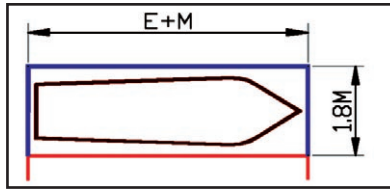


las maniobras de carga y descarga y están en función principalmente de la eslora de la embarcación. La longitud de esta área se evalúa como la suma de una eslora más una manga y el ancho, como 1.8 veces el valor de la manga.

Cómo la dársena de operación está en función del tipo de terminal que se va a manejar en el muelle, a continuación se presentan las dimensiones de la dársenas de operación para los diferentes tipos de carga establecidos.



$$\text{Largo} = E + M = 300 + 44 = 344 = 350 \text{ m}$$

$$\text{Ancho} = 1.8M = 1.8 * 44 = 79.2 = 80 \text{ m}$$

Considerando que debido a la poca longitud y reducido espacio de maniobras, el acceso al puerto de estas embarcaciones, será mediante la ayuda de remolcadores.

#### Resumen de las dimensiones obtenidas:

- Ancho de plantilla se propone de 175 m de ancho.
- Largo del canal de acceso se propone de 2,350 m de largo.
- La profundidad de las áreas de agua se propone de 15 msnbmi.
- El diámetro de la dársena de ciaboga se propone de 600 m.
- Dársena de operaciones: largo 350 m y ancho 80 m.

Una vez realizado el dimensionamiento preliminar de las áreas de agua y el levantamiento batimétrico de la zona de estudio, se obtuvo el siguiente arreglo de las instalaciones.



Fig 3. Arreglos de las áreas de agua.

#### Maniobrabilidad del Buque

Con el propósito de verificar el dimensionamiento de las áreas de agua obtenido con diferentes criterios, se enviaron los datos necesarios a Dinamarca a la empresa **FORCE TECHNOLOGY** para que se rea-

lizaran las simulaciones para arribos y salidas de los buques metaneros en condiciones de carga y variando la velocidad del viento de 20, 24 y 30 nudos con direcciones Este -Sureste a Nor - Noroeste con alturas de ola de 1 y 2 m y 8s de período.

Las simulaciones dieron como resultado las siguientes dimensiones considerando un buque de proyecto de 200,000 m<sup>3</sup> de capacidad.

- Ancho de plantilla de 275 m de ancho.
- Largo del canal de acceso de 1,550 m de largo.
- La profundidad de las áreas de agua de 15 msnbmi.
- El diámetro de la dársena de ciaboga de 600 m.
- Dársena de operaciones: largo 350 m y ancho 80 m.

De los resultados del análisis realizado en el simulador se recomendó un nuevo dimensionamiento de las áreas de agua para la TGNL-Manzanillo:

- **Canal primario:** Ancho = 250 m; Longitud = 1,550 m; Profundidad = 15,00 msnbmi.
- **Canal Secundario:** Ancho = 250 m; Longitud = 500 m; Profundidad = 15,00 msnbmi.
- **Dársena de ciaboga:** Diámetro = 600 m (con ayuda de remolcador); Profundidad 15.00 m.
- **Posición de atraque:** Longitud de atraque = 400 m; Ancho de atraque = 80 m.

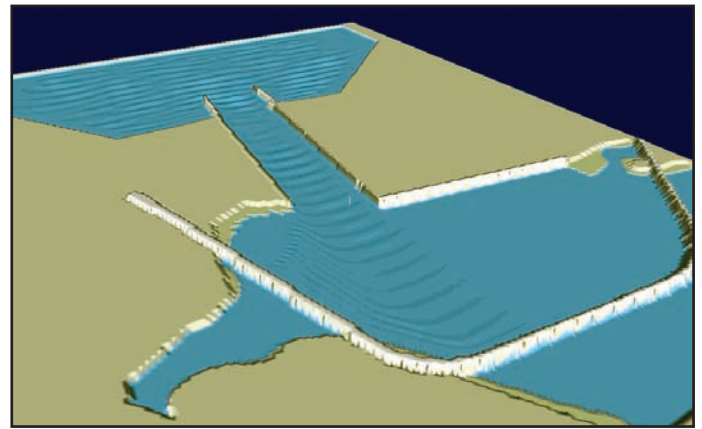
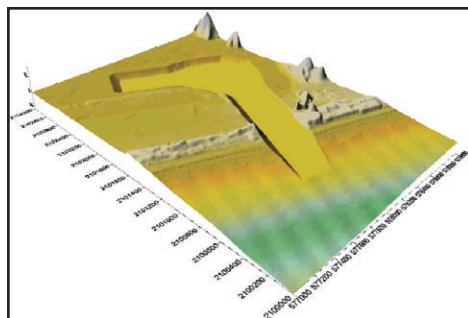
Con estos resultados se demuestra que el dimensionamiento de las áreas de agua de un puerto se deben establecer mediante la aplicación de estudios de maniobrabilidad, y que los criterios y fórmulas empíricas se deben emplear con carácter de valores preliminares.

#### Volúmenes de Material a Remover

Se calcularon los volúmenes de material a remover considerando excavación, por arriba de la cota cero msnbmi y dragado por debajo de ésta.

Volúmenes:

<b>Excavación =</b>	<b>2,305,000 m<sup>3</sup></b>
<b>Dragado =</b>	<b>14,271,000 m<sup>3</sup></b>
<b>Total =</b>	<b>16,576,000 m<sup>3</sup></b>



#### Agitación dentro del recinto portuario

Dentro de un recinto portuario pueden presentarse dos tipos de agitación:

- Agitación debida al paso de las embarcaciones.
- Agitación debida al oleaje incidente en la zona.

La agitación dentro de un recinto portuario debida al oleaje incidente se presenta bajo condiciones de oleaje severo (sobre todo época de huracanes) y provoca excesivo movimiento de las embarcaciones atracadas, reduciendo la efectividad en las maniobras de carga y descarga generando grandes pérdidas materiales y económicas (en ocasiones pérdidas humanas).

La condición más desfavorable para el nuevo recinto portuario es el oleaje que incide directamente del SSW; bajo éstas características de oleaje (Hs = 2m y Ts = 8.5 s) se observa como las ondas viajan a través de todo el canal de acceso, siendo su zona de disipación al Norte de la dársena de ciaboga, no llegando hasta la zona de las posiciones de atraque. El oleaje simulado se disipa en dicho sitio debido a que en el modelo se consideró esa zona como un talud de enrocamiento. Para esta condición de oleaje se observa que se pueden llegar a presentar alturas de ola en las inmediaciones de la dársena de ciaboga de hasta 0.6 m. Otro aspecto importante a destacar es que en la zona de atraque el oleaje es prácticamente nulo.

#### DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN

##### Altura de Ola de Diseño

Con el fin de obtener la altura y el período de ola de tormenta en aguas profundas se realizó el análisis histórico de los huracanes que han afectado la zona de estudio en los últimos 49 años.

Del análisis de la información se seleccionan los huracanes; **Virgil** con fecha de afectación del 1 al 5 de Octubre de 1992; **Winifred** del 6 al 10 de Octubre de 1992; **Calvin** del 4 al 9 de Julio 1993; **Jova** del 29 de Agosto al 5 de Septiembre 1993; **Hernán** del 30 de Septiembre al 4 de Octubre de 1996; **Olaf** del 26 de Septiembre al 12 de Octubre de 1997; y **Kenna** de 21 al 25 de Octubre del 2002. El cálculo de realizó con los criterios de la **NOAA**, **Fujita**, **Bretschneider** e **Hidrometeorológico**. Estimando

una altura de ola de 9 m con 10.86 s de periodo.

### Transformación del Oleaje

Una vez obtenidas las características de oleaje en aguas profundas se llevó a cabo la transformación del oleaje de aguas profunda a aguas someras con el objeto de obtener la altura de ola a pie de la estructura (altura de ola de diseño). La altura de ola de diseño a pie de la estructura se obtuvo con el **software Mike21**, dando como resultado una altura de ola de 8.26 m con periodo de 10.86 s.



### Pesos de los Elementos de Coraza

Con el **criterio de Hudson**, el peso de los elementos de la coraza resultó de 26 Ton para dolos en el morro de las estructuras. Dado que el peso de los elementos de la coraza no necesariamente deben ser igual en toda la estructura, se realizó la segmentación del cuerpo de las escolleras para determinar los peso a lo largo de ellas resultando.

**TABLA 1. PESOS DE LOS ELEMENTOS PARA LAS DIFERENTES CAPAS DE LAS ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN**

W CORAZA (t)	RANGO W SECUNDARIA (kg) de hasta		RANGO W NÚCLEO (kg) de hasta	
7	450	700	2	35
19	1200	1900	4	95
26	<b>1700</b>	<b>2600</b>	<b>5</b>	<b>130</b>
19	1200	1900	4	95
7	450	700	2	35

### Evolución de la Línea de Costa Debido a la Construcción de Escolleras

Para modelar la evolución costera se utilizó un modelo de línea de costa, que es una herramienta de predicción numérica basada en la ecuación de continuidad del sedimento y en una ecuación para el transporte longitudinal de sedimentos. Se denomina también **"Teoría de Una Línea"** (One Line Theory, OLT).

El modelo OLT sólo debe ser utilizado para la predicción a largo plazo y a gran escala. Es especialmente adecuado para determinar el efecto de espigones, diques exentos, aportaciones puntuales de sedimento, etc. Este modelo no puede describir la formación del perfil de playa ni determinar, por lo tanto, los cambios estacionales del perfil, erosiones por muros de protección y otros cambios que involucren transporte transversal de sedimentos.

Se obtuvieron imágenes del sitio de los años 2005 y 2006; de ellas se digitalizaron las líneas de costa para darles formato e introducirlas en el modelo numérico.

El Modelo **GENESIS** se calibró con información del sitio; se obtuvieron los coeficientes de calibración que son los que reflejan matemáticamente lo que ocurre físicamente. Se obtuvo un error del 7.65 % que es aceptable, dada la recomendación de que errores menores al 10% son aceptables en este tipo de simulaciones.

Al comparar los resultados de la simulaciones con lo que se observó en las imágenes de 2005 y 2006, se

obtuvieron resultados bastante confiables; mientras que en las imágenes se tiene un avance de la línea de playa del orden de 110 m, el modelo arroja un avance de 108 m en el mismo periodo. En el caso del retroceso de la línea de playa, las imágenes indican que la línea retrocedió 47 m y en el modelo se obtiene 48 m.

La tasa de transporte que se obtuvo de las simulaciones fue de 248,665 m<sup>3</sup>/año. Algo muy real al observar que la línea de playa avanzó 110 m en un año.

### TRABAJOS DE CAMPO REALIZADOS

Se realizaron diversos trabajos de campo para llevar a cabo el proyecto a nivel ejecutivo de la TGNL-Manzanillo, los cuales en general fueron.

- Batimetría del frente marino del rompeolas de Puerto de Manzanillo al sitio denominado las Salinas (2 Km al Este del canal Tepalcates) y cuatro Km mar adentro
- Batimetría de toda la Laguna de Cuyutlán.
- Mediciones de oleaje, corrientes y mareas; se instaló un limnógrafo digital en el puente de la autopista existente.

Se realizaron mediciones con equipo autónomo durante un periodo de 11 meses (Noviembre 2004-Octubre del 2005), las cuales se llevaron a cabo con un equipo marca Inter-Ocean modelo S4 que se instaló en el frente **marino de Tepalcates**.

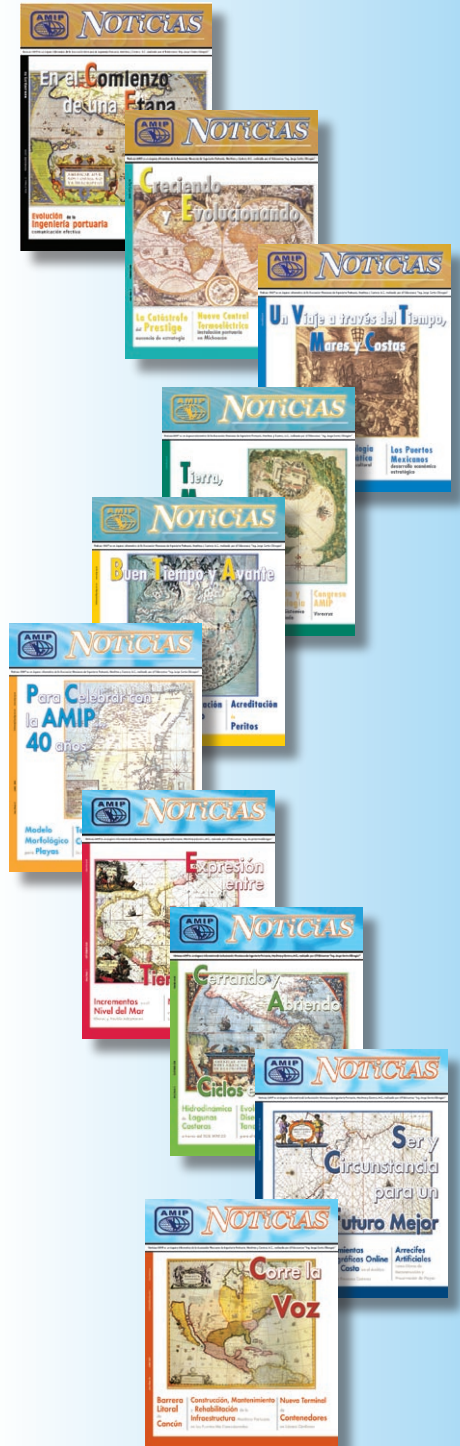
El equipo **Inter-Ocean** cuenta con 32 Mb de memoria física, el sistema de energía es a través de un juego de pilas alcalinas, las cuales tienen una duración aproximada de 45 días, razón por la cual la recuperación de los datos debe hacerse dentro de éste periodo; una vez recuperada la información se reprograma el equipo y se fondea en el sitio correspondiente.

- Toma de muestras del sedimento en diferentes zonas de la playa; sondeos a profundidades de 20, 30, 40 y 120 m en la zona para determinar el tipo de material que se tiene en el subsuelo con el fin de conocer el tipo de material a dragar.



# ¡Actualízate!

Obtén el boletín  
Noticias AMIP  
en formato pdf.



Solicítalo al correo  
boletínamip@prodigy.net.mx