotes de Ø10" SHC 60	87	1.5 días																		
89	Montaje de Vigas de Concreto Armado	88	0.5 días																		
90	Montaje de losas de concreto armado.	89	1 día																		
91	<b>Juntas desde eje 6 hasta eje 11</b>		<b>1.5 días</b>																		
92	Encofrado de Juntas	90	0.5 días																		
93	Acero de refuerzo en juntas	92	0.5 días																		
94	Vaciado de concreto f'c350kg/cm² en juntas	93	0.5 días																		
95	Baranda de tubo fierro galvanizado pasamano 1 1/2" - parante 1" X 1 m	91FF	15 días																		

**5.1.7. Presupuesto primera alternativa**

El cálculo de los costos necesarios (Tabla 5.5 ) para efectuar la construcción del muelle turístico de Johnny Cay, integra tres conceptos:

**5.1.7.1. Costos directos**

Involucran los costos del suministro de materiales, la mano de obra, el alquiler de equipo para ejecutar las actividades para las obras preliminares, para la fabricación y montaje de elementos estructurales en concreto reforzado y las obras de protección; y los costos de movilización de los equipos de hinca de pilotes y construcción y el transporte de materiales en el lugar de prefabricación. Se incluirá el costo del transporte marítimo de los elementos estructurales prefabricados en la ciudad del continente que sea seleccionada para tal fin, hasta San Andrés y posteriormente hasta Johnny Cay. Se considera que la ciudad colombiana que brinda mayores ventajas técnicas, económicas y comerciales para elaborar los elementos de concreto prefabricados, es Barranquilla. El costo directo de las actividades de construcción y logística operativa asciende a setecientos catorce millones trescientos dos mil cuatrocientos cincuenta y un pesos M.L. (\$ 714.302.451)

**5.1.7.2. Costos indirectos**

Incluyen los gastos de legalización contractual, los rubros por pólizas de garantía, los salarios, prestaciones, aportes sociales, aportes parafiscales, impuestos y costos logísticos para administrar el proyecto. Debe tenerse en cuenta que en el cálculo de los salarios de los profesionales responsables de la obra en el cayo, deberá incluirse un incremento por localización, ya que se trata de una zona especial lo cual involucra una prima de permanencia.

De igual forma los viáticos son más onerosos que en el continente. Se deberá disponer de un lugar de vivienda para los profesionales que conducirán la obra en el archipiélago y para el personal operativo especializado que se trasladará.

Los costos logísticos para administrar el proyecto, deberán incluir lo atinente a la disponibilidad y manejo de las instalaciones en el continente, donde tendrá lugar la prefabricación de los elementos estructurales, debido a que en la isla no hay la posibilidad para tal fin. También deben contemplarse los rubros administrativos de locación en San Andrés y campamento en Johnny Cay. El valor de los rubros mencionados suma doscientos dos millones de pesos (\$ 202.000.000) y corresponden a un 28,26% del costo directo.

**5.1.7.3. Otros costos**

Adicionalmente, se asigna como utilidad un porcentaje del costo directo y sobre este valor se determina el impuesto al valor agregado correspondiente para este rubro.

El costo total del proyecto es la sumatoria de los costos directos, indirectos y otros costos y asciende a novecientos cincuenta y siete millones setecientos treinta y un mil novecientos noventa y cuatro pesos (\$ 957'731.994). La distribución de los costos antes mencionados integrando el presupuesto de obra, se expone en la tabla No. 12, en moneda nacional legal colombiana.



Tabla 5.5 Presupuesto general para la primera alternativa de construcción del muelle

Item	Descripción	Und.	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
<b>1</b>	<b>OBRA PRELIMINARES</b>				<b>\$ 115.440.600</b>
1.1	Movilización de maquinaria y equipo para la obra	glb	1,00	\$ 91.200.000	\$ 91.200.000
1.3	Topografía general en obra.	glb	1,00	\$ 12.694.800	\$ 6.347.400
1.4	Campamento y Almacén	glb	1,00	\$ 9.600.000	\$ 4.800.000
1.5	Servicios de Seguridad	mes	1,50	\$ 11.006.400	\$ 8.254.800
1.6	Plataforma de trabajo p/fabrica de prefabricados de Concreto simple	m2	200,00	\$ 24.192	\$ 4.838.400
<b>2</b>	<b>DEMOLICIÓN MUELLE EXISTENTE</b>				
2.1	Demolición de plataforma en concreto	m3	115,20	\$ 388.000	\$ 44.697.600
2.2	Retiro de escombros concreto y madera	m3	132,80	\$ 134.600	\$ 17.874.880
<b>3</b>	<b>SUMINISTRO DE TUBERIA DE ACERO SCHEDUL 80</b>				<b>\$ 172.123.306</b>
3.1	Suministro de tubos de Ø10" Schedules 80	ton	32,60	\$ 5.279.856	\$ 172.123.306
<b>4</b>	<b>SUMINISTRO DE ESTRUCTURAS PREFABRICADAS</b>				<b>\$ 216.284.294</b>
	<b>SUMINISTRO (O MONTAJE) DE ESTRUCTURAS PREFABRICADAS EN ALMACEN</b>				<b>\$ 132.282.528</b>
4.1.1	Suministro de Pilotes de Acero Schedules 80	un	20,00	\$ 2.347.032	\$ 46.940.640
4.1.2	Suministro de Vigas Transversales L=4.20m	un	8,00	\$ 2.483.160	\$ 19.865.280
4.1.3	Suministro de Vigas Transversales L=4.60m	un	2,00	\$ 2.602.488	\$ 5.204.976
4.1.4	Suministro de Losas sin Nervio	un	14,00	\$ 2.988.288	\$ 41.836.032
4.1.5	Suministro de Losas con Nervio	un	3,00	\$ 3.241.104	\$ 9.723.312
4.1.6	Suministro de Rampa tipo losa sin nervio	un	1,00	\$ 4.287.048	\$ 4.287.048
4.1.7	Suministro de Escalera de Concreto Reforzado	un	1,00	\$ 4.425.240	\$ 4.425.240
<b>4.2</b>	<b>SUMINISTRO DE ESTRUCTURAS PREFABRICADAS A PIE DE OBRA</b>			\$ 0	<b>\$ 84.001.766</b>
4.2.1	Transporte de Elementos prefabricados Barranquilla - Isla Johnny Cay.	ton	117,80	\$ 713.088	\$ 84.001.766
<b>5</b>	<b>OBRAS MARITIMAS</b>				<b>\$ 210.454.251</b>
	<b>PUENTE DE ACCESO</b>				<b>\$ 77.660.589</b>
5.1.1	Hinca de pilotes verticales con Martillo D-8	un	12,00	\$ 2.479.992	\$ 29.759.904
5.1.2	Hinca de pilotes inclinados con Martillo D-8	un	4,00	\$ 2.892.264	\$ 11.569.056
5.1.3	Montaje de vigas L=4.20m	ton	17,11	\$ 370.776	\$ 6.343.977
5.1.4	Montaje de losas sin nervio.	ton	47,61	\$ 370.776	\$ 17.652.645
5.1.5	Juntas Longitudinales.	ml	34,20	\$ 109.032	\$ 3.728.894
5.1.6	Juntas Transversal.	ml	36,00	\$ 109.032	\$ 3.925.152
5.1.7	Baranda de tubo fierro galvanizado pasamano 1 1/2" - parante 1" X 1 m	ml	80,00	\$ 58.512	\$ 4.680.960
	<b>PLATAFORMA BAJA</b>				<b>\$ 20.733.502</b>
5.2.1	Hinca de pilotes verticales con Martillo D-8	un	4,00	\$ 2.479.992	\$ 9.919.968
5.2.2	Montaje de rampa tipo losas sin nervio	ton	2,99	\$ 370.776	\$ 1.108.620
5.2.3	Montaje de escalera de C°A°	ton	3,01	\$ 370.776	\$ 1.116.036
5.2.4	Montaje de vigas L=4.60m	ton	3,65	\$ 370.776	\$ 1.353.332
5.2.5	Montaje de losas con nervio	ton	10,83	\$ 370.776	\$ 4.015.504
5.2.6	Juntas Longitudinales.	ml	9,60	\$ 109.032	\$ 1.046.707
5.2.7	Juntas Transversal.	ml	9,20	\$ 109.032	\$ 1.003.094
5.2.8	Baranda de tubo fierro galvanizado pasamano 1 1/2" - parante 1" X 1 m	ml	20,00	\$ 58.512	\$ 1.170.240
<b>5.3</b>	<b>Recubrimiento y Protección de elementos</b>				<b>\$ 112.060.160</b>
5.3.1	Protección de elementos	m2	487,51	\$ 198.816	\$ 96.924.788
5.3.2	Protección zona splash	m2	59,50	\$ 254.376	\$ 15.135.372
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>\$ 714.302.451</b>
	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>\$ 202.000.000</b>
	<b>UTILIDAD</b>		5%		<b>\$ 35.715.123</b>
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>\$ 952.017.574</b>
	<b>IVA</b>		16% U		<b>\$ 5.714.420</b>
	<b>TOTAL DEL PRESUPUESTO CONSTRUCCIÓN MUELLE</b>				<b>\$ 957.731.994</b>

## 5.2. SEGUNDA ALTERNATIVA

Debido a las condiciones especiales por la localización geográfica del cayo y propendiendo por la minimización de riesgos ambientales, inicialmente se ha planteado un procedimiento constructivo con prefabricación fuera del archipiélago; sin embargo resulta adecuado conocer las características de la alternativa con la construcción en forma convencional; para lo cual se plantea el diseño de una estructura con menores dimensiones y procedimiento de fundida de concreto en sitio.

### 5.2.1. Descripción de la obra

Se trata de una estructura en concreto convencional construida insitu y que está integrada por una plataforma de 45 m de largo y 2.2 m de ancho, soportada sobre una cimentación compuesta por pilotes de concreto prefabricados y posteriormente hincados; una plataforma de acceso de 4 m de longitud y 3,6 m de ancho, que empalma al muelle mediante una escalera de 2,1 m de largo y 2,2 de ancho. Estará ubicada a unos 165 m desde el norte, donde está la zona que recibe el oleaje más atenuado de todo el cayo. En la presente memoria descriptiva, se detalla la geometría, materiales, procedimientos y recomendaciones para la construcción del muelle turístico en Johnny Cay. Las actividades a realizar en el desarrollo de su construcción son:

- Suministro de 400ml de tubos de acero SCH60", fabricación e hincado de pilotes tubulares de Ø4";
- Suministro de Acero de refuerzo  $f_y = 60,000$  PSI, armado de mallas de refuerzo e instalación de las mismas
- Construcción de vigas de concreto armado  $f'_c=5,000$  PSI,
- Construcción de losas utilizando placas colaborantes.

#### 5.2.1.1. Cimentación

La cimentación se efectuará mediante la fabricación e instalación de pilotes con sección circular de acero de 4" de diámetro, SCH 60 espesor de pares de 8,56 mm, con 22.34 kg/m, variando las longitudes entre 13 y 17,8 m. Los pilotes estarán dispuestos en 12 ejes, de los cuales los 11 primeros ejes tienen una separación de 4 m, el último 5 m, cada eje está conformado por dos pilotes separados a 2.50 m entre ejes.

Los ejes 0, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10 y 11 están conformados por pilotes verticales; los ejes 5 y 8 por pilotes con inclinación 1:3. En cada eje se ha previsto la construcción de una viga de concreto reforzado, del cual quedara un volado de 0.20 m en ambos lados del ancho del muelle, entre el eje 9 y 10 se sitúan dos elementos: una escalera y una rampa de acceso a la plataforma baja. Cada dos ejes continuos se soportan dos losas de espesor uniforme.

5.2.1.2. Estructura

La plataforma será un sistema de losa y vigas de concreto reforzado con resistencia a la compresión  $f'c = 5,000$  psi, con espesor de losa de 0,20 m, 42.1 m de longitud y 1.8 m de ancho, en total existen 18 losas sobre placa colaborante. Se dispondrán 10 vigas de 2.2 m de longitud y 2 vigas de 3.60 m de largo; la sección de los anteriores elementos será de 0.4 de altura y espesor de 0.20 m.

La plataforma está integrada por tres tramos así:

Un tramo con 36 m de longitud por 1.8 m de ancho, el segundo tramo consta de un tramo de escalera de 2.1 m de largo y 1.5 m de ancho.

El Tercer tramo es una plataforma baja de 4 m de largo por 3.60 m de ancho, conformado por una losa de 0,15 m espesor uniforme y con placa colaborante.

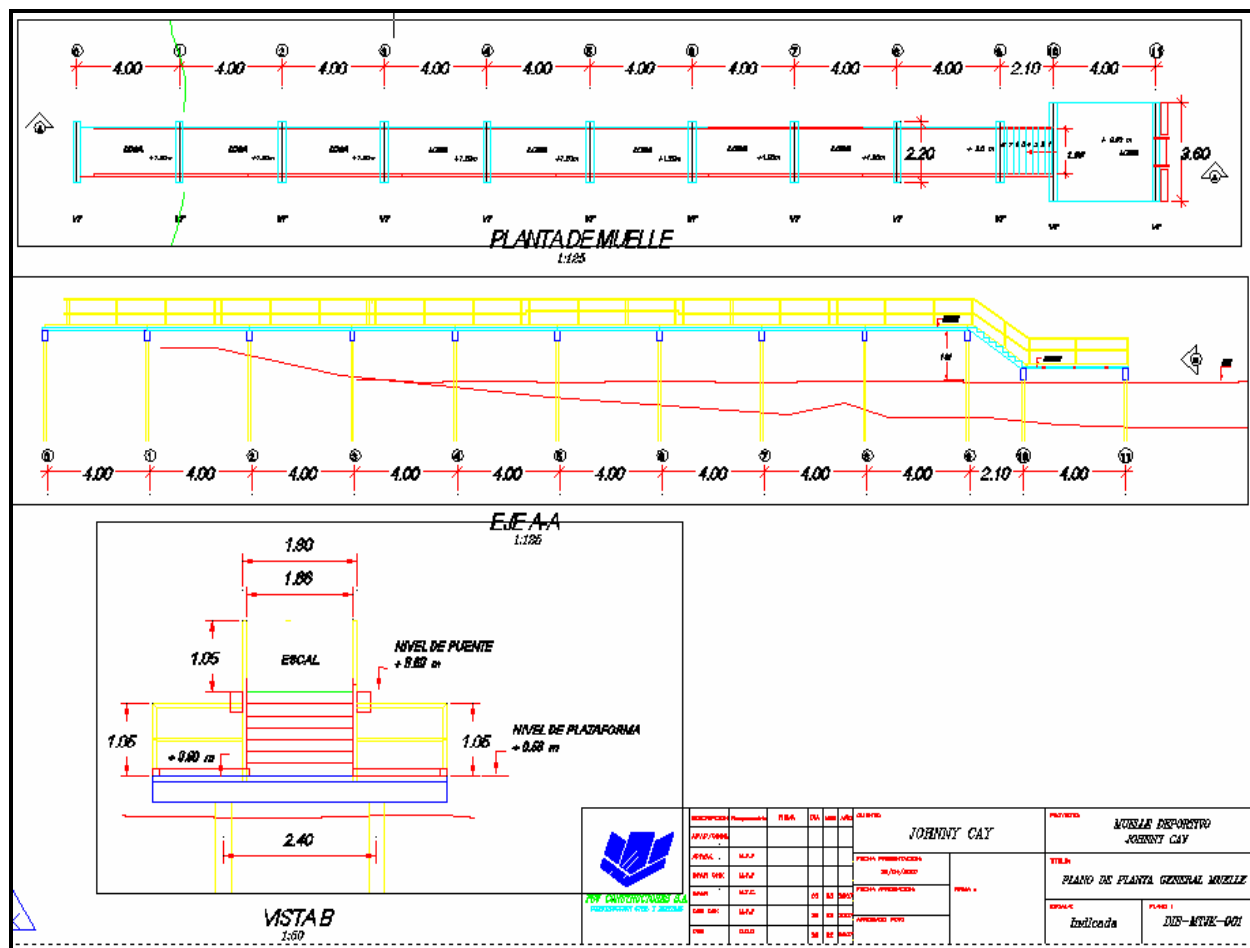


Figura 5.11 Planta general Segunda alternativa del Muelle turístico

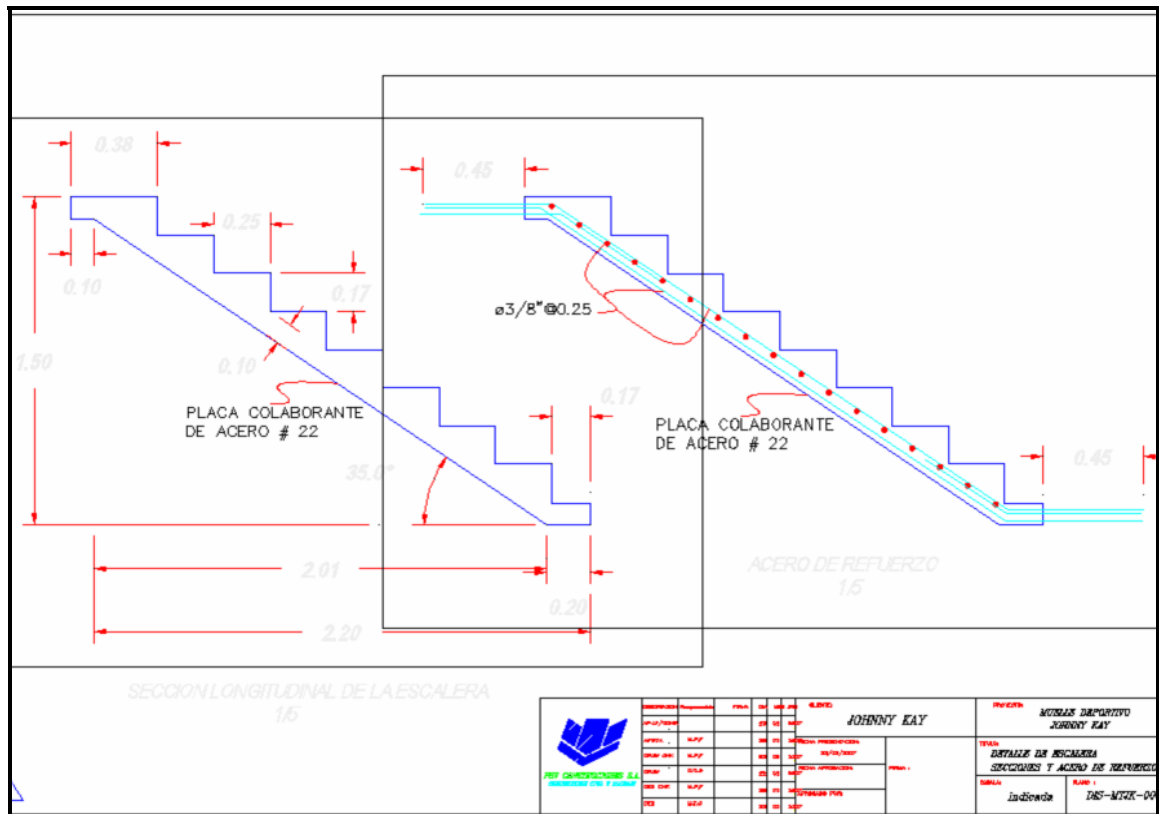


Figura 5.12 Corte de escaleras de ingreso al muelle, segunda alternativa

**5.2.1.3. Proceso constructivo**

Para cada elemento eje se procederá a realizar cada una de las siguientes actividades:

**PUENTE DE ACCESO**

**EJE 0**

- Replanteo topográfico del eje e instalación de la plantilla de hincado.
- Hincado de 2 Pilotes verticales de Ø4" tw=8.56 mm.
- Corte y nivelado de pilotes a nivel de fondo de viga.
- Encofrado de una Viga de Concreto armado 1.8 m de largo
- Instalación de la armadura de refuerzo.
- Fundido de concreto F'c=5000 PSI.

**Plataforma de arranque**

- Construcción de una placa de concreto simple, el cual servirá de patio de maniobra y arranque del muelle.

**EJE 1, 2, 3, 4, 6, 7 y 9- Pilotes verticales, Fundido de Vigas y losas**

- Replanteo topográfico del eje e instalación de la plantilla de hincado.
- Hinca de 2 Pilotes verticales de Ø4" tw=8.56 mm
- Construcción de un capitel por pilote :
  - Instalación de tapón interno junto con las varillas de refuerzo y anclaje.
  - Soldeo de cartelas laterales al pilote, los cuales ayudaran al encofrado de la viga.
- Encofrado de una Viga de Concreto armado 1.8m de largo
- Instalación de la armadura de refuerzo.
- Fundido de concreto F'c=5000 PSI.
- Montaje de plancha ondulada de placa colaborante #22, la cual estará apoyada directamente sobre la viga, para lo cual se fijara esta losa mediante soldeo.
- Encofrado lateral de la placa colaborante
- Instalación del Acero de refuerzo sobre ella
- Vaciado de concreto 5,000 PSI preparado en obra.

**TRAMO 9-10- Pilotes verticales, Fundido de Vigas y losas**

- Replanteo topográfico del eje e instalación de la plantilla de hincado.
- Hinca de 03 Pilotes verticales de Ø4" tw=8.56 mm
- Construcción de un capitel por pilote :
- Instalación de tapón interno junto con las varillas de refuerzo y anclaje.
- Soldeo de cartelas laterales al pilote, los cuales ayudaran al encofrado de la viga.
- Encofrado de 01 Vigas de Concreto armado 3.60m de largo.
- Instalación de la armadura de refuerzo.
- Fundido de concreto F'c=5000 PSI.
- Montaje de 1 plancha ondulada de placa colaborante #22, la cual estará apoyada directamente sobre la viga, para lo cual se fijara esta losa mediante soldeo.
- Encofrado lateral de la placa colaborante.
- Encofrar los contrapasos de la escalera.
- Instalación del Acero de refuerzo sobre ella.
- Vaciado de concreto 5,000 PSI preparado en obra.

**TRAMO 10-11- Pilotes verticales, Fundido de Vigas y losas**

- Replanteo topográfico del eje e instalación de la plantilla de hincado.
- Hinca de 3 Pilotes verticales de Ø4" tw=8.56 mm
- Construcción de un capitel por pilote :
- Instalación de tapón interno junto con las varillas de refuerzo y anclaje.
- Soldeo de cartelas laterales al pilote, los cuales ayudaran al encofrado de la viga.
- Encofrado de Viga de Concreto armado 3.60m de largo.
- Instalación de la armadura de refuerzo.
- Fundido de concreto F'c=5000 PSI.

## 62 ESTUDIOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MUELLE EN JOHNNY CAY

CORALINA

- Montaje de las planchas onduladas de placa colaborante #22, la cual estará apoyada directamente sobre la viga, para lo cual se fijara esta losa mediante soldeo.
- Encofrado lateral de la placa colaborante e
- Instalación del Acero de refuerzo sobre ella.

### 5.2.2. *Especificaciones adicionales*

#### 5.2.2.1. *Instalación e hincada de pilotes*

##### *Tolerancias*

El espaciamiento entre centros de los pilotes será 1.80m y de 4.0m entre eje y eje del muelle. En la presentación del pilote, previa al hincado.

Los criterios de rechazo propuestos a utilizar para los diferentes pilotes de la Obra deberán ser verificados en terreno a partir de los análisis de los resultados de las instrumentaciones dinámicas, efectuadas durante la hincada de los primeros pilotes de cada estructura del proyecto. Los criterios de rechazo serán revisados a medida que se conozcan los resultados de las pruebas de dinámicas especificadas a ejecutar sobre los pilotes de la Obra. Además, los criterios de rechazo podrán ser modificados por la STO a medida que progrese la faena de hincada de pilotes e incorporando los resultados de la hincada de pilotes precedentes.

##### *Martinetes y Criterios de Rechazo*

El martinetes a utilizar en las faenas de hincada de pilotes es un Martillo de masa sólida de 500 kg. Los criterios de rechazo propuestos a utilizar para los diferentes pilotes de la Obra deberán ser verificados en terreno a partir de los análisis de los resultados de las instrumentaciones dinámicas, efectuadas durante la hincada de los primeros pilotes de cada estructura del proyecto. Los criterios de rechazo serán revisados a medida que se conozcan los resultados de las pruebas de dinámicas especificadas a ejecutar sobre los pilotes de la Obra. Además, los criterios de rechazo podrán ser modificados por la STO a medida que progrese la faena de hincada de pilotes e incorporando los resultados de la hincada de pilotes precedentes.

##### *Profundidad de Hincada*

La profundidad final de hincada de cada pilote será la necesaria para desarrollar las capacidades de carga requeridas para compresión.

##### *Instalación de Pilotes*

El Constructor deberá disponer para la hincada de los pilotes de un equipo de posicionamiento de pilotes, formado por estructuras guía, correderas, plantillas, etc. El equipo de posicionamiento deberá permitir presentar el pilote dentro de las tolerancias de posición e inclinación establecidas para los pilotes del proyecto y mantenerlo dentro de dichas tolerancias, durante el proceso de hincado. El sistema de guiado de pilotes deberá prevenir el daño al pilote.

Durante toda la faena de hinca se exigirá la perfecta alineación y coaxialidad entre el pilote y el martinete.

Será responsabilidad del Constructor mantener al pilote dentro de las tolerancias especificadas para los pilotes del proyecto.

### ***Hinca de Pilotes***

Una vez presentado el pilote se deslizará hasta alcanzar la penetración debida a su propio peso. Luego se instalará el sistema de hincado el cual permitirá la penetración adicional del pilote, generada por el peso propio del macizo. Luego de verificadas y aprobadas las tolerancias de instalación y la alineación martinete-pilote, se dará inicio a la faena de hinca.

Se llevará un registro de la faena de hinca de cada pilote en el cual se anotará, como mínimo la información siguiente:

- Número, diámetro, espesor y longitud inicial del pilote.
- Penetración del pilote debida a su peso propio
- Penetración del pilote debida al peso propio del martinete
- Tipo y energía del Macizo
- Cantidad de golpes por cada 0.10 m de penetración del pilote.
- Registro de detenciones de la faena de hinca, indicando causa y duración de la detención.
- Cantidad de golpes por minuto, al menos durante los últimos 2.0 m de hinca y cada vez que el número de golpes por decímetro de penetración sea mayor a 50.
- Ubicación del tapón de suelo en el interior del pilote después de la hinca.
- Longitudes de los tramos de tubo que conforman el pilote, cortes, etc.
- Cotas referidas al NRS: Fondo marino, de fin de hinca y nivel de corte.

### ***Aprobación de Pilotes***

Todos los pilotes del Proyecto deberán ser revisados y aprobados por la interventoría

#### **5.2.2.2. Procedimiento de hinca**

En el presente capítulo se establecen acciones de control de calidad aplicables en forma previa al proceso de hincado de pilotes desde tierra, las mismas que serán concordantes con las especificaciones técnicas, planos aprobados y normas nacionales e internacionales.

#### **5.2.2.3. Actividades**

Las actividades a controlar relacionadas al hincado de pilotes son las siguientes:

- Instalación de la plantilla de hincado
- Replanteo de la Posición del Pilote
- Montaje del Pilote en su posición replantada
- Colocación de la guía de hincado
- Colocación de la masa sobre el pilote

- Hincado de pilotes
- Desmontaje del sistema para realizar lo mismo en otra posición
- Descabezado y perfilado de Pilotes

#### ***5.2.2.4. Movilización de equipos a zona de hincado:***

Los equipos se movilizan a la zona de trabajo (estribo) de acuerdo a las normas y estándares de seguridad vigente, aplicables a la obra en construcción. Los equipos a movilizarse son:

- 1.- Sistema de izaje de masa.
- 2.- Masa para hincado de acero de 500 kg.
- 3.- Plantilla para el replanteo de hincado capaz de garantizar la estabilidad del sistema en el momento de hincado.
- 4.- Equipos de oxicorte para la calderería y armado.
- 5.- Motosoldadora de 250 amp.
- 6.- Equipo de soldeo.

#### ***Instalación de la plantilla de hincado***

El emplantillado proyectado para este frente, tendrá una capacidad estructural tal que soporte al sistema martillo, guía y pilote en un momento que el martillo impacte sobre el pilote. Este análisis detallará las cargas transmitidas.

Consecuentemente se colocaran las pasarelas longitudinales y transversales que serán fijadas con soldadura provisional entre el tronco y la plataforma inmediata donde posa la grúa. Con estas estructuras colocadas podrán transitar los maniobristas para continuar con las siguientes actividades.

#### ***Replanteo de la posición de hincado del Pilote***

Esta actividad relacionada con el replanteo de posición, será determinante en función de la precisión topográfica y los niveles referenciales fijos que ayuden a una verificación de ejes y puntos en todo momento. Esta actividad queda definida con una cajuela metálica por donde ingresará el pilote simulando su inclinación especificada o verticalidad. Los pilotes verticales definirán su inclinación con la guía de la masa.

#### ***Montaje del Pilote en posición de replanteo***

El montaje consiste en tomar el Pilote de la plataforma que alimenta estos elementos y se colocará en la cajuela de la plantilla sobre el tronco. Esta actividad varía cuando el pilote es vertical o inclinado. Si es vertical primero se coloca el pilote luego la guía, si es inclinado primero se coloca la guía luego el pilote.

#### ***Colocación de la guía de hincado***

Para el caso de pilotes inclinados, luego de ubicar la cajuela donde ingresará el pilote se posiciona la guía, se fija con soldadura la base y luego se inclina de acuerdo a lo especificado.



Determinada la inclinación se fija las patas de apoyo con soldadura provisional. Así quedaría la guía fijada con la inclinación especificada.

### ***Hincado de Pilotes***

Izaje de la masa hasta el nivel superior del pilote, acoplado la guía tubular de este alrededor del pilote, para luego izar la masa y dejarla caer sobre el pilote. Esta actividad de hincado de pilote desde tierra, se complementa con un procedimiento de control que facilita el desarrollo de la actividad.

- marcado de los Pilotes a cada 10 cm en todo el tramo a hincar e indicará la longitud acumulada del pilote medida desde el extremo inferior del zapato de hinca.
- Control de hincado registrando el N° de golpes por cada 10 cm
- Control del N° de golpes por cada minuto.
- Control topográfico

El hincado concluye cuando se obtiene el rechazo y empotramiento especificado, luego se verifica las condiciones topográficas y se libera con los protocolos establecidos para el hincado. Los formatos que se adjuntan son registros de hincado y topográfico.

### ***Desmontaje del sistema***

Liberado los protocolos y observaciones del procedimiento de hincado se procede con el desmontaje del sistema, para ello la grúa retira primero la masa de caída libre, la guía, las pasarelas y finalmente la plantilla.

La calidad de esta actividad será reflejada en la reutilización modular del sistema para el siguiente hincado de pilote. Si el desmontaje no es realizado teniendo cuidado para no dañar las articulaciones el sistema modular tendrá que ser reparado para el siguiente hincado, por consiguiente fallaría la programación.

### ***Descabezado***

Retirado el sistema modular, se procede con el descabezado o corte de los pilotes a la altura de fondo de la viga transversal utilizando un equipo de oxicorte y una canastilla desde donde el operario cortador realiza esta actividad tomando las medidas de seguridad normalizados para esta maniobra.

#### **5.2.2.5. Cálculo de la capacidad de carga**

Se presenta el cálculo de pilotes circulares de acero de 4" de sección extra strong, con espesor de pared de 8.56 mm, hincados con una Masa de caída libre de 500kg.

Se efectuará previo al hincado de los pilotes las verificaciones de Capacidad Dinámica de Carga para los pilotes propuestos, para ello se efectuarán los siguientes cálculos:

a.- Cálculo de la Capacidad Dinámica de Carga por medio de una Onda de Esfuerzos Inducidos: Wave Equation.

- b.- Equipo a utilizarse
- c.- Conclusiones.

#### ***5.2.2.6. Capacidad de carga del pilote típico***

La capacidad de carga se probará sobre un pilote con longitud 17.8 m, hincado con una masa de caída libre de 500 kg.

El cálculo de la capacidad dinámica de carga esta referido a la capacidad de carga del pilote individual versus el número de golpes por cada 10 cm de penetración (rechazo) que tiene el pilote al momento de ser hincado.

Para nuestro caso estudiaremos cual la variación de la capacidad de carga dinámica del pilote de acero de 17.80 mt de longitud promedio versus el incremento del rechazo, es decir a mayor rechazo una capacidad dinámica de carga mayor.

Para el presente estudio se han empleado dos métodos:

- Método de las Fórmulas dinámicas clásicas: Formula de los Martillos Delmag
- Método de la Onda de Esfuerzos Inducida: Ecuación de Onda (Wave Equation).

Es nuestro interés el determinar la capacidad de carga del pilote de acero hincado con la masa de caída para saber si este es suficiente y necesario para alcanzar la capacidad dinámica de carga.

#### ***Método de la Ecuación de Onda de Esfuerzos inducida.***

Este método es el mas confiable para determinar la capacidad dinámica de carga puesto que su formulación parte del principio que el impacto del pistón en la parte superior del pilote origina una onda de esfuerzos que recorre longitudinalmente al pilote como una onda de compresión y en algunos casos regresa como una onda de tracción.

El método permite controlar esfuerzos a lo largo de la estructura, verificar esfuerzos de tracción en el pilote y determinar el rechazo para una capacidad dinámica determinada.

#### ***Resultados del Cálculo de la Capacidad Dinámica de Carga***

Hay que considerar que el Pdinámico no puede exceder la capacidad admisible del acero (Pa). Ver Tabla 5.6.

Tabla 5.6 Resultados de la prueba de capacidad de carga

RESPUESTA		
Rechazo:	S	P ( ton )
Nº Golpes/10cm	(mm)	(Ecuación de Onda)
7.55	13.25	20.00
9.66	10.35	25.00
12.36	8.09	30.00

RESPUESTA		
16.27	6.15	35.00
22.47	4.45	40.00
33.84	2.96	45.00
60.72	1.65	50.00
99.01	1.01	55.00
164.94	0.61	60.00

Por lo tanto el sistema empleado es suficiente para obtener la capacidad dinámica solicitada.

#### 5.2.2.7. Equipo a utilizarse

- Sistema de izaje de masa.
- Masa para hincado de acero de 500 kg
- Plantilla

Para el replanteo de hincado, capaz de garantizar la estabilidad del sistema en el momento de hincado:

- Equipos de oxicorte para la calderería y armado.
- Motosoldadora de 250 amp.
- Equipo de soldeo.

#### 5.2.2.8. Conclusiones

De acuerdo a los resultados encontrados, el sistema usando una masa de 500kg, permite una satisfactoria capacidad dinámica de carga de los pilotes.

#### 5.2.3. Programación de construcción

El cronograma de construcción del muelle considera un plazo de 116 días calendario, se aprecia en la Tabla 5.7 , Tabla 5.8 y Tabla 5.9.

Durante todo el tiempo de fabricación, se deberán efectuar las respectivas pruebas de calidad y deberán conservarse sus registros. Adicionalmente en virtud del aumento de las actividades constructivas en el Cayo y teniendo en cuenta que se trata de un parque natural, deberán realizarse ello dentro de las prácticas más cuidadosas de la ingeniería; ejecutando mayores acciones de prevención y mitigación de los impactos causados por emisiones de material particulado, ruido y afectaciones a la biota; a fin de que el entorno natural y los medios marino, atmosférico, biótico y edáfico del cayo sean afectados los menos posibles por impactos negativos.

Tabla 5.7 Cronograma de construcción Segunda Alternativa (página 1)

n	Descripción	Und.	Cant.	DURACION	Mes 2														Mes 3																						
					Sem -6				Sem -7				Sem -8				Sem -9				Sem -10				Sem -11																
					11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>1. OBRA PRELIMINARES</b>																																									
1.	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS A LA OBRA	g/b	1,00	10																																					
2.	Topografía general en obra	g/b	1,00	58																																					
3.	Campamento y Almacén	g/b	1,00	7																																					
4.	Guardia y seguridad	mes	1,50	108																																					
5.	Losa de amarque de Concreto f'c= 3000 PSI	m <sup>2</sup>	14,00	4																																					
<b>2. SUMINISTRO DE ELEMENTOS</b>																																									
1.	Suministro de tubos de 64" EXTRA STRONG	t	12,00	15																																					
2.	Suministro de Placas de Acero 64" X5	u	28,00	15																																					
<b>3. OBRAS MARITIMAS</b>																																									
<b>1. Puente de Acceso</b>																																									
1.	Hinca de pilotes	u	20,00	40																																					
2.	Capitel	u	20,00	40																																					
3.	Vigas de Concreto Armado 0.20m x 0.40m . L=2.00m	u	10,00	45																																					
4.	Losas de Concreto Armado con placa colaborante de 3" y L=4.0m	u	9,00	45																																					
5.	Barrido de tubo fierro galvanizado pasamano 1 1/2" - pasante 1" X 1 m	m	80,00	45																																					
<b>2. Plataforma Baja</b>																																									
1.	Hinca de pilotes	u	6,00	8																																					
2.	Capitel	u	6,00	8																																					
3.	Vigas de Concreto Armado 0.20m x 0.40m . L=3.00m	u	2,00	6																																					
4.	Escala de Concreto Armado con placa colaborante	u	1,00	10																																					
5.	Losas de Concreto Armado con placa colaborante de 3" y L=5.0m	u	1,00	10																																					
6.	Barrido de tubo fierro galvanizado pasamano 1 1/2" - pasante 1" X 1 m	m	20,00	8																																					
<b>3. Recubrimiento y Protección de elementos</b>																																									
1.	Protección de elementos	m <sup>2</sup>	487,51	100																																					
2.	Protección zona splash	m <sup>2</sup>	59,50	76																																					





#### **5.2.4. *Presupuesto segunda alternativa***

En la tabla No. 17 se aprecia el cálculo de los costos necesarios para efectuar la construcción del muelle turístico de Johnny Cay, el cual integra dos conceptos:

##### **5.2.4.1. Costos directos**

Involucran los costos del suministro de materiales, la mano de obra, el alquiler de equipo para ejecutar las actividades para las obras preliminares, para la fabricación de elementos estructurales en concreto reforzado y las obras de protección; y los costos de movilización de los equipos de hincas de pilotes y construcción y el transporte marítimo de materiales al Cayo.

El costo directo de las actividades de construcción y logística operativa ascienden a quinientos cuarenta y dos millones ciento setenta y seis mil trescientos cuarenta y ocho pesos M.L.(\$ 542.176.348 ).

##### **5.2.4.2. Costos indirectos**

Incluyen los gastos de legalización contractual, los rubros por pólizas de garantía, los salarios, prestaciones, aportes sociales, aportes parafiscales, impuestos y costos logísticos para administrar el proyecto. Debe tenerse en cuenta que en el cálculo de los salarios de los profesionales responsables de la obra en el cayo, deberá incluirse un incremento por localización, ya que se trata de una zona especial lo cual involucra una prima de permanencia.

De igual forma los viáticos son más onerosos que en el continente. Se deberá disponer de un lugar de vivienda para los profesionales que conducirán la obra en el archipiélago y para el personal operativo especializado que se trasladará.

Los costos logísticos para administrar el proyecto, deberán incluir lo atinente a la disponibilidad y manejo de las instalaciones en el continente, donde tendrá lugar la prefabricación de los elementos estructurales, debido a que en la isla no hay la posibilidad para tal fin.

También deben contemplarse los rubros administrativos de locación en San Andrés y campamento en Johnny Cay. El valor de los rubros mencionados suman ciento ochenta y cuatro millones de pesos M.L. (\$ 184.000.000) y corresponden a un 33,94% del costo directo.

**5.2.4.3. Otros costos**

Adicionalmente, se asigna como utilidad un porcentaje del costo directo y sobre este valor se determina el impuesto al valor agregado correspondiente para este rubro.

El costo total del proyecto es la sumatoria de los costos directos, indirectos y otros costos y asciende a setecientos cincuenta y siete millones seiscientos ventidos mil quinientos setenta y seis pesos M.L. \$ \$ 757.622.576. La distribución de los costos antes mencionados integrando el presupuesto de obra, se expone en la tabla No. 12..

**5.2.4.4. Exclusiones**

La tramitación de autorizaciones, permisos o cualquier otro documento oficial necesario para el normal desarrollo de la obra está excluido de los costos de construcción, así como los costos correspondientes a:

**5.2.4.5. Licencia**

Para el uso de área acuática será gestionada y costeadada por el solicitante del Proyecto.

**5.2.4.6. Interventoría**

Será asignará un Supervisor General de Obra quien tendrá la potestad de aprobar y ordenar el pago de las obras.



Tabla 5.10 Presupuesto general para la segunda alternativa de construcción del muelle

CONSTRUCCION DEL MUELLE TURÍSTICO - JOHNNY CAY - SAN ANDRES - COLOMBIA					
Item	Descripción	Und.	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
<b>1.</b>	<b>PRELIMINARES</b>				<b>\$ 124.730.300</b>
1.1.	Movilización y Desmovilización de Maquinarias, Herramientas a la obra	glb	1,00	\$ 86.000.000	\$ 86.000.000
1.2.	Topografía general en obra.	glb	2,80	\$ 3.500.000	\$ 9.800.000
1.3.	Campamento y Almacen	glb	1,00	\$ 8.500.000	\$ 8.500.000
1.4.	Seguridad	mes	4,00	\$ 2.600.000	\$ 10.400.000
1.5.	Losa de arranque de Concreto f'c= 3000 PSI	m3	14,00	\$ 716.450	\$ 10.030.300
<b>2.</b>	<b>SUMINISTRO DE ELEMENTOS</b>				<b>\$ 146.764.196</b>
2.1.	Suministro de tubos de Ø4" EXTRA STRONG schedule 60	t	12,00	\$ 6.365.066	\$ 76.380.792
2.2.	Suministro de Pilotes de Acero Ø4" XS	u	26,00	\$ 2.707.054	\$ 70.383.404
<b>3.</b>	<b>OBRAS MARITIMAS</b>				<b>\$ 270.681.852</b>
<b>3.1.</b>	<b>PUENTE DE ACCESO</b>				<b>\$ 130.233.153</b>
3.1.1.	Hinca de pilotes	u	20,00	\$ 1.920.000	\$ 38.400.000
3.1.2.	Capitel	u	20,00	\$ 637.169	\$ 12.743.380
3.1.3.	Vigas de Concreto Armado 0.20m x 0.40m . L=2.00m	u	10,00	\$ 3.757.636	\$ 37.576.360
3.1.4.	Losas de Concreto Armado con placa colaborante de 3" y L = 4.0m	u	9,00	\$ 3.578.317	\$ 32.204.853
3.1.5.	Baranda de tubo fierro galvanizado pasamano 1 1/2" - parante 1" X 1 m	m	80,00	\$ 116.357	\$ 9.308.560
<b>3.2.</b>	<b>PLATAFORMA BAJA</b>				<b>\$ 35.259.427</b>
3.2.1.	Hinca de pilotes	u	6,00	\$ 1.920.000	\$ 11.520.000
3.2.2.	Capitel	u	6,00	\$ 637.169	\$ 3.823.014
3.2.3.	Vigas de Concreto Armado 0.20m x 0.40m . L=3.00m	u	2,00	\$ 3.875.339	\$ 7.750.678
3.2.4.	Escalera de Concreto Armado con placa colaborante	u	1,00	\$ 5.163.293	\$ 5.163.293
3.2.5.	Losas de Concreto Armado con placa colaborante de 3" y L = 5.0m	u	1,00	\$ 4.675.302	\$ 4.675.302
3.2.6.	Baranda de tubo fierro galvanizado pasamano 1 1/2" - parante 1" X 1 m	m	20,00	\$ 116.357	\$ 2.327.140
<b>3.3.</b>	<b>Recubrimiento y Proteccion de elementos</b>				<b>\$ 105.189.272</b>
3.3.1.	Proteccion de elementos	m2	487,51	\$ 186.507	\$ 90.924.028
3.3.2.	Proteccion zona esplash	m2	59,50	\$ 239.752	\$ 14.265.244
	COSTOS DIRECTOS				\$ 542.176.348
	COSTOS ADMINISTRATIVOS		33,94%		\$ 184.000.000
	UTILIDAD		5%		\$ 27.108.817
	SUB TOTAL				
	IVA		16%	U	\$ 4.337.411
	COSTO TOTAL CONSTRUCCIÓN MUELLE				<b>\$ 757.622.576</b>

### 5.3. RESPUESTAS A INQUIETUDES DE LA COMUNIDAD EN GENERAL Y CORALINA ANTE SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS EN SAN ANDRÉS ISLAS (JUNIO DE 2007)

#### 1. ALTERNATIVA DE CONSTRUIR LA PASARELA EN MADERA PARA DISMINUIR COSTOS

- Los costos asociados a la construcción de la pasarela en concreto, son del orden de 15% mayor por lo cual no se considera un costo relevante para el proyecto.
- La pasarela proyectada corresponde a elementos en concreto de dimensiones menores que implican bajas cantidades de obra y por consiguiente bajos costos y fácil fabricación.
- Desde el punto de vista constructivo, corresponde a elementos versátiles, que pueden ser prefabricados fácilmente, con mano de obra local.
- La pasarela en madera, requiere de mayor mantenimiento y se considera de menor vida útil.
- Las barandas en concreto construidas de acuerdo a las especificaciones técnicas de construcción, permiten garantizar un funcionamiento estructural resistente, bajos costos de mantenimiento y mayor vida útil bajo las difíciles condiciones meteomarinas del islote.

#### 2. LONGITUD DEL MUELLE

La longitud del muelle ha sido dimensionada en función de criterios de diseños hidráulicos que permitan una operación segura para el atraque de las embarcaciones y las actividades de desembarque de las personas.

En este aspecto se han considerado los siguientes criterios:

- Una longitud de anclaje en tierra del orden de 10.0 m que garantice la conexión de la estructura con la orilla (línea de playa), la cual sufre variaciones en función del período de vientos y olas predominantes en la zona de estudio.
- El extremo del muelle debe alejarse lo suficiente de la zona de rompiente del oleaje, para garantizar el acceso y atraque de las embarcaciones durante el mayor porcentaje del tiempo. Por lo anterior, para el cuerpo del muelle se adoptó una longitud del orden de 25 m. Adicionalmente, para empalmar en forma gradual la altura máxima del cuerpo del muelle, con la zona de atraque y acceso de las personas, se implemento una placa de pendiente adecuada, que involucra una longitud del orden de 5.0 m.

### **3. DEFENSAS**

En el extremo del muelle en la zona de atraque, se conformará una protección en caucho vulcanizado que bordeará la estructura, cuya función será proteger la estructura y la embarcación.

### **4. DISIPACION DEL OLEAJE POR DEBAJO DE LA PLACA DEL MUELLE**

Las placas que conforma cada modulo del muelle, están constituidas por un par de placas en concreto de 4.0 m de longitud y 2.4 m de ancho, llevan una separación longitudinal de aproximadamente del orden de 5.0 cm., lo cual permitirá disipar el efecto de la energía del oleaje incidente sobre la cara inferior de la placa.

Sin embargo, se destaca que la altura del muelle ha sido calculada en función de ola de diseño, adoptada en 1.0 m, lo cual mitigará el efecto directo del oleaje sobre la placa del muelle. Así mismo, estructuralmente el refuerzo de la placa, involucra los esfuerzos y cargas asociados a los empujes verticales inducidos por el oleaje o columna de agua.

### **5. RAMPA EN TIERRA**

Entre la zona anterior de la línea de playa (tierra firme) se ha involucrado un anclaje en tierra que empalma con el nivel del terreno, para el tránsito adecuado de peatones. La longitud de anclaje del muelle es de 10.0 m.

### **6. SUPERFICIE ANTIDESLIZANTE DEL MEULLE PARA EL TRANSITO DE PEATONES**

La construcción del muelle en concreto, garantiza mediante su acabado, una superficie en concreto rugosa antideslizante, las superficies contarán con los bombeos adecuados para garantizar el escurrimiento del agua hacia el exterior.

### **7. DISEÑO DE CASETA DE CONTROL PARA DOS (2) FUNCIONARIOS**

La empresa contratista del INVEMAR (HYSER Ltda.) Diseñará la caseta

### **8. CONVENIENCIA (RECOMENDACIÓN) PARA CONSTRUCCIÓN EN UNA SOLA FASE.**

La construcción de la obra está concebida para ser construida en una sola fase, por tal motivo se debe asegurar la totalidad de recurso.

A continuación se presentan los inconvenientes de construir la obra en varias fases:

- Una estructura parcialmente construida no cumple con el objetivo del proyecto, dado que no puede entrar en operación inmediatamente.

**76 ESTUDIOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN  
DE UN MUELLE EN JOHNNY CAY**

**CORALINA**

- Al realizarse la obra en varias etapas, conllevaría sobre costos por doble movilización y disponibilidad de equipos, incrementando el costo de las obras.
- Al construirse en varias etapas, podría requerir de la participación de varios contratistas, no siendo fácil establecer la responsabilidad de la estabilidad futura de la obra.
- Construir en varias etapas, conlleva a actividades adicionales de protección de las estructuras, frente a las condiciones de interperismo críticas de la zona de proyecto (alta salinidad, corrosión, vientos, vandalismo) inseguridad, impacto ambiental negativo, etc. El control de las anteriores factores de amenaza conllevan a sobre costos y deterioro general del ambiente.
- Una obra inconclusa y parcialmente suspendida, conllevaría a tomar medidas de control y restricción en las áreas de influencia de la obra, que limitarían en la operación adecuada del parque, incomodando altamente a los turistas por tiempo indefinido. Podría afectar el atractivo turístico (demanda) del parque y su ambiente natural.

## 6. ANEXOS

Anexo 6.1 Plan de Manejo Ambiental diseñado por la firma Hyser Ltda. para las labores operativas en la construcción de un muelle turístico en Johnny Cay.