



**UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL MUELLE
PARA CRUCEROS EN ZIHUATANEJO, GRO.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

ISAÍAS LOAEZA SERRANO

ASESOR:

DR. JORGE ALARCÓN IBARRA

Morelia Michoacán; Octubre 2010





ÍNDICE	Pág.
PORTADA.....	1
RESUMEN.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	4
II. OBJETIVO.....	6
III. ESTUDIOS BÁSICOS.....	8
III.1. Recopilación de la Información	
III.2. Vientos	
III.3. Oleaje	
III.4. Oleaje Ciclónico	
III.5. Mareas	
III.6. Sobreelevación por Tormenta	
IV.- ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE UBICACIÓN DEL MUELLE DE CRUCEROS.....	23
IV.1. Alternativa Punta Ixtapa	
IV.2. Alternativa Playa Larga	
IV.3. Alternativa Bahía Zihuatanejo	
IV.4. Análisis de otras Alternativa	
V. LEVANTAMIENTO TOPO HIDROGRÁFICO.....	28
V.1. Poligonales de Apoyo	
V.2. Control terrestre	
V.3. Seccionamientos Playeros	
VI. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	31
VI.1. Trabajos de Campo	
VI.2. Ensayes de Laboratorio	
VI.3. Estratigrafía y Propiedades del Subsuelo	
VII. CLASIFICACIÓN SÍSMICA DEL SUELO.....	36
VIII. INGENIERÍA DE CIMENTACIONES.....	37
VIII.1. Selección del Tipo de Cimentación	
VIII.2. Capacidad de Carga en Compresión	
VIII.3. Hundimientos Probables	



VIII.4	Comportamiento ante Carga Lateral	
IX.	CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE DRAGADO.....	42
X.	INVESTIGACIÓN DE BANCOS DE MATERIAL DE RELLENO Y ROCA..	43
X.1.	Localización e Inspección de Bancos.	
X.2.	Resultado de Pruebas de Laboratorio	
X.3.	Localización del Sitio de Materiales de Desperdicio.	
XI.	ANÁLISIS DE CONSTRUCCIÓN DEL MUELLE PARA CRUCEROS.....	54
XI.1.	Análisis del Barco de Diseño	
XI.2.	Dimensionamiento del Muelle para Cruceros	
XI.2.1.	Áreas de Agua	
XI.2.2.	Áreas de Tierra	
XII.	PROYECTO ARQUITECTÓNICO DEL MUELLE DE ZIHUATANEJO.....	63
XIII.	PROYECTO EJECUTIVO DE CONSTRUCCIÓN DEL MUELLE PARA CRUCEROS.....	67
XIII.1.	Introducción.	
XIII.2.	Condiciones Generales de Diseño.	
XIII.3.	Descripción de las Estructuras.	
XIII.4.	Proyecto Ejecutivo de Áreas por pavimentar	
XIII.4.1.	Poligonal de Apoyo	
XIII.4.2.	Control Terrestre	
XIII.4.3.	Nivelación Diferencial	
XIII.4.4.	Seccionamientos	
XIII.4.5.	Exploración del Suelo	
XIII.4.6.	Diseño de Pavimentos Rígidos de Concreto.	
	CONCLUSIONES.....	82
	BIBLIOGRAFIA.....	87



RESUMEN

Ya que el puerto de Zihuatanejo en el estado de Guerrero es uno de los más importantes a nivel nacional e internacional y debido al incremento de Cruceros que arriban a este puerto se crea la necesidad de construcción de un Muelle para dichas embarcaciones.

El presente documento presenta los estudios realizados para elegir la ubicación más conveniente para la construcción del Muelle de Cruceros.

En los capítulos iniciales se presentan la introducción y los objetivos de la tesis.

En el capítulo III nos enfocamos a la recopilación de datos y el análisis de los factores que intervienen en la construcción del Muelle de Zihuatanejo, tales como son: el viento, oleaje, oleaje ciclónico, mareas, sobre elevación por tormentas.

En este capítulo se analizan distintas alternativas para la posible construcción del Muelle para crucero en Zihuatanejo, Las alternativas se sometieron a un análisis técnico y se llegó a una propuesta de la mejor alternativa para la construcción del Muelle para Cruceros.

En el capítulo IV se realizó un cuadro comparativo con las ventajas y desventajas que existen en cada una de las opciones.

En el capítulo V se describen los trabajos tanto topográficos como geodésicos y batimétricos y se definieron las actividades a realizar, procediendo al levantamiento de los puntos más importantes de la zona.

En el capítulo VI se establece el tipo de cimentación más adecuada y determinar las condiciones estratigráficas generales del área de estudio para el Muelle de Cruceros en Zihuatanejo.

La clasificación sísmica del suelo con base en el Manual de Diseño de Obras Civiles, y diseño por Sismo de la CFE se describe en el capítulo VII, de donde se define que el sitio de estudio se ubica dentro de la Zona D.

En el apartado VIII se describen brevemente los criterios de análisis que se emplearán y que podrán ser usados para el diseño final de la cimentación de las diversas estructuras que contemplen la infraestructura del Muelle en Zihuatanejo, Guerrero.

Para conocer las características del suelo a dragar se realizaron dos sondeos, SM-11 y SM-12, ubicados fuera de los ejes de donde se localizará el muelle de Cruceros. Los sondeos se realizaron hasta 12 m de profundidad del lecho marino y se describen en el capítulo IX.



El estudio de los posibles bancos de materiales que existen en la zona que es un factor determinante en la factibilidad técnica y económica, ya que dependen de éste análisis los costos en la construcción de las obras, se determina la calidad de la roca de los bancos y se incluyen en el capítulo X.

En la construcción del Muelle de Cruceros, se espera la obtención de material de desperdicio, producto del descabece de los pilotes, la demolición de alguna estructura y las rezagas del material, entre otros, razón por la cual, es necesario localizar una zona temporal y definitiva del lugar donde se localizará este material.

El análisis que corresponde al marco de diseño, es muy importante en el proyecto para la construcción de un Muelle, pues de este análisis dependen las dimensiones y características de las áreas de agua y tierra, además del diseño estructural del Muelle este estudio se incluye en el capítulo XII.

Considerando que el Muelle motivo de éste estudio, es completamente turístico, se realiza el proyecto arquitectónico en el capítulo XIII, en el que se analizará la imagen del Muelle y los edificios que conformarán la Terminal de Cruceros en Zihuatanejo.

El capítulo XIII hace referencia al proyecto ejecutivo de la construcción del Muelle de Cruceros en Zihuatanejo.



I. INTRODUCCIÓN

El puerto de Zihuatanejo, se encuentra en el Municipio de Ixtapa que es uno de los 11 municipios que conforman el estado de Guerrero, en México. El Municipio de Ixtapa, en la costa del Océano Pacífico, entre los paralelos 16° de latitud norte y 101° de longitud Oeste forma parte de la región de la Costa Grande y su cabecera es la ciudad y puerto de Zihuatanejo [Figura I.1]

El tipo de clima que predomina en el Municipio de Ixtapa es en su mayoría Cálido Subhúmedo con lluvias en verano, aunque en el extremo norte se experimenta un clima de tipo Semicálido subhúmedo con lluvias en verano. Su temperatura media anual varía, en la parte sur del territorio predominan las temperaturas más altas que van de los 24 a 28°C, en la parte central se dan temperaturas de 22 a 26°C y en la parte norte, por efecto de orografía, se dan las temperaturas más bajas con 18 a 22°C. El régimen de lluvias se presenta muy elevado en las partes norte y oeste al alcanzar los 1,500 mm, en su mayoría el municipio presenta una precipitación promedio de 1,200 mm, aunque hacia el norte y este suelen darse hasta 1,000 mm. En la zona sur del territorio, particularmente donde se localiza la cabecera municipal, Zihuatanejo se presentan precipitaciones menores con 1,000 mm.

Destino turístico que se destaca por combinar la modernidad y el lujo de Ixtapa, con la tranquilidad y tradición de un antiguo y pequeño puerto pesquero, La Bahía de Zihuatanejo es una de las principales zonas turísticas de nuestro país, razón por la cual se ha incrementado el arribo de Cruceros, los cuales fondean dentro de la bahía, mientras que sus pasajeros desembarcan por medio de tenders [pequeñas embarcaciones que pueden atracar en zonas de poco calado] que atracan en el Muelle Fiscal. El Muelle Fiscal cuenta con cuatro plataformas de atraque, dos de las cuales destinadas para los tenders y las otras dos para embarcaciones turísticas locales, Sin embargo, las cuatro plataformas son utilizadas para los tenders cuando se presentan demandas mayores a su capacidad.



El incremento del arribo de barcos a este puerto, la falta de infraestructura de Muelle para su atraque, las condiciones de seguridad que deben proporcionarse a los pasajeros durante el embarque y desembarque, así como el cumplimiento del código de seguridad P-IP, hacen necesaria la construcción del Muelle para Cruceros en Zihuatanejo, Guerrero, lo cual resolvería una de las problemáticas de tráfico marítimo.

Por otra parte la bahía de Zihuatanejo es prácticamente turística, por lo cual las actividades de la población se enfocan en el comercio turístico y en actividades para el turismo que arriba a este puerto, con la construcción del Muelle se estará incrementando el arribo de turismo proveniente del extranjero, esto impactaría positivamente en la economía de la localidad.

Con esto Zihuatanejo se estará colocando en uno de los puertos más importantes dentro de la ruta turística como de inversionistas, gracias a la construcción del Muelle Zihuatanejo, la ciudad se verá beneficiada en la imagen urbana ya que con la llegada de turistas se estaría dando mantenimiento a prácticamente toda la ciudad.

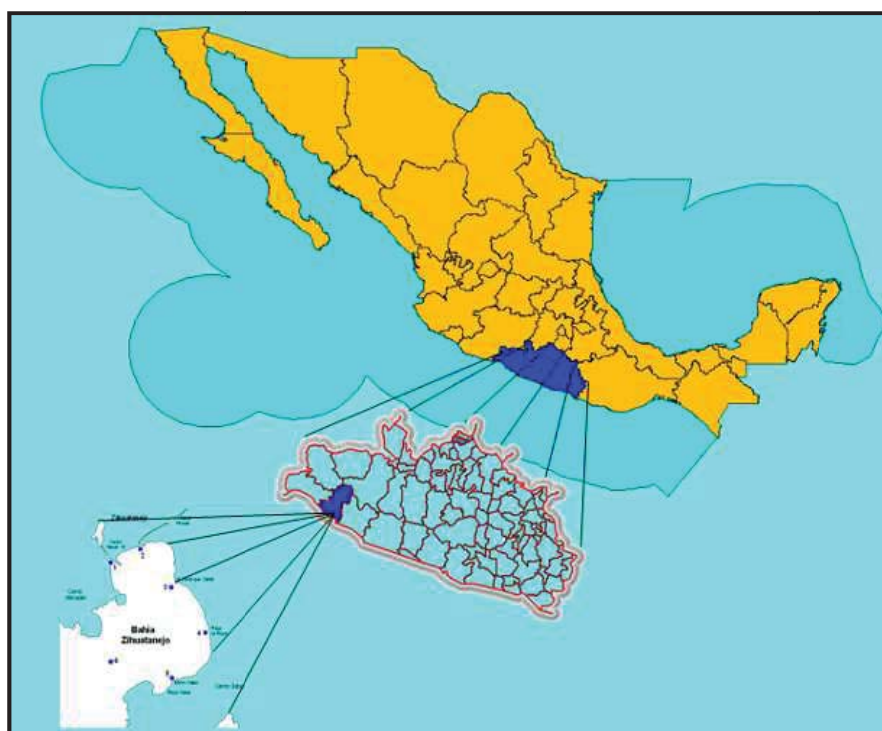


Figura I.1 Ubicación General de la Zona de Estudio.



II. OBJETIVOS

El objetivo general es encontrar la mejor ubicación para la construcción del Muelle de Cruceros en Zihuatanejo y analizar la ubicación desde el punto de vista técnico, a fin de que las instalaciones cuenten con los requisitos de seguridad y servicio.

Los objetivos particulares del proyecto son:

☐ Analizar y estudiar los factores básicos que intervienen directamente en la ubicación del Muelle de Zihuatanejo.

☐ Analizar las distintas alternativas para su ubicación, haciendo un cuadro comparativo de las ventajas y desventajas que existen en cada uno de los posibles lugares de ubicación del Muelle hasta llegar a la alternativa más viable.

☐ Una vez encontrada la mejor alternativa, realizar los siguientes estudios dentro del lugar elegido:

Levantamiento topo-hidrográfico.

Estudio de mecánica de suelos.

Clasificación sísmica del suelo.

Ingeniería de cimentaciones.

☐ Análisis de las características de material dragado.

Investigación de los bancos de materiales de relleno y rocas.

Localización del sitio para depósito del material de desperdicio.

☐ Análisis de construcción del Muelle para Cruceros.

Proyecto ejecutivo del Muelle.



III. ESTUDIOS BÁSICOS

III.1 Recopilación de la Información

La recopilación de la información correspondiente a viento, oleaje, corrientes, mareas, eventos climatológicos extremos, transporte litoral, entre otros, tienen el objetivo la determinación de las características de los procesos físicos, utilizados en los parámetros de diseño.

En el Anexo 1.1 Inspección del sitio, en el apartado A.1 Observaciones de campo, se presenta el formato para el análisis previo a la visita de campo, observaciones de campo y el cuestionario para entrevistas a habitantes de la zona, debidamente requisitados, los cuales se utilizaron como base en el desarrollo de la recopilación de la información. En el apartado A.2 Álbum fotográfico, se presenta la inspección del sitio en imágenes, donde se aprecian los accesos, instalaciones y características de la playa.

III.2 Vientos

El estudio del viento es una de las variables fundamentales que intervienen en el diseño de las obras marítimas cercanas a la costa por ser el principal generador del oleaje. Su efecto sobre la costa es permanente.

La importancia del estudio de los vientos para el diseño de obras marítimas es vital para la correcta ubicación de las obras, así como para fines de navegación y aproximación de las embarcaciones que harán uso de esas obras.

Las fuentes empleadas en el análisis son las siguientes:

- Registros de vientos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).
- Régimen de vientos procesados a través de observaciones satelitales (NOAA).
- Servicio a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENAER) y el Comité de Aviación Civil (COMAC).

A partir de la información estadística analizada de los registros de vientos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), se representan en tres tipos de diagramas, los cuales se describen a continuación:



- Diagrama de frecuencias o de n , en él se representa en número de veces (n) que el viento incide en cierta dirección. Al viento que sopla con mayor frecuencia se le denomina **viento reinante**.
- Diagrama de velocidad media o de nv , también se conoce como diagrama de agitación y en él se gráfica el producto de las frecuencias por las velocidades medias de presentación.
- Diagrama de velocidad máxima cuadrática o de $\max$, es el viento que sopla con mayor intensidad, también llamado **viento dominante**.

El régimen de vientos obtenido a través de observaciones satelitales, se muestran en la figura III.2.2 y III.2.3, en donde se observa que el rango de velocidades con mayor frecuencia es del orden de 10 a 15 m/s. Las velocidades máximas oscilan entre 7.0 a 15 m/s, con una frecuencia de presentación mayor de 10%.

La información obtenida del Servicio a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENAEM) en el Aeropuerto de Zihuatanejo, para el periodo Junio 2006 a Junio 2007, los vientos que presentan una mayor incidencia o vientos reinantes, provienen de la dirección suroeste con una intensidad menor a 10 m/s, mientras que los vientos dominantes provienen de la dirección este y presentan velocidades menores a 10 m/s. En la figura III.2.2, se representa gráficamente los resultados del análisis estocástico.

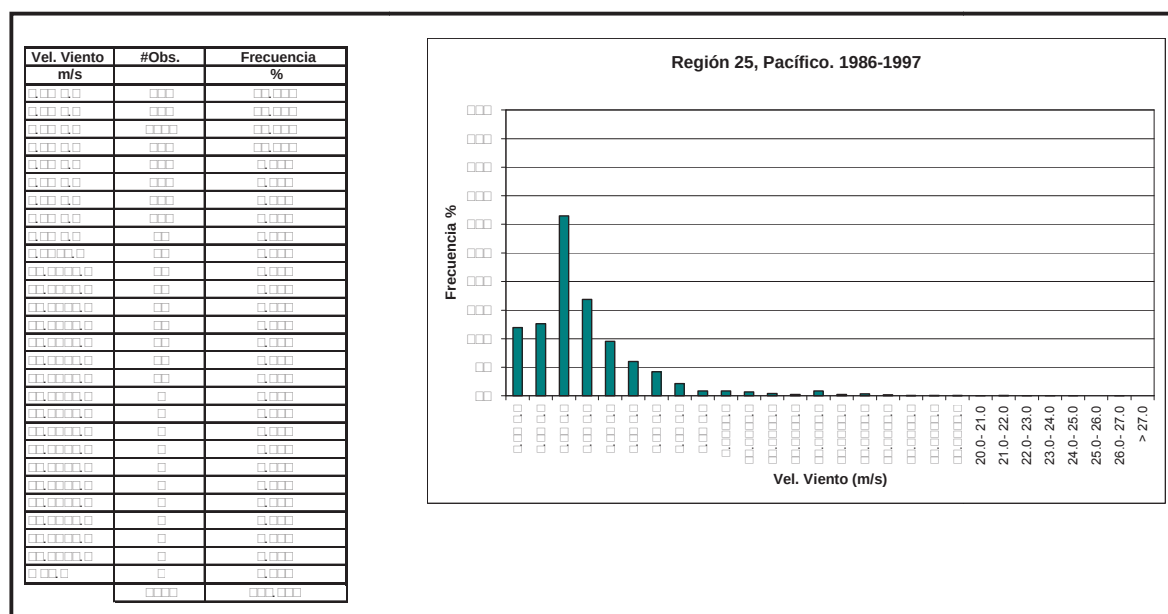


Figura III.2.2 Régimen Anual de Vientos Observaciones Satelitales



Año	Vel. Viento (m/s)	Tr	Vel. Viento (m/s)
1966	6.66	5	11.10
1967	17.00	10	21.62
1968	11.00	15	23.61
1969	14.76	20	25.00
1990		25	26.07
1991		30	26.95
1992	19.60	35	27.60
1993	26.03	40	28.32
1994	12.62	45	29.00
1995	7.73	50	29.30
1996	12.07	55	29.33
1997	11.19	60	30.24
		65	30.62
		70	30.97
		75	31.30
		80	31.60
		85	31.90
		90	32.16
		95	32.41
		100	32.65

Figura III.2.3 Régimen Extremal de Vientos Observaciones Satelitales

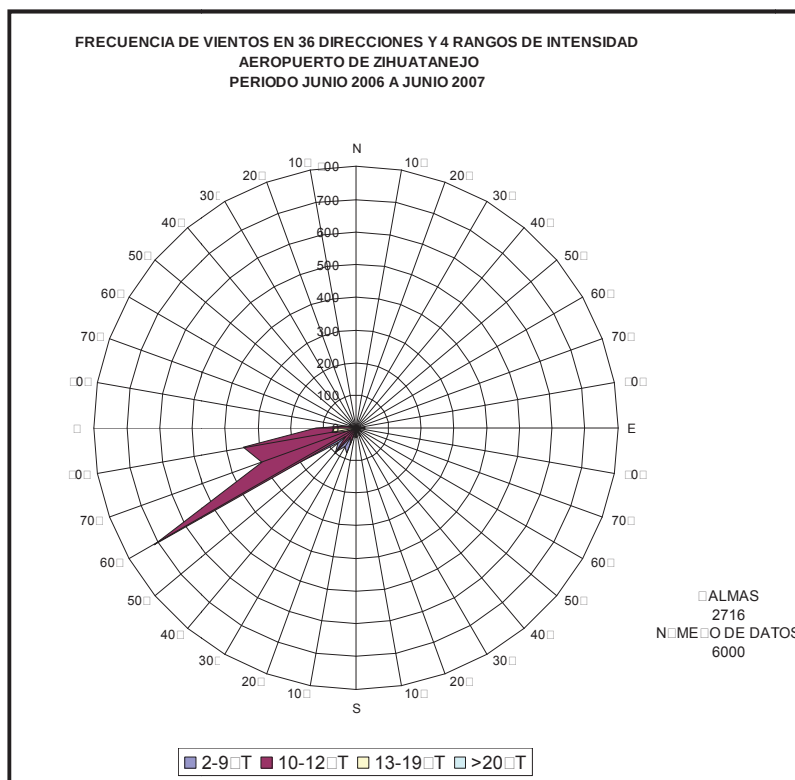


Figura III.2.4 Frecuencia de Vientos, Aeropuerto de Zihuatanejo.

De tal forma, se concluye que el viento reinante proviene de la dirección Oeste con una velocidad promedio de 6.5 m/s y el viento dominante se presenta del sector SE-N con una velocidad de 10.0 m/s.

En régimen extremal se tiene que para un periodo de retorno de 25 años se presenta una intensidad de viento de 26.07 m/s (93.65 m/hr) y para un periodo de retorno de 50 años es de 29.30 m/s (105.76 m/hr)



III.3 Oleaje

Uno de los principales fenómenos oceanográficos a considerar en el diseño y planeación de cualquier obra marítima es el oleaje, ya que es un parámetro que participa en forma determinante.

Los efectos de las ondas de agua son de gran importancia en el campo de la ingeniería costera. Las olas son el principal factor en la determinación de la geometría y composición de las playas, y tienen gran influencia en la planeación y diseño de puertos, vías navegables, medidas de protección costera, estructuras cerca de la costa, apertura o cierres de bocas y otras obras marítimas.

Se considera un régimen normal de oleaje al que actúa la mayor parte del tiempo, generado bajo condiciones meteorológicas normales. El conocimiento que se tiene del oleaje en nuestro país es limitado ya que no se dispone de una red de medición a nivel nacional. Las fuentes consultadas son las siguientes:

- Régimen de Oleaje Normal, Oficina Hidrográfica de los E. U. publicación Sea and Swell Charts, 1942.
- Régimen de Oleaje Satelital, Observaciones satelitales Topex-Poseidon Seasat ERS-2, Datos del 1996 a 1997, (oleaje medido en m).
- Régimen de Oleaje Normal, Oficina Meteorológica y Laboratorio de Física Nacional de Inglaterra publicación Ocean Wave Statistics, 1967, y actualizada 1950-1997.

El oleaje que actúa directamente sobre la zona de estudio, donde se proyectará el Muelle de Cruceros, se representan en la figura III.3.1



Figura III.3.1 Oleaje Actuante.



Atlas of Sea and Swell Charts

Esta fuente contiene datos tanto para el Pacífico como del Atlántico, el periodo de observación en este caso es de 10 años, este oleaje se divide en oleaje local (sea), el cual, se produce en la zona de generación por influencia del viento y distante (swell), una vez que ha salido de la zona de generación, normalizado e independiente a la dirección del viento que lo genera. Los datos se presentan por zonas, y para el sitio de estudio se analiza la zona 06.

La suma de las observaciones local y distante corresponde al 100% del tiempo, por lo que las frecuencias relativas para cada dirección se suman y normalizaran con base al número total de observaciones. Las direcciones que pueden incidir en el sitio de estudio corresponden al cuadrante SE-W, (4 direcciones) por lo que el oleaje total se concentra en esas direcciones por porcentajes pesados.

En la Tabla III.3.1 y Figura III.3.2 se presentan las alturas de ola estadística para régimen anual, en donde la altura media anual es menor a 2.0 m y la significativa es de 2.95 m. asimismo aunque la dirección Oeste es la que se presenta con mayor frecuencia, presenta una altura de ola significativa menor a la anual 2.81 m, siendo la dirección Sur la que tiene la mayor altura de ola significativa 3.39 m.

Tabla III.3.1 Régimen Anual del Oleaje Norma-Altura de ola Estadística

DIRECCION	HRMS (m)	Hm (m)	H1/3 (m)	H1/10 (m)
SE	1.85	1.65	2.62	3.32
S	2.40	2.15	3.39	4.31
SW	2.34	2.10	3.31	4.20
W	1.99	1.75	2.81	3.57
TODAS	2.08	1.84	2.95	3.74

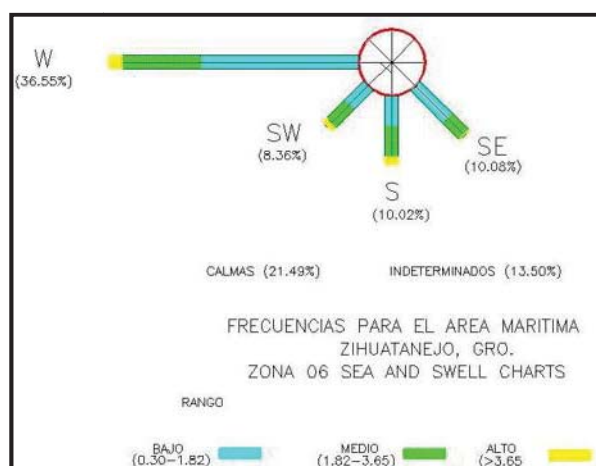


Figura III.3.2 Rosa de Oleaje Incidente – Régimen Normal



Oleaje Satelital

La estimación de la altura de ola significativa se hace a través de un espectro de frecuencia, mientras que la velocidad del viento se mide a 10 metros sobre el nivel del mar cada 10 minutos, esta información ha sido procesada para toda la República Mexicana por medio de regiones o zonas, a Zihuatanejo, Gro., le corresponde la región 25.

Con base en el programa World Wave Atlas, se obtuvieron las distribuciones de frecuencias de altura de ola significativa anual, estacional y mensual para la zona de estudio, en lo referente al viento se presentan frecuencias anuales, estacionales y mensuales.

En la Figura III.3.3 se muestra la distribución de frecuencias de altura de ola significativa durante todo el período de registro (1986-1997), donde se observa que predominan alturas de ola en el rango de 1.0 a 1.5 m con un porcentaje de incidencia de 41.78%, seguidas por alturas de ola de 1.5 a 2.0 m con 37.94 %.

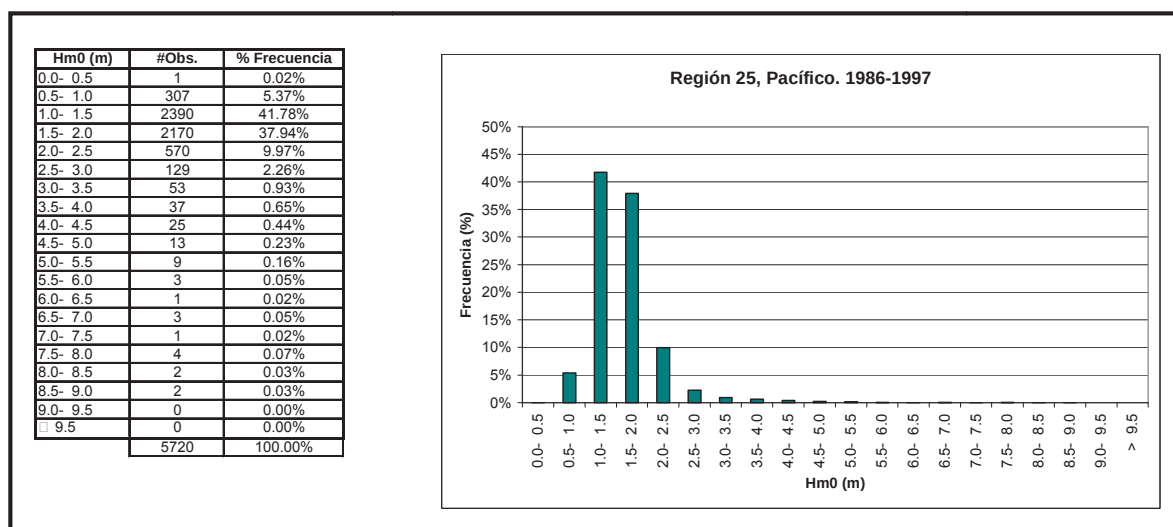


Figura III.3.3 Distribución de frecuencias de altura de ola significativa promedio durante todo el período de registro en Zihuatanejo, Gro.

Ocean Wave Statistics

El Ocean Wave Statistics presenta observaciones estadísticas de las características del oleaje, aproximadamente se registraron dos millones de observaciones estimadas visualmente durante un periodo de 8 años, desde 1953 a 1961 por observadores voluntarios, durante las travesías por las principales rutas del mundo; recopiladas y publicadas por el Laboratorio Nacional de Física, del ministerio de Tecnología de la Gran Bretaña.



Los datos se presentan en 50 cuadrantes teniendo como base 10⁴ geográficos cuadrados, para el caso de la república mexicana se presentan dos zonas para el Pacífico (22 y 14) y para el Golfo la zona 15. Para el caso del sitio de estudio se analizarán los datos presentados en la zona 22, como referencia y para la obtención de periodos del oleaje.

En la Tabla III.3.2 se muestran las alturas de ola significativa tanto a nivel estacional como anual, así como la altura de ola y periodos más frecuentes (>95% incidencia).

Tabla III.3.2 Altura y Periodo Significante (OWS)

ESTACION	Ho (m)	To (seg)	H >95% (m)	T >95% (seg)
INVIERNO	1.84	7.99	1.50	6 - 7
PRIMAVERA	1.42	8.00	1.50	6 - 7
VERANO	1.99	8.54	2.00	8 - 9
OTOÑO	1.92	8.71	1.50	8 - 9
ANUAL	1.83	8.42	1.50	8 - 9

Asimismo en la Figura III.3.4 se muestra la altura de ola significativa en régimen anual, en la que se observa que la altura de ola resulta ser de 1.5 m, en la Figura III.3.5 se muestra el periodo de oleaje dominante, que resulta ser de 6 a 7 seg.

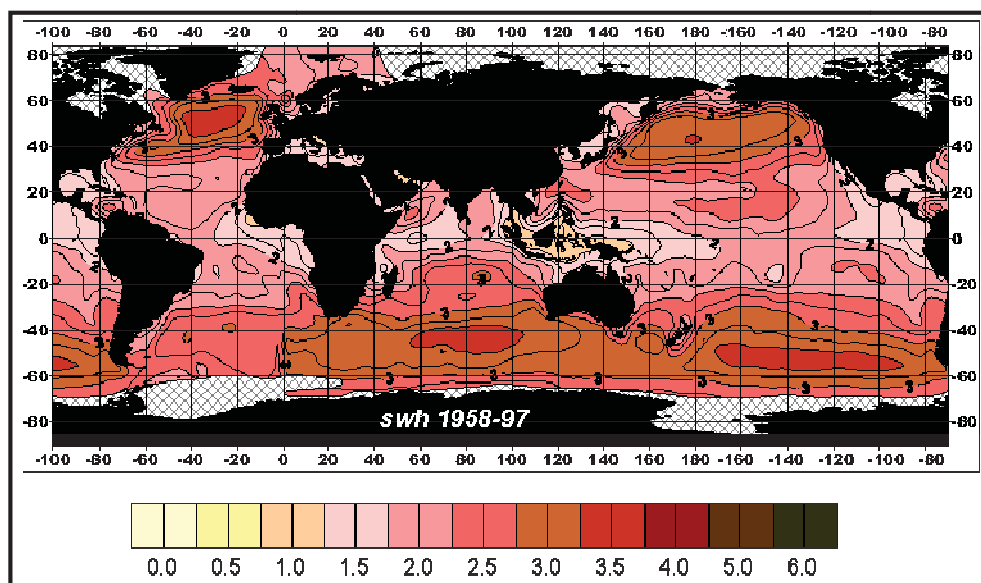


Figura III.3.4 Altura de Ola Significante (m) OWS 1958-1997

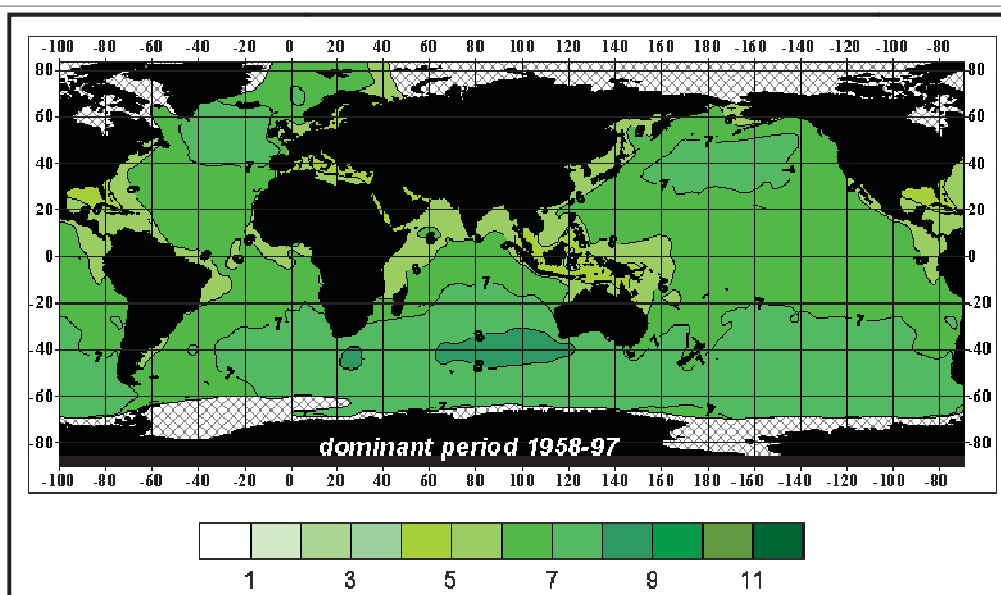


Figura III.3.5 Periodo de Oleaje Dominante (s) OWS 1958-1997

Con este análisis podemos concluir que de las fuentes de información, la que presenta mayores alturas es la del Sea and Swell, en cuanto a alturas de ola significativa

de los datos de observaciones satelitales y el Ocean Waves 1958-1997 los valores de altura de ola significativa con mayor frecuencia están comprendidos entre 1.00 y 1.50 m. Asimismo como producto del análisis estadístico de la información del OWS, se tiene que la altura significativa anual es del orden de 1.83 m, con un periodo significativo de 8-9 s, así como un periodo frecuente de 6-7 s.

Cabe señalar que por experiencia en la zona, se presentan alturas de ola coincidentes con las reportadas por el Sea and Swell, por lo que para fines de análisis posteriores se tomarán estas alturas de ola.

OLEAJE SIGNIFICANTE			
DIRECCION	H1/3 (m)	To (seg)	Frecuencia %
SE	2.62	8-9	10.08
S	3.39	8-9	10.02
SW	3.31	8-9	8.36
W	2.81	8-9	36.55
TODAS	2.95	8-9	65.02

OLEAJE FRECUENTE			
DIRECCION	Ho (m)	To (seg)	Frecuencia %
SE	2.00	8-9	10.08
S	1.50	6-7	10.02
SW	1.50	6-7	8.36
W	1.50	6-7	36.55
TODAS	1.50	6-7	65.02



III.4 Oleaje Ciclónico

El oleaje es generado cuando el viento sopla sobre la superficie del mar, el viento se genera por la fluctuación de la presión atmosférica, de la diferencia de presiones resulta el viento que afecta la superficie del agua, generando el oleaje que afecta en gran parte a las costas.

El oleaje ciclónico también llamado huracanado, es un oleaje extraordinario generado precisamente por la presencia de un huracán o ciclón, debido a la existencia de centros de baja presión y vientos de fuerte intensidad.

El interés de analizar este tipo de oleaje, es determinar la altura y período de ola que se presenta durante una condición meteorológica extrema, como lo es la presencia de un huracán.

Los huracanes se tomaron de la información desplegada en la página de Internet de Sistema Meteorológico Nacional, [SMN]; del Unisys Weather [UNISYS] y del National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA].

Se han desarrollado diferentes métodos para la predicción de este tipo de fenómenos, para obtener las características del oleaje huracanado comúnmente se utiliza el método de Huracán Estándar, publicado por el Shore Protection Manual, [SPM, 1984], que permite determinar el incremento del nivel del mar, debido a la presencia de huracanes.

Para el empleo de este método se realizó una clasificación de los huracanes que se han presentado en el Océano Pacífico, posteriormente se seleccionaron aquellos que han tenido influencia en la zona de estudio.

Dado que el Método del Huracán Estándar proporciona las características del oleaje en la zona de generación y es el interés del proyecto conocer esas características en la zona cercana al área de interés; se utilizó el Método de Brestscheider [CFE, 1983], que permite predecir el oleaje en la zona de decaimiento, es decir este método determina el oleaje que se produjo durante un fenómeno extraordinario, hasta el límite de aguas profundas frente al área de estudio.

Se analizaron 122 huracanes que abarcan un período de 1949 a 2006, como se muestra en la Tabla III.4.1.

De los resultados obtenidos con el análisis del Huracán Estándar, se presenta una altura de ola significativa máxima obtenida para estos fenómenos meteorológicos de 10.07 m con un período de ola respectivo de 12.35 seg; características obtenidas del huracán Bridget fenómeno que se presentó en Junio del año de 1971. Por las características del



oleaje en la zona de decaimiento se observa que la máxima altura es de 8.66 m, generada por el Huracán η 4 en Junio del 56.

El cálculo de la altura de ola vinculada a los períodos de retorno correspondientes, se elaboró con el Método de η alores Extremos de η umbel y se muestra en la [Tabla III.4.2](#).

Por lo tanto, se concluye que los resultados del oleaje huracanado, arrojan alturas de ola en la zona de generación de hasta 10.07 m y mínimas de 6.44 m, asimismo en la zona de aguas profundas el valor máximo de altura de ola es de 8.66 y el mínimo de 2.40 m, con periodos de hasta 12 seg.

Asimismo se observa que para un periodo de retorno de 20 años se tiene una altura de ola de 7.49 m. en el límite de aguas profundas y para un periodo de retorno de 50 años se obtiene una altura de ola de 8.46 m.

Tabla III.4.2 Altura de Ola en la Zona de Decaimiento para Diferentes

PERIDO DE RETONO & ALTURA DE OLA		
Tr	y	He
(años)	ln (Tr-0.5)	(m)
5	1.50	5.95
10	2.25	6.74
15	2.67	7.18
20	2.97	7.49
25	3.20	7.73
50	3.90	8.46
100	4.60	9.19
200	5.30	9.92
500	6.21	10.88



Tabla III.4.1 Cálculo de Altura y Período de Ola Significante en Aguas Profundas.

HURACAN	FECHA	LAT. °	H _m m	T _m s	H _{1/30}
5	17 Sep 49	15.80	8.43	11.29	4.96
11	17 Jun 50	16.60	8.33	11.10	4.17
1	20 May 51	17.40	7.11	10.26	5.32
2	01 Jun 51	16.70	9.71	12.10	5.76
2	06 Jun 52	16.10	7.54	10.59	5.67
4	02 Oct 53	15.70	8.68	11.36	4.80
11	06 Jun 54	17.20	6.84	10.05	6.16
3	14 Jul 54	14.60	9.14	11.69	4.69
8	21 Sep 54	17.20	7.67	10.69	4.25
9	30 Sep 54	15.80	9.26	11.78	4.87
6	16 Oct 55	17.00	9.44	11.90	3.65
4	14 Jun 56	17.60	9.24	11.76	11.25
10	12 Sep 56	16.90	9.57	12.00	4.99
5	27 Jul 58	17.00	8.19	11.10	5.08
11	01 Oct 58	16.30	8.02	10.88	3.91
10	05 Sep 59	17.10	9.14	11.69	8.21
15	25 Oct 59	16.10	8.45	11.17	3.03
CELESTE	20 Jul 60	15.90	8.55	11.26	2.74
DIANA	17 Ago 60	15.70	9.13	11.68	4.54
ESTELLE	31 Ago 60	16.10	8.95	11.55	4.31
FE NANDA	05 Sep 60	16.45	8.31	11.09	5.14
IA	11 Jun 61	17.60	9.01	11.60	5.91
LIA	15 Jul 61	15.60	9.20	11.88	5.08
TA A	12 Nov 61	17.20	8.51	11.23	5.94
ALEIE	24 Jun 62	16.60	9.02	11.60	5.04
DO EEN	01 Oct 62	13.90	8.13	10.96	4.47
EMILY	30 Jun 63	17.30	7.98	10.85	6.16
LILLIAN	24 Sep 63	16.90	6.44	9.74	4.78
WALLIE	18 Jun 65	17.00	7.28	10.39	4.37
ADELE	22 Jun 66	16.20	7.38	10.47	3.96
LO DAIN	04 Oct 66	17.40	7.24	10.36	4.07
MADDIE	18 Oct 66	16.60	8.27	11.16	4.64
BID ET	16 Jun 67	17.00	6.60	9.87	3.99
CALOTTA	23 Jun 67	15.50	7.54	10.59	3.08
FANCENE	24 Jul 67	15.00	9.03	11.75	3.32
ANNETTE	20 Jun 68	16.60	8.54	11.37	3.36
EBECCA	08 Oct 68	16.60	7.57	10.61	5.30
IA	03 Jul 69	14.80	8.64	11.45	3.68
LEND	08 Sep 69	15.70	8.72	11.48	5.66
EILEEN	27 Jun 70	16.20	6.80	10.06	3.80
ISTEN	05 Ago 70	16.40	7.76	10.86	6.35
NO MA	31 Ago 70	16.40	7.80	10.89	4.72

HURACAN	FECHA	LAT. °	H _m m	T _m s	H _{1/30}
AATHA	24 May 71	17.60	8.18	10.99	5.17
BID ET	17 Jun 71	17.30	10.07	12.35	6.32
AT INA	09 Ago 71	15.50	8.16	11.08	4.75
LILY	30 Ago 71	16.10	7.91	10.88	4.37
NANETTE	05 Sep 71	15.80	8.19	11.10	4.94
OLIA	24 Sep 71	14.60	9.53	11.96	3.95
PISCILLA	10 Oct 71	15.60	9.41	11.85	3.23
ANNETTE	07 Jun 72	18.40	7.80	10.84	5.92
WEN	23 Ago 72	12.10	8.17	11.08	4.74
HYACINTH	30 Ago 72	13.10	7.82	10.83	3.73
IA	05 Jun 73	12.60	8.96	11.56	3.40
BE NICE	22 Jun 73	16.90	9.10	11.72	7.72
CLAUDIA	28 Jun 73	16.00	8.36	11.18	7.59
EMILY	22 Jul 73	15.30	9.03	11.64	5.20
FLO ENCE	27 Jul 73	16.00	8.41	11.27	7.17
ALETTA	28 May 74	15.30	7.77	10.79	7.05
DOLOS	16 Jun 74	16.00	8.21	11.03	6.36
NO MA	10 Sep 74	16.10	8.75	11.43	5.46
OLENE	22 Sep 74	16.90	8.13	11.08	5.83
AATHA	03 Jun 75	15.10	8.05	10.98	4.61
DENISE	08 Jul 75	15.00	8.07	10.92	2.75
ELEANO	11 Jul 75	16.50	6.86	10.08	6.30
ILSA	20 Ago 75	13.90	8.55	11.31	3.99
ANNETTE	09 Jun 76	14.10	8.58	11.27	3.26
MADELINE	08 Oct 76	17.30	8.43	11.17	6.01
ALETTA	31 May 78	17.50	7.07	10.22	4.99
NO MAN	01 Sep 78	14.60	9.64	12.09	7.58
AND ES	04 Jun 79	17.10	8.78	11.41	2.72
UILLE MO	09 Sep 79	16.30	8.44	11.38	7.68
INACIO	30 Oct 79	18.00	9.01	11.62	5.52
LESTE	21 Sep 80	16.20	7.65	10.74	6.24
OTIS	27 Oct 81	14.50	8.12	10.97	4.36
ALETTA	29 May 82	15.70	6.23	9.59	6.79
OSA	05 Oct 82	16.50	6.99	10.22	7.50
LO	01 Sep 83	14.50	8.68	11.33	3.74
LO ENA	08 Sep 83	15.90	9.14	11.66	4.62
TICO	15 Oct 83	16.10	7.63	10.60	3.78
ENEIE E	09 Jul 84	14.50	9.59	11.98	4.26
ISELLE	05 Ago 84	15.40	8.53	11.31	4.86
ODILE	22 Sep 84	17.00	9.01	11.57	4.27
AND ES	06 Jun 85	16.00	8.31	11.22	7.41
BLANCA	10 Jun 85	13.70	8.53	11.23	3.80
AATHA	26 May 86	16.60	8.11	10.96	5.72
EULENE	24 Jul 87	15.90	7.66	10.64	5.04
HILARY	03 Ago 87	13.40	9.32	11.81	4.00
WIN	07 Ago 87	16.50	8.21	11.07	5.63
ALETTA	18 Jun 88	17.00	7.41	10.46	4.19
ISTY	30 Ago 88	15.70	7.99	10.94	5.25
LANE	22 Sep 88	14.60	8.81	11.58	6.34
COSME	22 Jun 89	15.60	9.42	11.89	4.51
ISMAEL	16 Ago 89	15.80	8.05	10.92	3.69
MANUEL	30 Ago 89	15.50	8.22	11.14	5.17
ISELLE	22 Jul 90	14.40	8.05	10.92	3.13
LOWELL	25 Ago 90	15.90	7.89	10.93	5.19

HURACAN	FECHA	LAT. °	H _m m	T _m s	H _{1/30}
EDIN	28 Sep 91	14.70	8.42	11.15	3.37
MATY	09 Oct 91	15.40	8.14	11.03	5.25
IL	03 Oct 92	17.30	8.94	11.51	5.20
WINIFED	09 Oct 92	17.50	9.21	11.71	4.00
CALIN	07 Jul 93	16.80	9.23	11.73	4.40
JOA	30 Ago 93	15.60	7.44	10.48	4.34
LIDIA	10 Sep 93	15.60	9.83	12.14	4.28
ALMA	25 Jun 96	17.50	6.51	9.79	4.24
BOIS	29 Jun 96	17.60	9.40	11.87	7.50
DOULAS	30 Jul 96	14.90	9.80	12.13	5.58
HE NAN	02 Oct 96	16.90	9.01	11.63	4.61
PAULINE	09 Oct 97	17.90	7.95	10.89	8.34
IC	09 Nov 97	14.90	8.80	11.47	4.63
BLAS	24 Jun 98	13.80	9.06	11.60	2.40
LESTE	20 Oct 98	14.90	8.81	11.43	3.10
CALOTTA	20 Jun 00	14.90	9.00	11.56	5.61
NO MAN	20 Sep 00	17.80	6.96	10.15	7.63
ADOLPH	29 May 01	15.00	8.71	11.37	3.48
JULIETTE	23 Sep 01	14.80	7.85	10.77	3.10
BOIS	12 Jun 02	16.80	6.58	9.89	6.24
JULIO	25 Sep 02	17.00	8.02	10.99	6.72
CALOS	28 Jun 03	16.40	6.88	10.13	4.65
JADIE	13 Sep 04	13.60	8.72	11.38	4.26
LESTE	13 Oct 04	16.70	6.41	9.73	4.75
DOA	05 Jul 05	17.20	8.16	11.13	5.44
HILARY	20 Ago 05	14.00	8.65	11.40	3.40
JOHN	30 Ago 06	16.90	9.44	11.87	5.98



III.5 Mareas

Las mareas son movimientos periódicos y alternativos de ascenso [flujo] y descenso [reflujo] de las aguas del mar. Están motivadas por las atracciones combinadas de la Luna y el Sol sobre las masas oceánicas, aunque es la Luna la que ejerce mayor influencia por su proximidad a la Tierra, pero de forma irregular por razón de los continuos cambios de posición con respecto al planeta, así como sus desplazamientos relativos con relación al Sol. La combinación de estas fuerzas puede dar lugar a sumas de ellas, manifestándose en forma de las llamadas mareas vivas, o restarse entre ellas produciendo las llamadas mareas muertas.

La intensidad de las mareas es muy variable; además de las citadas fuerzas cósmicas influyen en ellas la configuración de los litorales, la fisiografía, extensión, ubicación dentro de los continentes.

Al punto de altura máxima de la marea se le llama pleamar, y al punto mínimo bajamar. Por su parte, la diferencia de nivel entre la pleamar y la bajamar es la denominada amplitud de marea. Esta varía de forma periódica para un mismo lugar, y es diferente entre una costa y otra. Normalmente en los océanos, en que las aguas son abiertas, o los mares cerrados [como el Mediterráneo], las amplitudes de marea son mínimas; sin embargo en las bahías estrechas se manifiestan las amplitudes máximas.

Existen tres tipos de marea:

Diurna: se presenta una pleamar y una bajamar por ciclo, en un período típico de 24 horas y 50 minutos.

Semidiurna: se presentan dos pleamares y dos bajamares en dos ciclos, cada uno con un período típico de 12 horas y 25 minutos [las amplitudes de ambas son sensiblemente semejantes].

Mixta: en este tipo de mareas se presentan dos pleamares y dos bajamares durante dos ciclos sucesivos, con un período típico de 12 horas y 25 minutos cada uno. La amplitud de ambas presenta diferencias notorias [desigualdad diaria].

La desigualdad diaria, para mareas semidiurnas y mixtas, es la diferencia en la altura entre los niveles de dos pleamares o bajamares sucesivos. Marea viva [es la máxima amplitud que alcanza la onda de marea en el mes. Marea muerta [es la mínima amplitud que alcanza la onda de marea en el mes.



Para el análisis de las mareas, se utilizaron las siguientes fuentes:

- Tablas de Predicción de mareas 2007 para el Océano Pacífico, editadas por la Secretaría de Marina.
- Trayectorias ciclónicas que han afectado la zona. Información desplegada en la página de Internet de Sistema Meteorológico Nacional, [SMN]; del Unisys Weather [UNISYS] y del National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA].

Las mareas que se presentan en Zihuatanejo, Gro., son del tipo Mixta Semi-Diurna con amplitud media de 0.527 m, aunque ocasionalmente se presentan variaciones mayores del nivel del mar por efecto de tormentas.

En la Tabla III.5.1 se presentan los planos de mareas referidos al Nivel de Bajamar Media Inferior de acuerdo a datos de predicción de mareas publicados por la Secretaría de Marina a través de la Subsecretaría de Marina en su Dirección General de Investigación y desarrollo, en la publicación de Tablas Numéricas de Predicción de Mareas 2007 del Océano Pacífico.

Tabla III.5.1 Planos de Mareas para Zihuatanejo, Gro.

Descripción	Nivel (m)
Pleamar Máxima Registrada (NPMR)	0.994
Nivel de Pleamar Media Superior (NPMS)	0.527
Nivel de Pleamar Media (NPM)	0.458
Nivel Medio del Mar (NMM)	0.270
Nivel de Bajamar Media (NBM)	0.109
Nivel de Bajamar Media Inferior (NBMI)	0.000

III.6. Sobreelevación por Tormenta

El cálculo de la marea de tormenta para el sitio de estudio es importante, ya que se encuentra en un área expuesta al paso de los huracanes.

Las tormentas tropicales además de generar oleaje de grandes dimensiones, provocan variaciones extraordinarias del nivel del mar causadas por presiones barométricas bajas y vientos de fuerte intensidad asociados a los centros ciclónicos.

El cálculo de la sobreelevación producida por estos fenómenos atmosféricos se obtiene mediante la aplicación del método propuesto por Horikawa que toman en cuenta el gradiente de presiones y la intensidad del viento huracanado.

Los resultados obtenidos del cálculo de la sobreelevación de la marea por efectos de tormenta se muestran en la Tabla III.6.1.



El nivel de sobreelevación por tormenta máximo se presenta por la acción del fenómeno meteorológico Adolph en Mayo del 2001 con una altura de 2.6 m y el nivel mínimo es generado por Carlos en Junio de 2001 con 0.0 m.

Tabla III.6.1. Sobreelevación del mar por viento más presión atmosférica (HORIKAWA).

HURACAN	Po (mb)	Pn (mb)	AP (mb)	Vmax. (Km/hr)	COS(-)	S (cm)	S (m)
5	994.5	1013	19	83.28	1.00	48.19	0.48
1	963.9	1013	49	138.80	0.99	130.18	1.30
1	994.2	1013	19	83.28	1.00	48.51	0.49
2	963.8	1013	50	138.80	-0.11	40.35	0.40
2	994.0	1013	19	83.28	0.92	46.24	0.46
	963.9	1013	49	138.80	1.00	131.13	1.31
1	994.4	1013	19	83.28	0.94	46.52	0.47
	964.0	1013	49	138.80	0.91	123.84	1.24
	994.0	1013	19	83.28	0.73	40.74	0.41
	963.9	1013	49	138.80	1.00	130.96	1.31
6	963.9	1013	49	138.80	0.74	110.11	1.10
	963.8	1013	50	138.80	-0.30	24.59	0.25
10	963.7	1013	50	138.80	0.66	103.18	1.03
5	994.4	1013	19	83.28	0.96	47.09	0.47
11	963.7	1013	50	138.80	0.99	130.65	1.31
10	963.8	1013	50	138.80	0.89	122.31	1.22
15	928.0	1013	85	185.07	1.00	230.11	2.30
ELESTE	963.9	1013	49	138.80	0.99	130.17	1.30
DIANA	963.9	1013	49	138.80	0.94	125.90	1.26
ESTELLE	963.9	1013	49	138.80	0.89	122.10	1.22
EDINANDA	963.9	1013	49	138.80	0.98	129.61	1.30
IDA	963.9	1013	49	138.80	0.62	99.87	1.00
LIZA	994.2	1013	19	83.28	1.00	48.51	0.49
TAIA	963.7	1013	50	138.80	0.72	108.56	1.09
DALEIE	963.9	1013	49	138.80	1.00	131.13	1.31
DOREEN	964.2	1013	49	138.80	1.00	130.71	1.31
EMILY	964.2	1013	49	138.80	0.92	124.48	1.24
LILLIAN	994.4	1013	19	83.28	0.93	46.32	0.46
WALLIE	994.4	1013	19	83.28	1.00	48.31	0.48
ADELE	994.4	1013	19	83.28	1.00	48.31	0.48
LOLAINE	994.4	1013	19	83.28	0.69	39.25	0.39

Asimismo se calculó la sobreelevación para diferentes periodos de retorno, como se muestra en la Tabla III.6.2.

Tabla III.6.2 Sobreelevación para diferentes periodos de Retorno

PERIDO DE RETONO & SOBREELEVACION		
Tr	y	Se
(años)	ln (Tr-0.5)	(m)
5	1.50	1.32
10	2.25	1.68
15	2.67	1.88
20	2.97	2.02
25	3.20	2.13
50	3.90	2.46
100	4.60	2.80
200	5.30	3.13
500	6.21	3.57

Se concluye que las mareas máximas registradas tienen una elevación de 0.994 m.



En cuanto a la sobreelevación producida por fenómenos extraordinarios se han obtenido valores importantes ya que para un periodo de retorno de 20 años, la sobreelevación resulta de hasta 2.02 m y para un periodo de retorno de 50 años, se tiene una sobreelevación por tormenta de 2.46 m.

IV ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE UBICACIÓN DEL MUELLE DE CRUCEROS

De acuerdo a los alcances establecidos por la Dirección de Obras marítimas y Dragado y tomando en cuenta las características que representa el clima Marítimo en la zona de estudio, la geomorfología de la costa en el Estado de Guerrero, principalmente en la zona que corresponde a Ixtapa y Zihuatanejo y a la opinión de diferentes autoridades locales, se analizaron diferentes alternativas de construcción del Muelle para Cruceros. Las alternativas se sometieron a un análisis técnico y se llegó a una propuesta de la mejor alternativa para la construcción del Muelle para Cruceros. Las alternativas analizadas son las siguientes.

- Alternativa Punta Ixtapa,
- Alternativa Playa Charga, y
- Alternativa Bahía Zihuatanejo.
-

IV.1 Alternativa Punta Ixtapa

Punta Ixtapa se localiza a aproximadamente 14 km al noreste de la Bahía de Zihuatanejo. Es una zona en la que predominan afloramientos rocosos que fungen como disipadores de energía del oleaje, y provoca acumulación de sedimento en las zonas circunvecinas ver figura 4.1

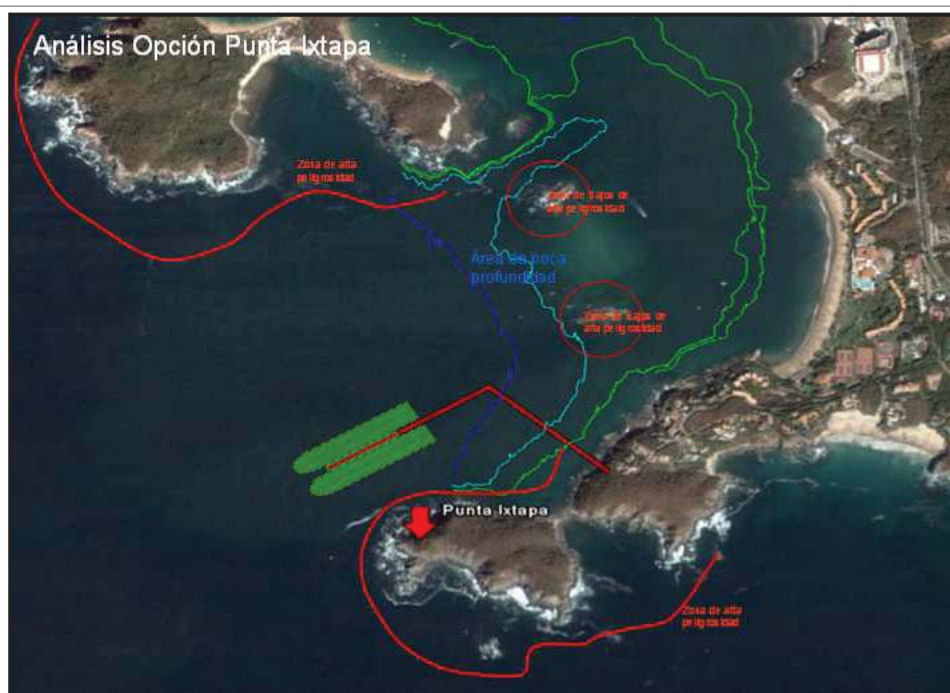


Figura IV.1 Alternativa Punta Ixtapa.

IV.2 Alternativa Playa Larga

Playa Larga se localiza a 10 km aproximadamente al sur de la Bahía de Zihuatanejo. Esta zona, está expuesta a la acción del oleaje de mar abierto, es decir, no cuenta con una zona natural protegida que pudiera disipar la energía del oleaje. Por otro lado, al considerar que las embarcaciones destinadas para el atraque son Cruceros, la superficie que hace contacto con el viento es mayor.

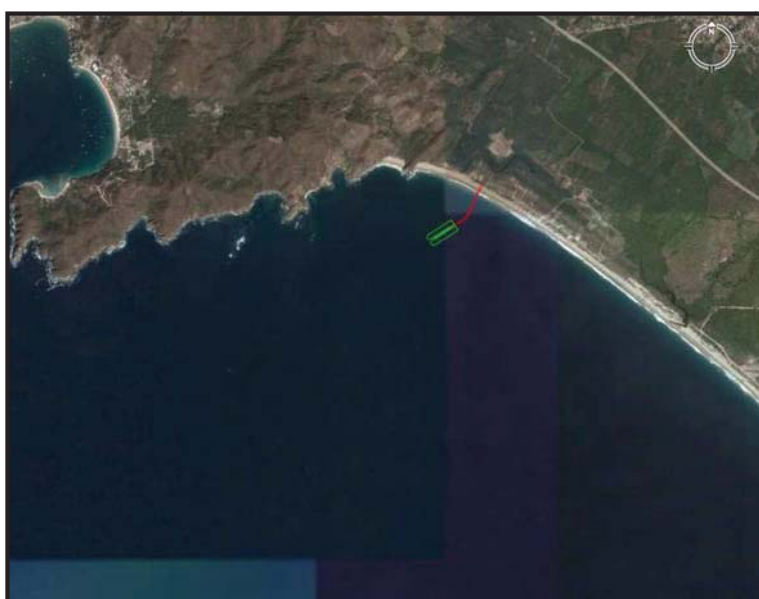


Figura IV.2 Alternativa Playa Larga.



IV.3 Alternativa Bahía Zihuatanejo

La Bahía de Zihuatanejo, por sus características geomorfológicas, es un puerto natural que brinda abrigo a las embarcaciones. En este caso específico, la Bahía de Zihuatanejo es de conformación rocosa, por lo que no se requiere de obras de protección para disipar la energía del oleaje y los efectos del viento sobre las embarcaciones.

La configuración del fondo marino dentro de la Bahía de Zihuatanejo indica que es de playa tendida o con poca pendiente, por lo que se tendría que construir una pasarela de acceso al Muelle, el cual tendrá que ubicarse en una zona donde se cumpla con el calado de la embarcación para evitar grandes volúmenes de dragado que afectarían la hidrodinámica de la Bahía ver figura I.1.

Las corrientes marinas que se presentan en la Bahía son principalmente generadas por el oleaje, el cual llega con poca energía, pues se disipa en la entrada y llega hasta la Playa Madera y genera pequeñas corrientes de retorno, que no hacen más que reacomodar el sedimento que aporta el dren en épocas de avenidas máximas.

Por otro lado, el recinto portuario de Zihuatanejo, cuenta con todos los servicios, los cuales estarían disponibles para lo que necesite el Muelle, las embarcaciones y sus pasajeros.

Es conveniente realizar un análisis hidrodinámico para identificar las zonas susceptibles y establecer la mejor opción de la ubicación del Muelle de Cruceros de tal forma que se conserve la Bahía de Zihuatanejo y al mismo tiempo se tengan las condiciones de seguridad para los Cruceros, por lo cual en los capítulos siguientes se presenta el estudio realizado para la Bahía considerando la posición del Muelle de Cruceros.

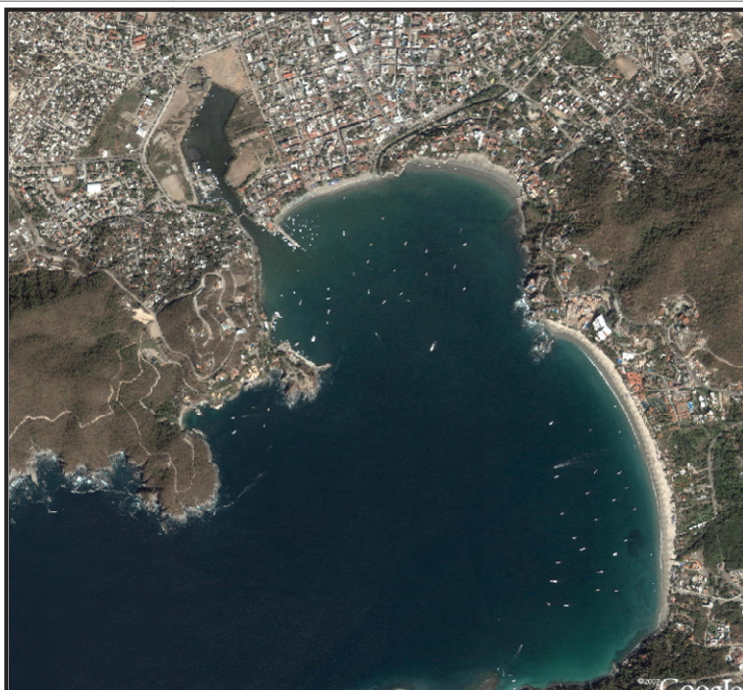


Figura IV.3 Alternativa Bahía Zihuatanejo

Se consideró la alternativa de ampliación del Muelle existente, para coadyuvar en la construcción del Muelle para el atraque de los Cruceros. Al proponer esta alternativa, provocaría una saturación en el Muelle debido al desembarque de los pasajeros, ya que no cumple con las dimensiones mínimas para poder desalojar 1,000 pasajeros al mismo tiempo, incumpléndose las normas de seguridad internacional y con ello problemas en la certificación del código PBIP de seguridad, que se da a los puertos y buques internacionales, además se cancelaría el uso turístico a las embarcaciones, prestadores de servicios y población en general.



IV.4 Análisis de otras Alternativas

Para obtener un panorama más claro del análisis de otras alternativas, se presenta a continuación un cuadro comparativo, en el que participan todas las alternativas de construcción del Muelle para Cruceros, con un análisis de ventajas y desventajas técnicas, necesarias para la toma de decisiones de la mejor ubicación para la construcción del Muelle de Cruceros en Zihuatanejo.

Alternativa de Construcción	Ventajas	Desventajas
Punta Ixtapa	□ Cuenta con suficiente áreas de agua. □ Puede planearse un complejo turístico completo para la zona. □ Se considera un puerto propio para Cruceros.	□ Condiciones de oleaje severas. □ Presencia de □ientos y corrientes marinas. □ Peligrosidad en las operaciones del buque. □ Se requiere obras de protección. □ Se requiere de obras de mantenimiento. □ No cuenta con infraestructura de servicios. □ Se necesita una pasarela de aprox. □□0 m de largo y una plataforma de 200 m.
Playa □aradero	□ Cuenta con suficiente áreas de agua. □ Libre funcionamiento del puerto para Cruceros	□ Condiciones de oleaje severas. □ Presencia de □ientos y corrientes marinas. □ Se requiere obras de protección. □ Se requiere de obras de mantenimiento □ No cuenta con infraestructura de servicios. □ Se necesita la utilización del tenders para trasladar a los pasajeros al continente.
Playa Linda	□ Libre funcionamiento del puerto para Cruceros.	□ Transporte de □edimento muy alto. □ Presencia de Bajos rocosos □ Condiciones de oleaje severas. □ Presencia de □ientos y corrientes marinas. □ Se requiere obras de protección. □ Se requiere de obras de mantenimiento □ No cuenta con infraestructura de servicios. □ Se requiere de una pasarela de aprox 1,500 m y una plataforma de 200 m.
Playa Larga	□ Cuenta con suficiente áreas de agua. □ Puede planearse un complejo turístico completo para la zona. □ Libre funcionamiento del puerto para Cruceros	□ Transporte de sedimento excesivo □ Condiciones de oleaje severas. □ Presencia de □ientos y corrientes marinas. □ Peligrosidad en las operaciones del buque. □ Se requiere obras de protección. □ Se requiere de obras de mantenimiento □ No cuenta con infraestructura de servicios.
Bahía de Zihuatanejo	□ Es un área natural protegida. □ No hay grandes aportaciones de sedimento. □ Sin presencia de vientos considerables. □ Cuenta con todos los servicios. □ No se requiere obras de protección. □ No se necesitan obras de mantenimiento frecuentes. □ Alberga a todos los prestadores de servicios turísticos.	□ Se necesita un Muelle de aproximadamente □00 m para brindar condiciones de seguridad a los Cruceros y disminuir los trabajos de dragado. □ No cuenta con zonas de tiro cercanas para el material de dragado.

De acuerdo al cuadro comparativo descrito anteriormente, el análisis se realizó visualmente, lo cual se sugiere que se realice el análisis técnicamente en lo que es la zona de la bahía de Zihuatanejo por tener las condiciones más adecuadas que las demás opciones presentadas



V. LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRÁFICO

V.1 Poligonales de Apoyo

En la etapa de planeación de los trabajos tanto topográficos como geodésico y batimétricos se definieron las actividades a realizar, planteándose en primer instancia un recorrido general por la zona de estudio en el cual se ubicaron los elementos que deberían de representarse en la planimetría, así como de marcar los límites de la zona de estudio que básicamente eran las colindancias de la zona comercial y el área de la playa la ropa, que se localiza a ≈ 50 m. al oriente de la capitanía de puertos y del Muelle existente, además de obtener los permisos necesarios para el ingreso a las diferentes zonas a las que se debería de acceder.

En base a la información recopilada se dividió en subzonas el total del área de estudio, tal y como se describen a continuación:

- *Área uno*, corresponde a la zona de playa, Muelle, y río.
- *Área dos*, corresponde al frente marítimo.
- *Área tres*, corresponde a la zona urbana.

Se ubicaron los puntos de apoyo de las bases GP, de tal manera que contaran con una ventana de visibilidad mayor a los 10° con respecto al horizonte para obtener una mejor recepción satelital, posteriormente se realizó un mapeo de la zona en general, se marcaron los puntos de inicio y fin y se programó el equipo GP para dar ubicaciones de las secciones a cada 25 m. en la zona de playa, para posteriormente obtener las secciones transversales.

Se verificaron las constantes atmosféricas y ortométricas del equipo considerando la altura sobre el nivel del mar, el factor de escala, la temperatura y offset's de las antenas de los equipos GP, utilizando un eje de trazo previamente implementado y cargado en el sistema de navegación del equipo. El equipo empleado para la medición de los puntos de control y traslado de bases fue un equipo GP marca Trimble modelo Promark 2, con una precisión lineal de 5mm ± 2 ppm., además se emplearon bases de centraje forzado con colimador vertical para evitar movimiento y mala posición de la antena colocada sobre los vértices. El método empleado en la determinación de los ángulos subtendidos por dos tangentes de apoyo de la poligonal fue el de series de Bessel



En primer instancia se midió la línea base o poligonal de apoyo general que constó de 9 vértices y un desarrollo de 100 m, y se estacó a cada 25.0 m, se inició en el punto V2 igualado al km 0+000.00, ubicado en la zona poniente de la playa, de aquí la poligonal se desarrolla hacia el oriente tocando los vértices constituidos por la poligonal de apoyo.

En el anexo III.2 Topografía, apartado A.1 Poligonal de Apoyo, se presentan los registros de la poligonal de apoyo en la zona de playa y la poligonal de apoyo en el levantamiento del Muelle fiscal. En los planos D.O.M-ZIHUA-01-LT-01 y D.O.M-ZIHUA-01-LT-02, se presenta gráficamente la poligonal de apoyo.

V.2 Control terrestre

El método empleado durante la determinación de los vectores que componen el polígono de apoyo fue el estático en modo de Grilla local y elevación orto métrica para obtener resultados topográficos con el equipo geodésico.

Toda la información topográfica y batimétrica fue referida a la Red Geodésica Local, el procedimiento consistió en posicionar con equipo GPS los puntos previamente localizados, propagando el control terrestre de la siguiente forma:

Teniendo conocidas las coordenadas de la estación (BASE BN090101) que se localiza junto a la caseta mareográfica en la esquina sur oriente del Muelle existente y siendo de primer orden, se instaló el GPS de una frecuencia en este punto y de forma análoga se instaló otro en el vértice V1, el cual se ubicó en la playa frente a la casa de la Capitanía de Puerto,

Los resultados se presentan en las Tablas V.2.1 y V.2.2.

Tabla V.2.1 Puntos de Control de la Zona de Playa

PUNTO	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
BN 090101	228,556.720	1,951,773.013	17°38'10.297176" N	101°33'29.568294" W
V11	228,457.434	1,951,860.259	17°38'13.500473" N	101°33'34.271476" W
V2	228,475.275	1,951,878.147	17°38'13.089655" N	101°33'32.974475" W
V1	228,621.921	1,951,960.578	17°38'13.679011" N	101°33'32.377835" W
V3	228,621.921	1,952,026.369	17°38'16.423191" N	101°33'27.443816" W
V4	228,807.700	1,952,026.369	17°38'18.643606" N	101°33'21.175404" W
V5	228,855.685	1,952,016.937	17°38'18.358101" N	101°33'19.544204" W
V6	228,943.571	1,952,021.061	17°38'18.514690" N	101°33'17.808767" W
V7	228,928.889	1,952,052.828	17°38'19.556999" N	101°33'17.078745" W
V8	228,943.571	1,952,069.934	17°38'20.119543" N	101°33'16.588812" W
V9	228,982.065	1,952,087.806	17°38'20.717436" N	101°33'15.291908" W



Tabla V.2.2 Puntos de Control GPS

PUNTO	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
M01	228,485.882	1,951,894.227	17°38'14.206389" N	101°33'32.025588" W
M02	228,791.290	1,952,030.866	17°38'18.782577" N	101°33'21.733817" W
MO□CAP	228,423.135	1,951,856.985	17°38'12.968128" N	101°33'34.135822" W

V.3 Seccionamientos Playeros

Se implemento una metodología de seccionamiento con equipo GPS que da lugar a una mejor configuración en menos tiempo y con menos personal, esta metodología se denomina levantamiento geodésico topográfico cinemática rápido, su nombre en ingles es Stop □ Go, y consiste en colocar una estación base con el receptor GPS y con otro equipo de características similares se detallan los puntos de topografía que se requiere de representar.

Su principal ventaja es que no debe de existir forzosamente una visual directa entre los equipos, el tiempo de observación es de unos cuantos segundos, la posición de los elementos es □nica y referida geodésicamente, la precisión es de 1.5 cm en las coordenadas x, y y z en un radio de 10 km.

El equipo que se utilizó es el siguiente: GPS de una banda Marca Astech modelo Promark2.

Se obtuvieron en total 26 secciones a cada 25 m. con una longitud de 50.0 m misma que cubrieron una franja de 50 m hacia la izquierda en la zona de tierra y 40.0 m. hacia la derecha, tratando de llegar a la cota -1.0.

Durante estos trabajos se ubicaron mediante coordenadas x, y y z, además de la distancia horizontal y desniveles parciales los accidentes topográficos representativos del terreno a fin de poder obtener una configuración lo más real posible, cada sección partió de un punto de elevación conocida y se comprobó su cierre hacia los vértices previamente posicionados.

Se utilizó el siguiente equipo:

- GPS marca Astech, modelo promark2
- Accesorios (clavos, varillas, estacas, pintura, etc.).

En el Anexo III.2 Topografía, apartado A.2 Seccionamiento Playero, se presentan los registros de los seccionamientos en la zona de playa y los planos D.O.M-ZIHUA-01-LT-01 y D.O.M-ZIHUA-01-LT-02, se presenta gráficamente los seccionamientos playeros en planta y en los planos D.O.M-ZIHUA-01-LT-05 y 06, se presenta las secciones en perfil.



VI. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Con el objetivo de determinar las características del subsuelo en la zona donde se proyectara la infraestructura para el Muelle de Cruceros, y de establecer el tipo de cimentación más conveniente para las estructuras proyectadas, se realiza el Estudio de Mecánica de Suelos.

Los aspectos que se cubren en el estudio, son los siguientes:

VI.1. Trabajos de Campo

Los trabajos de campo efectuados para el proyecto de la infraestructura para el Muelle de Cruceros en Zihuatanejo, consistieron en la exploración del subsuelo en la zona de agua donde se construirá el Muelle a futuro y que corresponden a los sondeos SM-1 al SM-12 mediante la ejecución de sondeos directos (profundos).

La exploración del sitio se ejecutó mediante sondeos llevados a cabo con equipo rotatorio de perforación, el objeto de estos trabajos fue el de determinar las condiciones estratigráficas generales del áreas de estudio.

Atendiendo a lo especificado en los términos de referencia proporcionados por la dependencia, el muestreo efectuado en los sondeos fue del tipo continuo, con la obtención principalmente de muestras representativas del subsuelo (obtenidas con el tubo partido del penetrómetro estándar, ASTM-D1586-83) en un caso se intentó obtener una muestra "inalterada" mediante el hincado a presión de un tubo metálico de pared delgada, tipo Shelby, en 4" de diámetro, pero debido a la naturaleza de los suelos detectados fue imposible su recuperación.

La totalidad de las muestras recuperadas, previamente identificadas y debidamente protegidas, fueron enviadas al laboratorio para realizar los ensayos correspondientes.

En el Anexo III.3 Mecánica de Suelos, apartado A.1 Memoria Fotográfica, se presenta la descripción fotográfica de los trabajos realizados. En el apartado A.2 Registros de Exploración, se muestran los registros de campo de los trabajos realizados y en él, apartado A.3 Procedimiento de Exploración, se describe el procedimiento de exploración seguido, de acuerdo a las Normas aplicables.



VI.2 Ensayes de Laboratorio

Sobre las muestras de subsuelo extraídas de los sondeos realizados se practicaron ensayos de tipo índice y mecánicos, con el objeto de analizar la cimentación de las estructuras proyectadas. Los ensayos índices fueron encaminados a la correcta clasificación de los materiales del subsuelo, siguiendo los lineamientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y entre los mismos podemos citar:

- Clasificación visual y al tacto, tomando en cuenta la granulometría del suelo así como la plasticidad de la fracción fina.
- Contenido inicial de agua, ω .
- Granulometría por mallas.

Los ensayos mecánicos se orientaron a determinar los parámetros que definen la resistencia al esfuerzo cortante de los materiales del subsuelo. El material que se encontró predominantemente durante la exploración es granular (arenas y gravas), por lo cual no fue posible obtener muestras inalteradas. Cuando no es posible recuperar muestras inalteradas para determinar los parámetros de resistencia del subsuelo se realizan ensayos mecánicos con probetas reconstituidas a condiciones naturales, para lo cual se recurre a correlaciones empíricas, para poder reproducir las probetas y efectuar los siguientes ensayos:

- Ensaye Triaxial consolidado drenado.

En el Anexo III.3 Mecánica de Suelos, apartado A.4 Relación de Ensayes se presenta una relación de los ensayos de laboratorio ejecutados sobre las muestras que fueron obtenidas de los sondeos realizados con equipo rotatorio. En los perfiles estratigráficos del Anexo III.3 Mecánica de Suelos, apartado A.5 Perfiles Estratigráficos, se pueden ver los resultados de la gran mayoría de los ensayos índice practicados sobre las muestras obtenidas en los sondeos y se presentan resultados de ensayos para determinar parámetros de resistencia al esfuerzo cortante.

Todos los ensayos de laboratorio efectuados sobre las muestras de suelo se realizaron atendiendo a lo que se especifica en el ASTM (American Society for Testing and Materials).



VI.3. Estratigrafía y Propiedades del Subsuelo

Con base en los resultados obtenidos de los registros de exploración, de los perfiles estratigráficos, así como en los resultados de los ensayos de laboratorio, se definió una secuencia estratigráfica de la zona de estudio.

La secuencia estratigráfica encontrada en el área de proyecto a grandes rasgos, está constituida por una serie de depósitos continentales, el suelo superficial es heterogéneo constituido por estrados de suelos granulares (Arena fina y grava) y suelos finos (arcilla y limo con arena fina), los cuales son de compacidad suelta a media y de consistencia blanda a firme. A continuación se encontró un suelo un poco más homogéneo, estrato de arena fina, y arena con grava de compacidad media a alta de espesor variable. Subyaciendo se tiene depósitos de arenas con gravas de compacidad alta, estos ultimo presenta las condiciones propicias para la cimentación del Muelle.

- a) SM-1: Sondeo ubicado sobre el fondo del lecho marino, con coordenadas UTM 228580, 1951870, con un espesor de 20.00 m de muestras alteradas. Hasta un espesor de 8.0 m, se encuentra un estrato de arcilla arenosa, de consistencia media a alta (definida por el número de golpes, N , obtenido en el ensaye de penetración estándar, el cual en promedio es de 5) de 8.0 a 12.0 m de profundidad, se tiene un estrato de arena fina con gravas, de compacidad alta (en el que N es mayor de 50 golpes) de 12.0 a 17.0 m de profundidad, se tiene un estrato arena fina con arcilla, de compacidad media (en el que N , varia de 8 a 35 golpes), y finalmente de 17.0 m a la máxima profundidad explorada de 20.60 m, apareció un estrato de arena fina con gravas de compacidad alta (en el que N es mayor de 50 golpes).
- b) SM-2: Sondeo ubicado sobre el fondo del lecho marino, con coordenadas UTM 228615, 1951796, con un espesor de 17.60 m de muestras alteradas. Hasta un espesor de 0.60 m, se encuentra una arena fina con gravas y presencia de conchillas de compacidad alta (en el que N es mayor de 50 golpes) con un espesor de 12.0 m, se encuentra un estrato de arcilla arenosa, de consistencia media a firme (en el que N , varia de 6 a 21 golpes), y finalmente de 12.0 m a la máxima profundidad explorada 17.60, se observó un estrato de arena fina con gravas de compacidad alta (en el que N es mayor de 50 golpes).



- c) SM-3: Sondeo ubicado sobre el fondo del lecho marino, con coordenadas 228690, 1951760, con un espesor de 16.40 m de muestras alteradas y 1.00 m de muestras inalteradas. Hasta un espesor de 3.0 m, se encuentra un arcilla arenosa de consistencia blanda a firme (en el que N, varia de 2 a 26 golpes); de 3.0 a 5.80 m, se encuentra un estrato de limo con gravas, de consistencia firme (en el que N, varia de 14 a 27 golpes) □ de 5.80 a 9.40 m, se encuentra un estrato arcilla arenosa, de consistencia media a firme (en el que N, varia de 6 a 15 golpes); de 9.40 a 13.0 m se encuentra una arena fina con arcilla de compacidad media (en el que N es mayor de 50 golpes) □ con un espesor de 2.40 m se encuentra una arena fina con gravas de compacidad alta (en el que N es mayor de 50 golpes), y finalmente hasta la máxima profundidad explorada de 17.40 m, se encontró un estrato de gravas con arena de compacidad alta (en el que N es mayor de 50 golpes).
- d) SM-4: Sondeo ubicado sobre el fondo del lecho marino, con coordenadas 228738, 1951692, con un espesor de 15.40 m de muestras alteradas. Hasta un espesor de 2.50 m, se encontró una arena arcillosa de compacidad suelta (en el que N, varia de 6 a 11 golpes) □ de 2.50 a 5.50 m, se encuentra un estrato de arcilla arenosa, de consistencia suelta a media (en el que N, varia de 4 a 11 golpes); de 5.50 a 7.80 m, se encuentra un estrato de limo con gravas, de consistencia suelta a firme (en el que N, varia de 4 a 10 golpes) □ de 7.80 a 9.50 m se encuentra una arena fina con arcilla de compacidad media (en el que N, varia de 9 a 11 golpes); con un espesor de 5.00 m se encuentra una arena fina con gravas de compacidad alta (en el que N, varia de 11 a más de 50 golpes), y finalmente hasta la máxima profundidad explorada de 15.40 m, se encontró un estrato de gravas con arena de compacidad alta (en el que N es mayor de 50 golpes).



- e) S□□5: Sondeo ubicado sobre el fondo del lecho marino, con coordenadas 228820, 1951669, con un espesor de 13.80 m de muestras alteradas y 2.00 m de muestras inalteradas. Hasta un espesor de 1.20 m, se encontró una arena arcillosa de compacidad media (en el que N, varia de 11 a 22 golpes); con espesor de 1.80 m, se encuentra un estrato de arena fina, de compacidad alta (en el que N es mayor de 50 golpes); de 3.00 a 5.40 m, se encuentra un estrato de arena arcillosa de compacidad suelta a media(en el que N, varia de 4 a 19 golpes); con espesor de 3.00 m se encontró un limo con gravas de consistencia muy firme(en el que N, varia de 13 a 31 golpes); con un espesor de 5.40 m se encuentra una arena fina con gravas de compacidad alta (en el que N, varia de 35 a más de 50 golpes), y finalmente hasta la máxima profundidad explorada de 15.80 m, se encontró un estrato de gravas con arena de compacidad alta (en el que N es mayor de 50 golpes).
- f) S□□6: Sondeo ubicado sobre el fondo del lecho marino, con coordenadas 228773,1951603, con un espesor de 15.00 m de muestras alteradas. Hasta un espesor de 4.20 m, se encontró una arena fina arcillosa de compacidad suelta(en el que N, varia de 5 a 14 golpes); con espesor de 1.80 m, se encuentra un estrato de arcilla arenosa, de consistencia media (en el que N, varia de 7 a 10 golpes); de 6.00 a 7.80 m, se encuentra un estrato de arena fina de compacidad media(en el que N, varia de 10 a 13 golpes); con espesor de 3.60 m se encontró un limo con gravas de consistencia muy firme(en el que N, varia de 9 a 20 golpes), y finalmente hasta la máxima profundidad explorada de 15.00 m, se encontró un estrato de arena fina con gravas de compacidad alta (en el que N, varia de 24 a más de 50 golpes).



VII. CLASIFICACIÓN SÍSMICA DEL SUELO

Con base en el Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por Sismo [1], el sitio de estudio se ubica dentro de la Zona I (ver figura VII.1). La clasificación del subsuelo desde el punto de vista sísmico se puede realizar de la siguiente manera:

- El terreno se clasifica como tipo I (terreno firme)
- El coeficiente de aceleración del terreno, $a_0 = 0.50$
- El coeficiente sísmico, $c = 0.50$
- La velocidad máxima de propagación de la onda de corte, $v_o = 4.9 \text{ cm/s}$

De lo anterior se puede concluir que el coeficiente sísmico básico para el diseño de la futura estructura resulta de 0.50 considerando que el área de estudio se ubica dentro de la Zona I y que el terreno del sitio resultó tipo I.

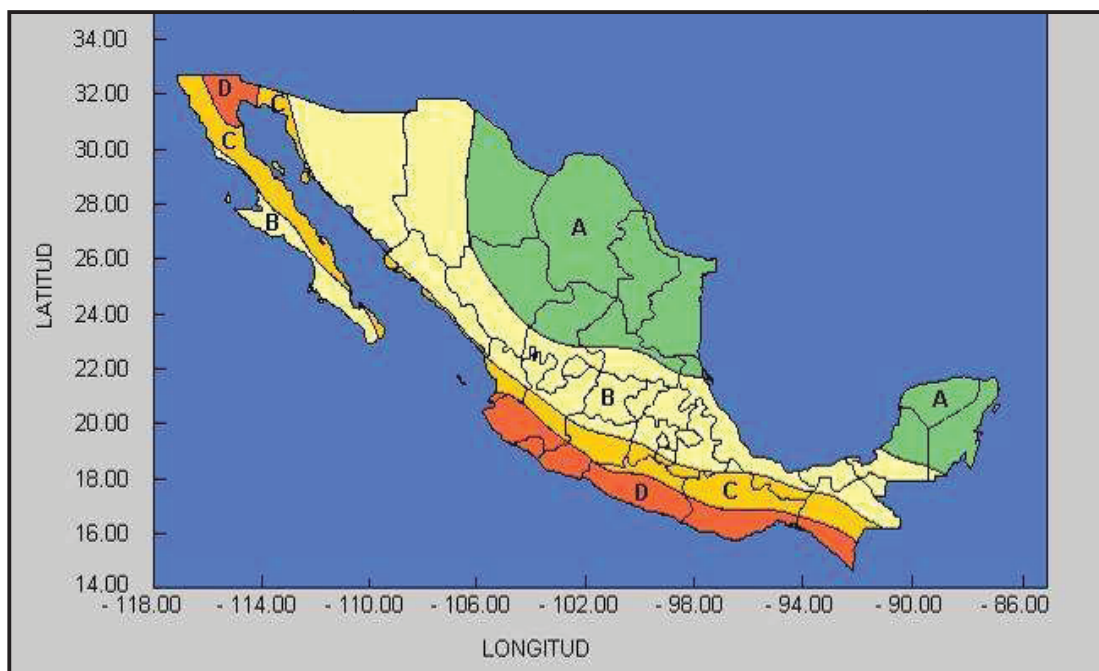


Figura VII.1 Regionalización Sísmica de la República Mexicana



VIII. INGENIERÍA DE CIMENTACIONES

En este apartado se describe brevemente los criterios de análisis que se emplearán y que podrán ser usados para el diseño final de la cimentación de las diversas estructuras que contemplen la infraestructura del muelle en Zihuatanejo, Guerrero. Los cálculos se basan en las características estratigráficas y propiedades del subsuelo, conforme fueron descritas en el apartado 2.2.1 Estratigrafía y Propiedades del Subsuelo, y que a su vez son el resultado de los trabajos de campo y de laboratorio antes descrito.

VIII.1 Selección del Tipo de Cimentación

Tomando en cuenta que todo tipo de cimentación debe cumplir con dos condiciones principales, la primera, estado límite de falla, es decir, que el suelo donde se desplante la cimentación debe ser capaz de soportar las descargas transmitida por las estructuras, con sus diferentes combinaciones de carga y factores de carga correspondientes, así como las acciones accidentales (sismo, viento, etc.) y la segunda, que el suelo no presente deformaciones y provoquen un mal funcionamiento de la estructura.

Para cumplir con las condiciones anteriormente mencionadas, se toma en cuenta el tipo y la magnitud de las estructuras integrantes del proyecto, y primordialmente las condiciones del subsuelo en la zona, para lo cual se utilizarán los resultados de la exploración de campo y los resultados de laboratorio.

De todo lo anterior se considera conveniente resolver su cimentación mediante pilotes profundos colados en sitio o pre colados empotrados en el estrato de arenas con gravas para garantizar un buen comportamiento tanto por cargas verticales y laterales.

Para este proyecto en particular se consideró conveniente analizar la alternativa de cimentación profunda, analizando pilotes de concreto reforzado de sección cuadrada, considerando los siguientes tamaños 0.45 x 0.45 m, 0.50 x 0.50 m y 0.55 x 0.55 m. En cuanto a la profundidad de desplante propuesta para los pilotes, se considero variable ya que el estrato de arenas con gravas donde se apoyaran los pilotes varia con cierta pendiente mar adentro. Para los elementos de cimentación profundos desplantados sobre dicho estrato, se consideró que trabajarán básicamente de punta, considerando contribución de la parte de fricción que se genere.



Para cada la naturaleza del proyecto se tomó en cuenta la posibilidad de que los elementos de cimentación profundos lleguen a trabajar ante la aplicación de cargas horizontales (atraque y sismo).

En los siguientes apartados se describen los análisis geotécnicos que fueron realizados para esta alternativa de cimentación.

Debe resaltar que la profundidad y la geometría de la cimentación deberán ser elegidas por el ingeniero estructurista en función de las magnitudes de carga que transmita esta estructura, en condiciones estáticas y sísmicas, al nivel de desplante de su cimentación, tomando en cuenta que esta debe cumplir tanto con el Estado Límite de Falla y de Servicio.

VIII.2 Capacidad de Carga en Compresión

En este apartado se revisa la capacidad de carga a compresión vertical de los pilotes analizados para el presente proyecto. Los análisis geotécnicos para los elementos de cimentación profundos se realizaron tomando en cuenta la condición de desplante, que para este caso fue sobre un estrato de arenas con gravas.

Para determinar la capacidad de carga admisible a compresión de la cimentación desplantada sobre terreno arenoso limoso, se acudió al criterio propuesto por Prakash y Sharma, el cual está definido por la siguiente expresión:

$$Q_C = Q_p + Q_f = A_p \sigma'_v N_q + p k_s \tan \delta \sum_{L=0}^{L=L} \sigma'_{vl} \Delta L$$

Donde:

Q_p , capacidad de carga por punta

Q_f , capacidad de carga por fricción

A_p , área del pilote en la punta

N_q , factor de capacidad de carga función del ángulo de fricción interno

p , perímetro del pilote

k_s , coeficiente de presión de tierra

δ , longitud de empotramiento del pilote

d 2/3 f

σ'_v , esfuerzo efectivo en la punta del pilote

σ'_{vl} , esfuerzo efectivo en un punto a lo largo del pilote



De acuerdo con los resultados de campo y de las características del terreno en el sitio, así como, de los reportes de ensayos de laboratorio, se le asigna las siguientes características al subsuelo para el cálculo de la capacidad de carga a compresión

Ángulo de fricción interno promedio ϕ °

Peso volumétrico promedio γ_m kg/m³

Factor de capacidad de carga q kg

Coefficiente de presión de tierra s

Para este caso se deberá considerar el peso volumétrico sumergido ($\gamma' = \gamma_m - 1$) en el cálculo de la capacidad de carga. Para el esfuerzo vertical (σ'_{vi}) se considerara el esfuerzo efectivo medio de la profundidad total.

La longitud que se tomo para este cálculo fue de 1.00 m a partir de lecho marino y tratando que los pilotes queden apoyados en el estrato de arena fina con gravas, sin olvidar que la profundidad de desplante es variable ya que el estrato de arenas con gravas donde se apoyaran los pilotes varia con cierta pendiente mar adentro.

Tabla VIII.2.1 Capacidad de carga estática de los pilotes.

Prof. pilote cm	Lado pilote cm	Área pilote cm ²	Perim. pilote cm	ϕ	γ kg/m ³	K_s	N_q	σ'_v kg/cm ²	σ'_{vi} kg/cm ²	q kg	f kg	c kg	p kg	s kg	a_c kg	a_s kg
100	10	78.5	62.8	30	18	1	1	1.0	1.0	10000	10000	10000	1000	10000	61803.4	17226.3
100	10	78.5	62.8	30	18	1	1	1.0	1.0	10000	10000	10000	1000	10000	73470.5	19380.3
100	10	78.5	62.8	30	18	1	1	1.0	1.0	10000	10000	10000	1000	10000	86097.5	21582.4

Tabla VIII.2.2 Capacidad de carga dinámica de los pilotes

Prof. pilote cm	Lado pilote cm	Área pilote cm ²	Perim. pilote cm	ϕ	γ kg/m ³	K_s	N_q	σ'_v kg/cm ²	σ'_{vi} kg/cm ²	q kg	f kg	c kg	p kg	s kg	a_c kg	a_s kg
100	10	78.5	62.8	30	18	1	1	1.0	1.0	10000	10000	10000	1000	10000	92705.2	25839.4
100	10	78.5	62.8	30	18	1	1	1.0	1.0	10000	10000	10000	1000	10000	110206	29070.5
100	10	78.5	62.8	30	18	1	1	1.0	1.0	10000	10000	10000	1000	10000	129146	32373.5



VIII.3 Hundimientos Probables

Teniendo en cuenta las características del material bajo el desplante de las pilas, se ha considerado que las deformaciones del suelo granular serán de tipo elásticas, dichas deformaciones se determinaron aplicando el criterio de comportamiento elástico, para lo cual se recurrió al "Manual de Diseño y Construcción de Pilas y Pilotes", editado por La Sociedad Mexicana de Mecánica de suelos, segunda edición, en el cual se presenta la siguiente expresión:

$$\delta = \frac{QL}{Ec Ap} + 1.57 \frac{Q}{Es \sqrt{A}} (1 - \nu^2)$$

Donde:

- Q=Esfuerzo que transmite la estructura. Para una estimación de los hundimientos se tomo Q_a .
- E_c =Modulo elástico del concreto, Para un $f'c$ de 350 kg/cm²
- L =Longitud de la pila
- A_p =Área transversal de la pila
- E_s =Modulo de elasticidad de suelo de apoyo de la pila
- ν =Modulo de poisson del suelo de apoyo

DIÁMETRO cm	Q_a kg	E_c kg/cm ²	ν	E_s kg/cm ²	δ_p cm	δ_s cm	δ_t cm
40	80,000	261916	0.25	1500	0.23	1.96	2.19
50	128,000	261916	0.25	1500	0.23	2.51	2.74

Como puede observarse, las deformaciones son pequeñas, por lo tanto son aceptables las secciones propuestas.



VIII.4 Comportamiento ante Carga Lateral

La capacidad de carga lateral que resiste un pilote o pila empotrado en un suelo granular, se determino de acuerdo con el criterio de Donal Coduto el cual está basado en un criterio de resistencia ultima del suelo y a continuación se presenta la siguiente expresión:

$$F = \frac{0.5\gamma BD_{\min}^3 K_p}{V(D_{\min} + e)}$$

Donde:

γ = Peso volumétrico del estrato de empotramiento

B = Ancho del pilote

D = Profundidad de empotramiento

F = Factor de seguridad, se propone 3

V = Resistencia del Suelo ante carga horizontal para el empotramiento y la sección dada

K_p = Coeficiente de reposo

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

Para el análisis de la resistencia ante carga lateral se realizó para las dos secciones que se han propuesto, 45 x 45, 50 x 50 y 55 x 55 cm, con longitud de empotramiento de 13.0 m para cada una de las secciones (Ver Tabla VIII.4.).

Tabla VIII.4.1 Capacidad de carga lateral del concreto.

Emp. pilote cm	Diam. pilote cm	Excen. pilote cm	ϕ	γ kg/m ³	k_p	F	V kg
1300	45	1000	30	1600	3.000033932	3	12895.58064
1300	50	1000	30	1600	3.000033932	3	14328.42293
1300	55	1000	30	1600	3.000033932	3	15761.26522

IX. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE DRAGADO.

Para conocer las características del suelo a dragar se realizaron dos sondeos, S-11 y S-12, ubicados fuera de los ejes de donde se localizará el muelle de Cruceros. Los sondeos se realizaron hasta 12 m de profundidad del lecho marino.

De acuerdo con los registros de perforación, se reporta material básicamente friccionantes (arenas limosas) de compacidad media baja de acuerdo con el número de golpes SPT, por lo que como parámetro de resistencia del material predominara el ángulo de fricción interno, el cual debido a que no se pudo obtener muestras inalteradas del material, se utilizara la correlación empírica del número de golpes-ángulo de fricción interno (Ver Figura III.3.5.1), esto debido a que el ángulo no es un parámetro constante con la profundidad, ya que varía el número de golpes SPT con la misma, y por ello se tendrá que recurrir a la grafica mencionada para obtener dicho parámetro para la profundidad que se requiera.

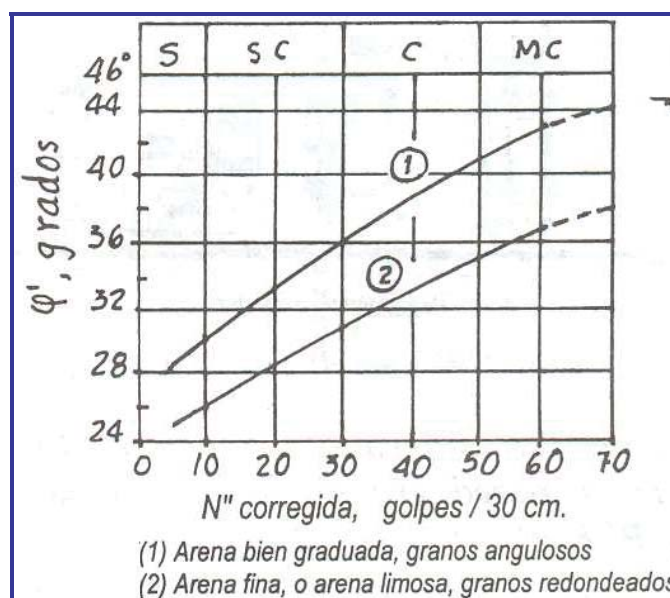


Figura IX.1 Correlación empírica Número de Golpes-Ángulo de Fricción Interno.

El ángulo de fricción interna para los dos sondeos de acuerdo al número de golpes es menor de 30°, esto es porque el número de golpes no excedieron los 22 para alcanzar la profundidad deseada.

Como la clasificación del suelo encontrado corresponde a arenas limosas de compacidad media baja, y de acuerdo a las Recomendaciones para Obras Públicas editadas por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, se recomienda un talud de dragado 3H:1V.



Por otro lado, el material que se encontró en la zona para dragar, superficialmente de 0 a 5.0 m aproximadamente se tiene un estrato de arena fina limosa de compacidad media baja, el cual es una material aceptable para utilizarse como relleno, ya que es una material predominantemente friccionante por lo que con un proceso de compactación adecuado se obtendrán capas de buena resistencia, además de que se tendrá que prever un tiempo suficiente para permitir el drenaje del agua una vez colocado el material en la zona de relleno antes del proceso de compactación.

X. INVESTIGACIÓN DE BANCOS DE MATERIAL DE RELLENO Y ROCA

La investigación de bancos de Materiales de Relleno y Roca, se hacen indispensables en los estudios de factibilidad de cualquier proyecto de obras marítimas, pues es un factor determinante en la factibilidad técnica y económica, ya que dependen de éste análisis los costos en la construcción de las obras y el diseño.

En términos generales, se puede decir que son tres los aspectos básicos que determinan la calidad de la roca en los bancos y que conviene conocer anticipadamente a fin de determinar la calidad de los mismos, para ello se obtuvieron muestras del material, las cuales fueron empaquetadas y enviadas al laboratorio para su análisis correspondiente, enseguida se enlista las pruebas efectuadas a cada muestra:

- Peso específico y absorción.
- Sanidad (intemperismo acelerado).

Para el caso de los bancos de materiales como relleno, se realizó la siguiente serie de pruebas físicas básicas para poder definir la calidad de material;

- Peso Volumétrico.
- Granulometría o contenido de finos.

De los resultados obtenidos y complementando con la exploración de campo, se procedió a determinar las características de cada banco y definir cuál sería el más conveniente para su explotación.



X.1 Localización e Inspección de Bancos.

De acuerdo los recorridos realizados en la zona de estudio y apoyándose en la geología superficial, se localizaron dos posibles bancos de materiales para la extracción de piedra:

- o Banco Cerrillos.
- o Banco San Jerónimo.

Banco Cerrillos

El banco Cerrillos, se encuentra localizado hacia el norte de Zihuatanejo sobre la carretera a Xtapa. (Ver Figura 1.1, 1.2 y 1.3).

Nombre de banco; Cerrillos

Propietario; Particular (Donatur)

Tipo de roca; Ignea extrusiva (Basalto)

Características del banco; para extracción de roca, roca ligeramente fracturada de color gris oscuro, con apariencia compacta y de buena resistencia aparente, debido a las buenas condiciones del banco se estima que durante su explotación se pueden obtener tamaños de hasta 1.0 m .

Ubicación; Carretera Zihuatanejo-Xtapa, Municipio de José Azueta (Ver Figura 1.1, 1.2 y 1.3).

Distancia de Zihuatanejo al banco; 1.0 km en terracería y 1.0 km en pavimento.

Precio estimado de explotación; 11,000.00/camión puesta en obra

Condiciones del banco: Explotado

Área de explotación: 1.0 hectáreas aproximadamente

Precio de transporte de material a obra: 11,000.00/camión de 1 m³

Método de explotación; barrenación y voladuras

No cuenta con básculas de servicio público, por lo que debe de considerarse la colocación de una cerca de la obra.



Figura X.1 Banco de roca Cerrillos (Frente de explotación)



Figura X.2 Banco de roca Cerrillos roca sana



Figura X.3 Banco de roca Cerrillos, acceso al banco



Banco San Jerónimo

El banco San Jerónimo, se encuentra localizado hacia el norte de Zihuatanejo sobre la carretera a Lázaro Cárdenas (Ver figura 1.1, 1.5 y 1.6).

Nombre de banco; San Jerónimo

Propietario; Zona Ejidal (Sr. Santos Valencia del 01 55 55 0000)

Tipo de roca; Ignea extrusiva (andesita)

Características del banco; para extracción de roca, roca sana prácticamente sin fracturamiento de color gris claro, con apariencia compacta y de buena resistencia aparente, debido a las buenas condiciones del banco se estima que durante su explotación se pueden obtener tamaños de hasta 1.0 m .

Ubicación; San Jerónimo, carretera Zihuatanejo-Lázaro Cárdenas (Ver figura 1.1, 1.5 y 1.6).

Distancia de Zihuatanejo al banco; 11.0 km en pavimento.

Precio estimado de explotación; 100.0/camión

Condiciones del banco: Explotado

Área de explotación: 5 hectáreas aproximadamente

Precio de transporte de material a obra: 1,500.0/camión de 1 m³

Método de explotación; barrenación y voladuras

No cuenta con báscula de servicio público, por lo que debe de considerarse instalar una cerca de la obra.

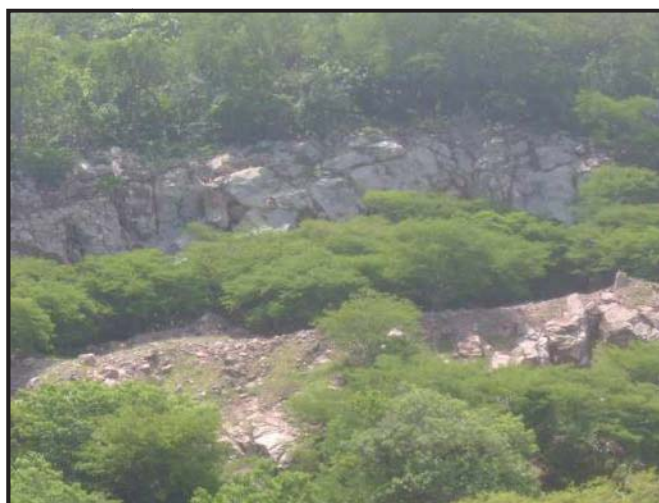


Figura X.4 Banco de roca San Jerónimo (frente de explotación)



FiguraX.5 Banco de roca San Jerónimo, vista panorámica.

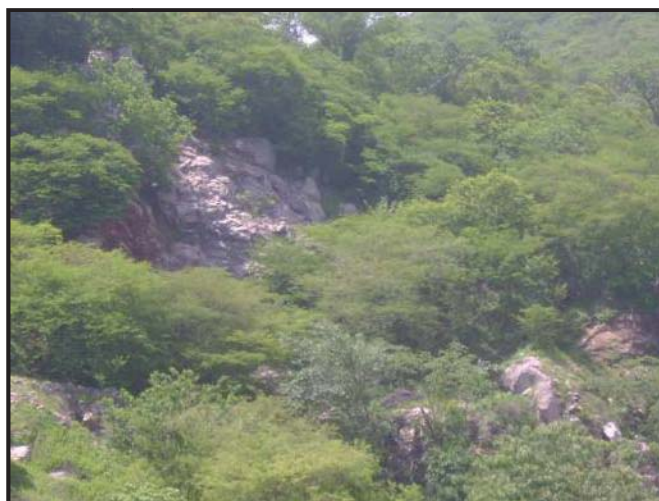


Figura X.6 Banco de roca San Jerónimo, lateral

Para el caso de bancos para relleno, se localizo un sitio posible, en los cuales se realizo una inspección física del sitio para verificar las condiciones en que se encuentra dicho banco:



- Banco Arrio ie

Banco Barrio Viejo

El banco arrio ie, se encuentra localizado a la orilla de la carretera ihuatane
zaro rdenas er iuras

□o□ bre de banco□□arrio □ie□

Propietario ☐ particular

tipo de material inerte e trusiva para areia

Características del banco para extracción de material de relleno, material de consistencia suelta a seco: pasta de color café rojizo, de fácil extracción con equipo mecánico retroexcavadora el cual puede ser vaciado directamente al cañón de volteo.

ubicación arretera ihuatane o zaro rdenas er iura

Distancia de Ihuataneño al banco en pavimento

Precio estimado de material eplotado colocado en obra

Condiciones del banco

Área de explotación □ hectóreas aprovechada □ ente



Figura X.7 Banco material de relleno Barrio Viejo



Figura X.8 Banco material de relleno Barrio Viejo

Cercana a la obra, no se encontraron más bancos de materiales que los que se mencionaron anteriormente, debido a que la geología de la zona se observa que predomina material de roca madre (roca ígnea intrusiva) el banco de materiales para relleno es producto del intemperismo de esta roca, por lo que para considerar otra alternativa de bancos de materiales para relleno, se considera la utilización de material producto del fracturamiento de la roca utilizada en el pedraplen.

Actualmente la Dirección General de Servicios Técnicos de la Subsecretaría de Infraestructura de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, cuenta con un inventario nacional de bancos de materiales, en los que el estado de Guerrero en su región de la costa grande, presenta bancos de materiales, uno de ellos localizado en la zona cercana a la obra presentado en este estudio cuatro más localizados a más de 100 km de distancia del sitio de la obra, provocando el encarecimiento de los volúmenes, razón por lo cual no se consideraron, por ser inviables económicamente en el momento. En los bancos de material, en el apartado 3.3.3 bancos Guerrero, se presenta el inventario de bancos de material en el estado de Guerrero.

La localización de los bancos de materiales se presenta en la figura 3.3.3 en el anexo 3.3.3 bancos de material, en el apartado 3.3.3 ubicación, se presenta una copia del plano de carreteras que edita la SEMAR con la ubicación de los bancos de materiales.

Debido a que los bancos de materiales no cuentan con báscula de servicio público, y no existe una cercana a la obra, se recomienda la instalación de una báscula cercana al banco de explotación primordialmente, para la clasificación, control y cuantificación de los volúmenes.



La báscula debe ubicarse a un costado del camino de acceso al banco de materiales, para facilitar el pesaje y clasificación, considerando que las básculas se pueden acondicionar dentro de una fosa o fuera de ella.

Se colocará una báscula en el banco de materiales o errillos solamente si la instalación se realiza de acuerdo a las especificaciones del distribuidor o se instala en presencia del personal autorizado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

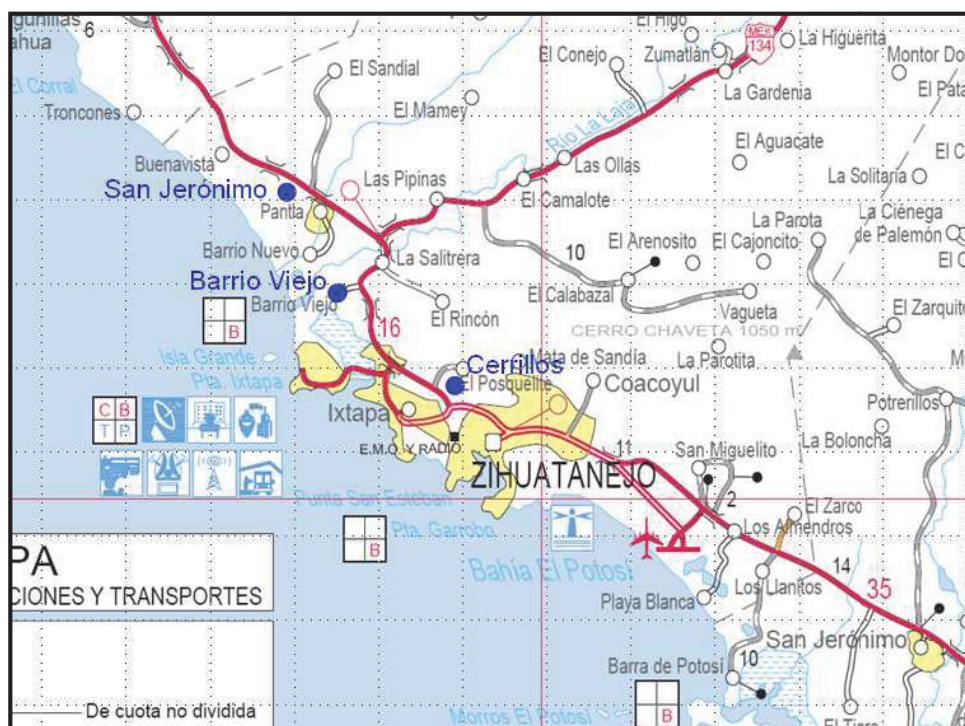


Figura III.4.2.9 Localización de Bancos de Roca y Relleno

X.2. Resultado de Pruebas de Laboratorio

El método para la prueba de sanidad de la roca, mediante el uso de sulfatos de sodio o de cálcico, se refiere al procedimiento que debe seguirse para determinar la resistencia de la roca o agregados a la desintegración, producida por soluciones saturadas de sulfato de sodio o de cálcico. Proporciona información útil para juzgar la sanidad de los materiales expuestos a la acción de la intemperie, especialmente cuando no se dispone de información adecuada respecto al comportamiento de tales materiales en condiciones reales de intemperismo.

Para su ensayo el procedimiento se describe en seguida: la muestra se deberá sumergir en la solución de sulfato de sodio o cálcico durante un periodo no menor de 24 horas ni mayor de 48 horas, de manera que la solución cubra con un tirante libre de por lo menos 25 cm. Los recipientes se deberán tapar para reducir la evaporación y evitar la



entrada de sustancias extrañas. Las muestras sumergidas se deberán mantener a una temperatura de $\pm$ grados más menos 1 grado centígrado, durante el periodo de inmersión. Después de este se deberá extraer la muestra de la solución, dejarse escurrir y colocarse en el horno de secado. La temperatura del horno oscilará entre 105-110 °C, las muestras se deberán secar a peso constante a la temperatura especificada. Después del secado, se deberá dejar enfriar a la temperatura ambiente de la habitación y posteriormente se deberá sumergir nuevamente en la solución preparada. El proceso de inmersión y secado alternados se deberá repetir hasta que se completen 5 ciclos después de terminar el quinto ciclo y último, y después de que se haya enfriado la muestra se deberá lavar esta hasta que quede libre de sulfato de sodio o de magnesio, lo cual se obtendrá con la solución de cloruro de bario. Una vez que se haya eliminado el sulfato, se procederá a pesar la muestra y se anotará el peso obtenido.

Requisitos	Piedra Triturada
Salinidad (pérdida en cinco ciclos)	
Porcentaje máximo en peso Sulfato de Sodio	12
Sulfato de Magnesio	18
Abrasión pérdida Máxima Porcentaje en peso	50

De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio (Anexo III.4 Bancos de Material, apartado A.1 Laboratorio Pedraplen) de los diferentes materiales, se puede determinar la calidad de cada uno de ellos, en seguida se harán una tabla comparativa de los resultados obtenidos para especímenes de roca:

BANCO DE ROCA	DENSIDAD Kg/m ³	ABSORCIÓN %	Intemperismo Acelerado %
Cerrillos	2721	2.15	2.71
	2751	1.17	1.69
San Jerónimo	2701	3.48	1.74
	2680	4.28	2.18



Para el caso de material de relleno se realizó una serie de ensayos (ver Anexo III.4 Bancos de Material, apartado A.2 Laboratorio de Relleno) entre los cuales se tiene los siguientes resultados:

BANCO DE RELLENO	P.V. COMPACTADO Kg/m ³	Densidad de Sólidos	CLASIFICACIÓN SUCS
BARRIO VIEJO	1520	2.324	GP
	1421	2.301	GP

X.3. localización del sitio de materiales de desperdicio.

En la construcción del Muelle de Cruceros, se espera la obtención de material de desperdicio, producto del descabece de los pilotes, la demolición de alguna estructura y las rezagas del material, entre otros, razón por la cual, es necesario localizar una zona temporal y definitiva del lugar donde se localizará este material.

La zona donde debe localizarse este tipo de material debe ser cercana a la obra, a no más de 10 m. En Zihuatanejo, y específicamente en el área comprendida para la construcción del Muelle de Cruceros, no existe una zona disponible por ser una zona completamente urbanizada, razón por la cual, se propone la ubicación temporal del sitio de depósito de materiales de desperdicio dentro del recinto portuario.

El recinto portuario cuenta con áreas destinadas al arribo de Cruceros y administrada por las Secretarías de Comunicaciones y Transportes a través de la Coordinación General de Puertos y Marina Mercante y con áreas destinadas para la Secretaría de Marina. En la figura 4.1, se presentan las zonas destinadas a cada institución.

Por lo que, para el depósito temporal del material producto de desperdicio, se considerará las zonas destinadas a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. En la figura 4.2, se presenta la ubicación gráfica de la zona para el depósito temporal del material. Esta zona, cuenta con acceso libre y amplio para la entrada y salida de vehículos pesados.



Figura X.3.1 Delimitación de áreas dentro del Recinto Portuario.



Figura X.3.2 Ubicación del Depósito temporal de los Materiales de Desperdicio.

El depósito definitivo será el que autorice el municipio, siguiendo las normas ambientales en vigor y establecidas por las instituciones oficiales. El municipio propone la localización definitiva de depósito de material de desperdicio el tiradero municipal del Municipio de Azueta.



XI. ANÁLISIS DE CONSTRUCCIÓN DEL MUELLE PARA CRUCEROS.

El análisis que corresponde al marco de diseño, es muy importante en el proyecto para la construcción de un Muelle, pues de este análisis dependen las dimensiones y características de las áreas de agua y tierra, además del diseño estructural del Muelle.

XI.1 Análisis del Barco de Diseño

De las Alternativas, se realiza un análisis histórico del número de cruceros que han arribado al puerto de Zihuatanejo, para poder estimar mediante una regresión lineal el número de embarcaciones a futuro.

En la tabla XI.1, se presenta el análisis histórico anual del número de arribos que se presentaron en el puerto de Zihuatanejo en el periodo comprendido desde 1994 hasta 2007, según información recabada de los Anuarios Estadísticos que edita la Coordinación General de Puertos y Marina Mercante y directamente de la Capitanía de Puertos de la SEMAR en Zihuatanejo, Gro.

Tabla XI.1 Análisis histórico de número de arribos

Año	Número de Buques
1994	34
1995	39
1996	14
1997	18
1998	37
1999	28
2000	35
2001	21
2002	38
2003	29
2004	54
2005	86
2006	72
2007	65

El arribo de cruceros se ha incrementado en los últimos años, pasando de un promedio anual de 34 embarcaciones de 1994 a 2007, a más de 80 cruceros por año, llegando en el año 2005 a casi 90 cruceros, esto hace de Zihuatanejo, una zona turística importante en el país.

La proyección del número de cruceros se determinó para tres etapas de crecimiento, corto plazo al 2010, mediano plazo al 2020 y largo plazo al 2030, partiendo de las estadísticas de número de arribos antes presentado de catorce años atrás.



La proyección se realizó mediante la aplicación de regresiones lineales, aplicadas al número de arribos. Este método se desarrolló auxiliándonos de las herramientas que ofrece Microsoft Excel, sin embargo, se presenta a continuación el fundamento de este tipo de regresión.

Regresión lineal

Esta regresión es de las más simples, y consiste en la suposición de que dos variables se relacionan en forma lineal, misma que consiste en poder estimar el valor de una variable llamada dependiente, a partir del valor de otra denominada independiente. La ecuación que establece esta relación está dada por:

$$y = \alpha + \beta x$$

Donde

- o y , es la variable dependiente, y que para este caso representará la proyección de la carga
- o x , es la variable independiente, siendo en este caso los años a determinar la proyección de la carga.
- o α y β , son los valores que hacen que la representación de la ecuación anterior sea la más adecuada para relacionar las variables. Estos valores se obtienen mediante las ecuaciones normales:

$$\alpha = \frac{\sum y_i \sum x_i^2 - \sum x_i y_i \sum x_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$
$$\beta = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Donde:

n , es el número de datos

X_i y y_i , son las parejas de datos de los cuales se pretende obtener la curva de regresión lineal.

En la Tabla XI.2 se muestra el resumen de la proyección de las cargas para las tres etapas de crecimiento, y en la Figura XI.1, se muestra la regresión lineal obtenida.



Se espera que para el año 2010, continuara arribando el mismo número de embarcaciones que se presentan actualmente, mientras que para el año 2035, se estima un incremento a 165 cruceros por año, y para el 2060, se estima que sean 255 Cruceros por año, esto haría al puerto de Zihuatanejo un centro turístico potencial.

Tabla XI.2 Resumen de la Proyección para el Crecimiento.

Etapas de Crecimiento	Año	Número de Embarcaciones
Corto Plazo	2010	75
Mediano Plazo	2035	165
Largo Plazo	2060	255

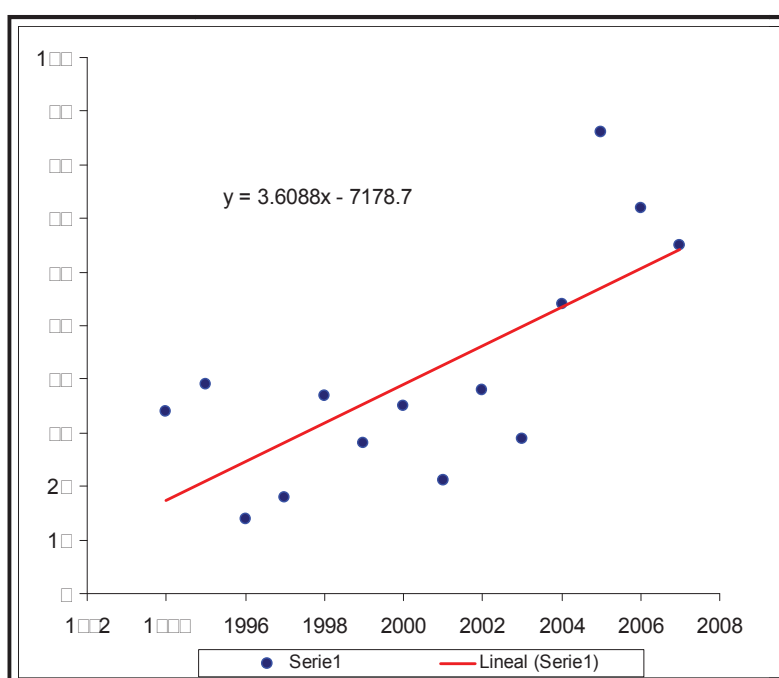


Figura XI.1 Análisis de la Proyección de Crecimiento para el Puerto

Considerando el número de embarcaciones que actualmente fondean en la Bahía de Zihuatanejo, el esquema operativo, y considerando la proyección de crecimiento, se llega a la conclusión que se requiere dos posiciones de atraque para satisfacer las necesidades turísticas en el Puerto de Zihuatanejo.

En lo que respecta al buque de diseño, en la Tabla XI.3, se presentan algunos de los cruceros que han arribado al Puerto de Zihuatanejo en los últimos años, para determinar la longitud del Muelle de atraque.

El barco más grande que se ha presentado en la bahía de Zihuatanejo, tiene una eslora de 200 m y una manga de 30.00 m y un calado de 8.30 m, con una capacidad de 2,240 personas, aunque en cuando a capacidad, se han presentado Cruceros con capacidades de hasta 3,200 personas, incluyendo a su tripulación.



Tabla XI.3 Características de los Cruceros en la temporada 2006-2007

Buque	Eslora (m)	Manga (m)	Capacidad (incluye tripulación)
Norwegian Star	296	33	2,240
Norwegian Sun	260	33	2,904
Dawn Princess	261	33	1,950
Westerdam	292	32	2,648
Regal Princess	247	32	1,500
Ryndam	219	30	1,868
Carnival Spirit	293	32	3,024
Serenade of the Seas	292	32	2,959
Mercury	264	32	2,770
Zaandam	237	32	2,444
Crystal Symphony	238	31	940
Volendam	238	32	2,020

En la actualidad, se encuentran navegando Cruceros con esloras 339 m, mangas 56 m y con un calado de 8.5 m, y con la intención de que la actividad turística se incremente, al igual que el número de Cruceros en el Puerto de Zihuatanejo, se propone un barco de diseño con las siguientes características (Ver Tabla XI.4).

Tabla XI.4 Buque de diseño.

Eslora	339 m
Manga	56 m
Calado	8.5 m

XI.2 Dimensionamiento del Muelle para Cruceros

XI.2.1 Áreas de Agua

El dimensionamiento de las áreas de agua, implica cubrir las necesidades en forma segura de las embarcaciones desde la entrada hasta que fondean o atracan y viceversa. Las zonas que es necesario dimensionar son básicamente el canal de acceso, la dársena de ciaboga y los canales secundarios. Estas dimensiones toman como base las características del buque de diseño (Ver Tabla XI.4).

Canal de acceso

El canal de acceso a la bahía de acuerdo al Manual de Dimensionamiento Portuario [SCT, 2001] debe considerar los siguientes aspectos:



a) ☐lineamiento en Planta

El ☐lineamiento en Planta fundamentalmente recomienda que el canal de acceso debe ser recto, normal a la costa o paralelos a la dirección del oleaje incidente y orientado las corrientes incidentes, principalmente.

Las características geomorfológicas de las costas del Estado de ☐uerrero, y específicamente a la que corresponde a la zona de la ☐ahía, además de los análisis de oleaje, vientos, mareas y corrientes, indican que no existe problemas en cuanto al ☐lineamiento en Planta, pues la zona cuenta con una amplia zona para considerar como Canal de ☐cceso, que tiene profundidades mayores a ☐m y tiene un ancho en la bocana de aproximadamente ☐m, pudiéndose considerar un Canal de ☐cceso Completamente ☐ecto (Figura XI.1.1).

b) Longitud del Canal

En lo que respecta a la Longitud del Canal, se considera una longitud exterior que depende de la pendiente natural del terreno, que como se menciono anteriormente, no existe ningún problema, pues su profundidad rebasa cotas de ☐m, y de una distancia de parada (D_p), que es necesaria para la maniobra de frenada del Crucero.

Como norma, la distancia de parada debe ser del orden de 5 veces la eslora a partir de la popa cuando la embarcación alcanza la zona protegida. Para velocidades del barco superiores a 5 nudos, debe utilizarse la siguiente fórmula:

$$D_p = 4E (V_b^{3/4}/2.5) + E$$

Donde:

D_p ☐ Distancia de parada

V_b ☐ Velocidad del buque.

E ☐ Eslora

Por lo que se necesita una Distancia de Parada de ☐m (Figura XI.1.1).

c) Ancho del Canal

El ancho del canal depende principalmente de las dimensiones del barco de diseño, de la maniobrabilidad, de la visibilidad y de su velocidad; de los factores físicos como vientos, corrientes y oleaje; de la morfología de la Bahía; de la profundidad y trazo en planta del canal y de las ayudas a la navegación.

Para el caso del ancho del canal de acceso a la Bahía de Zihuatanejo se emplearon diferentes Técnicas [Matsuura 1986], entre las que destacan la Técnica Europea y Japonesa, las cuales consideran lo siguiente:

Técnica	Ancho de la Plantilla del Canal de Acceso
Europea: 3 a 5 Mangas	$(5 \times 56) = 280 \text{ m}$
Japonesa: 200 a 300 m	Se consideran 300 m
Otras: 2 Esloras	$(2 \times 339) = 678 \text{ m}$

Dado que la Bocana de Bahía tiene un ancho aproximado de 800 m con profundidades de más de 15.0 m, cualquier Técnica empleada para definir el ancho de la plantilla del Canal de Acceso es aceptable, para éste estudio, se recomienda utilizar la Técnica Europea, con un ancho de plantilla de **280 m** (Ver Figura XI.2.1.1).



Figura XI.2.1.1 Dimensionamiento del Canal de Acceso.

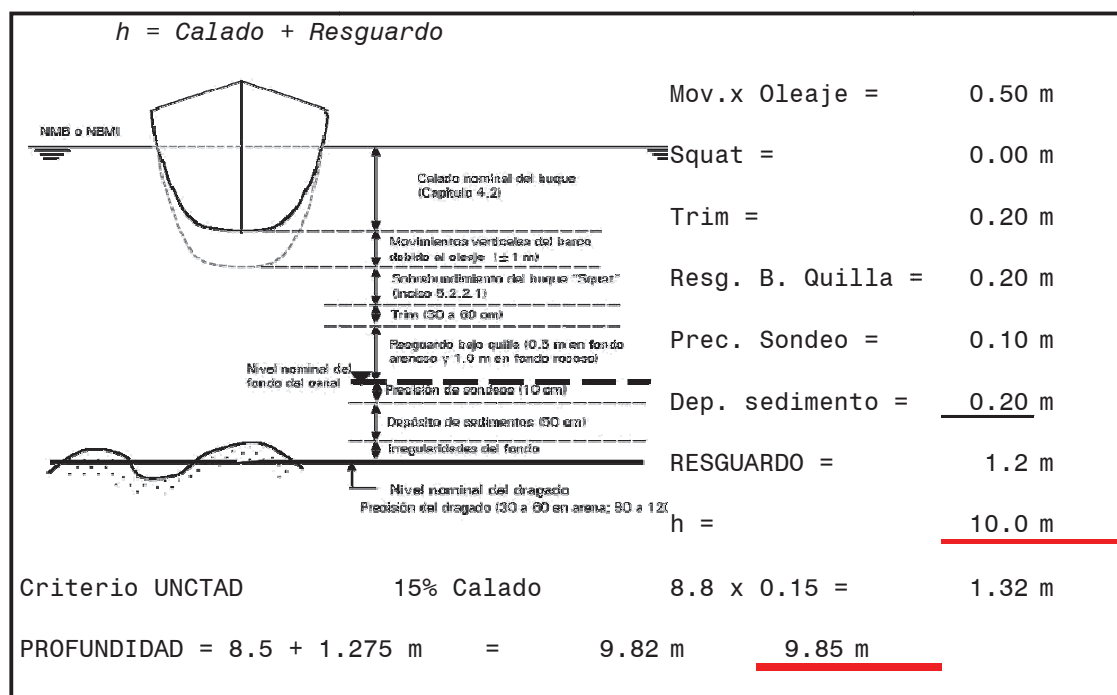


d) Profundidad.

La profundidad es un requisito básico para permitir y garantizar la navegación de las embarcaciones en toda vía navegable. La obtención de la profundidad depende varios factores:

- Calado del buque a plena carga, se considera 8.8 m
- Oleaje de operación, por ser una zona protegida, se considera 0.5 m
- Relación tirante de agua-calado del buque (Squat), y se refiere al sobre hundimiento de la embarcación con respecto a la velocidad, en este caso se considera 0.0 m, ya que las operaciones se realizan con una velocidad mínima.
- Trim o diferencia de calados entre la proa y la popa del barco por efecto de la carga, se considera un Trim de 0.20 m
- Resguardo bajo quilla, es el parámetro que depende de la gobernabilidad del Barco, se considera 0.10 m, por la alta gobernabilidad.
- Precisión del sondeo, se considera 0.10 m
- Deposito del sedimento, se considera 0.20 m.

Por lo que queda como sigue:



Se necesita una profundidad de **10.00 m**.

e) ☐ársena de ☐iaboga.

La ☐ársena de ☐iaboga se le denomina al área donde se llevan a cabo operaciones de cambios de dirección de una embarcación para el atraque o salida de ☐sta del ☐uerto.

☐ara dimensionar la ☐ársena de ☐iaboga, se sigue el siguiente criterio[

Clasificación de la Dársena	Tamaño	Observaciones respecto al Barco
Optima	4 E	Maniobrabilidad Fácil
Intermedia	2 E	Cierta dificultad y toma más tiempo
Pequeña	<2 E	Maniobrabilidad difícil y requiere ayuda de remolcadores
Mínima	1.2 E	Necesita pivotear en el centro sobre un duque o ancla

Fuente: Manual de Dimensionamiento Portuario S.C.T. 2001

☐or la condición de la Bahía de ☐ihuatanejo, y por la e☐celente maniobrabilidad de las embarcaciones, se considera una ☐ársena de ☐iaboga ☐ntermedia, con un diámetro que representa ☐ veces la ☐slora, es decir ☐ m ☐er ☐igura ☐ m (Figura 1.1).



Figura XI.2.1.2 Dimensionamiento de la Dársena de Ciaboga.

Conclusiones

En el análisis de la determinación de las áreas de agua, se determinó lo siguiente: un alineamiento en planta completamente recto, una longitud del canal de acceso de 5774 m, un ancho de plantilla de 100 m, una profundidad de 10.0 m y una dársena de ciaboga de 100 m, todo esto para permitir y garantizar de forma segura el arribo de los Cruceros a la Bahía de Zihuatanejo, Guerrero.

XII.2.2 Áreas de Tierra

El dimensionamiento de las áreas de Tierra tiene como finalidad la funcionalidad óptima y segura del Puerto, para cumplir la función por la que es construido.

El Muelle producto de este estudio, refiere a una vocación turística, por lo que se considera el dimensionamiento para desalojo de personas principalmente. Las dimensiones de la pasarela y del área de operaciones, consideran la entrada de vehículos para el pronto desalojo de las embarcaciones.

Considerando que el tipo de vehículos que entren son autobuses, y que se necesita una vía de dos carriles para la entrada y salida constante de vehículos, se estima un ancho mínimo de 10.0 m (Figura XI.2.2.1). Por lo que se estima un ancho mínimo de 10.0 m, capaz de desalojar adecuadamente a los pasajeros. El ancho mínimo incluye los 7.00 metros de vías y 1.5 m a cada lado del Muelle para guarniciones, banquetas y barandales.

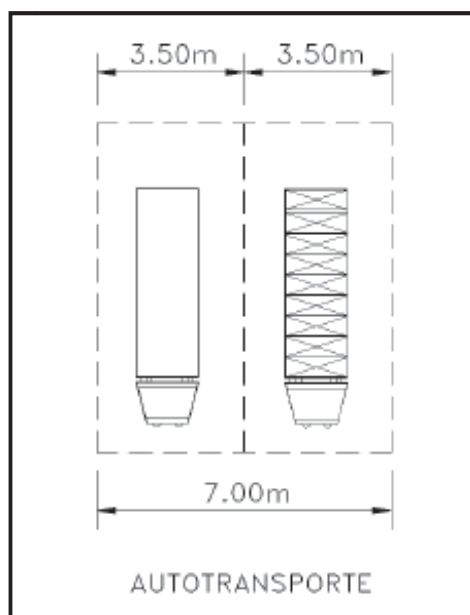


Figura XI.2.2.1 Dimensionamiento del Muelle.



La longitud de Muelle de atraque, varía según las dimensiones del buque de diseño. Según las recomendaciones emitidas en el Manual de Dimensionamiento Portuario establece que la Longitud del Puesto de atraque es igual a una Eslora más una Manga, por lo que se tiene que:

$$L.P. = Eslora + Manga = 33 + 56 = 89 \text{ m}$$

Por lo que se requiere una Longitud de Puesto de atraque mínimo de 89 m.

Se concluye que el dimensionamiento de del Muelle de atraque necesita una ancho mínimo de 10.0 m y una longitud de atraque mínima de 89 m. Estas dimensiones quedan condicionadas a las características estructurales.

XII. PROYECTO ARQUITECTÓNICO DEL MUELLE DE ZIHUATANEJO.

Considerando que el Muelle motivo de éste estudio, es completamente turístico, se realiza el proyecto arquitectónico, en el que se analizará la imagen del Muelle y sus edificios que conformarán la Terminal de Cruceros en Zihuatanejo.

Uno de los aspectos importantes que se consideran en el diseño arquitectónico son las necesidades que requieren los pasajeros en cuanto a confort se refiere, por lo que la opinión de diferentes personas involucradas en el arribo y servicio de pasajeros de Cruceros es muy importante en este tipo de análisis.

Unido a investigación de las necesidades de los pasajeros, el diseño arquitectónico contempla lo establecido en el Código de Protección para Buques e Instalaciones Portuarias (CPBIP o ICP por sus siglas en ingles) para las medidas de seguridad en los buques y en las instalaciones en tierra.

En general el primer punto que se analiza en este proyecto arquitectónico es la utilización de espacios y número de instalaciones con que se requerirán, contemplando la superficie disponible



Tabla XII.1 Espacios requeridos que serán demolidos.

SUPERFICIE DEL RECINTO PORTUARIO	130,261.65 M2
LOTES EXPROPIADOS PARA ESTACIONAMIENTO	
TERMINAL DE CRUCEROS	166.14 M2
OBELISCO	188.25 M2
CAPITANIA DE PUERTO	1,104.24 M2
CONSTRUCCIONES	102.98 M2
INSTALACIONES DE LA MARINA	1,020.73 M2
CASA DE CAPITANIA DE PUERTO	765.27 M2
	3,331.87 M2

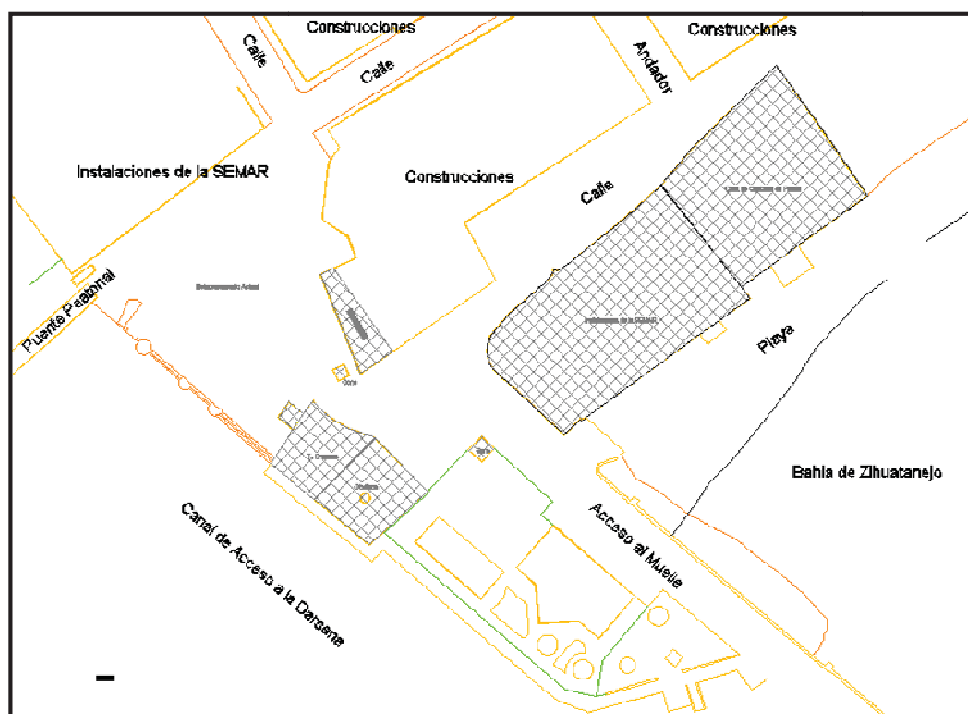


Figura XII.1 Espacios requeridos para la Terminal de Cruceros.

Una vez establecidas las áreas donde se desarrollara la nueva Terminal para Cruceros, se realiza la distribución, de las zonas de estacionamiento y Edificios como la Terminal de Cruceros, Capitanía de Puerto y Casa del Capitán de Puerto.

Para el análisis del área que ocupar la zona de estacionamiento, primero es necesario considerar el número de autobuses que se requieren en la zona al momento en que arriba al puerto un Crucero. Para ello se consideran Cruceros con 2,000 pasajeros en promedio, de los cuales desciende aproximadamente 60%, por lo que se requiere desalojar 1,200 pasajeros con autobuses con capacidad de 40 personas cada uno, por lo que se requiere aproximadamente 30 autobuses.

Considerando autobuses de 12 m de largo por 2.50 m de ancho, se requiere un área aproximada de 5,000 m². Aplicando las normas establecidas de áreas de estacionamientos y considerando con lo establecido en el Código de Protección para Buques e Instalaciones Portuarias, se obtiene el siguiente arreglo (ver figura XII.2).

El arreglo tiene la capacidad de alojar 33 cajones de estacionamiento para autobuses en un área de 5,616.4 m², que además incluye las vías de acceso y una glorieta para que los vehículos puedan hacer maniobras a la entrada y salida de la pasarela que dirige hacia el Muelle.

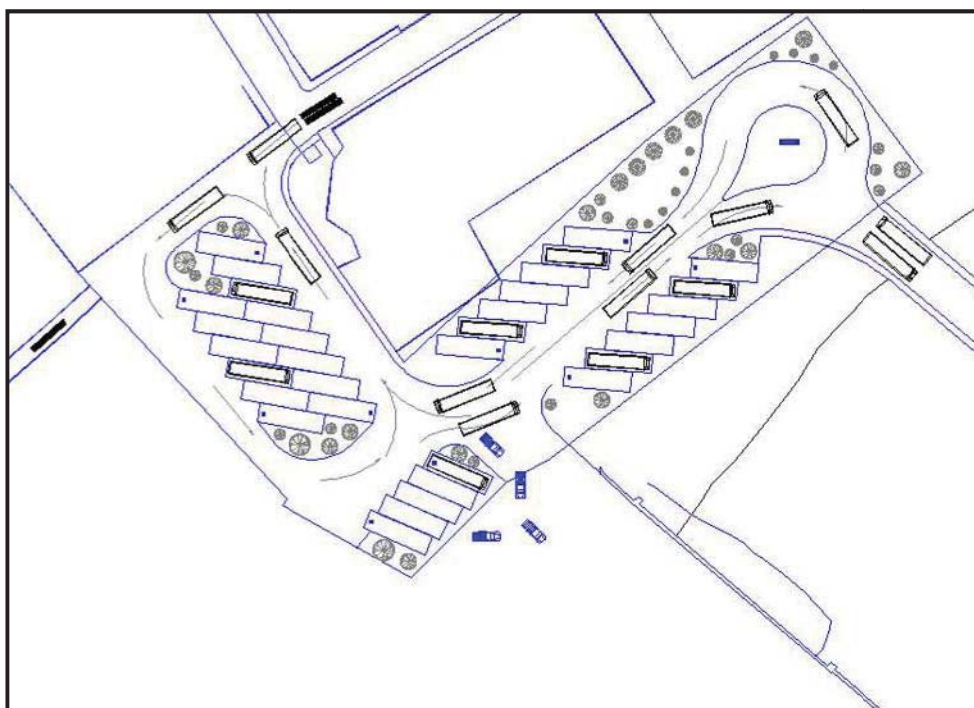


Figura XII.2 Arreglo del Estacionamiento para autobuses.

En lo que se refiere al área para los edificios, se requiere ganar terrenos al mar para poder construir la Terminal para Cruceros. El área que se necesita son aproximadamente 700 m².

En la figura XII.3, se presenta la alternativa para la construcción de la Terminal para Cruceros y una zona comercial, que abarcan un área de 765.3 m².

La Terminal para Cruceros contará con todos los servicios necesarios, mientras que la zona comercial contará con aproximadamente 10 locales, además contará con una pequeña plaza de descanso y ocio.

La zona donde se reubicara la casa de Capitán de Puerto, será en la zona donde actualmente se ubican las oficinas de Capitanía de Puerto, solo que se contará con un edificio de dos niveles, donde en la planta baja se ubicaran las oficinas de Capitanía y en



el segundo nivel se ubicara la Casa del Capitán. Este edificio contara con estacionamiento propio con capacidad de albergar 8 vehículos (ver figura XII.4).

El área considerada para éstos edificios es de 10.7 m^2

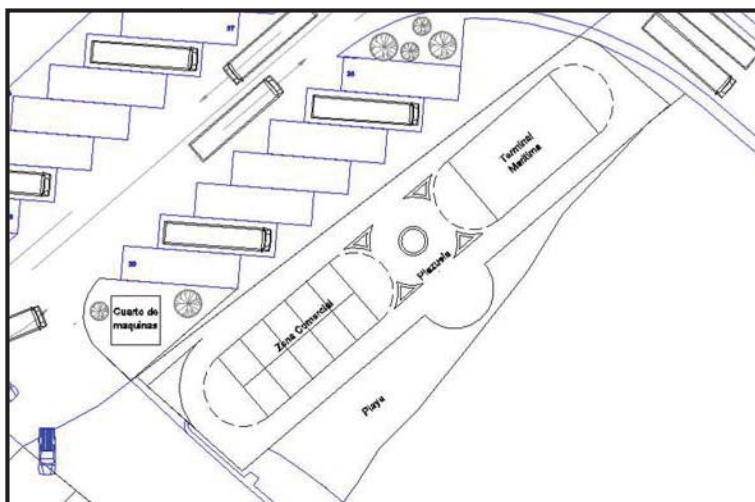


Figura XII.3 Terminal de Cruceros y zona comercial.

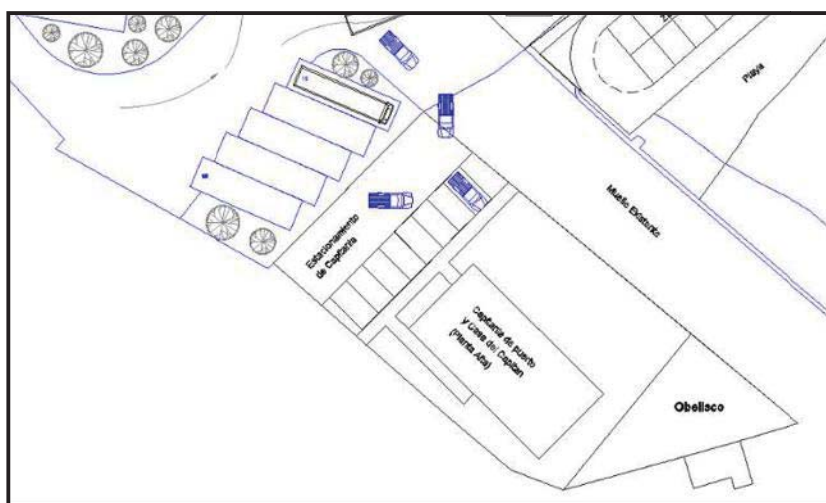


Figura XII.4 Capitanía y Casa del Capitán de Puerto.

En los Planos MZI-05-P-01 y 02, se presentan las áreas disponibles y el proyecto arquitectónico.

Además, se presenta en el Plano MZI-05-P-01, una alternativa de las vialidades, sin considerar la zona de estacionamiento, esto es, para diseñar adecuadamente los edificios de la Terminal de pasajeros.

**XIII. PROYECTO EJECUTIVO DE CONSTRUCCIÓN DEL MUELLE PARA CRUCEROS****XIII.1. Introducción.**

El Proyecto Ejecutivo de Construcción del Muelle de Cruceros en Zihuatanejo se refiere básicamente al diseño Estructural de los elementos que lo conformarán. El diseño estructural contempla el análisis de la Pasarela de Acceso, la Pasarela de Retorno, la Plataforma de Operación y el Duque de Alba, a las diferentes fuerzas o esfuerzos al que está sometido; esfuerzos que genera el sismo, las fuerzas de atraque que genera las embarcaciones sobre la plataforma de operación y el duque de alba y el análisis de los esfuerzos que genera el viento sobre la embarcación y que se ve reflejado en las bitas.

XIII.2 Condiciones Generales de Diseño.

Embarcación	
Eslora	339.0 m
Manga	56.0 m
Calado	8.50 m
Puntal	21.00 m
Desplazamiento a plena carga	70,970.00 Ton.
Condiciones de Diseño	
Carga viva	1.00 T/m ²
Velocidad de Viento	100 Km./h.
Velocidad de Atraque	0.10 m/s.
Coeficiente Sísmico	0.5 Terreno tipo I
Coeficiente de Ductilidad	2.0
Coeficiente sísmico reducido de ductilidad	0.5/2.0 = 0.25 RED. DUCTILIDAD

XIII.3 Descripción de las Estructuras.

Pasarela de Acceso:

Se refiere a una pasarela que servirá como acceso a la plataforma de operación, la cual arrancara a partir de la playa pública, en la zona de terrenos ganados al mar, y tendrá una longitud de 335.08 m y un ancho de 12.50. Esta pasarela servirá como vialidad del transporte para que puedan ingresar hasta el inicio de la plataforma de operaciones. La pasarela de Acceso, solo está sometida a esfuerzos por carga viva y carga muerta. La cimentación de esta estructura está conformada por pilotes.



Pasarela de Retorno

La pasarela de retorno está contemplada como radio de giro de autobuses que ingresen para recoger a los pasajeros de los cruceros y transportarlos hacia tierra firme. La pasarela de retorno tiene una forma de trapecio irregular, el cual tiene las siguientes medidas, base menor, que hace colindancia con la pasarela de acceso, 25.00 m, base mayor, que hace colindancia con la plataforma de operación, 21.50 m, ancho del lado este, 28.00 m y ancho del lado oeste, 11.00 m. La pasarela de retorno contempla pilotes como cimentación y está diseñada para soportar todos los esfuerzos a los que está sometida la plataforma de operación, ya que contará con dos bitas para el atraque de las embarcaciones.

Plataforma de Operación

Se refiere a la plataforma que será donde atraquen las embarcaciones para el descenso y ascenso de los pasajeros, esta plataforma tendrá una longitud de 300.00 m y un ancho de 12.00 m. La plataforma de operación contará con bitas para el atraque de la embarcación y defensas para evitar cualquier daño a la embarcación y al muelle de cruceros. El tipo de cimentación a emplear, será de igual forma que los anteriores, pilotes de concreto armado.

Duque de Alba

El duque de alba sirve como apoyo en el atraque de las embarcaciones y su finalidad es la de reducir costos en la extensión de la plataforma de operación, ya que debido a las dimensiones del buque de diseño, se requerirá una plataforma de por lo menos 50 m más. El duque de alba, contará con bitas para el atraque de la embarcación y será de forma cuadrada con 8.50 m en cada lado.

XIII.4 Proyecto Ejecutivo de Áreas por Pavimentar

De acuerdo a la disposición del muelle, se realiza el proyecto de las áreas por pavimentar que servirán de liga entre el muelle y la zona de tierra accesos viales y peatonales. Para determinar las áreas por pavimentar que se requieren en los caminos de acceso a la zona del proyecto, se realiza un Estudio topográfico y una Exploración del Suelo para obtener el diseño de los pavimentos que cumplan con las especificaciones internacionales. Para lo cual se desarrolla lo siguiente:



XIII.4.1 poligonal de apoyo

Se trazo una poligonal de apoyo de tipo cerrado que parte de la poligonal abierta y que se desarrolla por las calles de la zona urbana con la finalidad de determinar la planimetría de las calles, esta poligonal tiene un desarrollo total de 1,28.85 m, la poligonal parte del vértice 11 que es el área del estacionamiento y va por la calle Juan. Álvarez y retorna por la calle Nicolás Bravo.

Se ubicaron los puntos de apoyo de las base GPS, de tal manera que contaran con una ventana de visibilidad mayor a los 10° con respecto al horizonte para obtener una mejor recepción satelital, se programó el equipo GPS para dar ubicaciones de las secciones a cada 10 m, para posteriormente obtener las secciones transversales.

En el Anexo III.3 PE Areas por Pavimentar, apartado A.1 Poligonal de Apoyo, se presentan los registros de la poligonal de apoyo y en el Plano PLZPEAPARAL, se presenta gráficamente la poligonal de apoyo.

XIII.4.2 Control Terrestre

El método empleado durante la determinación de los vectores que componen el polígono de apoyo fue el estático en modo de mira local y elevación ortométrica para obtener resultados topográficos con el equipo geodésico.

Toda la información topográfica fue referida a la Red Geodésica Local, el procedimiento consistió en posicionar con equipo GPS los puntos previamente localizados.

Durante los trabajos realizados se consideraron las siguientes situaciones, la lejanía de las líneas de alta tensión, obstáculos demasiado altos como árboles que impidieran una buena recepción de la señal, que las ventanas de visibilidad no fueran mínimas a una altura de 10 m con respecto del horizonte, que existieran cuando menos 4 satélites activos y con una pérdida de precisión en la señal de 4, PDOP.

La precisión horizontal obtenida fue de 5 mm 5 ppm en relación con la línea base. Aunado a estas características se consideraron las normas de levantamientos geodésicos publicadas en el diario oficial de la federación del día 20 de abril de 1988.

Los resultados se presentan en la tabla III.2.



Tabla XIII.4.2 Puntos de Control de La Zona Urbana

PUNTO	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
V11	228,419.357	1,951,873.413	17°38'13.500473" N	101°33'34.271476" W
V13	228,397.460	1,951,877.450	17°38'13.622076" N	101°33'35.015718" W
V14	228,399.384	1,951,920.608	17°38'15.025908" N	101°33'34.970282" W
V15	228,448.451	1,951,957.959	17°38'16.261694" N	101°33'33.323885" W
V16	228,496.930	1,951,984.148	17°38'17.134378" N	101°33'31.692294" W
V17	228,530.172	1,952,003.692	17°38'17.784329" N	101°33'30.574249" W
V18	228,601.766	1,952,025.609	17°38'18.528313" N	101°33'28.156990" W
V19	228,650.247	1,952,042.639	17°38'19.103251" N	101°33'26.521128" W
V20	228,673.772	1,952,046.639	17°38'19.243627" N	101°33'25.725365" W
V21	228,727.293	1,952,063.749	17°38'19.823400" N	101°33'23.918634" W
V22	228,767.117	1,952,075.049	17°38'20.208244" N	101°33'22.573646" W
V23	228,797.916	1,952,073.025	17°38'20.155972" N	101°33'21.528510" W
V24	228,842.670	1,952,128.158	17°38'21.967926" N	101°33'20.036451" W
V25	228,888.402	1,952,176.607	17°38'23.562982" N	101°33'18.508145" W
V26	228,897.631	1,952,183.879	17°38'23.803452" N	101°33'18.198582" W
V27	228,864.371	1,952,248.574	17°38'25.891919" N	101°33'19.355902" W
V28	228,697.583	1,952,188.595	17°38'23.868790" N	101°33'24.983200" W
V29	228,482.205	1,952,119.438	17°38'21.525868" N	101°33'32.253636" W
V30	228,516.576	1,952,047.646	17°38'19.207210" N	101°33'31.055368" W
V31	228,403.065	1,951,997.479	17°38'17.526425" N	101°33'34.880781" W
V32	228,369.616	1,951,965.897	17°38'16.485019" N	101°33'36.000321" W

XIII.4.3 Nivelación diferencial

El procedimiento de nivelación se realizó de la misma forma que se detalla en el apartado III.2.3 Nivelación Diferencial. Se niveló a partir de la poligonal de apoyo en el vértice V2 y de ahí hacia los vértices V14, V15, V16,..., V30, V31, V32 y cerrando en el V14, en total se nivelaron 1,428.85 m de esta poligonal.

En las Tablas XIII.4.3.1 se presentan los puntos de control terrestre obtenidos en campo.



Tabla XIII.4.3.1 Puntos de Control de la Zona Urbana

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	TIPO
V11	228,419.357	1,951,873.413	2.637	VERTICE
V13	228,397.460	1,951,877.450	2.956	VERTICE
V14	228,399.384	1,951,920.608	2.645	VERTICE
V15	228,448.451	1,951,957.959	3.036	VERTICE
V16	228,496.930	1,951,984.148	3.420	VERTICE
V17	228,530.172	1,952,003.692	3.080	VERTICE
V18	228,601.766	1,952,025.609	3.495	VERTICE
V19	228,650.247	1,952,042.639	3.387	VERTICE
V20	228,673.772	1,952,046.639	3.057	VERTICE
V21	228,727.293	1,952,063.749	2.607	VERTICE
V22	228,767.117	1,952,075.049	2.617	VERTICE
V23	228,797.916	1,952,073.025	2.771	VERTICE
V24	228,842.670	1,952,128.158	2.691	VERTICE
V25	228,888.402	1,952,176.607	2.718	VERTICE
V26	228,897.631	1,952,183.879	2.580	VERTICE
V27	228,864.371	1,952,248.574	2.672	VERTICE
V28	228,697.583	1,952,188.595	2.259	VERTICE
V29	228,482.205	1,952,119.438	1.662	VERTICE
V30	228,516.576	1,952,047.646	1.823	VERTICE
V31	228,403.065	1,951,997.479	1.890	VERTICE
V32	228,369.616	1,951,965.897	1.826	VERTICE

XIII.4.4 Seccionamientos

Se implemento una metodología de seccionamiento con equipo $\square\square$ S que da lugar a una mejor configuración en menos y se denomina levantamiento geodésico topográfico cinemático rápido, su nombre en ingles es Stop $\square\square$ o, y consiste en colocar una estación base con el receptor $\square\square$ S y con otro equipo de características similares se detallan los puntos de topografía que se requiere de representar.

Su principal ventaja es que no debe de existir forzosamente una visual directa entre los equipos, el tiempo de observación es de unos cuantos segundos, la posición de los elementos es única y referida geodésicamente, la precisión es de 1.5 cm en las coordenadas x, y y z en un radio de 10 $\square$ m.

Se obtuvieron en total 140 secciones a cada 10 m, cubriendo una longitud de 1,400 m.

Durante estos trabajos se ubicaron mediante coordenadas x, y y z, además de la distancia horizontal y desniveles parciales los accidentes topográficos representativos del terreno a fin de poder obtener una configuración lo más real posible, cada sección partió de un punto de elevación conocida y se comprobó su cierre hacia los vértices previamente posicionados.

Se utilizó el siguiente equipo $\square$



- □□S marca □stech, modelo promark2
- □ccesorios □clavos, varillas, estacas, pintura, etc.).

En el □ne□o IV.3 □E □reas por Pavimentar, apartado A.2 Seccionamientos, se presentan los registros del seccionamiento y en los Planos PL-ZH-PE-AP-GRAL, de presenta en planta la ubicación de los seccionamientos y en el PL-ZH-PE-AP-SECC-01 al 05, se presenta el perfil obtenida en cada seccionamiento.

XIII.4.5 Exploración del Suelo

□ara obtener las características del subsuelo donde se realizará el proyecto de pavimentos en □ihuatane□, se realiza un pozo a cielo abierto, el cual servirá para la obtención de muestras inalteradas en profundidades menores a 3 m.

En este caso, se realizaron tres calas y un pozo a cielo abierto con dimensiones de 1.0 x 1.0 □0.50 m para el dise□o de pavimentos. El procedimiento que se siguió, se describe a continuación.

□omo primer paso, es muy importante contar con todo el equipo y herramientas necesarios para hacer de una forma adecuada los sondeos de pozos a cielo abierto, adem□s de identificar los caminos de acceso al lugar y contar con el vehículo adecuado.

□na vez que se ingreso a la zona de estudio, se ubicaron los puntos donde se realizarían los muestreos, se comenzó con la excavación con las dimensiones indicadas, enseguida se comenzó a labrar la muestra con las dimensiones de 0.25 x 0.25 x 0.25 m y se cubrió con manta de cielo, se le impregno una mezcla caliente de parafina y brea mediante una brocha, adem□s se cubrió la muestra con un plástico delgado y se confino con cinta canela para poder darle rigidez, se etiqueto y se envió al laboratorio de Mecánica de Suelos para su análisis correspondiente.

En el Anexo IV.3 PE Áreas por Pavimentar, en el apartado A.3 Álbum Fotográfico, se presenta el álbum fotográfico de los trabajos realizados; y en el Anexo IV.3 PE Áreas por Pavimentar, en el apartado A.5 Resultados Laboratorio, se presentan los resultados del laboratorio de las muestras obtenidas.

XIII.4.6 Diseño de Pavimentos Rígidos de Concreto.

Los pavimentos de concreto son pisos que se apoyan en todos sus puntos directamente sobre la superficie del suelo o en algunos casos sobre otro sistema recibiendo por lo tanto una reacción más o menos uniforme de piso, es conveniente prepara una base de



material bien compactado, con el fin de proporcionar una superficie más uniforme de apoyo.

Los esfuerzos que se presentan en un pavimento de concreto se deben principalmente a

a) Tránsito sobre el pavimento

El tránsito de vehículos produce esfuerzos de flexión que son los más importantes de los que se producen en la losa. En los tableros formados en el pavimento los esfuerzos de flexión alcanzan un valor máximo bajo la carga y los efectos son mayores cuando esta pasa del centro del tablero a la orilla y de esta a la esquina. El pavimento falla cuando los esfuerzos por flexión bajo la carga alcanzan los valores de ruptura.

b) Esfuerzos por cambio de temperatura.

En una losa de pavimento, se encuentra sometida a una diferencia de temperatura entre la cara exterior y la interior en contacto con el suelo, que además puede contener una humedad alta. Esta diferencia de temperaturas provoca distintas condiciones de deformación entre las fibras extremas de la losa que se traducen en un efecto de flexión, en este caso, más importante que los esfuerzos que se producen, es el hecho de que las esquinas de la losa tienden a levantarse de su superficie de apoyo produciéndose un alabeo, reduciendo el soporte e incrementando los esfuerzos de flexión por la carga rodante.

c) Fatiga.

El paso constante de vehículos, los cambios de temperatura, producen una modificación constante del estado de esfuerzos, debido a la repetición de cargas sobre la losa de rodamiento. Los efectos son mayores en las orillas de la losa, en donde una pequeña diferencia de nivel origina con el movimiento de las cargas efectos de impacto lo cual incrementa los esfuerzos en el concreto.

La fórmula general a la que llegó AASH para el diseño de pavimentos rígidos, basada en los resultados obtenidos de la prueba AASH, es la siguiente:



$$\log_{10} T = [ZS] + [7.35 \log_{10} (D + 1)] - 0.06 + \left[\frac{\log_{10} \left[\frac{P}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} \right] + \left[(4.22 - 0.32t) \log_{10} \left(\frac{fC(D^{0.75} - 1.132)}{215.63J \left(D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E}{k} \right)^{0.25}} \right)} \right) \right]$$

Donde:

$$E = 14000 \sqrt{f'_c}$$

$$f = 2 \sqrt{f'_c}$$

T ; tráfico

Z ; desviación estándar normal

S ; error estándar combinado

D ; espesor de pavimento

P , diferencia de serviciabilidad

t ; serviciabilidad final

f ; modulo de ruptura del concreto

C ; coeficiente de drenaje

E , modulo de elasticidad del concreto

J ; coeficiente de transferencia de carga

k , modulo de reacción del terreno

f'_c , resistencia del concreto

El procedimiento de diseño normal es suponer un espesor de pavimento y realizar tanteos. Con el espesor supuesto calcular los ejes equivalentes y evaluar todos los factores adicionales de diseño. Si se cumple el equilibrio en la ecuación, el espesor supuesto es el resultado del problema; en caso contrario se deberá seguir haciendo tanteos tomando como valor siguiente el resultado del tanteo anterior.

El tráfico ($\square$) es una de las variables más significativas del diseño de pavimentos. La metodología AASH $\square\square$ considera a la vida $\square$ til de un pavimento relacionada al número de repeticiones de carga que podrá soportar el pavimento antes de llegar a las condiciones de servicio final predeterminadas para el camino. El método AASHTO utiliza en su formulación el número de repeticiones esperadas de carga de Ejes Equivalentes, es decir, que antes de entrar a las formulas de diseño, debemos transformar los ejes de



esos normales, de los vehículos que circulan por el camino en Ejes Sencillos Equivalentes de 100 kips (44.4 ton).

De acuerdo con lo anterior la ecuación para resolver el espesor del pavimento rígido, debido a su complejidad se tiene que resolver mediante iteraciones sucesivas hasta dar con la igualdad, de donde finalmente se obtendrá el espesor final, para ello existen software que nos ayudan agilizar este proceso, por lo que para este diseño se utilizara el programa denominado **ESPA**, el cual resuelve la ecuación de diseño de pavimentos con la metodología propuesta anteriormente (AASHTO).

Se supondrá un concreto $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$, se verá que cumpla con la ecuación anterior para el tráfico correspondiente, sustituyendo valores, se tiene:

$$f = 2\sqrt{250} = 31.62 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 14000\sqrt{250} = 221359 \text{ kg/cm}^2$$

Serviciabilidad inicial 1.0

Serviciabilidad final 0.85

Modulo de ruptura 29000 kg/cm²

Modulo de elasticidad 221359 kg/cm²

Coeficiente de drenaje 0.9

Coeficiente de transferencia de carga 0.85

Modulo de reacción 29000 kg/cm² (207000 pci)

Confiabilidad 0.99

Desviación estándar 0.15

Número de ejes equivalentes ESALs 1000000

Introduciendo los datos anteriores al programa y resolviendo, se tiene que el espesor de pavimento **deberá ser**

25 cm.

La losa de rodamiento se considera un elemento rígido, por lo que la carga inducida por el vehículo se pretende que se transmita en forma uniforme hacia el terreno, para ello se deberá colocar una base de 10 cm de espesor, compactada al 95% AASHTO, de esta manera se garantizara apoyo continuo en toda la superficie de la losa, evitando con esto



la formación de hundimientos debajo de la misma, así mismo, los esfuerzos mayores serán tomados tanto por la losa como por la capa base.

Por lo que toca al acero de refuerzo se deberá cumplir con el mínimo requerido, que en este caso corresponde al refuerzo mínimo por cambios volumétricos que de acuerdo con las ECTC para diseño de estructuras de Concreto será

$$a_s = \frac{660X_1}{f_y(X_1 + 100)}$$

En caso de que el elemento este expuesto a la intemperie se incrementara en un 50%, además si la dimensión del elemento excede de 100 cm el refuerzo se deberá colocar en dos capas. Por sencillez se podrá emplear un refuerzo por cuantía mínima de 0.003 para elementos expuestos.

Sustituyendo valores, se tiene

$$A_s = \frac{A}{b \cdot d}$$

$$A_s = \frac{(1.000) (100) (100)}{(1.0) (100)} = 1.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Para el caso de losas de rodamiento se podrá utilizar también materiales de fibra como sustituto del acero de refuerzo, el material se tendrá que dosificar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Para el cálculo de ESALs, se empleo el programa DISPAV-V5 c las siguientes variables:

1. Transito de proyecto diario anual T_{PA} ; 1000

2. Tasa de crecimiento anual de transito; 1.0%

3. Periodo de proyecto; 10 años

4. Tipo de camino; C

5. Porcentaje de vehículos cargados; 10%

6. Composición de transito ϕ ; $A(\phi)$, $B(\phi)$, $C(\phi)$, $D(\phi)$.

En el diseño de pavimentos de concreto es importante el fijar a distancias convenientes de juntas, de manera que los esfuerzos que se vayan a presentar por cambios volumétricos no produzcan el agrietamiento del concreto, para ello durante el proceso constructivo del pavimento se recomienda colocar paneles de 1.0 x 3.0 m, como

complemento en las juntas de losa se deberán colocar tramos de varilla del $\phi 20$ de 0.30 m de longitud ahogados 10 cm en cada panel, distribuidos a cada 1m en toda la orilla de la junta, es con la finalidad de lograr una efectiva transmisión de carga entre paneles ver figura XIII.4.6.1

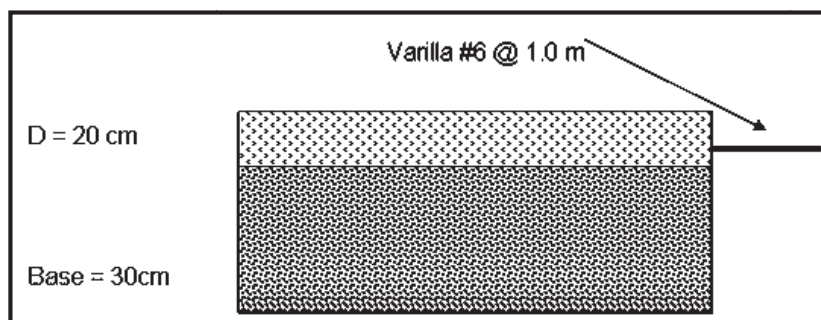


Figura XIII.4.6.1 Diseño del Pavimento a utilizar.

Para cuando se requiera generar más relleno, se realizar conforme a lo señalado en el apartado de rellenos.

Para el caso de este Proyecto, se consideraron dos vialidades, una que da acceso hacia el muelle y que tiene una longitud de 100.55 y la segunda que da acceso hacia la zona de estacionamiento y que tiene una longitud de 100.10 m, ambos dentro del recinto portuario, tal como se muestra en la figura XIII.4.6.2

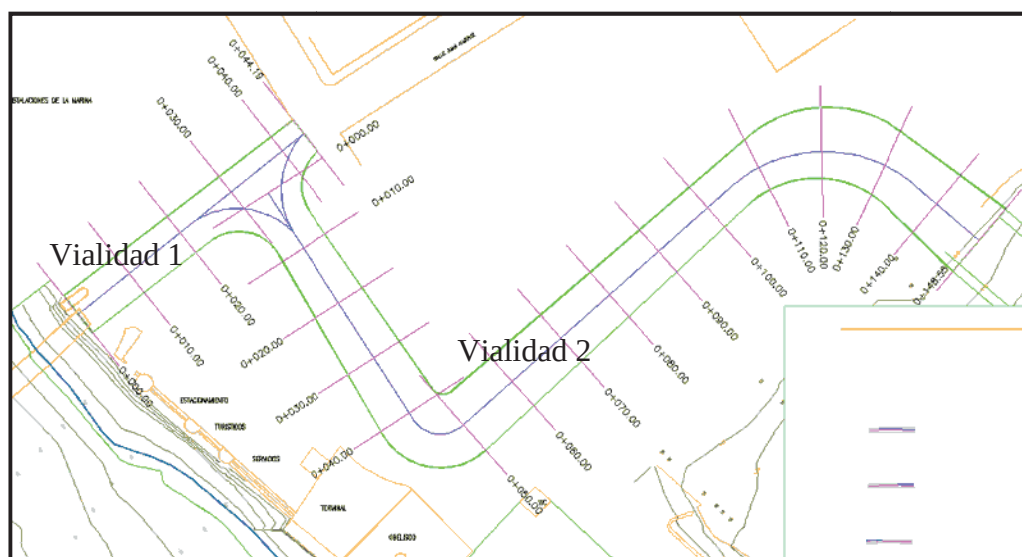


Figura XIII.4.6.2 Proyecto de vialidades.

En las tablas XIII.4.6.3 y IV se presentan los volúmenes de excavación necesarios para poder colocar la capa que corresponde a rellenos en la vialidad 1 y II, respectivamente. El volumen total a excavar asciende a aproximadamente 30.00 m³.



Tabla XIII.4.6.3 Volumen de Excavación Vialidad 1.

Cadenamiento	Distancia (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	
			Parcial	Acumulado
0+000.00	0.00	3.13	0.00	0.00
0+010.00	10.00	4.15	36.36	36.36
0+020.00	10.00	4.34	42.43	78.79
0+030.00	10.00	4.49	44.16	122.95
0+040.00	10.00	4.10	42.94	165.89
0+044.19	4.19	3.68	16.30	182.20
			182.20	

Tabla XIII.4.6.4 Volumen de Excavación Vialidad 2

Cadenamiento	Distancia (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	
			Parcial	Acumulado
0+000.00	0.00	16.09	0.00	0.00
0+010.00	10.00	5.08	105.82	105.82
0+020.00	10.00	5.16	51.18	157.00
0+030.00	10.00	5.17	51.65	208.65
0+040.00	10.00	5.28	52.25	260.90
0+050.00	10.00	5.10	51.87	312.77
0+060.00	10.00	4.01	45.53	358.30
0+070.00	10.00	3.39	36.99	395.29
0+080.00	10.00	1.28	23.35	418.64
0+090.00	10.00	0.00	6.42	425.06
0+100.00	10.00	0.00	0.00	425.06
0+110.00	10.00	1.08	5.41	430.46
0+120.00	10.00	1.24	11.61	442.07
0+130.00	10.00	0.37	8.07	450.14
0+140.00	10.00	0.00	1.87	452.02
0+148.55	8.55	0.00	0.00	452.02
			452.02	

En las tablas XIII.4.6.5 y XIII.4.6.6, se presentan los volúmenes de relleno que se realizarán al 100% de compactación con respecto a la Prueba Proctor para la vialidad 1 y 2 respectivamente. El volumen que se realizara de rellenos al 90%, es de aproximadamente 313.00 m³.

Tabla XIII.4.6.5 Volumen de Relleno al 90% AASHTO Vialidad 1.

Cadenamiento	Distancia (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	
			Parcial	Acumulado
0+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	10.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	10.00	0.00	0.00	0.00
0+030.00	10.00	0.00	0.00	0.00
0+040.00	10.00	0.00	0.00	0.00
0+044.19	4.19	0.00	0.00	0.00
			0.00	



Tabla XIII.4.6.6 Volumen de Relleno al 90% AASHTO Vialidad 2.

Cadenamiento	Distancia (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	
			Parcial	Acumulado
0+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	10.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	10.00	0.00	0.00	0.00
0+030.00	10.00	0.00	0.00	0.00
0+040.00	10.00	0.00	0.00	0.00
0+050.00	10.00	0.00	0.00	0.00
0+060.00	10.00	0.00	0.00	0.00
0+070.00	10.00	0.00	0.00	0.00
0+080.00	10.00	0.70	3.50	3.50
0+090.00	10.00	13.29	69.93	73.43
0+100.00	10.00	10.39	118.39	191.82
0+110.00	10.00	0.00	51.95	243.77
0+120.00	10.00	0.00	0.00	243.77
0+130.00	10.00	0.00	0.00	243.77
0+140.00	10.00	2.32	11.59	255.36
0+148.55	8.55	11.32	58.32	313.68
			313.68	

En las Tablas

--	--	--	--

 y

--

, se presentan los volúmenes que corresponden a la base del pavimento, y que corresponde a una capa de

--

 cm compactada al 100% con respecto a la prueba AASTHO, para la vialidad 1 y 2, respectivamente. El volumen que representa dicho relleno, representa aproximadamente

--	--	--

 m³

Tabla XIII.4.6.7 Volúmenes para Base compactado al 100% AASHTO, vialidad 1.

Cadenamiento	Distancia (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	
			Parcial	Acumulado
0+000.00	0.00	2.14	0.00	0.00
0+010.00	10.00	2.13	21.34	21.34
0+020.00	10.00	2.12	21.23	42.57
0+030.00	10.00	2.02	20.70	63.26
0+040.00	10.00	1.89	19.59	82.85
0+044.19	4.19	1.84	7.83	90.68
			90.68	



Tabla XIII.4.6.8 Volúmenes para Base compactado al 100% AASHTO, vialidad 2.

Cadenamiento	Distancia (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	
			Parcial	Acumulado
0+000.00	0.00	7.56	0.00	0.00
0+010.00	10.00	2.34	49.46	49.46
0+020.00	10.00	2.58	24.58	74.04
0+030.00	10.00	2.82	27.00	101.04
0+040.00	10.00	3.19	30.07	131.10
0+050.00	10.00	3.39	32.91	164.01
0+060.00	10.00	2.95	31.71	195.72
0+070.00	10.00	2.83	28.90	224.62
0+080.00	10.00	2.29	25.60	250.22
0+090.00	10.00	2.57	24.32	274.54
0+100.00	10.00	2.39	24.78	299.32
0+110.00	10.00	2.57	24.75	324.08
0+120.00	10.00	3.26	29.14	353.22
0+130.00	10.00	3.20	32.33	385.55
0+140.00	10.00	3.41	33.04	418.59
0+148.55	8.55	3.75	30.60	449.19
			449.19	

En las Tablas 9 y 10, se presentan los volúmenes que corresponden al pavimento para la vialidad 1 y 2, respectivamente, el cual será un pavimento rígido en capas de 20 cm de espesor. El volumen de concreto a utilizar en ambas vialidades es de .  m³.

Tabla 9 Volúmenes de Pavimento, vialidad 1.

Cadenamiento	Distancia (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	
			Parcial	Acumulado
0+000.00	0.00	1.43	0.00	0.00
0+010.00	10.00	1.42	14.23	14.23
0+020.00	10.00	1.41	14.15	28.38
0+030.00	10.00	1.35	13.80	42.18
0+040.00	10.00	1.26	13.05	55.23
0+044.19	4.19	1.23	5.22	60.45
			60.45	

Tabla XIII.4.6.9 Volúmenes de Pavimento, vialidad 2.

Cadenamiento	Distancia (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	
			Parcial	Acumulado
0+000.00	0.00	4.27	0.00	0.00
0+010.00	10.00	1.56	29.15	29.15
0+020.00	10.00	1.72	16.38	45.53
0+030.00	10.00	1.88	18.00	63.53
0+040.00	10.00	2.13	20.04	83.57
0+050.00	10.00	2.25	21.90	105.48
0+060.00	10.00	1.97	21.11	126.59
0+070.00	10.00	1.88	19.27	145.85
0+080.00	10.00	1.80	18.41	164.26
0+090.00	10.00	1.71	17.56	181.82
0+100.00	10.00	1.59	16.52	198.34
0+110.00	10.00	1.71	16.52	214.86
0+120.00	10.00	2.18	19.45	234.31
0+130.00	10.00	2.14	21.55	255.86
0+140.00	10.00	2.27	22.03	277.89
0+148.55	8.55	2.50	20.40	298.29
			298.29	

Adicionalmente, en los cadenamientos 0+090.00 al 0+100.00, se protegerá el talud del lado este con un pequeño muro de contención, el cual se muestra en la Figura XIII.4.6.11.

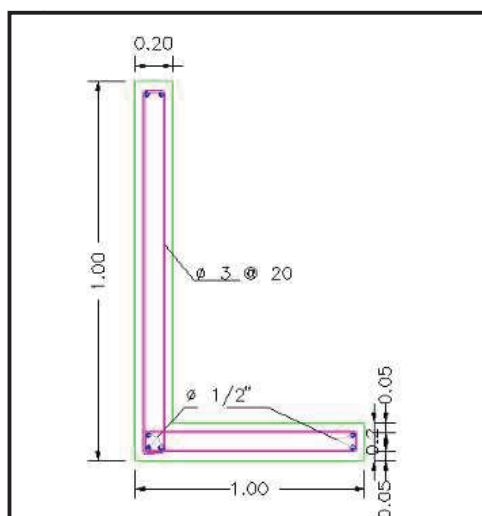


Figura XIII.4.6.11 Muro de contención empleado en el Diseño de Pavimentos.

Se presenta el Plano de Obras, con el Trazo General de la vialidad, secciones y arreglos, para más detalles.



CONCLUSIONES.

Debido a la llegada de más Cruceros al puerto de Zihuatanejo y a su rápido desarrollo, se tiene la necesidad de buscar un lugar para la construcción de un Muelle para Cruceros, es por esto que se analiza la posibilidad de construcción y en consecuencia en la búsqueda del mejor lugar para su desarrollo.

Los estudios básicos como son: viento, oleaje, oleaje ciclónico, mareas, sobreelevación por tormentas, fueron de suma importancia ya que estos estudios nos llevaron a la comprensión de cada uno de los factores y a tomarlos en cuenta para la proyección del Muelle.

De acuerdo al cuadro comparativo descrito en el capítulo IV, se encontró que la mejor opción para la ubicación del Muelle de Cruceros es la bahía de Zihuatanejo, este análisis inicial sugiere que se realice el análisis técnico completo en la zona de la bahía de Zihuatanejo por tener las condiciones adecuadas.

Se realizó el Levantamiento Topo-hidrográfico, del cual obtuvimos la planimetría del lugar y puntos importantes de la zona, también nos permitió saber cómo está conformada toda el área de estudio y configuración del fondo marino de la bahía así como las profundidades.

El estudio de mecánica de suelos nos permitió conocer el subsuelo, a través de sondeos realizados con equipo rotatorio de perforación, La secuencia estratigráfica encontrada en el área de proyecto a grandes rasgos, está constituida por una serie de depósitos continentales, el suelo superficial es heterogéneo constituido por estratos de suelos granulares (arena fina y grava) y suelos finos (arcilla y limo con arena fina), los cuales son de compacidad suelta a media y de consistencia blanda a firme. A continuación se encontró un suelo un poco más homogéneo, estrato de arena fina, y arena con grava de compacidad media a alta de espesor variable. Subyaciendo se tienen depósitos de arenas con gravas de compacidad alta, estos últimos presentan las condiciones propicias para la cimentación del Muelle.



La Clasificación Sísmica del suelo es de suma importancia ya que la zona en estudio se encuentra en una de las zonas más propensas a sismo, se puede concluir que el coeficiente sísmico básico para el diseño de la futura estructura resulta de 0.08 considerando que el área de estudio se ubica dentro de la Zona D y que el terreno del sitio resultó tipo I.

En el estudio de la Ingeniería de cimentaciones se procedió a analizar qué tipo de cimentación sería la más adecuada para este tipo de estructura por lo cual se considera conveniente resolver su cimentación mediante pilotes profundos colados en sitio o pre colados empotrados en el estrato de arenas con gravas para garantizar un buen comportamiento tanto por cargas verticales como laterales.

Analizando se obtuvieron pilotes de concreto reforzado de sección cuadrada, considerando los siguientes tamaños 0.40 x 0.40 m, 0.50 x 0.50 m y 0.60 x 0.60 m. En cuanto a la profundidad de desplante propuesta para los pilotes, se consideró variable ya que el estrato de arenas con gravas donde se apoyarán los pilotes varía con cierta pendiente mar adentro.

Para conocer las características del suelo a dragar se realizaron dos sondeos, SM-01 y SM-02, ubicados fuera de los ejes en donde se localizará el muelle de Cruceros. Los sondeos se realizaron hasta 10 m de profundidad del lecho marino.

De acuerdo con los registros de perforación, se reporta material básicamente friccionante (arenas limosas) de compacidad media baja de acuerdo con el número de golpes S_NT. El ángulo de fricción interna es menor de 30°. Como la clasificación del suelo encontrado corresponde a arenas limosas de compacidad media baja, y de acuerdo a las recomendaciones para Puertos Marítimos editadas por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, se recomienda un talud de dragado 1:1.5. Por otro lado, el material que se encontró en la zona para dragar, superficialmente de 0 a 0.5 m aproximadamente se tiene un estrato de arena fina limosa de compacidad media baja, el cual es un material aceptable para utilizarse como relleno,



De acuerdo con los resultados de laboratorio obtenidos en las muestras y el recorrido realizado en cada uno de los bancos, se puede observar que los dos bancos de roca inspeccionados Cerrillos y San Jerónimo presentan características mecánicas de resistencia adecuadas, así como, los tamaños que se pueden obtener de cada uno de ellos es aceptable para el tamaño que se pretende utilizar, los caminos de acceso a los bancos se encuentran en buenas condiciones de tránsito por lo que son viables ambos.

El afloramiento de la roca se encuentra prácticamente superficial lo que facilitaría su explotación, además de que a simple vista se observa que el fracturamiento de la roca no es muy marcado lo que favorece para obtener rocas de mayor tamaño durante la explotación del mismo, De lo anterior se concluye que los bancos de roca de Cerrillos y San Jerónimo son factibles para ser explotados.

Por otra parte en cuanto a los bancos de material de relleno, se inspeccionó el banco denominado Charro Viejo, el cual se trata de una estructura de origen ígneo y su afloramiento es de tipo superficial, lo cual facilita la etapa de explotación, el equipo para esta actividad es de tipo ligero (páchara o manita de chango). En cuanto a sus características físicas, se observa que es un material de tipo miógeno compuesto por gravas arenosas de origen volcánico. De acuerdo con las pruebas de laboratorio realizadas (granulometrías, densidad de sólidos y pesos volumétricos), se observa que es un material factible para su uso como material de relleno.

Considerando las características de los bancos de materiales, la distancia de localización con respecto al sitio donde se ejecutarán los trabajos y a los costos de explotación, los bancos de materiales que se considerarán para su explotación serán el Banco Cerrillos para el pedraplén y el Banco Charro Viejo para el relleno.

Por lo que se refiere al Análisis de construcción del Muelle para Cruceros. Se concluye que el dimensionamiento del Muelle de atraque necesita un ancho mínimo de 10.0 m y una longitud de atraque mínima de 100 m. Estas dimensiones quedan condicionadas a las características estructurales, En lo que respecta al área de agua, se determinó lo siguiente: un alineamiento en planta completamente recto, una longitud del canal de acceso de 1000 m, un ancho de plantilla de 100 m, una profundidad de 10.0 m y una dársena de ciaboga de 100 m, todo esto para permitir y garantizar de forma segura el arribo de los Cruceros a la Bahía de Zihuatanejo, Guerrero.



Para el proyecto arquitectónico se tomaron en cuenta las condiciones actuales del lugar, y se presenta como se encuentra actualmente una parte del recinto portuario, en el que se propone que se construyan los edificios y el estacionamiento para autobuses, se planea que las áreas a la que corresponde la casa del Capitán de Puerto, las oficinas de la Secretaría de Marina, el obelisco, la Capitanía de Puerto y la actual Terminal de Cruceros, que ocupan un área aproximada de 1,000 m² sean demolidas para su reubicación y contar con un espacio total de 100,000.00 m², para poder replantear las áreas y permitir la construcción de la nueva Terminal para Cruceros.

En lo que se refiere al área para los edificios, se requiere ganar terreno al mar para poder construir la Terminal para Cruceros. Se presenta la alternativa para la construcción de la Terminal para Cruceros y una zona comercial, La Terminal para Cruceros contará con todos los servicios necesarios, mientras que la zona comercial contará con aproximadamente 10 locales, además contará con una plaza de descanso y ocio.

La zona donde se reubicara la casa de Capitán de Puerto, será en la zona donde actualmente se ubican las oficinas de Capitanía de Puerto, solo que se contara con un edificio de dos niveles, donde en la planta baja se ubicaran las oficinas de Capitanía y en el Segundo nivel se ubicara la Casa del Capitán. Este edificio contara con estacionamiento propio con capacidad de albergar.

El proyecto ejecutivo de la construcción del Muelle está enfocado al diseño de la estructura que conforma todo el recinto portuario, el diseño contempla el análisis de la pasarela de acceso la cual arrancará a partir de la playa pública, en la zona de terrenos ganados al mar, y tendrá una longitud de 100.00 m y un ancho de 10.00.

La pasarela de retorno está contemplada con el radio de giro de autobuses que ingresarán a recoger a los pasajeros de los Cruceros y transportarlos hacia tierra firme. La pasarela de retorno tiene una forma de trapecio irregular, el cual tiene las siguientes medidas, base menor, que hace colindancia con la pasarela de acceso, 10.00 m, base mayor, que hace colindancia con la plataforma de operación, 20.00 m, ancho del lado este, 10.00 m y ancho del lado oeste, 10.00 m.



La plataforma de operación se refiere a la plataforma que será donde atraquen las embarcaciones para el descenso y ascenso de los pasajeros, esta plataforma tendrá una longitud de 100.00 m y un ancho de 20.00 m.

Los remolcadores sirven como apoyo en el atraque de las embarcaciones y su finalidad es la de reducir costos en la extensión de la plataforma de operación, ya que debido a las dimensiones del buque de diseño, se requería una plataforma de por lo menos 20 m más.

Con base al análisis técnico y visual que se realizó para la proyección del Muelle para Cruceros en la zona y a los resultados obtenidos dentro de los estudios realizados, se concluye que la mejor alternativa para la ubicación del Muelle para Cruceros, es dentro de la zona denominada Bahía de Zihuatanejo, por ser una zona naturalmente protegida tanto de mareas como de los vientos, por lo que no se requerirán obras de protección adicional. En cuanto a los servicios el recinto portuario cuenta con todos los servicios necesarios para este proyecto, ya que forma parte de la zona urbana.

La bahía de Zihuatanejo cuenta con los requerimientos básicos de protección para la navegación de acceso, atraque y una operación segura de embarque y desembarque de pasajeros de los barcos de Cruceros así como para las embarcaciones que hacen uso del Muelle existente.



LIBRO A

- Registros de vientos del Servicio Meteorológico Nacional 1996-2000.
- Régimen de Vientos procesados a través de observaciones satelitales C-E.
- Servicio a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENAEM) Junio 1996-Junio 2000
- Régimen de oleaje normal, Oficina Hidrográfica de los E.U. publicación Sea and Sound Charts, 1999.
- Régimen de oleaje Satelital, observaciones satelitales Topex-Poseidon Jason ERS-2, Datos del 1996 a 2000, (oleaje medido C-E).
- Régimen de oleaje normal, Oficina Meteorológica y Laboratorio de Física Nacional de Inglaterra publicación Ocean Wave Statistics, 1999, y actualizada 2000-2000.
- Tablas de predicción de mareas 1996 para el océano Pacífico, editadas por la Secretaría de Marina.
- Trayectorias ciclónicas que han afectado la zona. Información desplegada en la página de Internet de Sistema Meteorológico Nacional, SMN del Nisys Weather and ISOS del National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA