
CAPÍTULO 5 PUERTOS GENERALES

Nomenclatura y Simbología

a	Ancho de la bodega, cobertizo o patio
a.1	Ancho mínimo del acceso
a.c	Ancho del equipo
A.P.A.	Ancho del puesto de atraque
a.v.	Ancho del vehículo estacionado
An	Area neta del barco expuesta a la acción del viento
ϕ	Angulo de fracción interna del material de relleno
B	Ancho de la plantilla del canal
Bc	Ancho de corona
C.a.	Ancho de carril para circulación de equipo y vehículo
C.p.c.	Calado del barco a plena carga
CG	Centro de gravedad
CHBO	Cajas – hora buque en operación
Cm	Carga muerta
Cos	Coseno
Cpc	Calado a plena carga del barco (m)
Cs	Coeficiente sísmico
Ctg	Cotangente
Cv	Carga viva
d	Profundidad del tirante de agua
da	Distancia de los extremos del barco a los duques de alba de amarre
D	Calado del barco
Dp	Distancia de parada
E	Eslora del barco
Ea	Empuje activo de tierra
Ee	Energía cinética de atraque efectiva
Ep	Energía cinética parcial
Et	Energía cinética de atraque
Ew	Longitud promedio de la cola de espera
F	Número de Froude
F.A.	Muelle o frente de atraque

f.b.l.	Franco bordo del lastrado
f.b.p.c.	Franco bordo del barco a plena carga
Fc	Fuerza de corrientes
Fo	Fuerza de oleaje
Fs	Fuerza por sismo
Fv	Fuerza de viento
G	Función de respuesta de una estructura
g	Aceleración de la gravedad
h	Altura mínima de la bodega o cobertizo
h'	Altura libre adicional en acceso
hc	Altura de cubierta del muelle
h.e.	Altura o galibo mínimo de las entradas
h.e.t.	Altura o galibo total en las entradas
h.g.	Altura inferior de la grúa del muelle
Hs	Altura de ola significativa (m)
ISO	Organización Internacional de Normalización
K	Coeficiente de forma
Ka	Coeficiente de empuje activo
K _D	Coeficiente de estabilidad
K _d	Distancia del punto giratorio a la popa del barco, expresado en fracción de eslora
Kg	Kilogramos
K _v	Coeficiente para determinar el sobreancho de una curva, función de la velocidad de reacción del barco
I	Distancia medida normalmente al paramento, entre el punto de contacto y el centro de gravedad de la embarcación (m)
L	Longitud del muelle
L.A.	Largo o longitud de la bodega, cobertizo o patio
L.c	Largo de la fila de contenedores
L.e	Profundidad del estacionamiento
L.P.A.	Longitud del puesto de atraque
Lpp	Longitud entre perpendiculares de un barco
L1	Longitud del muelle uno
L1A	Longitud del entre-eje de la bodega o cobertizo
L2	Longitud del muelle dos
La	Longitud del área de almacenamiento
Lca	Longitud del canal de acceso

Le	Longitud exterior de canal de acceso
Lf	Franja libre entre franjas de maniobrabilidad
M	Manga del barco
M1	Masa o desplazamiento del barco
M2	Masa adicional (ton)
Ma	Masa o desplazamiento total del barco
mm	Milímetros
N	Franja de maniobrabilidad
n	Número de elementos (barcos, rocas, filas, etc.)
ρ	Peso específico del agua de mar = 1.025 ton/m ³
ρ_w	Peso específico del material
P	Punto de contacto
P.A.	Puesto de atraque
q	Presión del viento
R	Radio de giro de la curva
R _m	Riesgo máximo admisible en un canal
r	Radio de giro alrededor del centro de gravedad del barco
r.g.	Radio de giro máximo del equipo o vehículo
S.P.A.	Superficie del puesto de atraque
Sen	Seno
Sm	Area sumergida del barco (m ²)
sq	Squat adimensional
T	Período de la ola
t.a	Tirante de agua mínimo
THBO	Toneladas – hora – buque en operación
TEU	Tweenty Equivalente Unite (unidades equivalentes de 20 pies)
TRB	Toneladas de Registro Bruto
TPM	Toneladas de Peso Muerto
Tr	Franja de resguardo del talud
U	Velocidad de viento (Km/hr)
Vc	Velocidad de la corriente (m/seg)
Vb	Velocidad del barco
Vt	Velocidad de acercamiento
W	Ancho de la dársena de servicio

Lista de Figuras

Figura 5.1	Esquema Conceptual de un Puerto General
Figura 5.2	Esquema Conceptual de Puertos Graneleros y de Fluidos
Figura 5.3	Esquema Conceptual de un Puerto Industrial
Figura 5.4	Factores que afectan al Dimensionamiento
Figura 5.5	Sobrehundimiento Delantero de un Barco (Squat)
Figura 5.6	Movimientos del Buque
Figura 5.7	Flujograma de Actividades para la Operatividad de un Puerto
Figura 5.8	Obras de Protección Paralelas a la Costa
Figura 5.9	Obras de Protección Convergentes
Figura 5.10	Obras de Protección Perpendiculares a la Costa
Figura 5.11	Modos de Falla de un Dique de Talud
Figura 5.12	Oleajes Rodante y Ondulante
Figura 5.13	Sección Tipo para una Obra de Tres Capas de Material
Figura 5.14	Diseño Optimo de Rompeolas
Figura 5.15	Aspectos que Intervienen en la Orientación de la Bocana
Figura 5.16	Orientación de la Bocana
Figura 5.17	Longitud del Canal de Acceso
Figura 5.18	Distancias de Parada del Barco
Figura 5.19	Ancho del Canal de Acceso
Figura 5.20	Señalamiento en Tramos Curvos
Figura 5.21	Sobreancho del Canal. Método de Corte (Cutoff)
Figura 5.22	Sobreancho del Canal. Método de Taludes Paralelos
Figura 5.23	Factores para Determinar la Profundidad del Canal
Figura 5.24	Dimensiones de las Areas de Fondeo
Figura 5.25	Trayectoria de Maniobras del Barco
Figura 5.26	Dársenas de Maniobras en Diferentes Condiciones
Figura 5.27	Ancho de los Canales Secundarios
Figura 5.28	Dársena de Servicio con Atraque de un Solo Lado
Figura 5.29	Dársena de Servicio Restringida con Atraque de un Solo Lado
Figura 5.30	Dársena de Servicio con Atraques de Ambos Lados
Figura 5.31	Dársena de Servicio con Atraque en Línea de Ambos Lados
Figura 5.32	Dársenas de Servicio sobre el Canal de Navegación
Figura 5.33	Partes del Puesto de Atraque

- Figura 5.34 Puesto de Atraque de Carga Fraccionada y/o Unitaria
- Figura 5.35 Puesto de Atraque de Contenedores (1ª Generación: 750 TEU)
- Figura 5.36 Puesto de Atraque de Contenedores (2ª Generación: 1,500 TEU)
- Figura 5.37 Puesto de Atraque de Contenedores (3ª Generación: 3,000 TEU)
- Figura 5.38 Puesto de Atraque de Contenedores (4ª y 5ª Generación: 4,000 y 5,000 TEU)
- Figura 5.39 Puesto de Atraque Polivalente
- Figura 5.40 Puesto de Atraque por Rodadura (Ro Ro)
- Figura 5.41 Puesto de Atraque de Graneles para Exportación o Salida del Producto
- Figura 5.42 Puesto de Atraque de Graneles para Importación o Entrada del Producto
- Figura 5.43 Puesto de Atraque de Fluidos (aguas protegidas o mar abierto)
- Figura 5.44 Puesto de Atraque Industrial
- Figura 5.45 Fases de la Operación Portuaria
- Figura 5.46 Gráfica de Planeación Portuaria
- Figura 5.47 Sistema de Cola de Espera
- Figura 5.48 Análisis del Número Optimo de Atraques
- Figura 5.49 Fuerzas Actuantes en un Muelle
- Figura 5.50 Cargas Móviles de Equipo más Usuales
- Figura 5.51 Esquema del Atraque de un Barco
- Figura 5.52 Energía de Atraque
- Figura 5.53 Presión de Viento sobre el Barco y Fuerzas Resultantes
- Figura 5.54 Muelle Marginal
- Figura 5.55 Muelle en Espigón
- Figura 5.56 Muelles en Dientes o Peines tipo A
- Figura 5.57 Muelles en Dientes o Peines tipo B
- Figura 5.58 Muelles en "T", "L" y "U" con o sin Duques de Alba
- Figura 5.59 Muelles tipo de Transbordo por Rodadura: Roll-on Roll-off (Ro Ro)
- Figura 5.60 Atraque con Boya de Amarre en Mar Abierto
- Figura 5.61 Muelle con Muros de Contención de Bloques
- Figura 5.62 Muelle con Tablestacado Anclado
- Figura 5.63 Muelle con Pilotes o Pilas Descubiertos
- Figura 5.64 Bolardos o Norays (en general de tubería de acero)
- Figura 5.65 Bitas (Fierro Fundido)
- Figura 5.66 Cornamusas (Fierro Fundido)
- Figura 5.67 Argollón o Argollas (acero)
- Figura 5.68 Ganchos de "Soltado Rápido" (de acero, puede haber triples y hasta

	cuádruples)
Figura 5.69	Armellas y Soportes de Ganchos Fijos
Figura 5.70	Mangos Fijos y Soportes de Rodillo
Figura 5.71	Boyas de Amarre
Figura 5.72	Bitá en Atraque de Ro Ro
Figura 5.73	Disposición de Elementos de Amarre en un Muelle Marginal
Figura 5.74	Dispositivo Característico de Amarre de Petroleros
Figura 5.75	Resistencia Estándar de Cables de Amarre
Figura 5.76	Escala de Desembarque (acero galvanizado, P.V.C. rígido o hule)
Figura 5.77	Sistemas Fijos de Defensas
Figura 5.78	Sistemas de Defensas Colgantes y Móviles
Figura 5.79	Sistema de Defensas con Pilotes
Figura 5.80	Fuerzas de Reacción de Diferentes Defensas
Figura 5.81	Defensas tipo "Tortuga" (muelles pesqueros o turísticos)
Figura 5.82	Elementos para el Dimensionamiento de P. A.
Figura 5.83	Puesto de Atraque
Figura 5.84	Factores que Rigen el Dimensionamiento del Frente de Atraque
Figura 5.85	Elementos que Intervienen en el Dimensionamiento de T.1
Figura 5.86	Elementos que Intervienen en el Dimensionamiento de T.2
Figura 5.87	Elementos que Intervienen en el Dimensionamiento de T.3
Figura 5.88	Elementos que Intervienen en el Dimensionamiento de T.4
Figura 5.89	Elementos que Intervienen en el Dimensionamiento de T.5
Figura 5.90	Dimensionamiento del P.A. para Carga Fraccionada y/o Unitaria
Figura 5.91	Dimensiones del Muelle para Carga Fraccionada y/o Unitaria
Figura 5.92	Área de Carga – Descarga T.1 Carga General y/o Unitaria
Figura 5.93	Área de Transferencia al Almacenamiento T.2
Figura 5.94	Ancho de Cubierta del Muelle (T.1 y T.2)
Figura 5.95	Bodega de Tránsito
Figura 5.96	Accesos T.4 Carga Fraccionada y/o Unitaria
Figura 5.97	Controles de Acceso T.4 Carga Fraccionada y/o Unitaria
Figura 5.98	Entrada de Autotransporte
Figura 5.99	Entrada de Ferrocarril
Figura 5.100	Estacionamiento de Autotransporte
Figura 5.101	Vialidad: Accesos Interiores
Figura 5.102	Taller de Mantenimiento

- Figura 5.103 Almacén de Equipo
- Figura 5.104 Almacén de Repuestos y Control (Mantenimiento)
- Figura 5.105 Dimensiones del P.A. para Contenedores (1,000 TEU)
- Figura 5.106 Dimensiones del P.A. para Contenedores (1,500 TEU)
- Figura 5.107 Dimensiones del P.A. para Contenedores (3,500 TEU)
- Figura 5.108 Dimensiones del P.A. para Contenedores (4,000 a 5,000 TEU)
- Figura 5.109 Recomendaciones de los Sistemas de Manejo de Contenedores según el tipo P.A.
- Figura 5.110 Areas T.1 y T.2 para el Sistema de Remolques y Plataformas
- Figura 5.111 Area T.3 Sistema de Remolques y Plataformas
- Figura 5.112 Area T.4 para el Sistema de Remolques y Plataformas
- Figura 5.113 Areas T.1 y T.2 Sistema de Carretillas – Pórtico
- Figura 5.114 Area T.3 Sistema de Carretillas – Pórtico
- Figura 5.115 Area T.4 Sistema de Carretillas – Pórtico
- Figura 5.116 Areas T.1 y T.2 Sistema con Grúas de Pórtico de Patio
- Figura 5.117 Area T.3 Sistema con Grúas de Pórtico de Patio
- Figura 5.118 Area T.4 Sistema con Grúas de Pórtico de Patio
- Figura 5.119 Area T.4 Entradas para Todos los Sistemas
- Figura 5.120 Area T.5 Mantenimiento, Reparación de Equipo y Contenedores
- Figura 5.121 Almacén de Repuestos (Mantenimiento)
- Figura 5.122 Fases de un Puerto (en expansión)
- Figura 5.123 Terminal Polivalente (con dos Puestos de Atraque)
- Figura 5.124 Muelle o Frente de Atraque. Terminal Polivalente (Alternativa 1)
- Figura 5.125 Muelle o Frente de Atraque. Terminal Polivalente (Alternativa 2)
- Figura 5.126 Sistema con Grúa Pórtico en Muelle
- Figura 5.127 Sistema con Grúas Móviles
- Figura 5.128 Area T.3 Almacenamiento en Terminales Polivalentes
- Figura 5.129 Vialidades. Terminales Polivalentes
- Figura 5.130 Control de Accesos. Terminales Polivalentes
- Figura 5.131 Puesto de Atraque P.A. Terminal Ro Ro
- Figura 5.132 Areas T.1 y T.2 Ro Ro
- Figura 5.133 Rampa Ro Ro Simple
- Figura 5.134 Rampa Giratoria de Buque en Muelle Ro Ro
- Figura 5.135 Rampa Flotante Tradicional
- Figura 5.136 Rampa Flotante Semifija
- Figura 5.137 Rampa Semi-Sumergible

- Figura 5.138 Rampa Terrestre Ajustable
- Figura 5.139 Mecanismo Abatible de Rampa Terrestre
- Figura 5.140 Rampa Móvil de Gran Alcance
- Figura 5.141 Almacenamiento para Contenedores
- Figura 5.142 Unidades Estándar de Transporte y Operación en un P. A. Ro Ro
- Figura 5.143 Dimensionamiento del Patio de Vehículos
- Figura 5.144 Acceso Marítimo desde la Rampa del Barco
- Figura 5.145 Esquema de una Terminal Mixta (Transbordadores)
- Figura 5.146 Esquema Conceptual de una Terminal de Pasajeros en un P.A. Mixto (Transbordadores)
- Figura 5.147 Diagrama de Operaciones de una Terminal de Graneles (exportación o salida del producto)
- Figura 5.148 Puesto de Atraque. Terminales de Graneles (exportación)
- Figura 5.149 Muelle de una Terminal de Graneles
- Figura 5.150 Cargador de Pórtico. Terminal de Graneles (exportación)
- Figura 5.151 Cargador Radial. Terminal de Graneles (exportación)
- Figura 5.152 Cargador Lineal. Terminal de Graneles (exportación)
- Figura 5.153 Equipos Portátiles. Terminal de Graneles (exportación)
- Figura 5.154 Areas de Almacenamiento a Granel (mineral)
- Figura 5.155 Dimensiones del Apilamiento a Granel (unidades en metros)
- Figura 5.156 Areas de Almacenamiento a Granel (cereales)
- Figura 5.157 Flujograma de Operaciones. Terminal a Granel (importación)
- Figura 5.158 Puesto de Atraque para Manejo de Cereales (importación)
- Figura 5.159 Muelle o Frente de Atraque (importación de cereales)
- Figura 5.160 Sistema de Cucharas
- Figura 5.161 Sistema con Grúa Giratoria de Cuchara
- Figura 5.162 Sistema Neumático. Elevador
- Figura 5.163 Elevador Portátil (importación)
- Figura 5.164 Elevador Móvil (importación)
- Figura 5.165 Transportador de Cadena
- Figura 5.166 Flujograma de Operaciones de una Terminal de Fluidos (recepción)
- Figura 5.167 Flujograma de operaciones de una Terminal de Fluidos (envío)
- Figura 5.168 Puestos de Atraque de una Terminal de Fluidos (aguas protegidas)
- Figura 5.169 Atracadero en "T" a base de Duques de Alba
- Figura 5.170 Atracadero en "T" a base de duques de alba y muertos de amarre
- Figura 5.171 Atracadero en "T" a base de duques de alba y muertos de amarre

- Figura 5.172 Atracadero en "L"
- Figura 5.173 Puesto de Atraque en Mar Abierto
- Figura 5.174 Amarradero Convencional (fluidos)
- Figura 5.175 Boya Tipo CALM (fluidos)
- Figura 5.176 Boya tipo SALM
- Figura 5.177 Amarradero Rígido RAM (fluidos)
- Figura 5.178 Amarradero de Torre Fija (fluidos)
- Figura 5.179 Amarradero de Muelle Isla (fluidos)
- Figura 5.180 Muelle – Isla con Protección de Oleaje
- Figura 5.181 Puesto de Atraque para Fluidos
- Figura 5.182 Area T.1 en Puesto de Atraque de Fluidos
- Figura 5.183 Instalación Operacional de un P.A. de Aceites Vegetales (fluidos)
- Figura 5.184 Características Principales de un Puerto Industrial
- Figura 5.185 Puesto de Atraque de un Puerto Industrial
- Figura 5.186 Planeación General de Desarrollo de un Puerto Industrial
- Figura 5.187 Procedimiento para el Desarrollo de un Puerto Industrial
- Figura 5.188 Operaciones Ordinarias
- Figura 5.189 Succionadoras (acot: m)
- Figura 5.190 Elementos de Izaje
- Figura 5.191 Aparejos de Izaje de Carga (Pallets)
- Figura 5.192 Aparejos de Izar; Tolvas
- Figura 5.193 Aparejos de Izar. Spreaders
- Figura 5.194 Spreaders acot: mm
- Figura 5.195 Modulares para Traslado Horizontal de Contenedores de 20' y 40'
- Figura 5.196 Spreader Telescópico para Traslado Horizontal de Contenedores de 20' y 40' acot.
- Figura 5.197 Ubicación de las Garzas y Areas de Trabajo en el Muelle
- Figura 5.198 Graneles Autodescargables
- Figura 5.199 Clasificación de Cargas
- Figura 5.200 Esquema Operativo Carga General Fraccionada. Vía Indirecta
- Figura 5.201 Esquema Operativo Graneles Secos, Semi-mecanizado. Vía Indirecta
- Figura 5.202 Esquema Operativo Graneles Secos, Mecanizado. Vía Directa
- Figura 5.203 Esquema Operativo Fluidos. Vía Directa
- Figura 5.204 Tipos de Grandes Contenedores
- Figura 5.205 Sistema Modular de Contenedores de la ISO
- Figura 5.206 Contenedores Especiales

- Figura 5.207 Flujo de Carga
- Figura 5.208 Flujo de Importación de Contenedores
- Figura 5.209 Flujo de Contenedores de Exportación
- Figura 5.210 Esquema Operativo Contenedores Consolidados en el Puerto
- Figura 5.211 Esquema Operativo Contenedores, Transbordo por Elevación
- Figura 5.212 Esquema Operativo Contenedores, Transbordo por Rodadura
- Figura 5.213 Distribución de las Tomas de Agua Potable en el Muelle
- Figura 5.214 Red de Agua Potable y Registro en la Cubierta del Muelle
- Figura 5.215 Alumbrado General a Base de Luminarias
- Figura 5.216 Alumbrado General de Intemperie a Base de Reflectores.
- Figura 5.217 Hidrante de Dos Tomas con Monitor
- Figura 5.218 Servicio Médico
- Figura 5.219 Esquema General de un Astillero
- Figura 5.220 Local de Capacitación Laboral

Lista de Tablas

- Tabla 5.1 Condiciones de Navegación en un Puerto
- Tabla 5.2 Barcos Tipo Estudiados en la Determinación del Squat
- Tabla 5.3 Profundidad del Canal de Acceso basado en el Squat
- Tabla 5.4 Movimientos Verticales de Petroleros
- Tabla 5.5 Condiciones Admisibles de Operación para Maniobras de Carga – Descarga en los Barcos
- Tabla 5.6 Valores de K_D (Hudson)
- Tabla 5.7 Diseño de Coraza con Elementos Artificiales
- Tabla 5.8 Coeficiente de Acomodo (K_Δ)
- Tabla 5.9 Sobreanchos de Maniobra en Canales de Acceso
- Tabla 5.10 Franja de Resguardo del Talud (Mangas)
- Tabla 5.11 Franja Libre de Maniobra en Doble Vía (Mangas)
- Tabla 5.12 Tipos de Dársenas de Maniobras
- Tabla 5.13 Espacio requerido para la Ciaboga y las Paradas de Emergencia del Barco
- Tabla 5.14 Dimensiones de la Dársena de Ciaboga
- Tabla 5.15 Dimensiones de la Dársena de Maniobras
- Tabla 5.16 Dársenas de Servicio sobre el Canal de Navegación
- Tabla 5.17 Cables de Amarre Necesarios por tipo de Buque

Tabla 5.18	Movimientos Máximos de un Buque en Amarras
Tabla 5.19	Número y Separación de Bolardos en un Muelle
Tabla 5.20	Vida Útil Media de Cables de Amarre
Tabla 5.21	Número Estándar de Unidades de Carga en un Trasbordador
Tabla 5.22	Dimensionamiento de Patios para Almacenar Vehículos
Tabla 5.23	Características del Puesto de Atraque según el tipo de Fluido
Tabla 5.24	Distribución de Áreas en Puertos Industriales (Japón)
Tabla 5.25	Características de Cargador Frontal
Tabla 5.26	Características de Angledozer
Tabla 5.27	Características de Grúas Hidráulicas. Autopropulsadas y Montadas sobre Camión
Tabla 5.28	Características de Grúas Mecánicas. Pluma de Celosía, Operación sobre Tracción
Tabla 5.29	Características de Montacargas Eléctricos. Ruedas Neumáticas, Equipo Estándar
Tabla 5.30	Características de Montacargas. Ruedas Neumáticas y Motor de Gasolina
Tabla 5.31	Características de Montacargas. Ruedas Neumáticas y Motor de Combustión
Tabla 5.32	Características de Grúa de Patio. Móvil de Ruedas Neumáticas
Tabla 5.33	Características de Grúa de Muelle. Sobre Rieles
Tabla 5.34	Características de Tractores de Arrastre. De Patio, Industriales y Ferroviarios
Tabla 5.35	Características de Bandas Transportadoras
Tabla 5.36	Características de Almejas. Mecánicas de 2 y 4 Cables y Electrohidráulicas para Manejar Granel hasta una Densidad de 1 ton/m ³
Tabla 5.37	Características de Almejas. Mecánicas de 2 y 4 Cables y de Motor Electrohidráulica para Manejar Granel hasta una Densidad de 2.5 ton/m ³
Tabla 5.38	Características de las Garzas. (Brazos de Carga Marinos)
Tabla 5.39	Movimiento Nacional de Carga. (1998) (Ton)
Tabla 5.40	Mercancía: Carga Granel Fraccionada. THBO (toneladas-hora-buque en operación)
Tabla 5.41	Mercancía: Carga General Unitaria. THBO (toneladas-hora-buque en operación)
Tabla 5.42	Mercancía: Granel Agrícola Mecanizado. THBO (toneladas-hora-buque en operación)
Tabla 5.43	Mercancía: Granel Agrícola Semi-Mecanizado. THBO (toneladas – hora – buque en operación)
Tabla 5.44	Mercancía: Granel Mineral Mecanizado. THBO (toneladas – hora – buque en operación)

Tabla 5.45	Mercancía: Granel Mineral Semi-Mecanizado. THBO (toneladas-hora-buque en operación)
Tabla 5.46	Mercancía: Contenedores Terminal Especializada. CHBO (cajas-hora-buque en operación)
Tabla 5.47	Mercancía: Contenedores Terminal Semi-Especializada. CHBO (cajas-hora-buque en operación)
Tabla 5.48	Estándares de Rendimiento Portuario
Tabla 5.49	Dimensiones Exteriores de Contenedores y Pesos Brutos Máximos
Tabla 5.50	Requerimientos de Agua Potable para Embarcaciones
Tabla 5.51	Intensidad de Iluminación Estándar en Alumbrado Interior
Tabla 5.52	Recomendaciones para la Iluminación del Alumbrado Exterior
Tabla 5.53	Características de las Lámparas de Iluminación
Tabla 5.54	Sistemas de Abastecimiento de Combustible a Embarcaciones
Tabla 5.55	Areas de Trabajo en un Astillero

5.1 Introducción

Puertos Generales

Estos puertos cumplen una función esencial de enlace y regulación. Su tamaño, tipo y número de instalaciones estará condicionado por la magnitud de los volúmenes y tipos de carga que participan en ese enlace; el volumen de carga a su vez dependerá de las características de desarrollo de una zona tierra adentro a la que sirve el puerto fundamentalmente por razones de costo de transporte, las cuales condicionarán una cierta ley de oferta y demanda de productos primarios, semielaborados y elaborados.

Los elementos de los puertos generales como un sistema de transporte pueden esquematizarse conceptualmente en la siguiente forma:

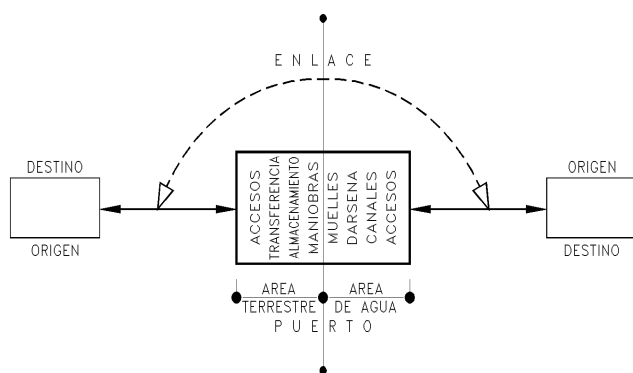


Figura 5.1 Esquema Conceptual de un Puerto General

Los puertos generales, de acuerdo a la operación de su carga pueden estar constituidos por puestos de atraque de:

- › Carga fraccionada y/o unitizada
- › Contenedores
- › Polivalentes
- › Rodadura (Ro.Ro)
- › Graneleros:
 - Minerales
 - Agrícolas
- › Fluidos
 - Petróleo y productos petroquímicos
 - Mieles incristalizables, aceites y varios

Lo anterior va de acuerdo también a los tipos de embarcaciones que transportan la misma carga, y las dimensiones de sus áreas de agua y de tierra están obedeciendo a estas dos condicionantes.

Por los diferentes tipos de movimientos, el puerto adopta el carácter de punto de embarque o terminal, sin dejar de ser un enlace entre el origen y destino como un eslabón del sistema de transporte.

Esto da como consecuencia que en el propio puerto y sus zonas inmediatas deban localizarse almacenamientos, áreas de maniobra y transferencia y algunos casos instalaciones industriales para la transformación de la carga o bien su regulación en el caso de la entrada de estos productos al puerto y en el caso de salida, por vocación o regulación, de áreas para almacenamientos, maniobras y en el caso particular del petróleo de plantas o refinerías.

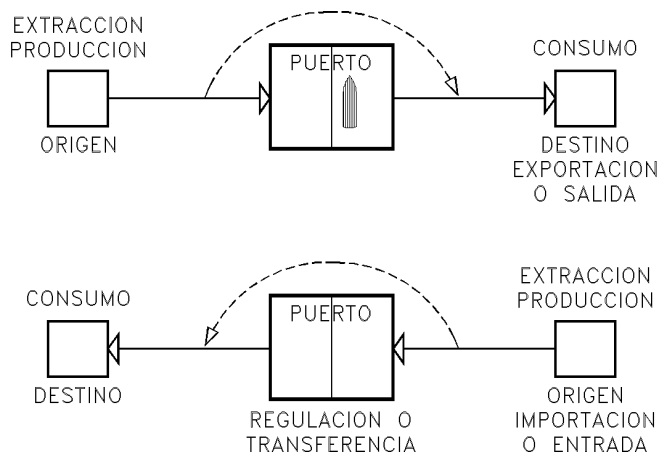


Figura 5.2. Esquema Conceptual de Puertos Graneleros y de Fluidos

Puertos Industriales

Los puertos industriales son el resultado a nivel del Orbe de la transformación de la industrialización y comercialización. En estos puertos se embarca o desembarca pero no simultáneamente, pues se generan movimientos altamente mecanizados. Al aparecer estos puertos en los mercados mundiales se obligó a:

- › Relocalización de plantas industriales, para ubicarlas en las costas.

- › Reducción del transporte terrestre, eliminando tramos y mayor uso del transporte por agua, especialmente el marítimo.
- › Reducción de costos de producción con el incremento en el tamaño de los lotes de sus insumos.
- › Crecimientos en el tamaño de las embarcaciones por la mayor navegación de altura, para ser más costeable el transporte marítimo.

Resultando la creación de los puertos industriales para cumplir con estos objetivos. Se puede considerar que contienen instalaciones que sirven a zonas industriales costeras constituyéndose el puerto en un elemento de apoyo, más que de enlace y regulación y su operación obedece al inicio de un proceso de producción industrial o de uno de comercio, cuyo funcionamiento se puede esquematizar en la siguiente forma:

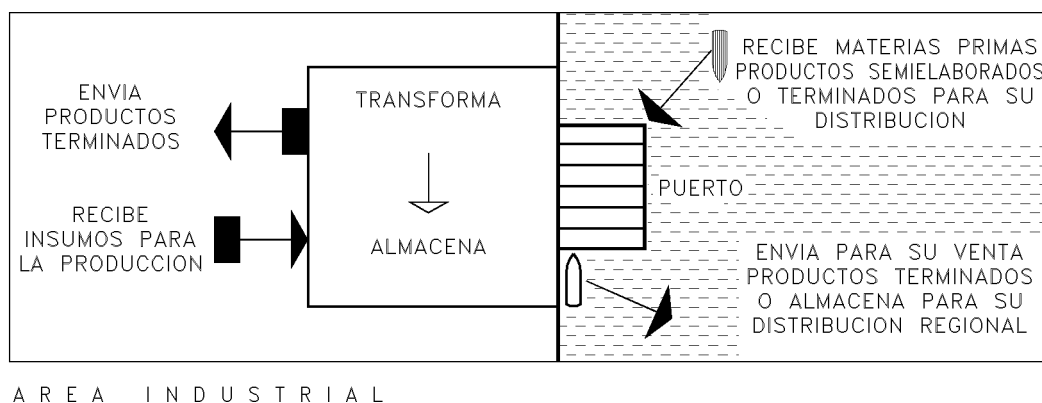


Figura 5.3 Esquema Conceptual de un Puerto Industrial

5.2 Areas de Agua

Su función es cubrir las necesidades de acceso al puerto en forma segura y eficiente, en las maniobras que realiza el barco, desde la entrada hasta que fondea o atraca y viceversa; las zonas navegables que es necesario dimensionar son las siguientes:

5.2.1 Clasificación

Accesos al Puerto

- Bocana
- Canal de navegación principal
- Antepuerto y fondeadero

Areas de Maniobras

- Dársena de ciaboga
- Dársena de maniobras
- Canales secundarios

Areas de Servicio

- Dársena de servicios

ACCESOS AL PUERTO

› Bocana

Es la entrada de mar abierto a la zona abrigada, puede ser natural o artificial, en cuyo caso estará limitada por rompeolas o escolleras debidamente señalizados.

La orientación y dimensionamiento deben cumplir una serie de requerimientos de acuerdo a las características de los barcos y a las condiciones oceanográficas y meteorológicas impuestos por los temporales, las que después de una cierta magnitud determinan el cierre del puerto por el capitán responsable.

› Canal de Navegación Principal

Es la zona navegable más importante del puerto, en ella el barco aún en movimiento pasa de mar abierto a la zona protegida y debe de realizar además la maniobra de parada.

Entre más grande sea el barco más obligado estará a hacer su rutina de acceso al puerto por un canal, el cual debe estar señalizado de acuerdo a las normas internacionales y ser sometido a un dragado de mantenimiento periódico para garantizar sus dimensiones de proyecto.

› Antepuerto

Es el área de agua ubicada cerca de la entrada, generalmente es atravesado por el canal de acceso, su función es propiciar una expansión de la energía del oleaje que pasa por la bocana y dar servicio para maniobras o fondeo de las embarcaciones.

› Fondeadero

Son áreas de agua que sirven para el anclaje, cuando los barcos tienen que esperar un lugar de atraque, el abordaje de tripulación y abastecimientos, inspección de cuarentena y algunas veces aligeramiento de carga; su localización debe ser estratégica, según la función que tenga que cumplir, aunque generalmente se ubican junto a los canales de navegación, sin que entorpezcan los movimientos de otros buques.

AREAS DE MANIOBRAS**› Dársena de Ciaboga**

Es el área marítima dentro del puerto, donde los barcos hacen las maniobras de giro y revire con el fin de enfilarse hacia las distintas áreas del puerto; es la representación esquemática del círculo de evolución que sigue un barco en esta maniobra, puede o no estar incluida la maniobra de parada.

De acuerdo a la frecuencia y tamaño de las embarcaciones puede haber varias dársenas para atender a los diferentes tipos de buques que llegan a él.

› Dársena de Maniobras

Son las áreas dentro del puerto destinadas a las maniobras de preparación del barco para el acercamiento o despegue del muelle, se requieren áreas para tal fin en cada grupo de atraque, normalmente se realizan con ayuda de servicio de remolcadores, sin embargo la no existencia de este servicio resulta en dársenas muy grandes.

› Canales Secundarios

Son las vías navegables dentro del puerto que permiten a las embarcaciones realizar su rutina de entrada o salida, comunicando al canal de navegación principal con las distintas áreas que conforman el puerto.

AREAS DE SERVICIO**› Dársena de Servicios**

Comprenden las áreas de agua contiguas a los muelles y las complementarias para permitir reparaciones a flote. Las áreas contiguas a los muelles son conocidas como dársenas de atraque normalmente dependen de la longitud del frente de atraque; las que se usan para reparaciones son función del tamaño del buque y tipo de anclaje.

5.2.2 Factores que Afectan al Dimensionamiento

Son una serie de factores que influyen en forma directa tanto en el dimensionamiento horizontal (anchos, diámetros y longitudes), como el dimensionamiento vertical (profundidad), los cuales es necesario conocer para hacer un diseño razonable de las áreas de agua, estos factores agrupados en aspectos físicos y de control, se muestran a continuación así como su relación con el dimensionamiento.

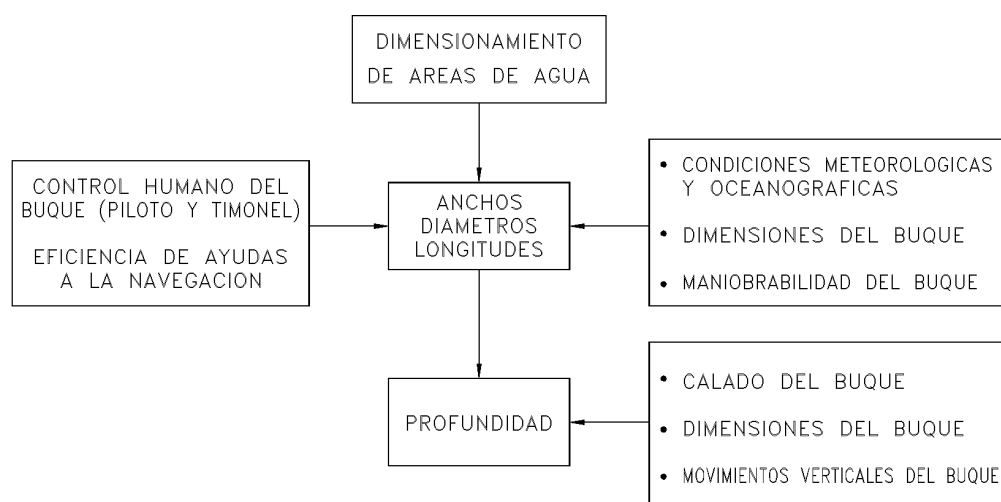


Figura 5.4 Factores que afectan al Dimensionamiento

5.2.2.1 Factores Físicos

Condiciones Meteorológicas y Oceanográficas

Como se ha mencionado en el capítulo 3 "Las Condicionantes Físicas", son las condiciones meteorológicas y oceanográficas que imperan en las costas e imponen restricciones a la navegación y operación dentro del puerto. En el caso específico de las áreas de agua, intervienen desde la definición de la orientación de la bocana, así como el dimensionamiento horizontal y vertical de canales y dársenas.

En la bocana, intervienen en su orientación principalmente el oleaje y el

transporte litoral, provocado por las corrientes y el oleaje mismo.

En los canales y dársenas, las fuerzas inducidas por el viento y corrientes sobre las embarcaciones generan la necesidad de incrementar los anchos y longitudes de las áreas; similarmente los movimientos de las embarcaciones provocados por el oleaje obligan a aumentar la profundidad en las áreas por donde transitan.

Al respecto, un criterio general para conocer las condiciones que pueden afectar la operación portuaria, se muestra en la **Tabla 5.1**.

TABLA 5.1.
CONDICIONES DE NAVEGACIÓN EN UN PUERTO

CONDICIONES	VIENTOS U_{10} (Kph)	ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE " H_s " (m)		VELOCIDAD DE LA CORRIENTE " V_c " (m/seg)
		EXTERIOR	INTERIOR	
a) Leves	0 – 36	0 – 1	Calma	0 – 0.3
b) Moderadas	36 – 63	1 – 3	0 – 1.20	0.3 – 0.6
c) Severas	63 – 108	> 3 m	1.20 – 1.80	0.6 – 1.0

En la operación del puerto intervienen de manera decisiva los temporales, ya que su presencia obliga al cierre del puerto y por lo tanto, a la suspensión de la navegación en las distintas áreas.

De los datos anteriores pueden establecerse los valores límite generales, cuyo rebase implica el cierre de un puerto:

Velocidad de viento: $U = 108$ Kph

Esta velocidad se refiere a la U_{10} medida a 10 m sobre la superficie del mar y corresponde a la transición de tormenta severa a huracán, situación en la que no deben permanecer barcos atracados en los muelles.

Altura de ola significativa: $H_s = 3.0$ m
(fuera del puerto)
 $H_s = 1.8$ m
(dentro del puerto)

Velocidad de corriente: $V_c = 1.0$
m/seg

En cuanto a valores de oleaje que permiten la operación normal y continua en el puerto, de barcos de carga general, graneleros o tanques, se tiene:

<u>CAPACIDAD</u>	<u>H_s</u>
< 2,000 T.P.M.	0.50 m
2,000 a 8,000 T.P.M	0.70 m
> 8,000 T.P.M	1.00 m

En la dársena de ciaboga se aceptan oleajes de hasta 1.50 m de altura.

Otras recomendaciones para los valores límite de las condiciones físicas en el caso de maniobras de atraque de embarcaciones y las operaciones de carga – descarga de éstas, se plantean:

<u>$U_{m\acute{a}x}$</u>	<u>H_s</u>	<u>T</u>
45 a 60 Kph	1.50 a 2.00 m	≤ 10 seg
	1.00 a 1.50 m	> 10 seg

Estos parámetros se aplican para puertos comerciales e industriales; en el caso de puertos pesqueros y turísticos, la altura máxima aceptable en el interior es de 0.30 m, que implica cerrar el puerto con velocidades de viento de 45 Kph.

Dimensiones del Buque

Las dimensiones del buque de diseño, son las correspondientes a los buques seleccionados que harán uso del puerto; para cada barco se tomarán de las tablas correspondientes del capítulo 4, la eslora

total, la manga, el franco bordo y el calado en carga y en lastre.

Maniobrabilidad del Buque

En aguas poco profundas como las áreas de agua del puerto, la respuesta del timón del barco es más lenta que en aguas profundas, requiriéndose además incrementar la potencia para tener una velocidad igual a la de mar abierto; su control en estas condiciones resulta más difícil, cuando la corriente y los oleajes se presentan esviados respecto al eje del canal, que provocan derivas en los barcos, así como por la interferencia causada por el flujo de otras embarcaciones que producen diferencias de presión a ambos lados del propio buque.

El método más directo para evaluar la controlabilidad de un barco es a través de la observación de su respuesta a los cambios del ángulo del timón y de la velocidad de la propela, en una entrada conocida para el piloto; otra aproximación consiste en hacer pruebas en aguas profundas que sean recomendadas por arquitectos navales.

En general la controlabilidad de los barcos se define como sigue:

1. Alta Para barcos ligeros de guerra, cruceros, cargueros en general, buques Ro-Ro y portacontenedores de 1ª generación
2. Media Para transportes navales y buques de guerra modernos, tenders, petroleros T-2, graneleros y

porta contenedores de 2ª generación.

3. Baja Para porta-aviones, buques-tanque petroleros, portacontenedores de 3ª, 4ª y 5ª generación, así como barcos viejos o dañados.

Sobrehundimiento del Barco (Squat)

El avance de un barco sobre el agua produce un cambio en las velocidades de ambos cuerpos; el retorno del agua durante el paso del navío crea esta diferencia de velocidades, que producen presiones hidrodinámicas sobre el casco de la embarcación; esta situación induce a una depresión del nivel del agua, y en el barco, un esfuerzo vertical hacia el fondo con giro de su eje transversal horizontal, que se convierte en un desplazamiento en toda su longitud del plano de simetría vertical, denominado "sobrehundimiento" o squat.

En concreto, se producen:

- a) Un movimiento vertical del barco llamado hundimiento (s)
- b) Una rotación de su eje longitudinal (θ)

La combinación de estos efectos permite obtener el sobrehundimiento (S_q), en el que la magnitud del movimiento vertical de un punto del casco, medido desde el nivel del agua variará respecto a la posición longitudinal original del barco. Al analizar un acceso portuario, lo que interesa determinar es el sobrehundimiento máximo, que salvo en

embarcaciones deportivas rápidas y algunos casos de navegación fluvial, se produce en la proa (Figura 5.5).

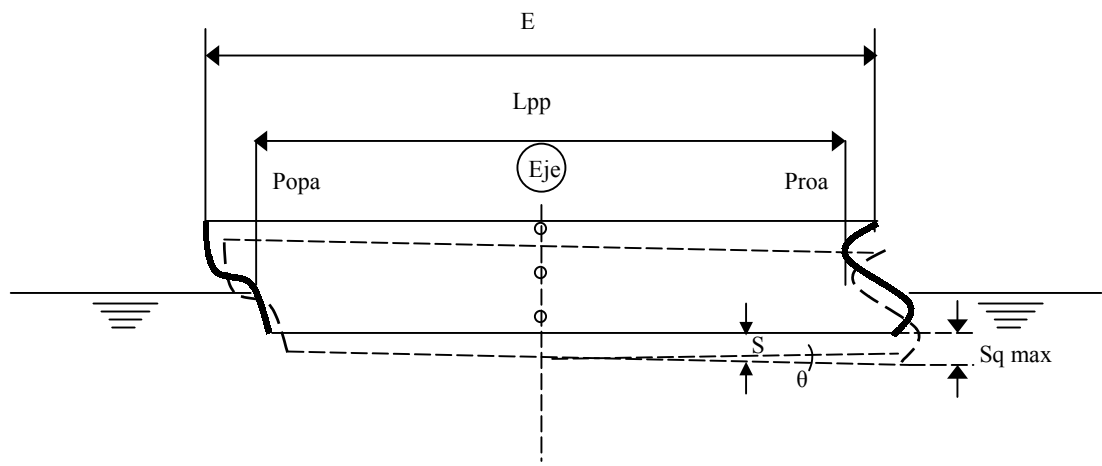


Figura 5.5 Sobrehundimiento Delantero de un Barco (Squat)

Existen diversos métodos para calcular el Sq_{max} considerando buques a plena carga, que fueron analizados por el PIANC en 1999. Estos criterios empíricos provienen de estudios en

modelos reducidos de buques automotores o remolcados, realizados para los casos mostrados en la **Tabla 5.2**.

TABLA 5.2
BARCOS – TIPO ESTUDIADOS EN LA DETERMINACIÓN DEL SQUAT

TIPO DE BARCO	Lpp (m)	M (m)	D (m)	C _B
Buque – tanque de 250,000 T.P.M.	330	50	20.0	0.85
Buque Granelero de 65,000 T.P.M.	245	35	13.0	0.76
Portacontenedores tipo Panamax de 40,000 T.P.M.	270	32	12.5	0.60

E = Longitud del barco (eslora)

Lpp = Longitud entre perpendiculares

M = Manga del barco

D = Calado del barco (puntal sumergido)

$C_B = \frac{\nabla}{LppBD}$ o Factor de desplazamiento del barco; siendo

∇ el volumen de desplazamiento generado en su avance

En este sentido las recomendaciones son las siguientes:

1. El cálculo más preciso del $Sq_{\max}$ de anteproyecto, se obtiene con la expresión establecida por la CIERGNA (1980):

$$Sq_{\max} = 2.4 \frac{\nabla}{L_{pp}^2} \frac{F^2}{\sqrt{1-F^2}}$$

Donde:

F = Número de Froude

V_b = Velocidad del barco

d = Tirante de agua en el canal

2.4, es el factor empírico de Huuska, que puede reducirse hasta 1.75 en buques a plena carga con valores elevados de C_b

2. Otros dos métodos permiten establecer el valor máximo (Millward: criterio pesimista) y el mínimo (Eryuzlu: criterio optimista). Las expresiones son:

Millward (1992):

$$Sq_{\max} = \left(61.7 F_B \frac{D}{L_{pp}} - 0.60 \right) \frac{L_{pp}}{100} \frac{F^2}{\sqrt{1-F^2}}$$

Eryuzlu (1994):

$$Sq_{\max} = 0.298 \frac{d^2}{D} \left(\frac{V_b}{\sqrt{gD}} \right)^{2.289} \left(\frac{d}{D} \right)^{-2.972} K_b$$

Donde:

con: $K_b = \frac{3.1}{\sqrt{B/M}}$ para $\frac{B}{M} < 9.61$ y

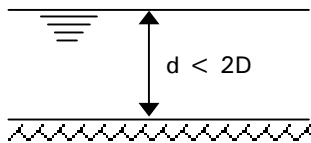
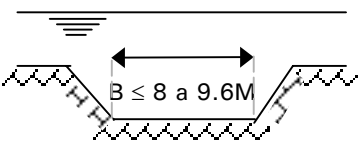
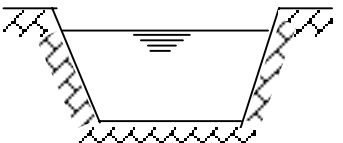
$K_b = 1$, para $\frac{B}{M} \geq 9.61$

B = Ancho de la plantilla del canal de acceso

3. Establecer en secuencia: el valor recomendado de anteproyecto del punto 1, para compararlo con los límites superior e inferior de los criterios del punto 2, para definir el valor más adecuado al respecto.

Criterios complementarios para determinar la profundidad del canal en base al Squat, se presentan en la **Tabla 5.3**.

TABLA 5.3
PROFUNDIDAD DEL CANAL DE ACCESO BASADO EN EL "SQUAT"

AGUAS PROFUNDAS SIN LIMITE DE ANCHO		CANAL LIMITADO EN ANCHO		CANAL FLUVIAL RESTRINGIDO	
					
$C_B \geq 0.8$	$C_B < 0.8$	$C_B \geq 0.8$	$C_B < 0.8$	$C_B \geq 0.8$	$C_B < 0.8$
Eryuzlu $1.1 \leq d/D \leq 2.5$	–	Eryuzlu $1.1 \leq d/D \leq 2.5$	–	–	
Nat. Ports Council $10 \leq d \leq 40 \text{ m}$	–	–		–	
Eryuzlu / Hausser $1.08 \leq d/D \leq 2.75$	–	–		–	
Millward 1990 – 1992 $6 \leq L/d \leq 12$		–		–	
Huuska $1.1 \leq d/D \leq 2.0$		Huuska / Guliev $1.1 \leq d/D \leq 2.0$			
Barras $1.1 \leq d/D \leq 1.5$					
Römisch $1.19 \leq d/D \leq 2.29$					

C_B (factor de desplazamiento del buque); h (tirante de agua en el canal); L (eslora del barco); y T (calado del barco)

NOTA: En las embarcaciones ligeras y rápidas como las deportivas ($C_B < 0.7$), contrariamente al caso general, el Squat se produce en la popa de manera importante, siendo crítica la posibilidad de impacto con el fondo del canal.

En este proceso de cálculo, la decisión del criterio adecuado dependerá de factores tales como el riesgo de contacto del barco con el fondo, el tipo de carga que se transporta, la clasificación de material existente en la plantilla y en los taludes del canal de acceso, etc.

En aquellos casos que por condiciones especiales del contexto marino, se prevén problemas críticos de sobrehundimientos por el tipo de barco, el transporte de cargas peligrosas, etc., se recomienda recurrir a los modelos a escala reducida utilizando automotores o

remolcadores; poniendo especial atención en evitar el giro adicional que se genera con los elementos artificiales de remolcado del modelo.

Movimientos del Buque

La acción del oleaje actuando sobre el barco da origen a seis movimientos principales (Figura 5.6); tres angulares y tres lineales, los cuales influyen en el dimensionamiento tanto en el plano horizontal como en el vertical. A continuación se muestra una breve descripción de ellos.

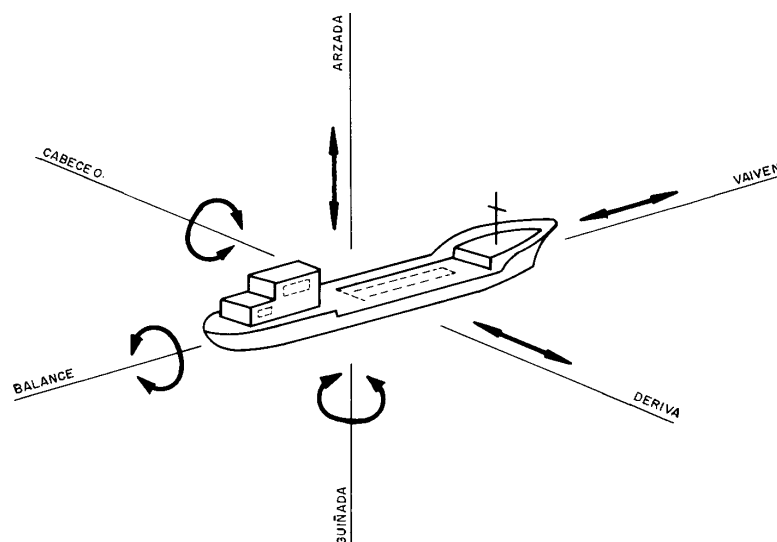


Figura 5.6 Movimientos del Buque

Movimientos angulares:

Nombre	Plano de Influencia
- Cabeceo (Pitching)	Vertical
- Balanceo (Rolling)	Vertical
- Guiñada (Yawing)	Horizontal

Movimientos lineales:

Nombre	Plano de Influencia
- Arzada (Heaving)	Vertical
- Vaiven (Surging)	Horizontal
- Deriva (Swaying)	Horizontal

› Cabeceo (Pitching)

Es el movimiento del barco alrededor de su eje transversal; los estudios realizados con oleaje irregular han demostrado que el cabeceo se incrementa con la altura de ola, pero disminuye con longitudes de onda mayores a dos veces la eslora del barco; olas más cortas que el doble de la

eslora del barco tienden a aumentar el cabeceo.

› Balanceo (Rolling)

Es el movimiento del barco alrededor de su eje longitudinal, se incrementa con la altura de ola, llegando a su máximo cuando la longitud de la ola es aproximadamente el doble de la manga; el barco se balancea más cuando tiene el oleaje a través, que cuando viaja sobre él.

› Arzada (Heaving)

Es el movimiento vertical del barco completo sin considerar ninguna inclinación.

› Combinación de Balanceo, Cabeceo y Arzada

Es raro que un barco tenga un solo movimiento vertical de los mencionados,

el movimiento real es una combinación muy complicada de los tres. Las olas no necesariamente se desplazan con longitud y altura uniforme, más bien tienden a formar un tren de alturas irregulares y direcciones diferentes.

Consecuentemente un barco generalmente experimenta los tres movimientos verticales al mismo tiempo, los cuales se pueden reforzar o cancelar entre ellos.

El régimen de oleaje en bocanas y canales es muy irregular y no es posible hacer un cálculo preciso del comportamiento del barco en presencia de temporales, aunado a la deficiencia de

información confiable de oleaje que hay sobre las costas de la República Mexicana.

Los tres movimientos mencionados anteriormente influyen directamente en el dimensionamiento de la profundidad, para los cuales se han hecho aproximaciones teóricas y pruebas en modelo, sin embargo el estado de arte aún no está bien definido.

En la **tabla 5.4** se presenta un resumen de valores obtenidos de diferentes fuentes de información, que se podrán aplicar para casos similares de petroleros; para otro tipo de barcos se requiere de estudios específicos.

TABLA 5.4
MOVIMIENTOS VERTICALES DE PETROLEROS

BARCOS DE DISEÑO				OLA		OLEAJE DE PROA		OLEAJE A TRAVÉS			OLEAJE A 45°	
T.P.M. (ton)	E (m)	M (m)	C (m)	Hs (m)	T (seg)	Cabeceo (m)	Arzada (m)	Balanceo (m)	Arzada (m)	Cabeceo (m)	Cabeceo (m)	Arzada (m)
16,780	160	21.70	9.10	4.60 1.80	10 10	2.81 1.07	0.15 0.60	2.93 1.13	2.10 0.90	2.34 0.90	2.50 0.97	0.76 0.30
33,000	183	26.00	10.40	4.60	10	3.00	0.00	3.40	1.53	2.40	1.20	0.90
45,000	227	30.00	11.60	4.60 1.80	10 10	2.75 0.92	0.24 0.90	4.03 1.56	1.07 0.49	3.20 1.25	2.47 0.82	0.37 0.16
60,000	244	33.00	12.50	4.60 1.80	10 10	2.47 0.82	0.15 0.80	4.45 1.74	0.82 0.34	3.57 1.37	2.22 0.73	0.29 0.12
80,000	264	36.00	14.00	4.60 1.80	10 10	2.26 0.98	0.12	4.88 1.89	0.61 0.24	3.81 1.50	1.98 0.88	0.21 0.90

› **Vaivén (Surging)**

Es el movimiento longitudinal del barco y en realidad es importante para las amarras cuando el barco está atracado; no se considera significativa para el diseño de las áreas de agua.

› **Deriva (Swaying)**

Es el movimiento del barco completo a lo largo de su eje transversal del que poco se sabe cuando el barco está navegando; los estudios realizados en modelo hidráulico se refieren al barco amarrado sujeto a la acción del oleaje.

› **Guiñada (Yawing)**

Es el movimiento del barco alrededor de su eje vertical; cuando el barco avanza formando un ángulo con el oleaje, el perfil de la ola es diferente en ambos lados, por lo que la posición longitudinal del centro de presión en un lado del barco no es la misma que del otro, resultando un par de fuerzas que producen rotación al barco alrededor de su eje vertical. La guiñada máxima generada por el oleaje, se presenta cuando el barco avanza formando un ángulo de 45° con la dirección del oleaje.

De los tres movimientos horizontales mencionados, la guiñada es el más importante desde el punto de vista del dimensionamiento de las áreas de agua, sin embargo no se presenta solo y en ocasiones es corolario del cabeceo y el balanceo.

La combinación de la acción del viento, oleaje y corrientes en el canal de acceso, hace necesario que el barco avance haciendo derivas para poder mantener el curso.

La cuantificación del sobre-ancho requerido en el canal para permitir al barco desplazarse en estas condiciones, depende de su tamaño y de las condiciones de viento, corrientes y oleajes prevalecientes. La determinación del ángulo de guiñada, que sólo es posible de obtenerse en modelos hidráulicos, permitirá el cálculo de la dimensión lateral para cada tipo de barco; por lo que se recomienda hacerlo para ángulos factibles de presentarse (10° y 15°).

5.2.2.2 Factores de Control

› **Control Humano del Barco**

La controlabilidad de un barco puede ser descrita como su capacidad para moverse a la velocidad deseada a lo largo de la trayectoria planeada en cualquier momento.

El control humano de una embarcación es muy variable bajo cualquier circunstancia y es afectado por los factores físicos antes mencionados, siendo obviamente la maniobrabilidad del buque uno de los que determinan ese control. Dicha controlabilidad se ha ido complicando con la modernización, debido al uso de embarcaciones de mayor longitud y tonelaje, al incremento del tráfico marítimo, el manejo de cargas peligrosas, etc.

La tendencia actual considera que en un barco fuera de la bocana del puerto, la responsabilidad del manejo corresponde en su totalidad al capitán del mismo; no obstante, el acceso al puerto y la colocación o arribo del barco a su destino final, son responsabilidad del piloto del puerto. En este último trayecto, el piloto junto con el capitán deben tomar una serie de decisiones sobre el curso de la embarcación, que abarca: ángulos del timón, potencia, velocidad nominal y colocación de los remolcadores, punto de reducción de las revoluciones por minuto, tácticas de rebase o encuentro con otro buque, puntos de cambio de dirección, etc.

Esta complejidad en las operaciones y la diversidad de factores que intervienen, planteaban hasta hace algunos años la

forzosa necesidad de controlar la influencia del aspecto humano, con modelos de maniobrabilidad donde el piloto experimenta, ensaya y perfecciona las maniobras de acceso al puerto. Tales complicaciones se han aliviado en gran medida y tienden cada vez más a solventarse, con los nuevos sistemas electrónicos de control de curso y trayectoria de embarcaciones que se describen en el inciso 5.2.3.

› **Eficiencia de Ayudas a la Navegación**

Las ayudas a la navegación son aquellos elementos o instrumentos artificiales contruidos o manufacturados e instalados en el mar, en tierra o en el propio barco, que facilitan la operación de un barco tanto en alta mar como en un puerto.

En este sentido existen las ayudas externas al barco, las propias del barco y las que interrelacionan ambas.

Entre las primeras pueden mencionarse los faros, boyas, balizas de enfilación y de situación opacas, luminosas o eléctricas, radiobalizas y radiofaros de alta y baja frecuencia, estaciones radiogoniométricas y el Loran.

Dentro de las propias del barco están: las cartas de navegación, el compás, las brújulas magnéticas y giroscópicas, así como el sextante, el cronómetro, el escandallo o ecosonda, el diario electrónico de abordó, el sistema de radio comunicación marítima, etc.

En el caso de las ayudas con interrelación tierra – mar, se pueden mencionar: el radar, el sistema omega,

los sistemas electrónicos de control de tráfico marítimo por radio y televisión, los sistemas globales de posicionamiento por satélite como el GPS y DGPS, así como las nuevas tendencias que combinan algunos de éstos, como el sistema de vigilancia automática (ADS).

Durante la entrada del barco al puerto, se verifica su posición apoyándose en las ayudas externas, propias e interrelacionadas, con base en las cuales se predican y verifican las posiciones y movimientos futuros; la existencia de las ayudas necesarias y su eficiencia, son un factor determinante para definir la trayectoria a seguir por el barco, así como para realizar el trazado de los canales de navegación y las dársenas dentro del puerto.

En los criterios de dimensionamiento que se exponen en este capítulo, se da por hecho que las ayudas a la navegación trabajan eficientemente, para permitir a los pilotos ubicarse en las áreas navegables, cualquiera que sea la visibilidad.

5.2.3 Condiciones de Operatividad. Metodología

El nivel de operatividad de un puerto se mide respecto al lapso de tiempo en que es posible que los barcos efectúen maniobras en sus áreas de agua interiores.

La buena operatividad de un puerto está relacionado con la presencia de valores propicios de oleaje, viento y corrientes, en tal forma que las maniobras de

navegación en canales y dársenas puedan ejecutarse.

Normalmente se establece como meta un porcentaje del tiempo anual, en el que se pretende tener el puerto abierto bajo condiciones favorables en las dársenas de servicio, para estar en posibilidades de realizar las operaciones de carga y descarga en los muelles.

Los porcentajes de operatividad deseables en cualquier puerto o instalación marítima a nivel mundial, están enfocados a alcanzar rendimientos mayores al 95% del tiempo anual; en otras palabras, la tendencia es a reducir al mínimo el porcentaje de inoperatividad del nuevo puerto y sus instalaciones.

En este capítulo se expone brevemente la metodología para determinar la operatividad de las áreas de agua, en relación a la agitación causada por la penetración del oleaje hacia el interior del puerto; este parámetro es el que se utiliza para optimizar sus obras, principalmente las escolleras de protección.

En cuanto a las corrientes marinas, se deberán tratar de evitar con la orientación de la entrada, mientras que los vientos impondrán el nivel de operatividad prevaleciente de acuerdo a sus magnitudes.

En la **Figura 5.7**, se presenta el flujograma de las actividades que deben realizarse para obtener la operatividad de un puerto y a continuación se hace una breve descripción de éstas.

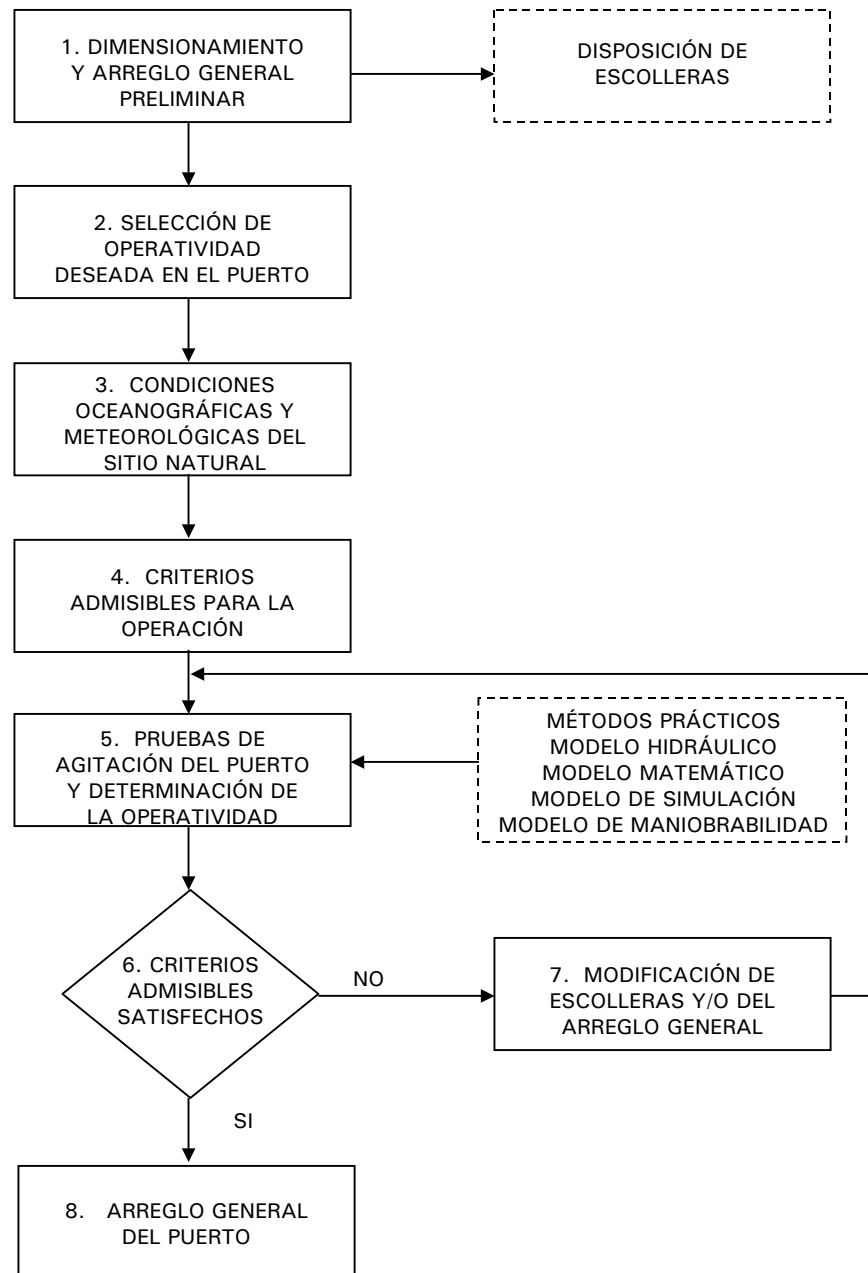


Figura 5.7 *Flujograma de Actividades para la Operatividad de un Puerto*

1. Dimensionamiento y Arreglo General Preliminar

Con base en los criterios expuestos en este manual, se dimensionarán las áreas de agua y las áreas terrestres para los diferentes tipos de carga a manejar y para los cuales deberá seleccionarse un buque de diseño.

Una disposición de estas áreas, siguiendo el criterio de dejar más alejadas del acceso al puerto, las instalaciones que para su operación requieran de mayor calma, como de menor profundidad, conduce a un arreglo general preliminar.

2. Selección de Operatividad deseada en el Puerto

De acuerdo a la política de operación analizada en la planeación general, se fijará la operatividad deseada para el puerto, en términos del porcentaje del tiempo total del año. Actualmente es usual pretender a nivel mundial operatividades del orden del 99%, en relación con el efecto de la penetración del oleaje.

En marinas y puertos turísticos debe buscarse que esta operatividad sea posible durante todo el año.

3. Condiciones Oceanográficas y Meteorológicas del Sitio Natural

A partir de mediciones en campo o de fuentes de recopilación estadística de datos de oleaje, se obtiene el régimen anual de oleaje de frecuencias acumuladas, de tal manera que para

diferentes alturas de ola, se conozca su porcentaje de acción acumulado durante el año, fuera del puerto.

Por otra parte y a través de mediciones directas e información estadística, puede obtenerse el patrón de corrientes marinas del área de estudio, por época del año.

A su vez, recurriendo a las mediciones realizadas por el Servicio Meteorológico Nacional, se obtienen los ciclones que han tenido influencia sobre el litoral donde se efectuará el estudio, seleccionando de entre ellos, los que hayan producido efectos más severos.

En el capítulo 3 se presenta en forma gráfica el régimen anual de oleaje, los valores de las corrientes y las condiciones extremas de huracán, que se han presentado en la República Mexicana.

4. Criterios Admisibles para la Operación

Dentro de la planeación general del puerto y de acuerdo a la selección del barco de diseño para cada tipo de carga, se deben investigar las condiciones oceanográficas bajo las cuales es posible: maniobrar la embarcación en el vaso interior, efectuar maniobras en las dársenas y durante el atraque, o realizar operaciones de carga y descarga en los muelles. La finalidad de ello, es establecer los límites máximos de altura de ola admisibles, hasta los que es posible realizar todas estas operaciones en forma ininterrumpida; rebasados estos valores, las operaciones se van limitando hasta suspenderlas inevitablemente.

Después de suspendidas las operaciones, el barco permanece atracado; sin embargo, si continúan incrementándose las condiciones de agitación o velocidad del viento, el barco ya no puede permanecer en el muelle y tendrá que salir a sortear el temporal en áreas marinas más extensas.

A esta segunda etapa se le conoce como condición de permanencia y al igual que la anterior, su objetivo es establecer un límite máximo de altura de ola, después

del cual el barco tiene que abandonar el muelle.

Estas condiciones varían con el tipo y tamaño del barco, así como el equipo empleado para la carga y descarga; sus valores límite son producto de la experiencia basada en la observación de sistemas similares en otros puertos del mundo. En la **Tabla 5.5** se presenta un resumen de tales condiciones, proporcionado por J. Stating del Laboratorio de Hidráulica de Delft, Holanda.

TABLA 5.5
CONDICIONES ADMISIBLES DE OPERACIÓN PARA MANIOBRAS DE
CARGA – DESCARGA EN LOS BARCOS

TIPO DE BARCO	TAMAÑO DEL BARCO (T.P.M.)	ALTURA Y PERÍODOS DE OLA MÁXIMA			
		CONDICIÓN DE OPERATIVIDAD		CONDICIÓN DE PERMANENCIA	
		ALTURA (m)	PERÍODO (seg)	ALTURA (m)	PERÍODO (seg)
Contenedores	< 20,000	0.3	< 6.0	0.75	< 7.0
Carga General	< 20,000	0.5	< 7.0	0.75	< 7.0
Roll on - Roll off	< 20,000	0.5	< 7.0	0.75	< 7.0
Granelero (descargando)	< 20,000	0.5	< 7.0	0.75	< 7.0
	20,000 – 60,000	0.75	< 8.0	1.0 – 1.5	< 8.0
	60,000 – 120,000	1.0	< 9.0	1.5 – 2.0	< 9.0
	> 120,000	1.25	< 9.0	2.0 – 2.5	< 10.0
Granelero (cargando)	< 20,000	0.50 – 0.75	< 7.0	0.50 – 0.75	< 7.0
	20,000 – 60,000	1.0 – 1.5	< 8.0	1.0 – 1.5	< 8.0
	60,000 – 120,000	1.5 – 2.0	< 9.0	1.5 – 2.0	< 9.0
	> 120,000	2.0 – 2.5	< 10.0	2.0 – 2.5	< 10.0
Granel Líquido (cargando y descargando)	< 20,000	0.50 – 0.75	< 7.0	0.50 – 0.75	< 7.0
	20,000 – 60,000	1.0 – 1.5	< 8.0	1.0 – 1.5	< 8.0
	60,000 – 120,000	1.5 – 2.0	< 9.0	1.5 – 2.0	< 9.0
	> 120,000	2.0 – 2.5	< 10.0	2.0 – 2.5	< 10.0
Petroquímico LNG	130,000 m ³	1.7 – 2.5	< 8.5	1.7 – 2.5	< 8.5
		1.2 – 1.9	8.5 – 10.0	1.2 – 1.9	8.5 – 10.0
		0.6 – 1.2	10.0 – 12.0	0.7 – 1.2	10.0 – 12.0
		0.3 – 0.7	12.0 – 15.5	0.4 – 0.7	12.0 – 15.5
Pesqueros		0 – 0.30	< 6.0	0.5	< 7.0

Adicionalmente, para la operación de torres y grúas de operación durante los movimientos de carga – descarga en el muelle, existe la limitante de detenerlas cuando la velocidad del viento alcanza los 25 Kph.

5. Pruebas de Agitación del Puerto y Determinación de la Operatividad

› Métodos Prácticos

Con los datos de altura de ola se realizan los análisis de penetración de oleaje en el arreglo general preliminar obtenido del dimensionamiento.

El análisis en este caso se realiza de forma analítica, tomando las direcciones de ola reportadas en el régimen de oleaje y haciéndolas incidir sobre las escolleras de protección del puerto; a partir de estas obras se inicia el fenómeno de difracción del oleaje, que penetra hacia el área protegida y se refleja en los extremos de las dársenas y pantallas de los muelles.

Este estudio puede realizarse de una manera práctica, estudiando la difracción en forma separada.

› Modelos Hidráulicos

Debido a que en la realidad se presentan simultáneamente tres fenómenos de oleaje: difracción, refracción y reflexión, el mejor método para determinar la agitación y por lo tanto los coeficientes de reducción del oleaje en cualquier zona del puerto, es mediante ensayos de modelos hidráulicos contruidos a escala.

› Modelos Matemáticos

Otra forma de reproducir los fenómenos de oleaje mencionados y establecer los niveles de agitación en el vaso portuario, se realiza utilizando modelos matemáticos en computadora, debido a que reducen considerablemente el tiempo de ejecución de los estudios.

El resultado que se obtiene en estos tres tipos de modelos, es un esquema del vaso portuario en planta con sus coeficientes de reducción a la altura de ola, ya afectados por las obras de protección, las profundidades y demás fronteras de las áreas de agua proyectadas en el puerto.

› Modelos de Maniobrabilidad

Estos modelos sirven para verificar, adecuar y/o optimizar el dimensionamiento horizontal de las áreas de agua y el arreglo general del puerto, considerando los aspectos de trayecto y maniobrabilidad de las embarcaciones dentro del mismo. En este caso se busca balancear el comportamiento simulado del barco de acuerdo a las acciones de control de navegación que se apliquen bajo el efecto del oleaje.

Las técnicas que se emplean para ello, son:

Modelos a escala reducida

Simuladores de maniobras de navegación

En los **modelos reducidos**, se aprovecha el mismo modelo hidráulico donde se estudian los efectos de agitación, reproduciendo el barco a escala (autopropulsado o remolcado desde

tierra), el cual se controla mediante una computadora implementada con un modelo matemático, donde el navegante determina las acciones del barco (posiciones del timón, revoluciones de la propela), considerando las ayudas a la navegación y simulando el trabajo de los remolcadores mediante ventiladores montados en el barco. La posición del buque se mide a través de rayos láser y cualquier otro dato importante se transmite por radio a la computadora, en la que el navegante toma decisiones.

Los modelos **simuladores de navegación** (denominados de tiempo real o de misión completa), obtienen las respuestas de una embarcación cuando maniobra en el vaso portuario ante los efectos de viento, corriente y oleaje, aplicados por un modelo matemático; mientras la tarea de las maniobras se acciona con un piloto y un timonel, a través de un modelo de cómputo con técnicas de animación visual, que cuenta con el puente de comando del barco a escala, provisto con los instrumentos más importantes de navegación, y en el que se presenta la vista exterior con los límites del paso navegable, las ayudas a la navegación, el posible tráfico marítimo, etc. Así, el navegante selecciona los ángulos del timón, las revoluciones, etc., que son datos de información para el modelo, el cual a su vez refleja las maniobras del barco, así como los cambios en los instrumentos de navegación y de la vista exterior.

En estos simuladores interactúan tres componentes básicos de modelación:

a) Entorno, en el que se superponen las fuerzas físicas a las que estará sujeta

la embarcación: viento, oleaje y corrientes, con sus características de magnitud, duración, período, etc.

b) Fuerzas dinámicas de respuesta del barco, en donde es posible:

- › Calcular las fuerzas que actúan sobre el barco en su interacción con los factores del entorno físico.
- › Determinar el efecto dinámico de estas fuerzas sobre la maniobrabilidad y control de la embarcación; y
- › Reproducir las acciones que el capitán del barco debe desarrollar para controlar y maniobrar adecuadamente respecto al timón, la operación de máquinas, acción de las propelas, etc., además de simular la asistencia de remolcadores y otras acciones externas.

c) Movimiento de la embarcación y de la dinámica del entorno físico, mediante animación visual.

› **Recomendaciones**

En la utilización de los modelos antes planteados, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Para optimizar el arreglo general del puerto, deben reproducirse lo mejor posible los cambios en el patrón de oleaje y la trayectoria del barco en relación a las modificaciones que se hagan de dicho arreglo. Para esta etapa resulta mejor utilizar un modelo físico, donde se pueden comparar alternativas utilizando un navegante

matemático; ya que en los simuladores, las variantes que pueden aplicar diferentes navegantes, no conllevan a modificaciones importantes del arreglo general indicados por los factores físicos.

2. Las pruebas con el simulador de maniobras, deben efectuarse una vez determinado el arreglo general más apropiado.
3. Para reducir el tiempo y número de pruebas en modelos, se recomienda un estudio en modelo matemático para la trayectoria de los barcos y la determinación de las dimensiones horizontales del arreglo general, antes de efectuar pruebas en el modelo físico o el simulador.
4. En ocasiones la combinación de un modelo físico y uno matemático resulta suficiente, auxiliándose de algún modelo que simule los efectos del flujo sobre la trayectoria del barco.

› Metodología

El procedimiento para determinar la operatividad del puerto, en base a los análisis y/o modelos descritos, conlleva los siguientes pasos:

- a. Dividir las áreas de agua del puerto de acuerdo a los barcos de diseño planteados y los límites de las condicionantes oceanográficas que les corresponden.
- b. Tabular el régimen de oleaje por rangos de altura y tiempo de actuación.

- c. Aplicar a cada rango de oleaje por dirección, el coeficiente de refracción obtenido en la bocana del puerto.
- d. Con el modelo de agitación, determinar los coeficientes totales de reducción del oleaje en las distintas áreas, afectando los valores obtenidos con los de la refracción en la bocana, para cada dirección y los distintos rangos de oleaje.
- e. Comparar los valores obtenidos con los límites de operación: si la altura de ola es mayor a la admisible, durante su tiempo de acción no tendrá operatividad esa área del puerto, en caso contrario, ese tiempo permitirá una adecuada operatividad en esa área.
- f. Sumando los tiempos de acción del oleaje en los que no se rebasa el límite de las condicionantes y dividiéndolo entre los anuales de acción del oleaje, se obtiene el porcentaje real de operatividad de cada área de agua del vaso interior del puerto.

Los porcentajes obtenidos en cada área sopesados en la superficie total del vaso, determinan la operatividad del puerto.

6. Criterios Admisibles Satisfechos

Con los resultados de las pruebas de agitación en el arreglo general, se procede a realizar un análisis comparativo con los criterios admisibles de operación establecidos en el inciso cuatro. Si los valores de altura de ola obtenidos concuerdan o son menores que los admisibles, el puerto tendrá la

operatividad deseada; en caso contrario se procede a realizar adecuaciones.

7. Modificación de Escolleras y/o Arreglo General

En caso de no cumplir con los criterios generales de operación, es necesario efectuar modificaciones a la longitud y orientación de las escolleras, cambiar taludes de los paramentos para hacerlos menos reflejantes y en ocasiones, hasta modificar la orientación y dimensiones de las áreas del puerto.

Esta serie de modificaciones se efectúan hasta cumplir con los criterios admisibles establecidos, efectuando cada vez las pruebas de agitación correspondientes.

Si por alguna razón no se logran obtener los valores admisibles, será entonces necesario calcular la operatividad que es posible garantizar, que siempre será menor a la inicialmente fijada.

8. Arreglo General del Puerto

El arreglo general del puerto después de haber sido modificado para cumplir con los criterios admisibles de operatividad, será el definitivo y conformará la base para las etapas subsecuentes de la planeación.

Obras de Protección

Determinado el abrigo necesario del vaso portuario, se procede a definir la planta de las obras de abrigo, en base a la batimetría, los planos de oleaje, etc.

Entre todas las soluciones posibles de arreglo de obras de protección, se tiene la siguiente clasificación:

1. Obras Paralelas a la Costa

Esta solución suele usarse en puertos exteriores ganados al mar, no muy alejados de la costa; o bien, cuando no se dispone de espacios tierra adentro (por la cercanía de una población, por existir terreno rocoso, etc.), y pueden estar aisladas de la costa.

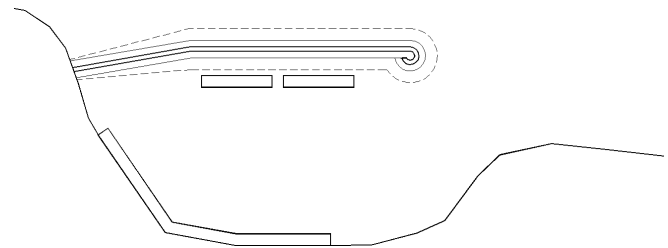


Figura 5.8 Obras de Protección Paralelas a la Costa

2. Obras Convergentes

Este tipo es muy utilizado en busca del calado necesario para la boca de entrada. En este caso se debe tener cuidado con las áreas de agua disponibles, ya que el puerto quedará encajado entre las obras.

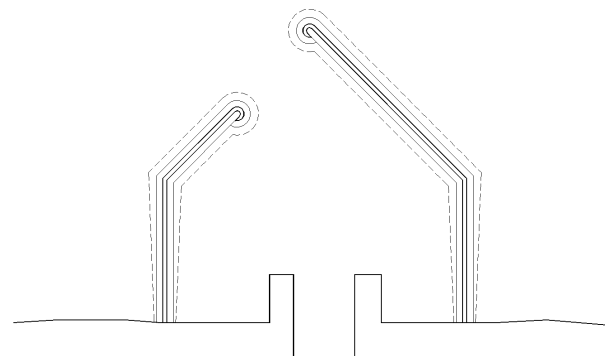


Figura 5.9 Obras de Protección Convergentes

3. Obras Perpendiculares a la Costa

Estas se proyectan normalmente en puertos fluviomarítimos o puertos creados en tierra mediante dragados.

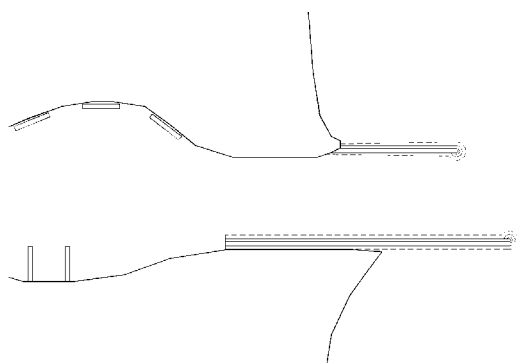


Figura 5.10 Obras de Protección Perpendiculares a la Costa

► Dimensionamiento de Obras de Protección

En la actualidad se utilizan normalmente obras de talud o diques, que se construyen a base de enrocamiento en capas, protegidas con una coraza de roca o de elementos artificiales de concreto hidráulico simple, como pueden ser: cubos, tetrápodos, tribarras, acrópodos, core-loc, etc.; en algunos casos se emplea la bolsacreto, consistente en bolsas de material plástico rellenas de mortero cemento – arena.

Dentro de estas obras se distinguen dos tipos de estructura similares en su forma y composición estructural. Estas son: "Rompeolas", cuando se construyen en la costa para crear áreas protegidas para

la navegación de embarcaciones; y "Escolleras", si se construyen por pares en la desembocadura de un río con la función achiflonar la corriente para evitar el azolvamiento de la boca y detener el transporte litoral en esa franja de costa.

Los enfoques más recientes del dimensionamiento de un dique de talud, pretenden precisar la posibilidad de falla de una estructura en base a una función de respuesta "G", acorde a la condición límite que se analiza; esto es:

$$G = R - S$$

Donde:

R = Resistencia del Sistema

S = Sobrecarga del Sistema

Un valor negativo de "g" constituye una condición de falla, cuya probabilidad es $P_f = P(G \leq 0)$.

Al efecto, las respuestas al modo de falla de una estructura se muestran en la **Figura 5.11**, y se clasifican como sigue:

- Desplazamiento, erosión o fractura de elementos de las corazas exterior o interior, o de la berma al pie del talud (producidas como círculos de falla).
- Rebase pleno del oleaje o remonte de la ola por el talud (Run-up)
- Inestabilidades geotécnicas (asentamientos del núcleo o del terreno natural)
- Movimiento o fractura del muro de la corona o espaldón.

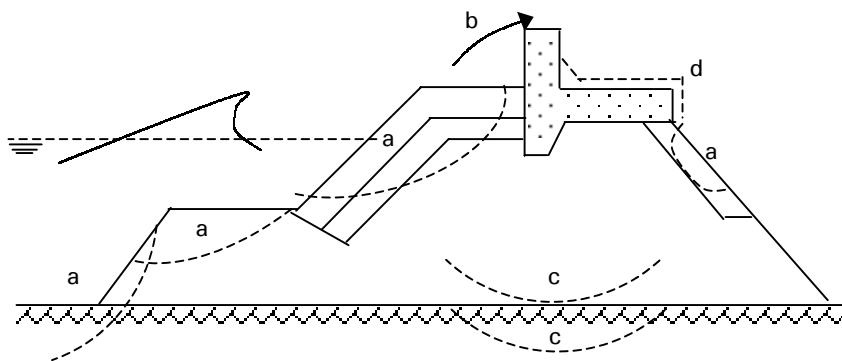


Figura 5.11 Modos de Falla de un Dique de Talud

Los criterios de dimensionamiento que se describen aquí, cubren básicamente los casos a y b, mientras que los incisos c y d tienen más que ver con aspectos constructivos o de estudios previos.

Con estas premisas, se han desarrollado y continúan investigándose procedimientos de diseño para aplicar factores de seguridad a los parámetros característicos del sistema, que se aplican directamente a las fórmulas existentes o sobre ajustes lineales de distribuciones de probabilidad de las variables o a funciones reales no lineales de su densidad de probabilidad.

Una expresión del primer tipo, es:

$$G = \frac{R}{\gamma_R} - \gamma_s S > 0$$

Donde γ_R y γ_s son los coeficientes parciales de seguridad aplicados a cada variable o grupo de ellas, y donde el factor de seguridad del sistema se calcula como $F_s = \gamma_R \cdot \gamma_s$.

En el caso de usar probabilidades, las expresiones tienen la forma:

$$R = \mu(R) - K_R \sigma_R$$

$$S = \mu(S) - K_S \sigma_S$$

Siendo μ y σ , la media y desviación estándar de la resistencia y la sobrecarga del sistema respectivamente; siendo el segundo término el que mide los errores e incertidumbres del valor de los parámetros utilizados, donde $K_R = 1.64$ y $K_S = 0$, para daños menores al 5%.

Estos procedimientos se aplican para revisión de obras ya construidas, determinando el nivel de seguridad que presentan, aunque también es posible emplearlos para diseño de proyectos, donde se desea obtener un cierto nivel de seguridad con un porcentaje de daños que se fija en la concepción del proyecto. No obstante, para su aplicación se requiere una gran cantidad de información oceanográfica y valores muy precisos de observaciones realizadas en varios temporales, que garanticen la confiabilidad del método probabilístico empleado (Gumbel, Exponencial, etc.), lo que en nuestro país resulta difícil de lograr. Detalles de estos procedimientos pueden consultarse en las referencias bibliográficas.

Por lo anterior, en este manual solo se presentan las expresiones básicas de diseño que garantizan un nivel de daños menor o igual al 5% del volumen de la coraza de protección y donde se ha

verificado en el caso de elementos artificiales, que puede existir una variación del 5 a 10% en los resultados reales.

» Métodos Empíricos

Para el dimensionamiento de diques de talud existen un sinnúmero de procedimientos empíricos, basados en resultados de ensayos de laboratorio con modelos hidráulicos a escala; no obstante, los estudios más recientes realizados por PIANC, recomiendan fundamentalmente dos métodos:

- a) **Hudson**, que ha sido empleado durante los últimos treinta años con muy buenos resultados, a pesar de que ha sufrido adecuaciones con el tiempo. Este procedimiento proporciona la mejor base para el diseño preliminar y la comparación de alternativas para evaluación de costos.

La fórmula de Hudson determina el peso de un elemento de protección "M" como sigue:

$$M = \frac{\rho_w H^3}{K_D \Delta^3 \text{ctg} \alpha}$$

Factor de sobrecarga del sistema:

H = Altura de ola de diseño

Factores resistentes del sistema:

$\Delta = (\rho_w/\rho - 1)$ donde ρ_w y ρ son las densidades del material del manto protector y del agua de mar respectivamente.

$\text{ctg} \alpha$ = Cotangente del ángulo del talud con la horizontal

K_D = Coeficiente empírico de estabilidad adimensional,

dependiente del tipo de elementos de coraza; que corresponde en la fórmula general a la condición $G \geq 0$ y $P_f = 0$ al 5%.

La última edición de SPM recomienda utilizar $H = H_{1/10}$ (altura de la décima parte de las olas más altas), en lugar de H_s , como medio de introducir un nivel de seguridad en el diseño.

Una forma común de expresar esta fórmula es a través del número de estabilidad "Ns" y el diámetro nominal de un elemento de protección:

$$N_s = \frac{H}{\Delta D_n} = (K_D \text{ctg} \alpha)^{1/3}$$

$$\text{con } D_n = \left(\frac{M}{\rho_w} \right)^{1/3}$$

El coeficiente K_D es la medida del grado de susceptibilidad de sufrir daños o averías en el dique, representado por el volumen de material desplazado o eliminado del perfil de la sección original, expresado como un porcentaje del volumen total ocupado por el manto de protección. El valor de K_D ha sido determinado para distintas condiciones de daño y diferentes tipos de elementos de protección; sin embargo, para los K_D normales recomendados por Hudson (**Tabla 5.6**), consideran daños $\leq 5\%$.

El criterio de Hudson está planteado para condiciones de "oleaje regular"; sin embargo, estudios de la fórmula efectuados por Van der Meer, demuestran que si se emplea "oleaje

irregular", existen desviaciones máximas del 18% en el valor de $K_D^{1/3}$,

lo que proporciona gran confiabilidad aún en ese caso.

TABLA 5.6
VALORES DE K_D (HUDSON)

TIPO DE ELEMENTO EN LA CORAZA	N° DE ELEMENTOS DE LA CORAZA	COLOCACIÓN	CUERPO DE ESCOLLERA (K_D)		MORRO DE ESCOLLERA (K_D)		TALUD $ctg\alpha$
			OLA ROMPIENTE	OLA NO ROMPIENTE	OLA ROMPIENTE	OLA NO ROMPIENTE	
PIEDRA:							
Lisa Redondeada	2	Azar	1.2	2.4	1.1	1.9	1.5 a 3.0
Lisa Redondeada	> 3	Azar	1.6	3.2	1.4	2.3	1.5 a 3.0
Rugosa Angulada	2	Azar	2.0	4.0	1.9, 1.6, 1.3	3.2, 2.8, 2.3	1.5, 2, 3
Rugosa Angulada	> 3	Azar	2.2	4.5	2.1	4.2	1.5 a 3.0
ELEMENTOS ARTIFICIALES							
Tetrápodo / Cuadrípodo	2	Azar	7.0	8.0	5, 4.5, 3.5	6, 5.5, 4	1.5, 2, 3
Tribarra	2	Azar	9.0	10.0	8.3, 7.8, 6	9, 8.5, 6.5	1.5, 2, 3
Dolo	2	Azar	15.8	31.8	8, 7	16, 14	2, 3
Cubo Modificado	2	Azar	6.5	7.5	–	5.0	1.5 a 3.0

Estudios de esta expresión realizados por Van der Meer, con elementos artificiales en la coraza de obras sin remonte de oleaje y con taludes típicos, condujeron a los resultados de la **Tabla 5.7**, y permiten diseñar considerando desde ningún daño hasta el porcentaje de ellos, que el proyecto permita.

TABLA 5.7
DISEÑO DE CORAZA CON ELEMENTOS ARTIFICIALES

TIPO DE ELEMENTO	$H_s/\Delta D_n$ SIN DAÑOS $N_d = 0$	CON NIVEL DE DAÑOS $N_d \geq 0$
Acrópolis $\text{ctg } \alpha = 1.33$	3.7*	4.1 (daños severos)
Tetrápodo $\text{ctg } \alpha = 1.5$	$0.85 \left(\frac{1}{S_m} \right)^{0.2}$	$\left[3.75 (N_d^{0.5} / N_z^{0.25}) + 0.85 \right] x$ $\left(\frac{1}{S_m} \right)^{0.2} \leq 1.5$ (daños severos)
Cubos $\text{ctg } \alpha = 1.5$	$1.0 \left(\frac{1}{S_m} \right)^{0.1}$	$\left[6.7 (N_d^{0.4} / N_z^{0.03}) + 1 \right] x$ $\left(\frac{1}{S_m} \right)^{0.1} \leq 2.0$ (daños severos)

(*) Van der Meer recomienda un valor de 2.5 como seguridad, dada la escasa diferencia de 3.7 a 4.1
 N_d = Número de elementos desplazados de la coraza por ancho D_n (nivel de daños)

$$N_z = \frac{T_R}{T_M} \quad \begin{array}{l} \text{(duración del registro o tiempo de la marejada)} \\ \text{(período medio del oleaje)} \end{array}$$

$$S_m = \frac{2 \pi H}{g T_m^2} \quad \text{(peralte de la ola)}$$

Hudson ha sido criticado por no considerar el período del oleaje, ni distinguir los casos de oleajes rodante y ondulante; sin embargo, las pruebas que realizó junto con Jackson, avalan las peores condiciones de oleaje y demostraron que en el rango de $0.15 < d/L < 0.50$ (d , profundidad y L , longitud de ola), la influencia del período del oleaje no es importante,

no así en el caso de aguas someras ($d/L < 0.05$).

- b) **Van der Meer**, en su procedimiento considera parámetros no estimados en la expresión de Hudson, como son el período del oleaje y la distinción entre un oleaje rompiente (plunging) y uno ondulante (surging). Estos últimos se esquematizan en la **figura 5.12**.

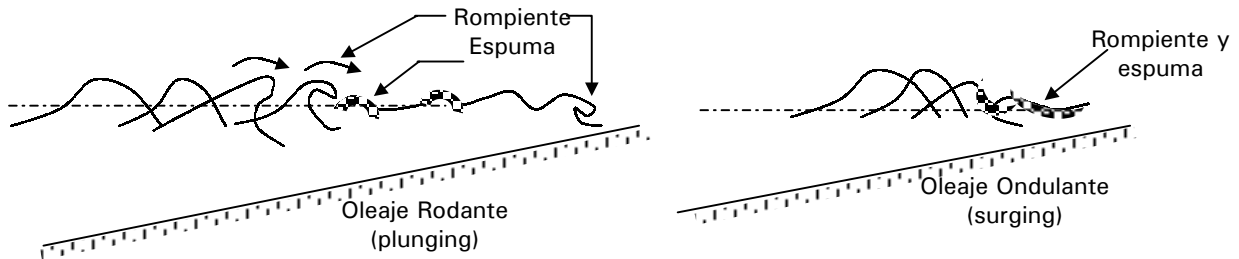


Figura 5.12 Oleajes Rodante y Ondulante

Este criterio tiene importancia debido a que diferencia los dos tipos de oleaje mencionados. Sin embargo, las fórmulas son válidas únicamente para taludes continuos en aguas profundas coronadas arriba del remonte (Run-up) de la ola y no garantizan resultados cuando hay cambios en el talud del fondo o de la corona; por lo que en esos casos serán necesarias verificaciones con pruebas en modelos hidráulicos. Sus expresiones utilizan el Número de Iribarren como parámetro del oleaje que toma en cuenta el período y la altura del mismo; esto es:

$$I_m (\text{Número de Iribarren}) = \frac{\text{tg} \alpha}{S_m^{1/2}}$$

$$I_c (\text{Número crítico de Iribarren}) = \left[6.2 P^{0.31} (\text{tg} \alpha)^{0.5} \right] \frac{1}{P+0.5}$$

Donde: P_m es el factor de permeabilidad ($0 < P < 1$)

Las expresiones de diseño son:

Para oleaje rompiente tipo "**Rodante**" (plunging): $I_m \leq I_c$

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = 6.2 P^{0.18} I_m^{-0.5} \left(\frac{s}{\sqrt{N}} \right)^{0.2}$$

Y para el caso del "**Ondulante**" (surging): $I_m \geq I_c$

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = 1.0 P^{-0.13} I_m^P \left(\frac{s}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} (\text{ctg} \alpha)^{0.5}$$

Siendo

$$S = \frac{A_e}{D_{n50}^2} (\text{sobrecarga del sistema})$$

A_e = Area erosionada de la sección transversal

D_{n50} = Diámetro nominal medio calculado

En estas ecuaciones los coeficientes 6.2 y 1.0 pueden presentar variaciones del 6.5 y 8% respectivamente con relación a los resultados esperados, lo que asegura su confiabilidad.

Para el caso de un **Dique con Corona Baja**, plantea un factor f_i que se aplica al parámetro $H_s/\Delta D_n$ de sus ecuaciones, para obtener la reducción del tamaño de la escollera, a medida que se reduce el nivel de la corona ($0 < R_c/H_s < 1$):

$$f_i = \frac{1}{\left[1.25 - 4.8 \left(\frac{R_c}{H_s} \right) \left(\frac{S_m}{2\pi} \right)^{0.5} \right]}$$

Donde: R_c = Francobordo de la corona

Para la **Estabilidad de una Berma** al pie del talud de la coraza exterior, colocada a un nivel h_t de la superficie del agua, en una estructura situada a una profundidad h_s , la ecuación de diseño está dada por:

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = 8.7 \left(\frac{h_t}{h_s} \right)^{1.43} \text{ donde } \frac{h_t}{h_s} > 0.5 \text{ (no es aplicable en aguas profundas)}$$

El efecto de remonte del oleaje (Run-up) sobre una estructura, produce daños en la corona y la coraza interior, así como oleaje importante en el lado de sotamar del dique. Además del método propuesto por el SPM, existen formas simples para calcular el Run-up en taludes sencillos, lisos y con coraza sin espaldón, recomendados por Van der Meer.

El run-up por encima del nivel estático del agua, dado por R_{ux} , puede obtenerse con:

$$\frac{R_{ux}}{H_s} = a I_m, \text{ para } I_m < 1.5$$

$$\frac{R_{ux}}{H_s} = b I_m^c, \text{ para } I_m > 1.5$$

Y para estructuras permeables ($P > 0.4$):

$$\frac{R_{ux}}{H_s} = d$$

Donde:

NIVEL DE EXCEDENCIA (%)	a	b	c	d
0.001	1.12	1.34	0.55	2.58
0.02	0.96	1.17	0.46	1.97
Significativo	0.72	0.88	0.41	1.35

Determinados los dos parámetros básicos del dique, se procede a dimensionar las demás componentes siguiendo las diferentes recomendaciones del SPM, como la que se ilustra en la **figura 5.13**.

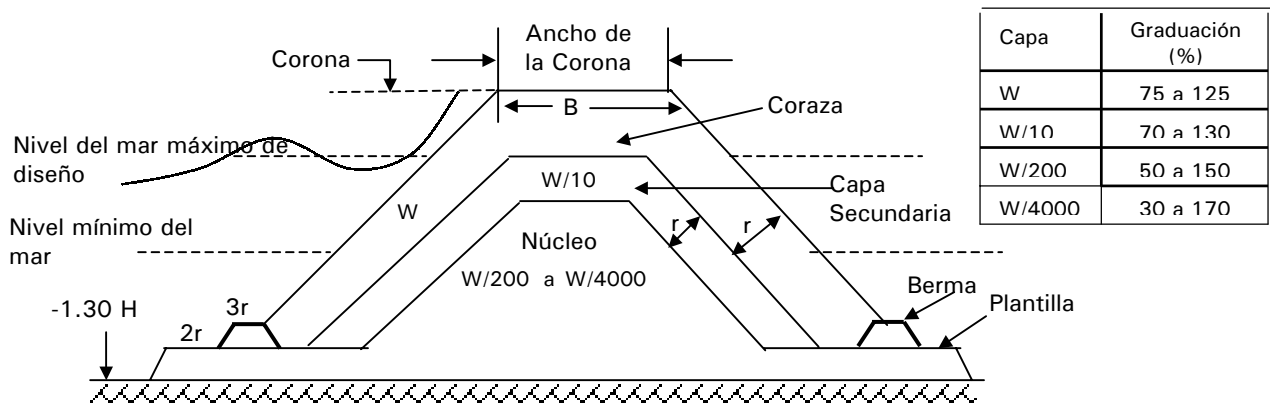


Figura 5.13 Sección Tipo para una Obra de Tres Capas de Material

Las expresiones complementarias de dimensionamiento son:

a) Ancho de corona:

$$B_c = n k_{\Delta} \left(\frac{W}{W_r} \right)^{1/3}$$

b) Espesor de las capas:

$$r = n k_{\Delta} \left(\frac{W}{W_r} \right)^{1/3}$$

Donde:

B_c = Ancho de la corona

n = Número de rocas (3 mínimo)

K_{Δ} = Coeficiente de acomodo (**Tabla 5.8**)

W = Peso de un elemento de coraza

Wr = Peso específico de un elemento de coraza

TABLA 5.8
COEFICIENTE DE ACOMODO K_{Δ}

ELEMENTO	Nº CAPAS	K_{Δ}	POROSIDAD (%)
Piedra redondeada	2	1.02	38
Piedra rugosa	2	1.15	37
Piedra rugosa	3	1.10	40
Tetrápodo	2	1.04	50
Cuadrípodo	2	0.95	49
Tribarra	2	1.02	54
Dolo	2	1.00	63
Cubo modificado	2	1.10	47

Se recomienda que la longitud del morro tenga una extensión en planta de 15 a 50 m y se mantenga el mismo peso y tipo de protección, tanto del lado del mar como en la parte protegida.

› Métodos de Laboratorio

Una vez definidas las dimensiones y características de los diques y tomando en cuenta: las incertidumbres de la información oceanográfica obtenida, las condiciones más o menos benignas del sitio, la disponibilidad económica, la magnitud de las obras, la relevancia del proyecto, etc., se procede o no, a construir modelos hidráulicos a escala reducida, con objeto de verificar el diseño realizado y/o en su caso, efectuar las modificaciones pertinentes.

Estos modelos básicamente son de dos tipos:

De dos dimensiones o "canal de olas", que consisten en una reproducción a

escala de la sección de dique por estudiar, que es colocado en el extremo final del canal; en el extremo inicial y utilizando batidores de agua movidas por electricidad, se generan las distintas condiciones de oleaje requeridas para la verificación del diseño.

Normalmente se efectúan pruebas de los tramos de dique proyectados con distintos pesos en los elementos de coraza, a los que se les aplica oleaje (regular o irregular) con altura y período determinados; además, se somete la estructura a oleajes extraordinarios de tormenta o huracán, con el fin de valuar el nivel de daños, y en su caso: modificar el perfil de la sección en cuanto a tamaño de los elementos, utilizar taludes diferenciados, cambiar el nivel de la corona, etc.

De tres dimensiones o "tanque de morros", donde se reproducen a escala partes del dique considerados críticos, como los cambios de dirección o codos, el morro de la obra, e incluso toda su longitud, a los que se aplican los oleajes de diseño y extraordinario para obtener los porcentajes de avería que se producen y realizar en su caso, las adecuaciones más convenientes.

Una vez definidas por los métodos explicados las dimensiones de una o más alternativas, de las obras de protección, se procede a efectuar un análisis relacionando la operatividad del puerto y el costo obtenido para cada alternativa de obras, pudiéndose elaborar gráficas como la de la **Fig. 5.14**, para determinar la solución óptima.

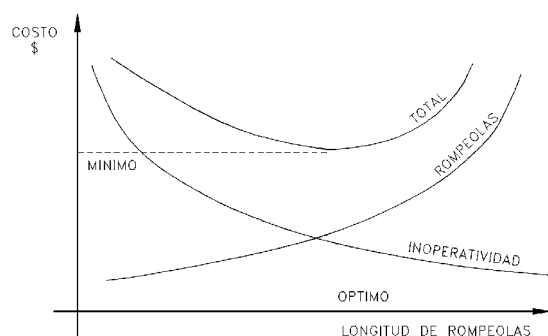


Figura 5.14 Diseño Optimo de Rompeolas

5.2.4 Acceso al Puerto

5.2.4.1 Bocana

Para su diseño, se requiere analizar dos aspectos fundamentales: la orientación y el ancho, que van ligados entre sí.

› Orientación de la Bocana

Para su orientación es necesario hacer estudios más detallados que involucren los aspectos de oleaje, viento y transporte litoral. En términos generales y cuando la bocana está limitada por dos escolleras, la mejor orientación será la que considere en la mejor forma, los siguientes aspectos:

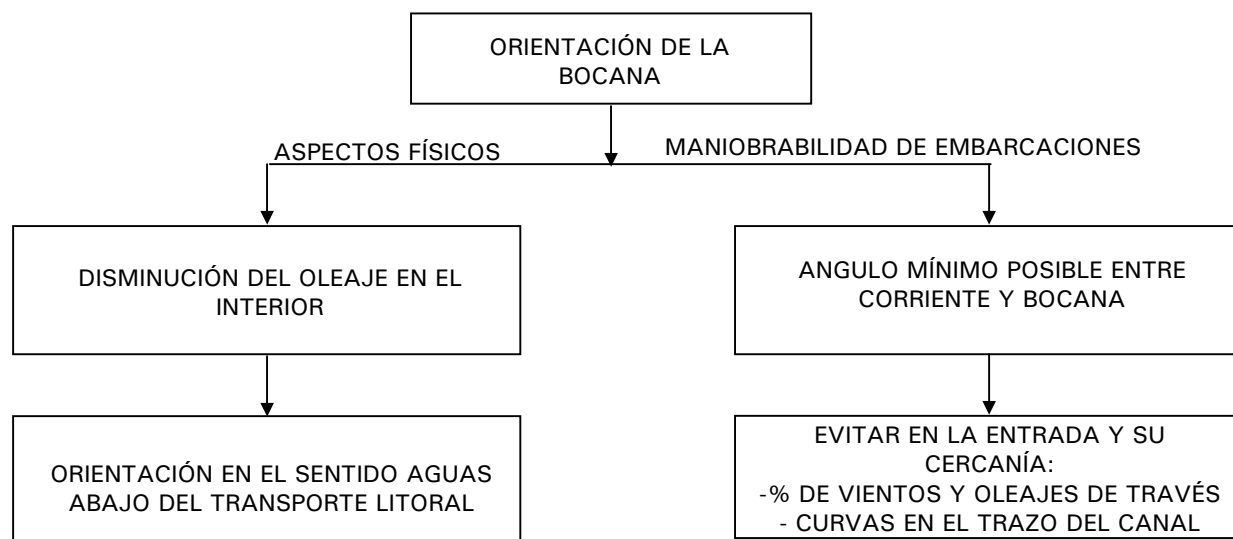


Figura 5.15 Aspectos que Intervienen en la Orientación de la Bocana

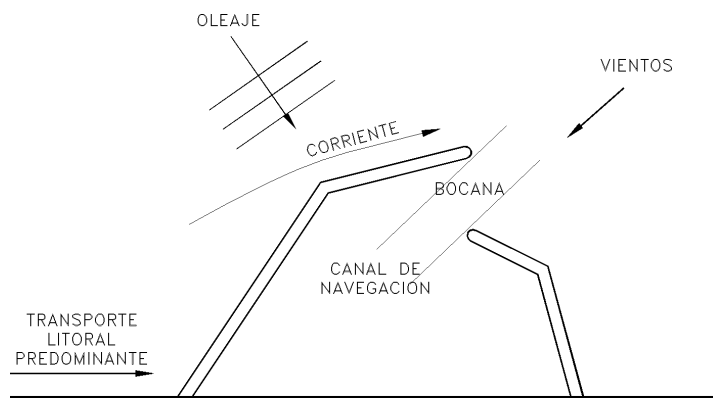


Figura 5.16 Orientación de la Bocana

» Ancho de la Bocana

Su dimensionamiento está ligado al ancho del canal de acceso, el cual se obtiene en base al barco tipo de mayor tamaño que se espera arribe al puerto, debiendo agregarle el espacio ocupado por las bermas de protección, que se proyectan a los lados del canal hasta el límite del pateo de la plantilla del talud de desplante interior, del morro de las obras de protección.

En general para puertos considerados como de usos múltiples, se tienen las siguientes recomendaciones para el ancho de la Bocana:

Técnica Europea	
Vía de Acceso:	
Circulación simple (1 barco)	5 M
Doble circulación (2 barcos)	8 M
Técnica Japonesa	
Tonelaje de Registro	
Bruto (T.R.B.):	
10,000	200 a 300 m
Tamaño medio	150 m
100 Ton	50 a 80 m
Otros Criterios	
Sin corrientes	6 M
Con corrientes	2 E

En puertos marítimos artificiales donde se efectúan recorridos cortos, se recomienda un ancho de 7 M (equivalente a una eslora), afectándolo por un coeficiente de 0.80, dependiendo del número y tamaño de los barcos de mayor eslora y las condiciones del mar en la bocana. La velocidad de la corriente en esta área, deberá ser menor a 2 nudos para permitir maniobras adecuadas de entrada.

En todo caso como índice de partida, se puede considerar lo siguiente:

TIPO DE PUERTO	ANCHO DE BOCANA (m)
Puertos pequeños	90
Puertos medianos	120 a 200
Puertos grandes	200 a 300

En el caso de arribo de barcos grandes (más de 12 m de calado), debe realizarse un estudio especial para determinar el ancho conveniente, ya que la ayuda de remolcadores facilita el cruce de la bocana y podría reducir esa dimensión.

5.2.4.2 Canal de Acceso

Los aspectos fundamentales a considerar en su dimensionamiento son:

- a) Alineamiento en planta
- b) Longitud del canal
- c) Ancho de canal:
 - En tramos rectos
 - En tramos curvos
- d) Profundidad

a) Alineamiento en Planta

Para el diseño óptimo de los canales, se dan las siguientes recomendaciones:

1. Deberán ser rectos de preferencia, y en el acceso tenderán a ser normales a la costa o paralelos a la dirección predominante de los temporales.
2. Por ningún motivo se aceptan curvas en "S"
3. El tramo de transición entre mar abierto y zona protegida, debe ser razonablemente recto.
4. En el interior del puerto, los cambios de dirección deben ser con los mayores radios de giro posibles, recomendándose las siguientes relaciones:

<u>Deflexión</u>	<u>Radio de Giro</u>
	<u>Mínimo</u>
< 25°	> 3E
25° - 30°	≥ 5E
> 30° (barcos mayores a 30,000 T.P.M.)	> 10E

5. Una sola curva es preferible a una sucesión de pequeñas o finas curvas, si el canal está adecuadamente señalado.
6. El canal debe estar orientado a las corrientes principales, sobre todo en el caso de corrientes por marea o en ríos, con el fin de minimizar desviaciones del barco.
7. Cuando existan corrientes transversales o vientos, es deseable que el ancho del canal considere un ángulo de deriva menor a 10 a 15°, para evitar problemas de control del barco.
8. En caso de pasajes estrechos como son los puentes, la ruta del canal debe ser recta y balizada en un tramo de cinco esloras del barco más grande, hacia ambos lados del puente.

b) Longitud del Canal de Acceso (Lca)

La longitud del canal de acceso está compuesta por una longitud exterior (Le), que depende de la pendiente natural del fondo marino; y por una distancia de parada (Dp), necesaria para la maniobra de frenado del barco.

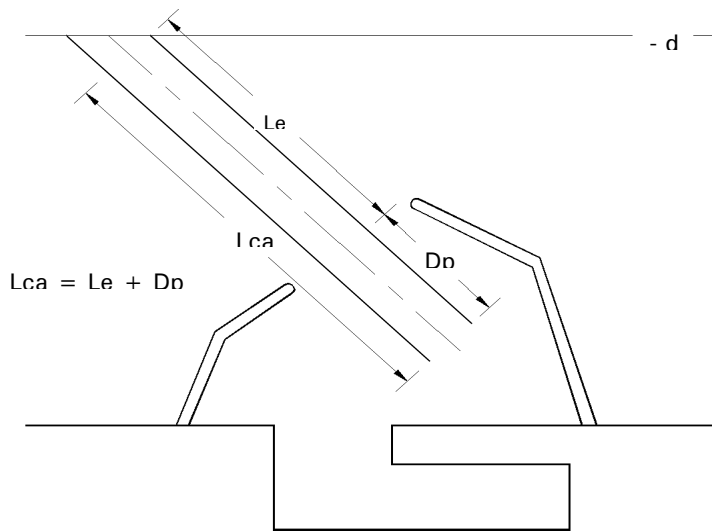


Figura 5.17 Longitud del Canal de Acceso

Distancia de parada (D_p). Como norma general la distancia de parada debe ser del orden de $5E$, a partir de que la popa del barco alcanza la zona protegida por los rompeolas; para velocidades del barco superiores a 5 nudos, se utiliza la fórmula:

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

Donde:

D_p = Distancia de parada

V_b = Velocidad del buque

E = Eslora

Existen gráficas específicas para la obtención de este parámetro (**Figura 5.18**), donde los datos de partida son la velocidad de aproximación, las características del buque de diseño y la forma en que se ejecuta el frenado, sea con marcha lenta atrás, media atrás, o toda atrás.

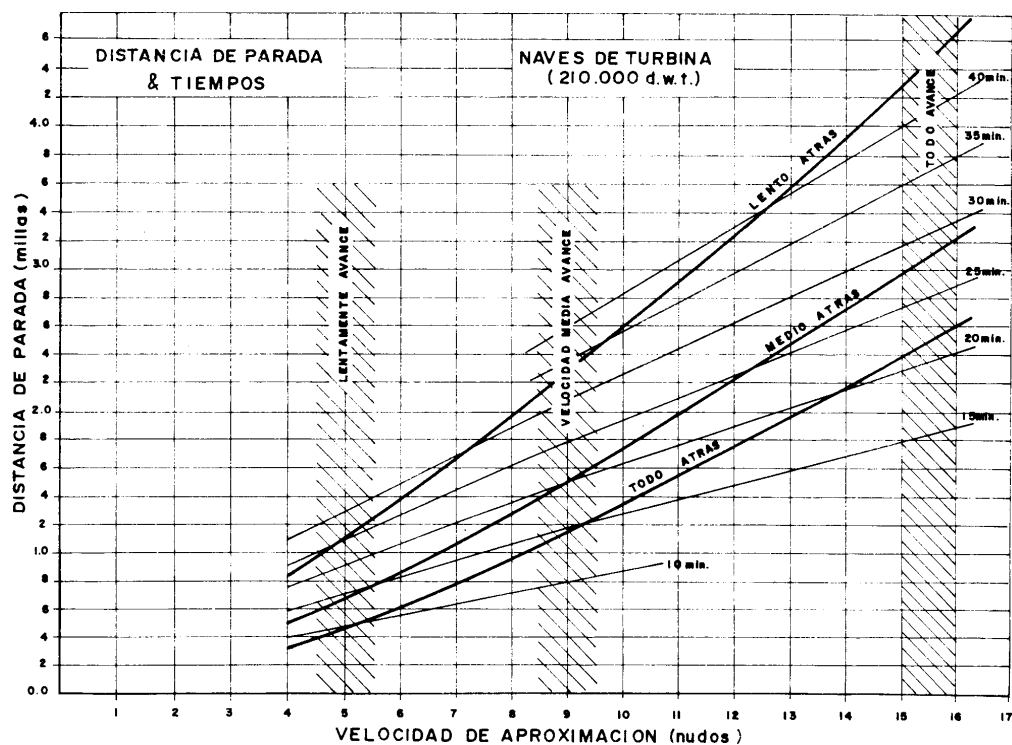
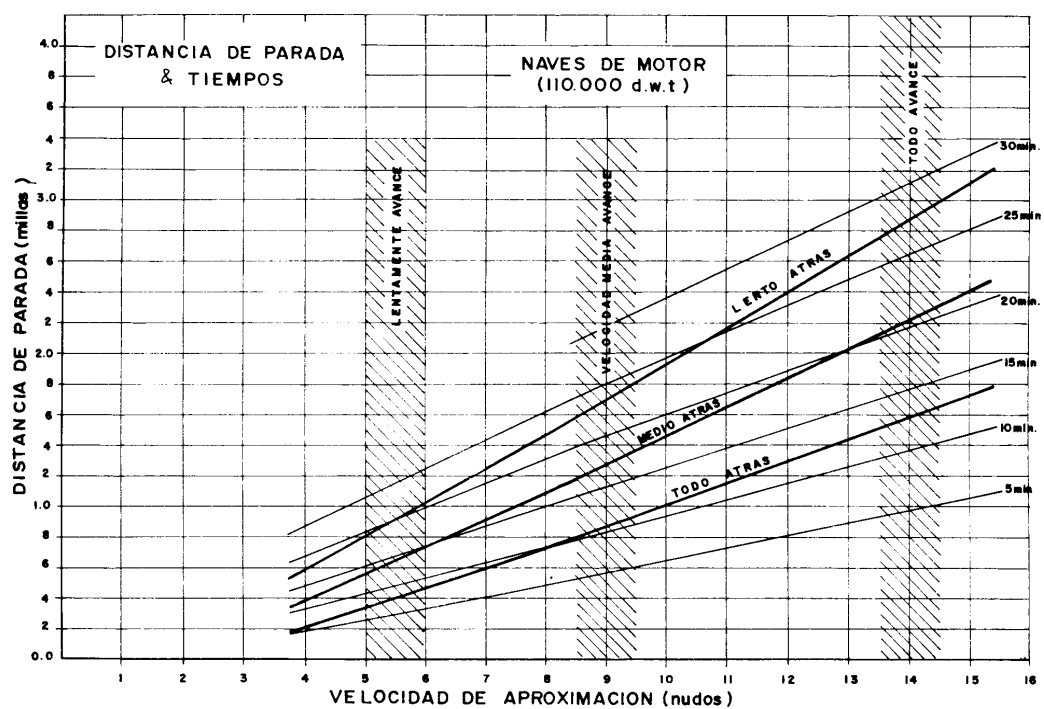


Figura 5.18 Distancias de Parada del Barco

El extremo final del canal debe quedar situado una distancia menor o igual a 2.5 M respecto a todo barco amarrado o al borde exterior del círculo de maniobras de cualquier barco anclado.

c) Ancho del Canal

Depende de los siguientes factores:

- › El barco de diseño (nivel de maniobrabilidad, dimensiones, tipo de carga, visibilidad global y velocidad)
- › Físicos, como vientos, corrientes y oleajes de través al canal.
- › Distancia libre de cruce entre 2 barcos
- › Distancia existente a las márgenes del canal

- › Profundidad y trazo en planta del canal
- › Tipos de carga (común y peligrosa)
- › Ayudas a la navegación (balizamiento, radar, etc)

El ancho del canal recomendado por PIANC para una sola vía de navegación, es:

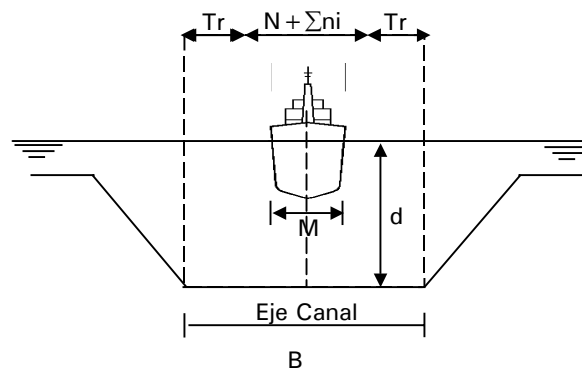
$$B = Tr + N + \sum_{i=1}^n ni + Tr$$

Y para dos vías con cruce de embarcaciones:

$$B = Tr + 2N + 2\sum_{i=1}^n ni + Lf + Tr$$

Tales parámetros se indican en la **Figura 5.19**:

Una vía navegable



Cruce con dos vías navegables

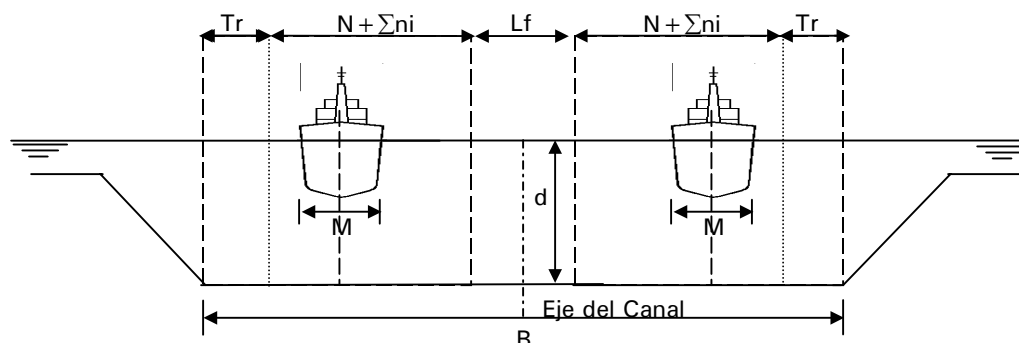


Figura 5.19 Ancho del Canal de Acceso

A continuación se presentan los valores mínimos recomendados por PIANC, para las diferentes variables anotadas.

**Contrabilidad
del Barco**

N

Buena
1.3 B

Regular
1.5 B

Mala
1.8 B

Por la vía de maniobra base N, que depende del control del barco, se recomienda:

Los valores de "ni" o sobreancho de maniobra basados en diferentes factores, aparecen en la **Tabla 5.9**

TABLA 5.9
SOBREANCHOS DE MANIOBRA EN CANALES DE ACCESO

ANCHO ni		CANAL EXTERIOR EXPUESTO (Mangas)		CANAL INTERIOR ABRIGADO (Mangas)
a)	Velocidad del barco "Vb" (nudos) > 12; 8-12; 5-8	0.1, 0, 0		0.1, 0, 0
b)	Viento dominante de través (nudos) ≤ 15 15 – 33 33 – 48	Vb: Todas A, M, L A. M. L	0 0.3, 0.4, 0.5 0.6, 0.8, 1.0	0 –, 0.4, 0.5 –, 0.8, 1.0
c)	Corriente transversal dominante (nudos) Desperdiciable < 0.2 Débil 0.2 – 0.5 Media > 0.5 – 1.5 Fuerte > 1.5 – 2	Vb: Todas A, M, L A. M. L A, M, L	0 0.1, 0.2, 0.3 0.5, 0.7, 1.0 0.7, 1.0, 1.3	0 –, 0.1, 0.2 –, 0.5, 0.8 –, –, –
d)	Corriente longitudinal dominante (nudos) Débil ≤ 1.5 Media > 1.5 – 3 Fuerte > 3	Vb: Todas A, M, L A, M, L	0 0, 0.1, 0.2 0.1, 0.2, 0.4	0 0, 0.1, 0.2 –, 0.2, 0.4
e)	Altura de cresta del oleaje significativo Hs y su longitud λ (m) Hs < 1, λ ≤ L 1 < Hs < 3; λ ≈ L	Vb: Todas A, M, L	0 2, 1, 0.5	0 –

ANCHO ni		CANAL EXTERIOR EXPUESTO (Mangas)		CANAL INTERIOR ABRIGADO (Mangas)
	Hs>3, $\lambda > L$	A, M, L	3, 2.2, 1.5	–
f)	Ayudas a la Navegación Excelentes, con control de tráfico Buenas Media (Mala visibilidad ocasional) Media (Mala visibilidad frecuente)		0 0.1 0.2 ≥ 0.5	0 0.1 0.2 ≥ 0.5
g)	Superficie del fondo ≥ 1.5 d < 1.5 d Regular: movable o con pendiente firme < 1.5 d Rugosa y dura		0 0.1 0.2	0 0.1 0.2
h)	Profundidad del canal ≥ 1.5 d, 1.25 – 1.5 d, < 1.25 d ≥ 1.5 d, 1.15 – 1.5 d, < 1.15 d		0, 0.1, 0.2 –	– 0, 0.2, 0.4
i) *	Nivel de riesgo de la carga (tóxica, explosiva, combustible, corrosiva o contaminante) Bajo, Medio, Alto		0, ≥0.5, ≥1.0	0, ≥0.4, ≥0.8

A = Alta; M = Media; L = Lenta

(*) Para establecer el riesgo de la carga, se entiende **Bajo** en el caso de graneles, contenedores, pasajeros, mercancía en general y carga sobre remolque; **Medio** en el caso de hidrocarburos; y **Alto**, cuando se transportan combustibles, derivados del petróleo, gas licuado y productos químicos de todo tipo

El ancho de la franja de resguardo del talud "Tr" está dado por la **Tabla 5.10**

TABLA 5.10
FRANJA DE RESGUARDO DEL TALUD (MANGAS)

ANCHO RESPECTO A LAS ORILLAS DEL TALUD "Tr"	VELOCIDAD DEL BARCO	CANAL EXTERIOR EXPUESTO	CANAL INTERIOR ABRIGADO
Orillas del canal con pendiente y profundas	A, M, L	0.7, 0.5, 0.3	–, 0.5, 0.3
Orillas abruptas y duras	A, M, L	1.3, 1.0, 0.5	–, 1.0, 0.5

El espacio libre entre franjas de maniobras o distancia de cruce "Lf" en una vía navegable doble, está dado por la **Tabla 5.11**

TABLA 5.11
FRANJA LIBRE DE MANIOBRA EN DOBLE VÍA (MANGAS)

FRANJA DE MANIOBRAS Lf	CANAL EXTERIOR EXPUESTO	CANAL INTERIOR ABRIGADO
Velocidad del Barco (nudos) > 12, > 8 – 12, 5 – 8	2, 1.6, 1.2	–, 1.4, 1.0
Densidad de Tráfico Cruzado Bajo, Medio, Intenso	0, 0.2, 0.5	0, 0.2, 0.4

La densidad de tráfico depende del número de barcos por hora que se cruzan por la doble vía, entendiéndose por ello: tráfico escaso de 0 a 1, medio de 1 a 3 y denso, más de 3 barcos/hora.

Tramos Curvos

Como norma general los barcos alargados y esbeltos ($E/M > 6.5$), tienen mayor estabilidad direccional que los cortos y anchos ($E/M < 6.0$), aunque estos últimos presentan mejor control en curvas pronunciadas. En todo caso para aguas poco profundas ($h/T \leq 1.5$) todas las embarcaciones tienen dificultades para maniobrar.

El radio de una curva depende básicamente de la relación h/T y del área libre para permitir el desplazamiento lateral del barco.

Los tramos curvos deben analizarse considerando el barco navegando por sus propios medios (sin la asistencia de remolcadores) y considerando su capacidad de giro, la cual en calma y sin viento, es posible a "todo timón", con un radio de aproximadamente 1.8 a $2E$ en aguas profundas y de $2.8E$ o más,

cuando la relación $h/T = 1.10$. Además, los cambios de trayectoria implican desplazamientos laterales del 30 al 40% de la manga del barco, para valores de $h/T = 1.10$ y de entre M y $1.6 M$ en aguas profundas.

El radio y ancho de las curvas se determina considerando un ángulo para maniobras de giro, menor al caso de "todo timón" más un margen de distancia que cubre los efectos del viento, oleaje y corrientes: un ángulo de 15° a 20° normalmente satisface este requisito.

Para cubrir los aspectos de la relación h/T y el viraje normal del barco, se recomienda contar con señalamiento adecuado, colocando un mínimo de boyas en la parte interior del viraje (1) y de ser posible, pares de boyas destellantes a la entrada, parte media y salida de las curvas (2), tal como se indica en las recomendaciones mostradas en la **Figura 5.20**.

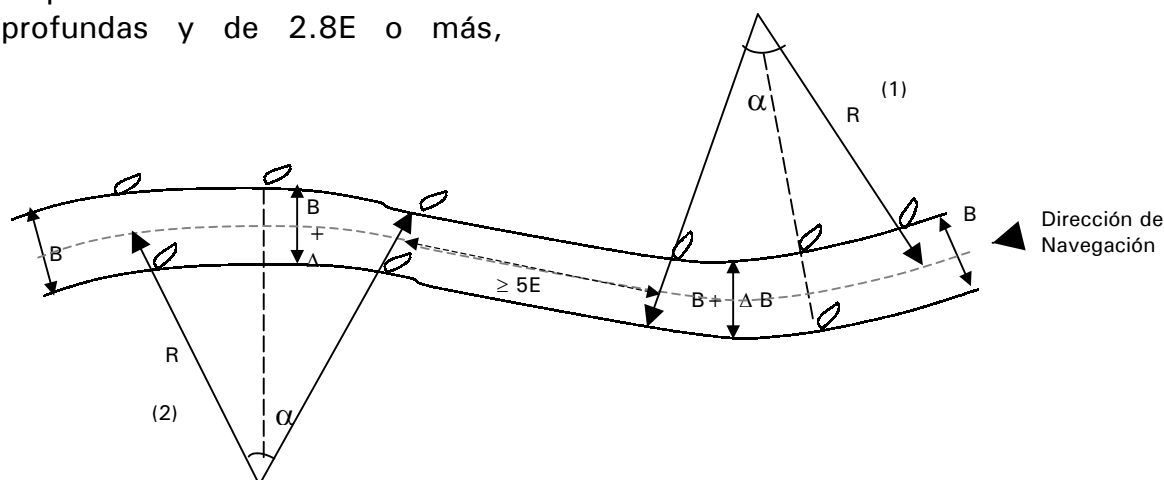


Figura 5.20 Señalamiento en Tramos Curvos

El ancho del canal en tramos curvos debe considerar una ampliación ΔB respecto al ancho seleccionado en los tramos rectos; los criterios empíricos más usuales para su obtención, son:

a) PIANC

$\Delta B \approx E/40$ ó $\geq \frac{E^2}{8R}$, siempre con $R \leq 5E$
 $\Delta B = 2R - (4R^2 - E^2)^{1/2}$

b) Dock and Harbor

α	$\frac{R_{min}}{E}$
< 25°	> 3E
25° a 35°	> 5E
> 35°	> 10E

c) Exxon

α	$\frac{R/Lf}{E}$
< 25°	3
25° a 35°	5
> 35°	8 a 10

d) ROM (España)

$\Delta B = b_d + 2b_r$ (Σ sobreanchos: por deriva + por velocidad de respuesta del buque); con:

$b_d = K_d^2 E^2 / 2R$

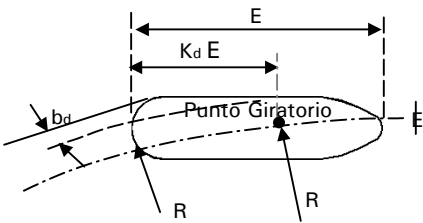
Barco	K_d	b_d
Petroleros, Granelero, etc.		
$d/D \leq 1.2$	1/2	$E^2/8R$
$d/D \geq 1.5$	2/3	$2E^2/9R$
Rápidos y deportivos	1	$E^2/2R$

Nota: Los valores intermedios son interpolables

$b_r = K_v M (1.5 - R_m)$

Maniobrabilidad del Barco	K_v
Buena	0.2
Media	0.4
Mala	0.8

R_m = Rango máximo admisible (0 a 1)



Para trazar el sobreancho de un canal existen básicamente dos métodos, de los que se pueden derivar combinaciones; estos se presentan en las Figuras 5.21 y 5.22

a) Método de corte (cutoff), recomendado para canales que se encuentran bordeados por zonas muy amplias.

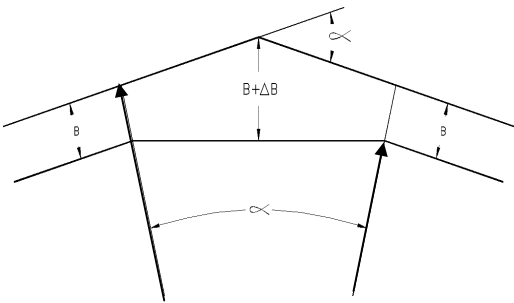


Figura 5.21 Sobreancho del Canal. Método de Corte (cutoff)

b) Método de los taludes paralelos, recomendado para canales restringidos de espacio.

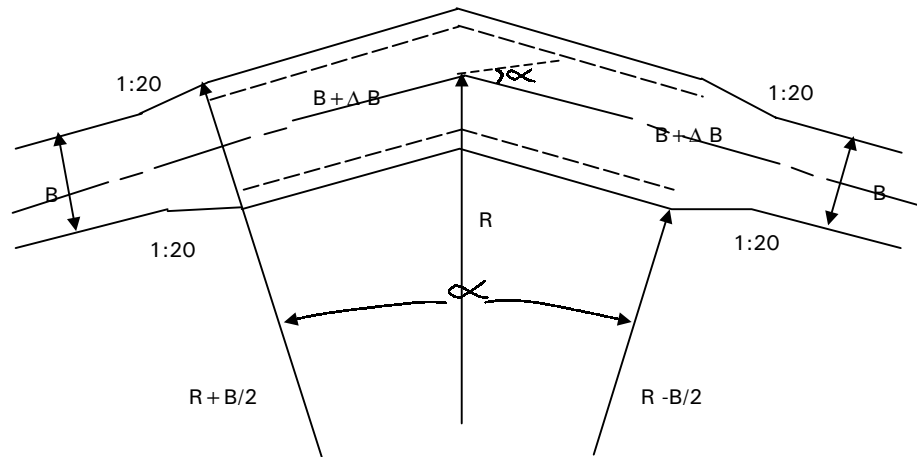


Figura 5.22 Sobreancho del Canal. Método de Taludes Paralelos

d) Profundidad

El requisito básico para garantizar la seguridad de navegación en una vía marítima o fluvial es la profundidad mínima, que deberá determinarse antes de las demás dimensiones, ya que también será determinante en las dársenas y canales interiores.

Como plano de referencia para medir la profundidad en nuestro país, debe tomarse el nivel de Bajamar Medio Inferior en las costas del Océano Pacífico, donde predominan las mareas semidiurnas; y el nivel de Bajamar Medio en el Golfo de México y Mar Caribe, dominado por mareas diurnas.

Su obtención depende de varios factores:

- El calado del buque "T" a plena carga (cuyo valor se debe incrementar 3% por densidad en el caso de agua dulce)

- El oleaje de operación considerando la marea a lo largo del canal, cuyo límite se considera en general de $H = 3.0$ m.
- La relación tirante de agua /calado del buque (d/D), cuyos valores para garantizar el margen requerido de Squat, fluctúan como sigue: 1.10 como mínimo en aguas protegidas, 1.3 con oleajes menores de 1.0 m y 1.5 para oleajes mayores combinados con períodos en dirección desfavorable. Por lo general el Squat varía de 0.5 a 1.0 m para barcos de 40,000 a 250,000 T.P.M. respectivamente, pero un valor más preciso se puede obtener con las indicaciones del inciso 5.2.2.1.
- El Trim o diferencia de calados entre la proa y la popa del barco, por efecto de la carga
- El resguardo bajo la quilla del barco para permitir su gobernabilidad.

- Los depósitos de sedimento y la precisión tanto de las mediciones realizadas en los sondeos como de la ejecución de los dragados.

En la **figura 5.23** se presentan los factores a considerar en el cálculo de la profundidad; tanto en el canal de acceso

como para cualquier área de agua del puerto, donde las diferencias en dimensión dependerán de la magnitud de ellos en cada caso. El tirante mínimo de agua abajo de un buque atracado tiene un valor base de: trim (30 cm) + resguardo (50 cm) + precisión del sondeo (10 cm) = 0.90 m.

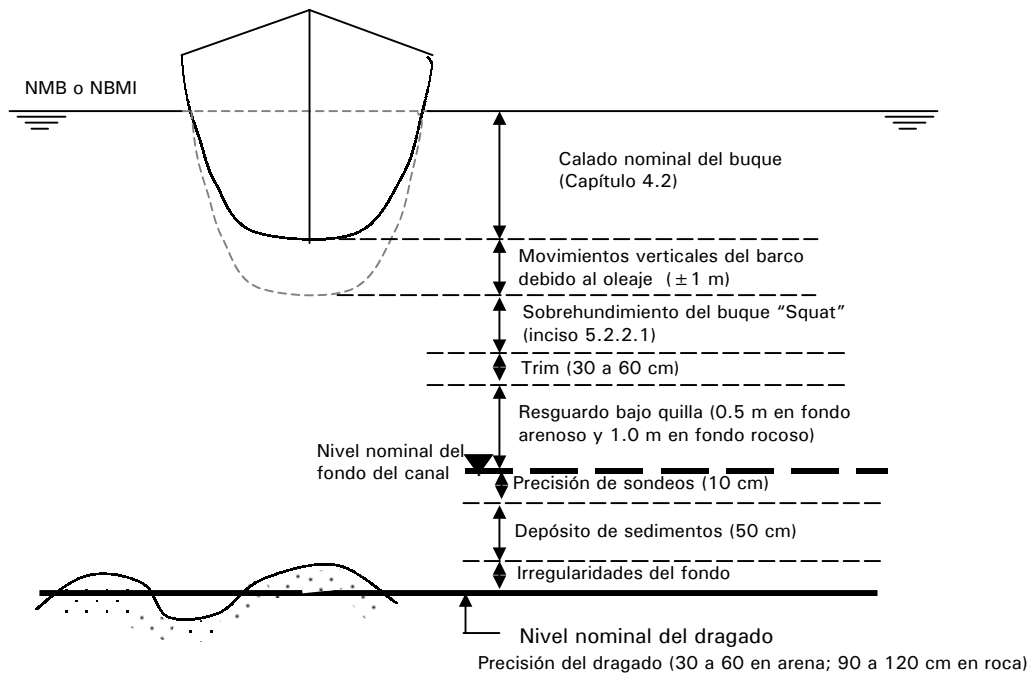


Figura 5.23 Factores para Determinar la Profundidad del Canal

5.2.4.3 Antepuerto y Fondeadero

El área de fondeo o antepuerto es aquella proyectada para mantener un barco resistiendo los efectos del viento y las corrientes, mediante una fuerza de agarre proporcionada por una o dos anclas y el peso de sus cadenas.

El fondeo dentro del puerto permite a los barcos esperar un atraque, y fuera del puerto soportar una tormenta. En la mayoría de los puertos mexicanos el área

de fondeo interior es pequeña y solo tiene espacio para un número reducido de embarcaciones.

Para dimensionar el antepuerto en base a la expansión del oleaje no hay reglas empíricas y es necesario hacer un estudio de penetración del oleaje por cualquiera de los métodos mencionados en el inciso 5.2.3: Condiciones de Operatividad.

En relación a la maniobrabilidad, se debe analizar la trayectoria de la embarcación

durante su acceso al puerto para definir el área necesaria, lo cual será tratado en dársenas de ciaboga.

En la **Figura 5.24**, se muestran las dimensiones recomendadas para las áreas de fondeo interior, dependiendo del sistema utilizado.

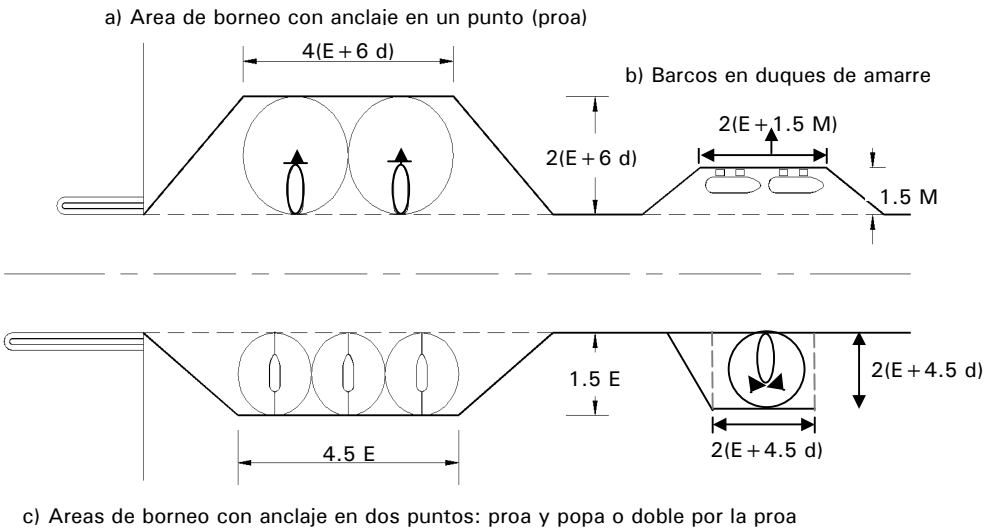


Figura 5.24 Dimensiones de las Áreas de Fondeo

Cuando el lecho marino presenta malas condiciones para el anclaje en el interior del puerto, se recomienda incrementar el radio del círculo de fondeo en 30 m (anclaje en un punto: por la proa) y 25 m (para anclaje doble por la proa).

Para el fondeo fuera del puerto, se pueden dimensionar áreas adecuadas considerando el uso de una boya simple para anclaje por la proa, o dos boyas para anclaje por proa y popa alineadas en la dirección del viento y la corriente; en estos casos se recomienda lo siguiente:

Tipo de Fondeo	Área
En boya simple	Círculo de radio: $E + 25\text{ m}$
En boya doble	Rectángulo de $(E + 50\text{ m})$ de largo y $E/2$ de ancho

En el caso de fondeo bajo condiciones de tormenta a base de ancla y cadena, se recomienda:

Velocidad del Viento	Radio del Círculo de Fondeo
70 kph	$E + 3d + 90\text{ m}$
108 kph	$E + 4d + 145\text{ m}$

5.2.5 Áreas de Maniobras
5.2.5.1 Dársena de Ciaboga

Se denomina ciaboga a la operación de cambio de dirección de una embarcación (180°); y dársena de ciaboga, al círculo de evolución de maniobras que sigue el barco en su entrada al puerto, aún cuando se utiliza también para la salida.

La **Figura 5.25**, muestra las tres fases que comprenden estas maniobras

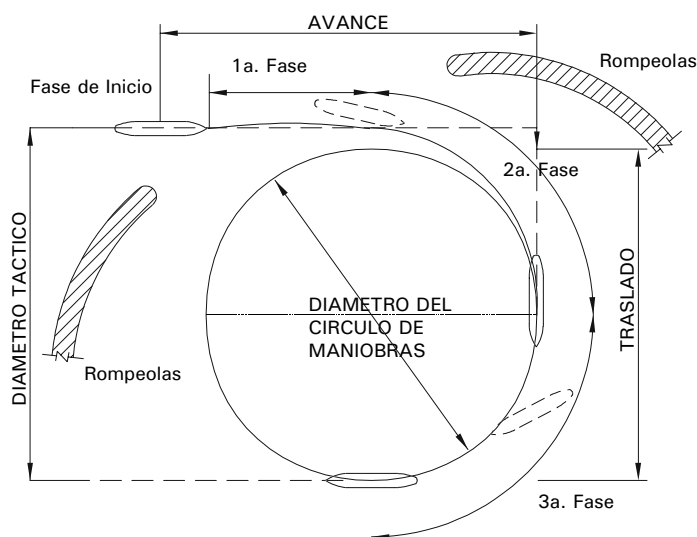


Figura 5.25 Trayectoria de Maniobras del Barco

Las dársenas para maniobras se pueden clasificar de acuerdo a la **Tabla 5.12**

TABLA 5.12 TIPOS DE DÁRSENA DE MANIOBRAS		
CLASIFICACIÓN DE LA DÁRSENA	TAMAÑO	OBSERVACIONES RESPECTO AL BARCO
Óptima	4E	Maniobra fácil
Intermedia	2E	Cierta dificultad y toma más tiempo
Pequeña	< 2E	Maniobra difícil y requiere ayuda de remolcadores
Mínima	1.2E	Necesita pivotar en el centro sobre un duque o ancla

En la **Tabla 5.13** se presenta un resumen de las pruebas de laboratorio realizadas por Per Brunn para obtener las longitudes de avance y traslado, así como el diámetro del círculo requerido para la ciaboga. En este sentido, la velocidad del barco en el acceso es determinante y debe ser suficientemente alta desde la fase de inicio en compatibilidad con las condiciones de oleaje, para mantener su maniobrabilidad.

TABLA 5.13
ESPACIO REQUERIDO PARA LA CIABOGA Y LAS PARADAS DE EMERGENCIA DEL BARCO

VELOCIDAD INICIAL		VELOCIDAD DE 14 A 18 NUDOS			
TAMAÑO DEL BARCO (T.P.M.)	PARADA DE EMERGENCIA MARCHA ATRÁS (m)	AVANCE (m)	DIÁMETRO (m)	TRASLADO (m)	TIEMPO (min)
48,000		976	1,098	610	10.50
65,000		915	915	427	10.00
79,000		976	1,342	732	9.75
120,000	3,965 (13 minutos)	1,007	1,129	580	12.75
150,000	5,338 (16 minutos)	1,037	1,190	641	13.50
206,000	5,643 (21 minutos)	1,129	1,311	732	15.50

VELOCIDAD INICIAL		VELOCIDAD DE 14 A 18 NUDOS			
TAMAÑO DEL BARCO (T.P.M.)	PARADA DE EMERGENCIA MARCHA ATRÁS (m)	AVANCE (m)	DIÁMETRO (m)	TRASLADO (m)	TIEMPO (min)
VELOCIDAD INICIAL		VELOCIDAD DE 12 NUDOS			
48,000		946	1,068	549	14.00
65,000	2,623 (10 minutos)	854	915	427	13.00
79,000					
120,000					
150,000					
206,000	2,196 (10 minutos)				
VELOCIDAD INICIAL		VELOCIDAD DE 4 A 8 NUDOS			
48,000		976	976 824	519 427	23.00 21.00
65,000		915			
79,000	991 (7.6 minutos)				
120,000					
150,000	3,950 (4.3 minutos)	1,098	885	488	24.00
206,000	1,312 (9 minutos)				

Como se observa las dimensiones de la ciaboga dependen solo del tipo de barco, en el que por lo general la velocidad fluctúa de 5 a 6 nudos en "avance lento" y suele ser de hasta 15.5 nudos a "todo avance"; no obstante cuando el oleaje rebasa los 3 m de altura, esta velocidad deberá ser igual o menor a 5 nudos.

Otras recomendaciones generales para el dimensionamiento de esta área, se basan en la forma de realizar la operación de ciaboga, como se muestra en la **Tabla 5.14**.

TABLA 5.14
DIMENSIONES DE LA DÁRSENA DE CIABOGA

CONDICIÓN	MODO DE REALIZAR LAS MANIOBRAS POR EL BARCO	DIÁMETRO O DIMENSIONES DE LA CIABOGA
Dársenas sin restricción de espacio	Por sus propios medios (máquinas y anclas)	3E
	Con ayuda de remolcadores y las máquinas del barco	2E
Dársenas con restricción de espacio	Por sus propios medios (máquinas)	2E
	Con ancla y remolcador por presencia de viento y corriente	1.5E
Dársenas en Ríos	Con el auxilio de dos remolcadores (preferentemente)	2E de ancho (normal a la corriente) por 3E de largo (en el sentido de la corriente)

Para trazar la dársena de ciaboga basta con dibujar la **figura 5.25** a la escala del plano, sobreponiéndola al plano de arreglo del puerto, haciendo coincidir los puntos de velocidad inicial y final de la maniobra.

5.2.5.2 Dársena de Maniobras

El área destinada para efectuar maniobras de giro de una embarcación

dando vuelta por la proa, se denomina dársena de maniobras o de operación. Estas áreas de agua se localizan entre la dársena de ciaboga y los muelles, requiriendo normalmente de un círculo con diámetro mínimo de 1.5E.

El Instituto de Desarrollo de Areas Costeras del Japón (OCDI), recomienda las dimensiones indicadas en la **Tabla 5.15**.

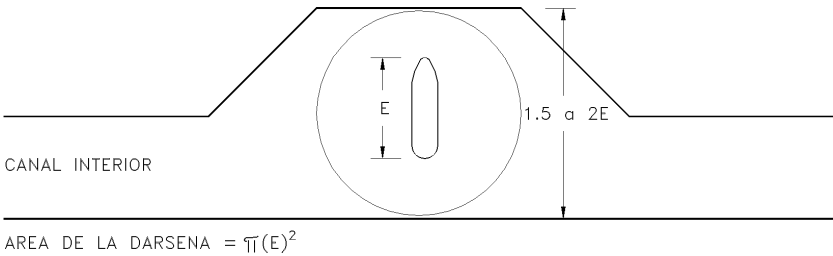
TABLA 5.15
DIMENSIONES DE LA DÁRSENA DE MANIOBRAS

CONDICIONES	FORMA DE LA MANIOBRA DEL BARCO	DIÁMETRO DEL CÍRCULO DE MANIOBRAS	OBSERVACIONES
Caso normal	Autopropulsado	3E	–
	Con remolcadores	2E	–
Area limitada en espacio*	Autopropulsado	Aprox. 2E	Utilizando ancla y/o aprovechando el viento y la corriente del flujo
	Con remolcadores	Aprox. 1.5E	

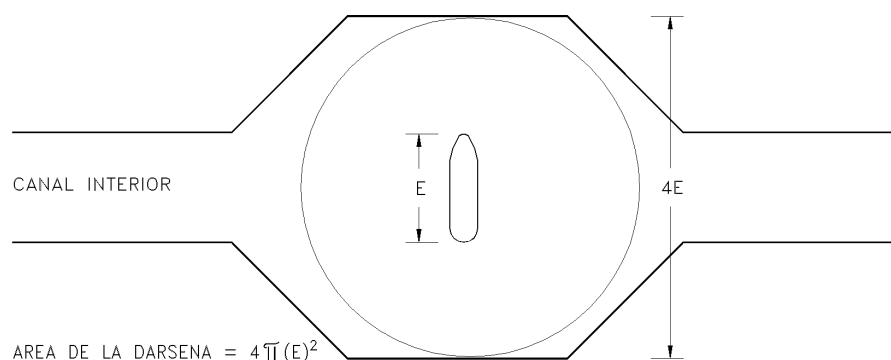
(*) Se puede proyectar una dársena rectangular de E/2 de ancho por un largo de (E + M).

Otras recomendaciones se indica en la **Figura 5.26**

a) Con remolcadores



b) Sin remolcadores



c) Pivoteando en el atraque

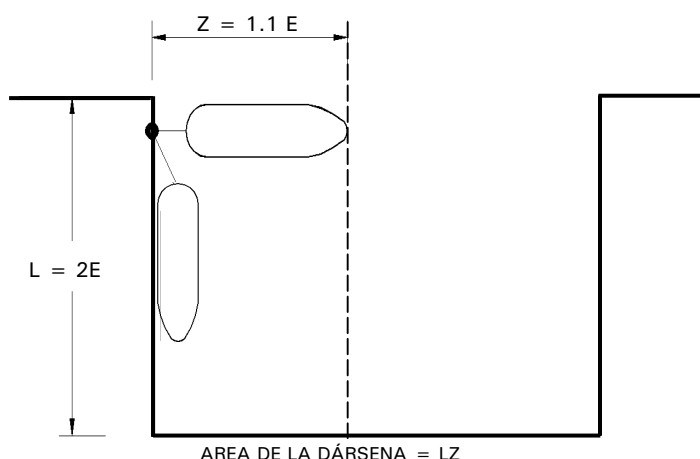


Figura 5.26 Dársenas de Maniobras en Diferentes Condiciones

5.2.5.3 Canales Secundarios

Son las vías navegables dentro del puerto que permiten a las embarcaciones realizar su rutina de entrada o salida, comunicando al canal de navegación principal con las distintas áreas de agua que conforman el vaso portuario.

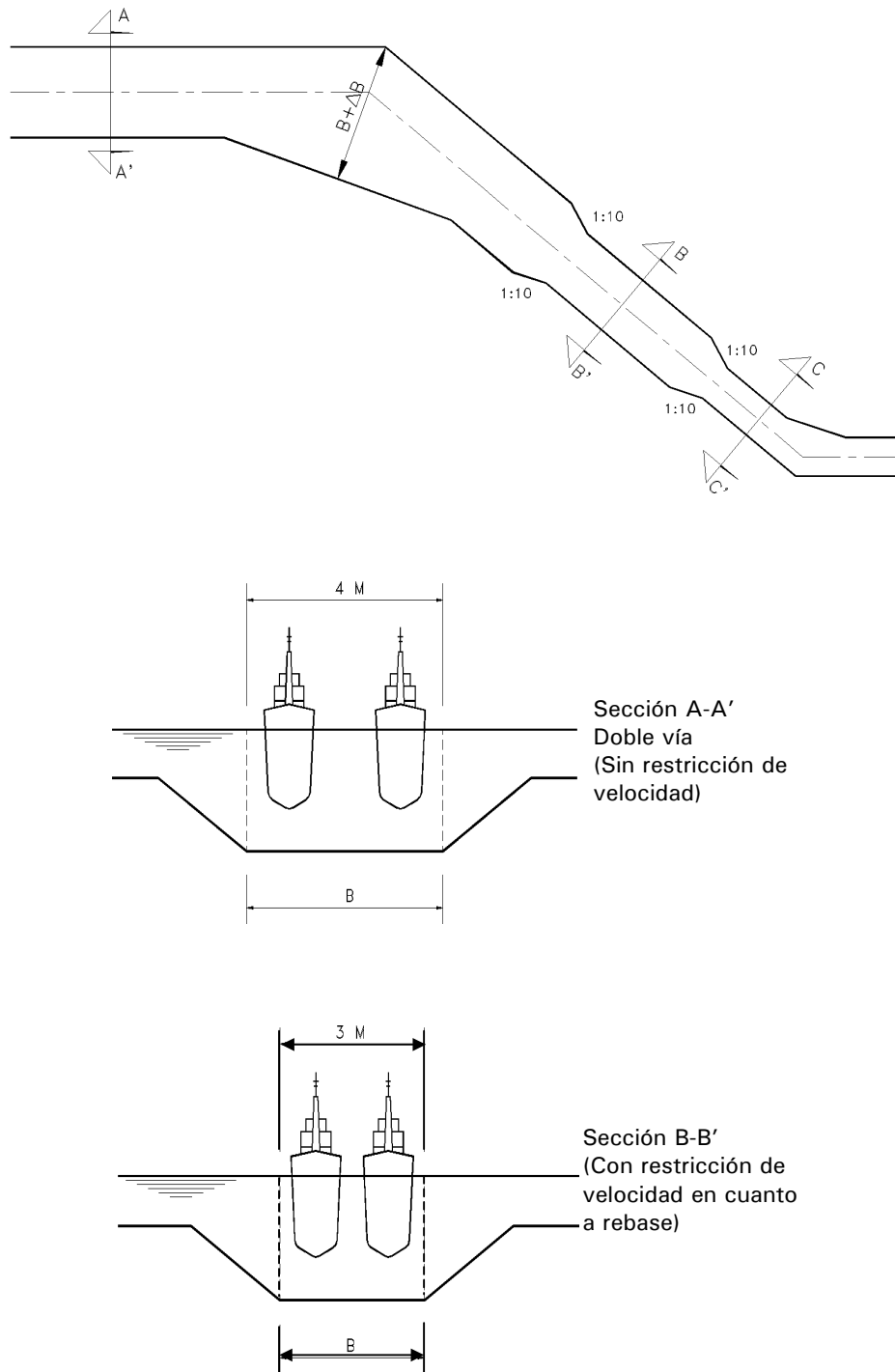
La profundidad de los canales interiores se diseña con el barco a plena carga que presenta el mayor calado considerando sus movimientos y la influencia del

oleaje, vientos y corrientes; esta dimensión que deberá coincidir con el calado frente a los muelles donde se efectúa el manejo de la carga. Como norma general se agrega un 10% al calado calculado de esta forma, salvo en el caso de Ro Ro que transbordan automotores, donde se debe considerar la diferencia balanceada en el calado entre proa y popa (trim).

Las recomendaciones generales para los anchos de estos canales, se muestran en

la **Figura 5.27** en una planta y secciones para tres casos diferentes y donde esa dimensión es la mínima necesaria, aunque puede variar según las

condiciones físicas del sitio, pero siempre abarcando la suma del ancho del barco (M) más un espacio de maniobra mayor al 30 a 40% de aquél (> 1.3 a 1.4 M).



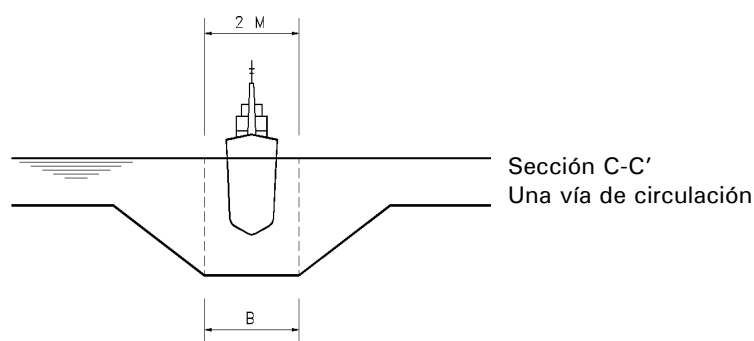


Figura 5.27 Ancho de los Canales Secundarios

5.2.6 Dársena de Servicios

Llamadas también dársenas de atraque, comprenden las áreas de agua contiguas a los muelles y normalmente dependen de la longitud del frente de atraque.

Existen dos tipos básicos de dársenas de servicio según su disposición respecto al canal de navegación:

- › Normales al canal
- › Paralelas al canal

1. Normales al Canal

Las recomendaciones para su dimensionamiento son:

a) Atraques de un solo lado

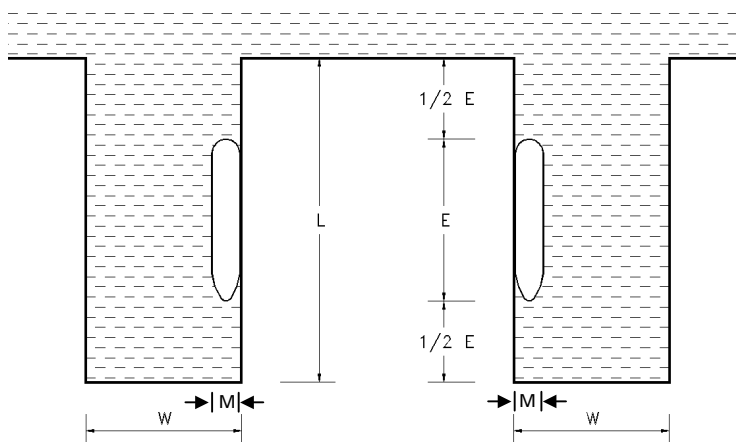


Figura 5.28 Dársena de Servicio con Atraque de un solo lado

b) Atraque restringido de un solo lado

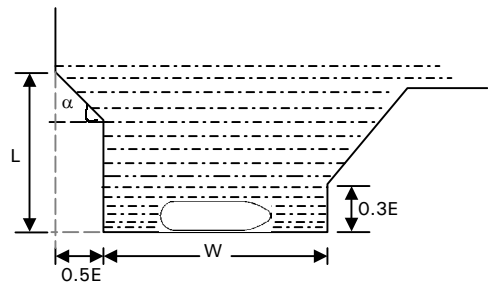


Figura 5.29 Dársena de Servicio Restringida con Atraque de un Solo Lado

Area de la Dársena = W x L

CRITERIOS	W	L
a) U.S. Navy	3.5 M	1.25E
Shell (sin oleaje y corrientes)	2.5 a 3.5 M	–
Exxon (con cierta incidencia de oleaje y/o corrientes)	4 a 5 M	2E
b) OCDI Japón		
α = 45°	1.2 a 1.5E	1.0 a 1.1E
α = 60°	1.2 a 1.5E	0.8 a 1.1E

c) Atraques de ambos lados

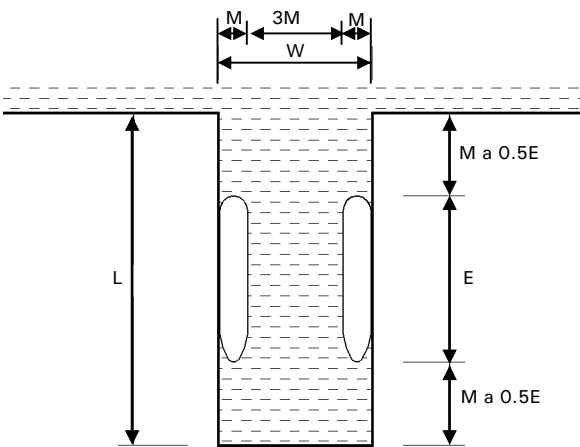


Figura 5.30 Dársena de Servicio con Atraques de ambos lados

$$\text{Area de Dársena} = W \times L$$

CRITERIOS	W	L
U.S. Navy	2.5 a 3M	2.4E
Exxon	4 a 5 M (mín)	2M
General	5 M	1.3 a 2E
L mínima	–	E + 2M

d) Atraque en línea de ambos lados

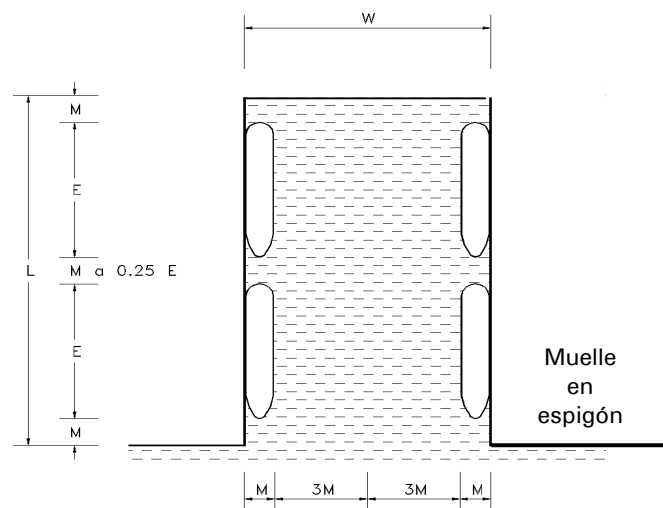


Figura 5.31 Dársena de Servicio con Atraque en Línea de ambos lados

$$\text{Area de Dársena} = W \times L$$

$$W = 8 M$$

$$L = 2 E + 3 M \text{ o } 2.25 E + 2 M$$

2. Paralelos al Canal

Por lo general el espacio para las maniobras de atraque y desatraque se considera como parte de la misma área del canal de navegación, buscando aprovechar más espacio para las instalaciones portuarias; sin embargo pero es recomendable en donde existe tráfico, respetar una dársena de maniobras independiente del ancho

proyectado de la vía navegable. Lo anterior con el fin de evitar dificultades adicionales durante el atraque – desatraque de los barcos, sea con proa al interior, proa al exterior y desatraque de proa o popa.

Las recomendaciones de OCDI para estos casos, se indican en la **Figura 5.32** y la **Tabla 5.16**

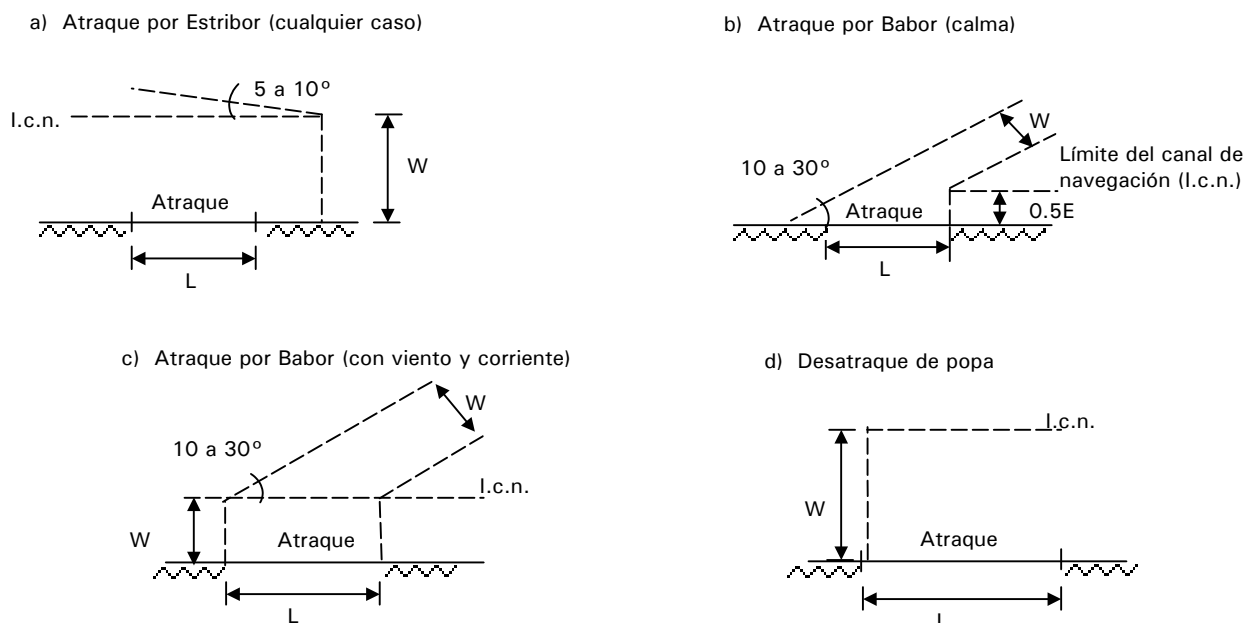


Figura 5.32 Dársenas de Servicio sobre el Canal de Navegación

TABLA 5.16
DÁRSENAS DE SERVICIO SOBRE EL CANAL DE NAVEGACIÓN

TIPO DE MANIOBRA	CONDICIONES FÍSICAS	L	W
Atraque por Estribor	Calma	1.3 a 1.5 E	0.5 E
	Viento y/o corriente en contra	1.8 a 2.0 E	
Atraque por Babor	Calma	1.3 a 1.4 E	0.5 E
	Viento y/o corriente en contra		
Desatraque de popa	Calma o utilizando remolcador en caso de viento y/o corriente	1.8 a 2.0 E	5 a 6 M

5.3 Areas Terrestres

Establecido el pronóstico de carga a mover por un puerto, quedan implícitamente definidos los requerimientos de Areas de Tierra e instalaciones necesarias para asegurar el movimiento previsto.

5.3.1 El Puesto de Atraque, Generalidades y sus Partes

Las dimensiones de las diversas Areas Terrestres de los Puertos Generales y Especiales se han objetivizado bajo el concepto del **Puesto de Atraque**, que abarca los diversos elementos que hacen posible una correcta operación.

La unidad "Puesto de Atraque", se desarrolla en función del tipo de carga y su transferencia del transporte marítimo

al transporte terrestre y en sentido inverso; a su vez, esta unidad genera sus áreas de maniobra, almacenamiento y servicios con equipo y maquinaria suficiente para solventar la diferencia entre la capacidad de carga de una embarcación y la capacidad – velocidad del transporte terrestre, ya que se pretende lograr una transferencia fluida para evitar los elevados costos de estadía de los barcos en el puerto (p. ej. un barco de carga general con capacidad de 10,000 T.R.B., requiere para transferir su carga a la zona de influencia del puerto, de 200 carros de F. C. de 50 ton de capacidad o de 400 trailers de 20 a 30 ton, dando como resultado la necesidad de contar con áreas de almacenamiento, así como procurar servicios y diversas maniobras con equipos especializados, para hacer expedita y económica la operación portuaria).

El puesto de atraque comprende:

- › El área de maniobras de carga – descarga en el binomio, embarcación – muelle (T.1)
- › El área de transferencia de la carga de la zona de muelle o del transporte terrestre al almacenamiento (T.2)
- › Almacenamiento cubierto o descubierto (T.3)
- › Accesos y vialidades (carretera y F. C.), estacionamientos y controles (T.4)
- › Instalaciones de conservación y mantenimiento de equipo (T.5)

- › Servicios generales y especiales (T.6)
- › Terminal o instalaciones para el movimiento de pasajeros, solo en algunos casos de los P.A. Ro. Ro. (T.7)

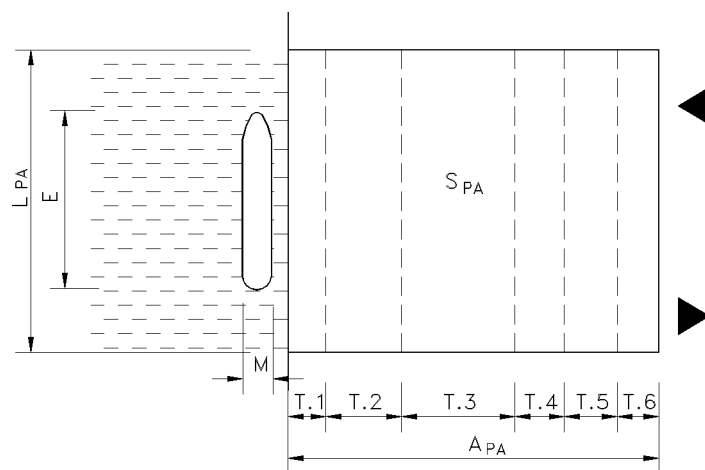


Figura 5.33 Partes del Puesto de Atraque

5.3.2 Tipos de Puestos de Atraque

Los tipos genéricos de Puestos de Atraque (PA), de acuerdo a la carga, embarcación y características del muelle, se pueden clasificar como sigue:

1. Carga General: convencional fraccionada (cajas, sacos, bidones, etc.), y/o carga unitaria individual, como rollos y máquinas; o reunida, como pallets.
2. Carga Unitizada que abarca: contenedores (lift on/off o roll on/off), o especial (Lash o Seabee); o contenedores y barcasas con contenedores y carga. Opciones: 1ª generación: 750 TEU; 2ª generación:

1,500 TEU; 3ª generación: 3,000 TEU; 4ª generación: 4,000 TEU; 5ª generación: 5,000 TEU

3. Polivalente, que es una combinación de las dos anteriores
4. Rodadura (Ro. Ro.), para transbordadores que mueven vehículos de carga, automóviles y pasajeros.
5. Granel, para carga de minerales o productos agrícolas

Existen dos opciones:

- › Exportación o salida del producto (carga al buque)
 - › Importación o entrada del producto (descarga del buque)
6. Fluidos, para carga de productos del petróleo (crudos o refinados; gases licuados y otros; vinos, aceites, mieles, etc.), que aunque también se considera granel, requiere otro tipo de instalaciones en el muelle.
 7. Industriales, para carga de productos diversos (materia prima, manufacturas o semielaborados)

A continuación se presentan los esquemas descriptivos de cada P. A.

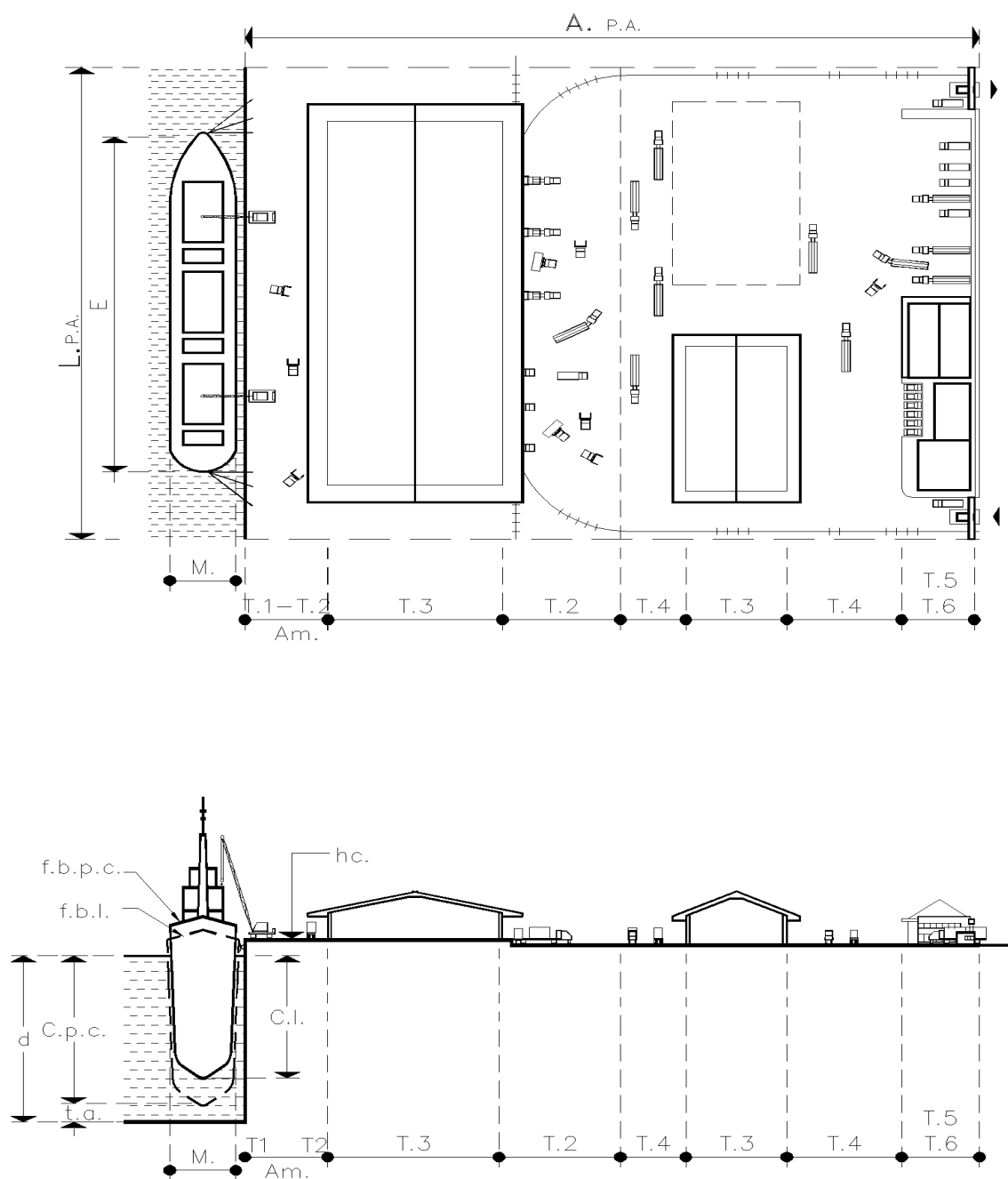


Figura 5.34 Puesto de Atraque de Carga Fraccionada y/o Unitaria

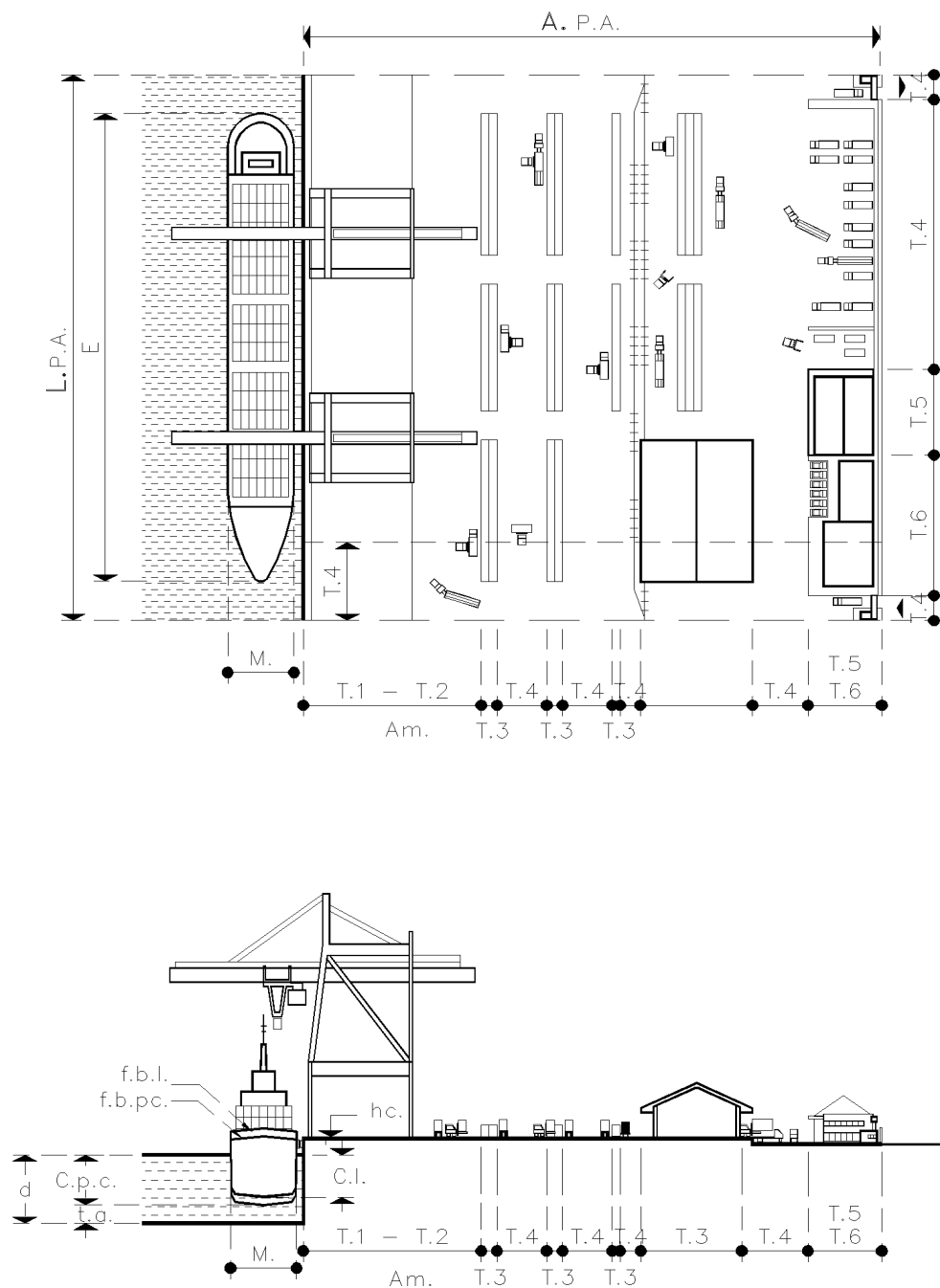


Figura 5.35 Puesto de Atrache de Contenedores (1ª Generación: 750 TEU)

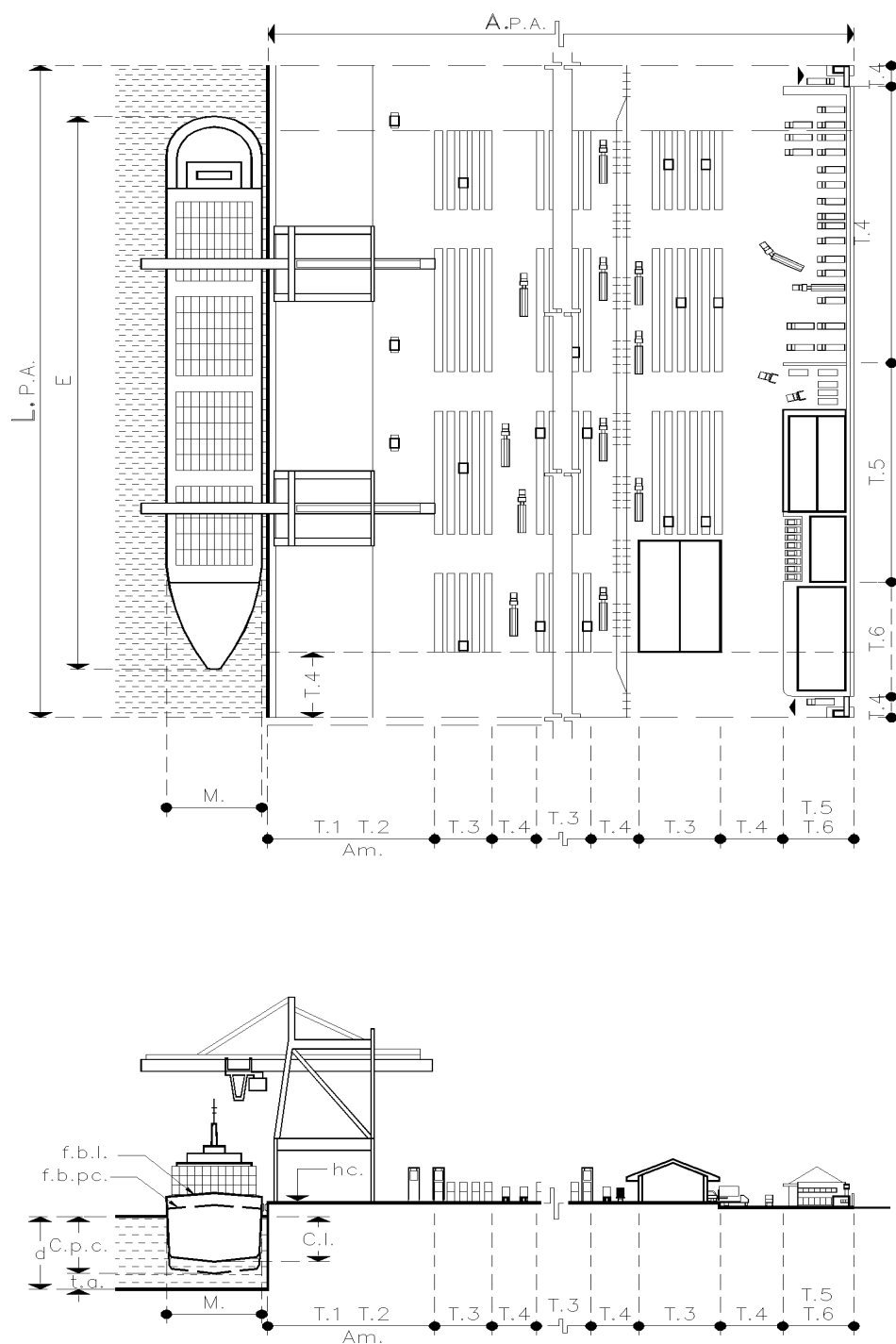


Figura 5.36 Puesto de Atraque de Contenedores (2ª Generación: 1,500 TEU)

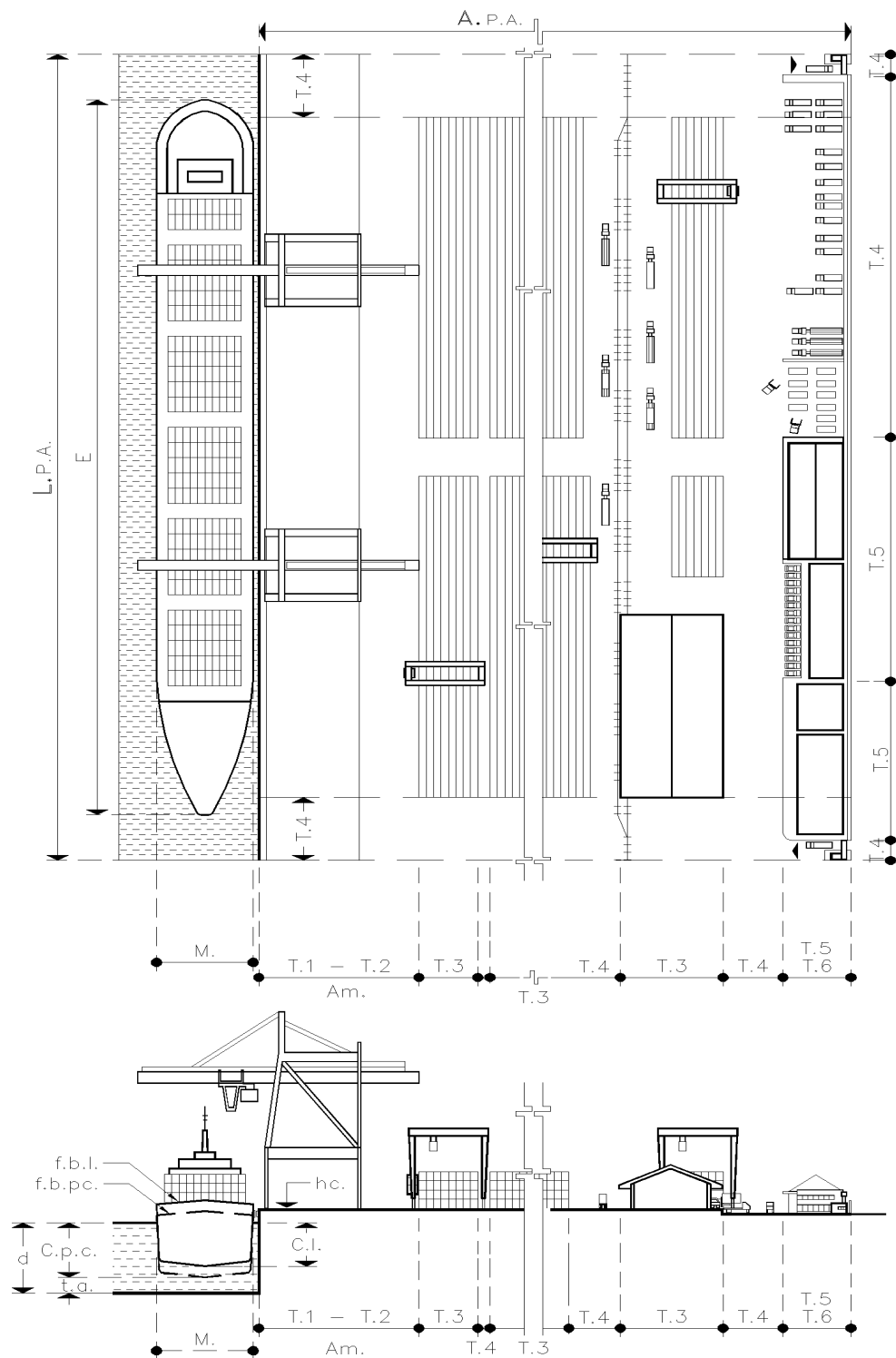


Figura 5.37 Puesto de Atraque de Contenedores (3ª Generación: 3,000 TEU)

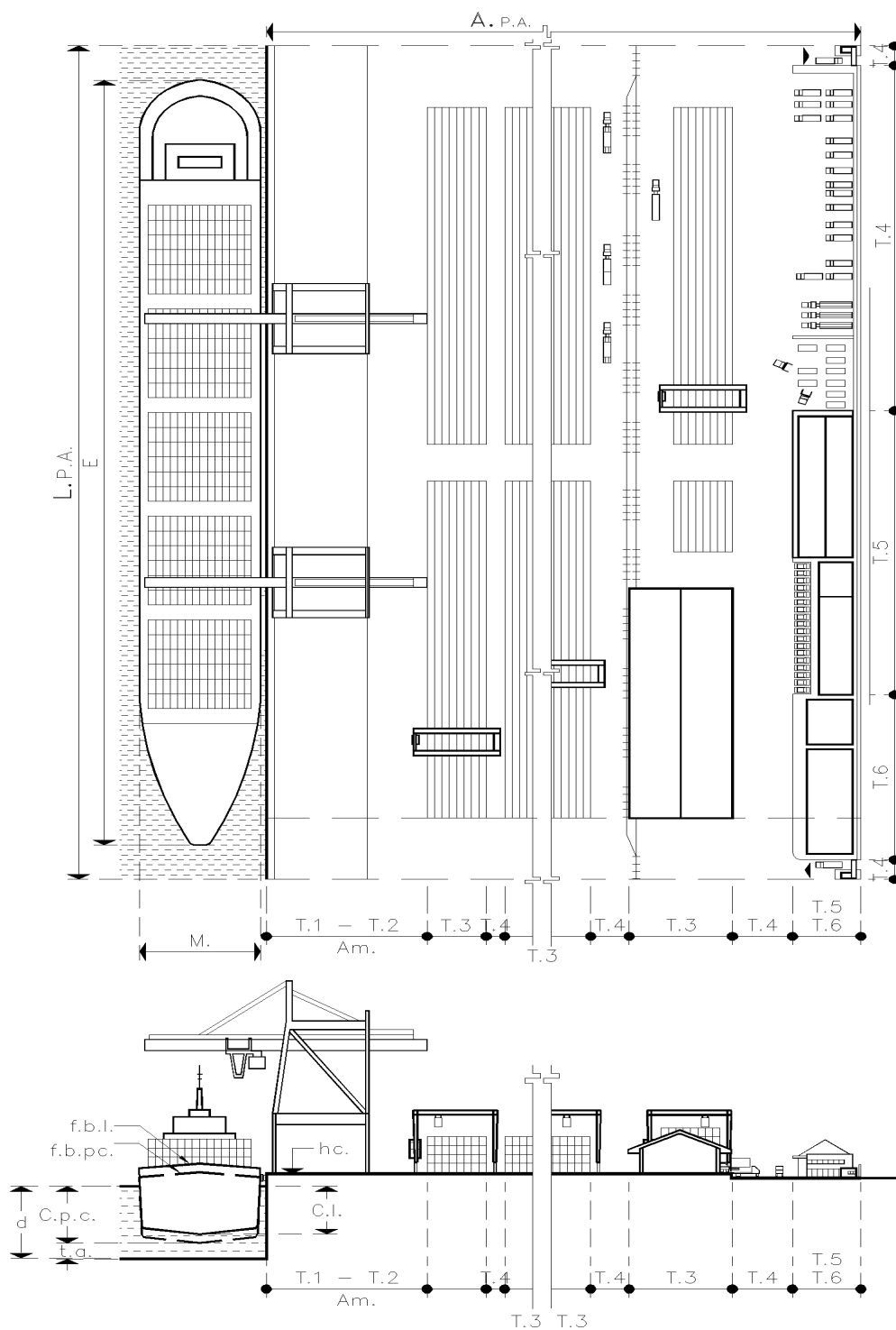


Figura 5.38 Puesto de Atrake de Contenedores
(4ª y 5ª Generación: 4,000 y 5,000 TEU)

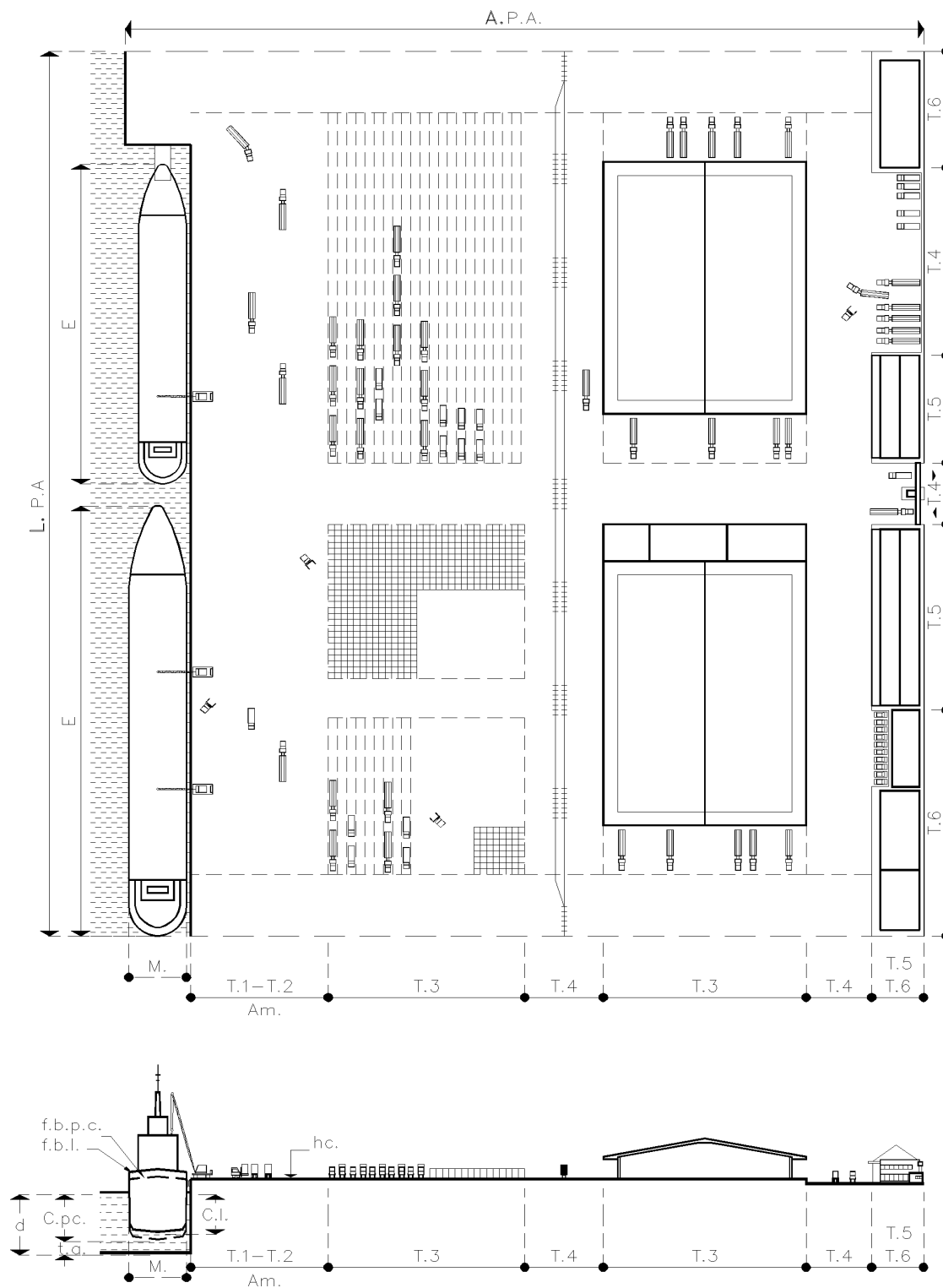


Figura 5.39 Puerto de Atrake Polivalente

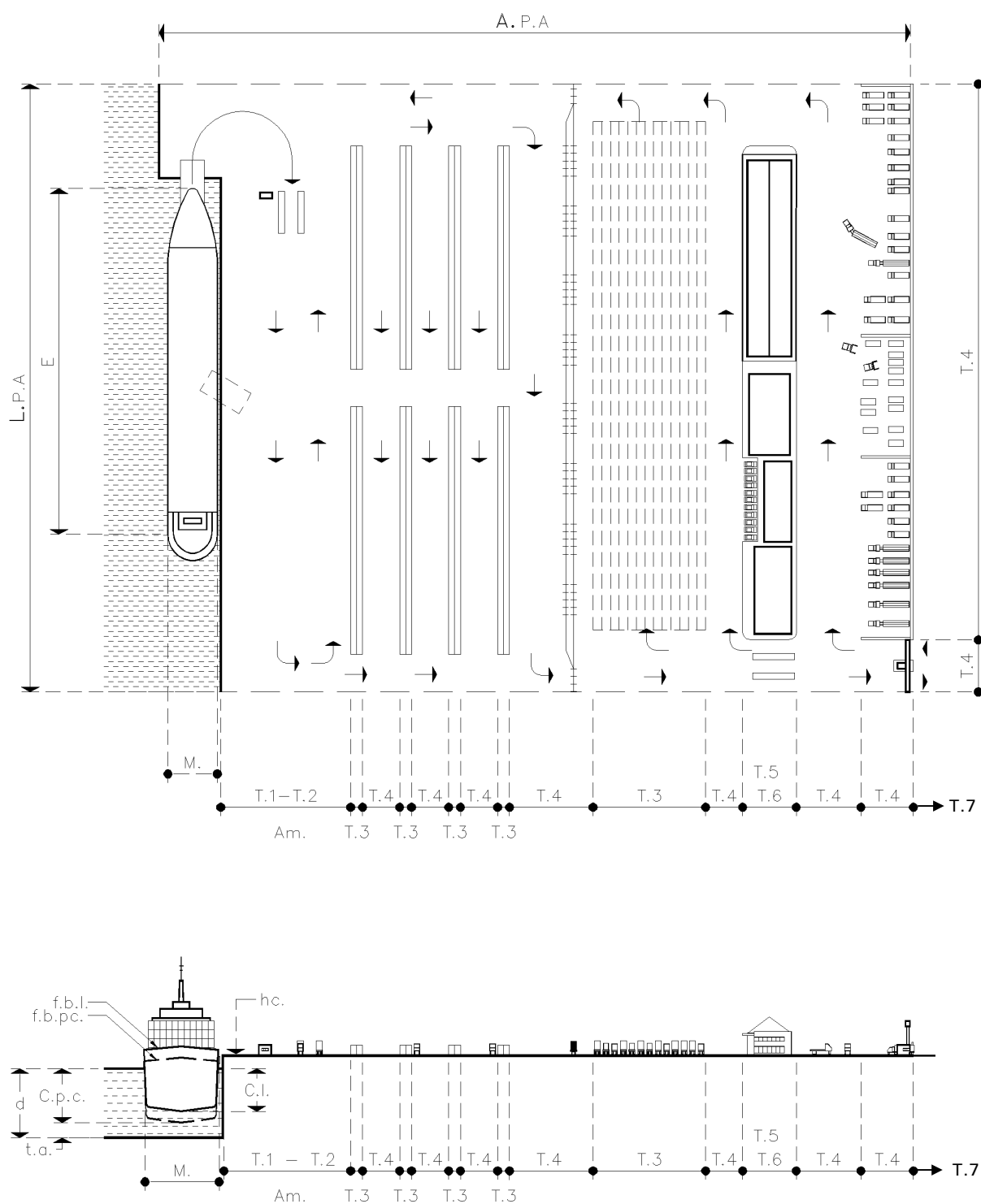


Figura 5.40 *Puesto de Atrake por Rodadura (Ro Ro)*

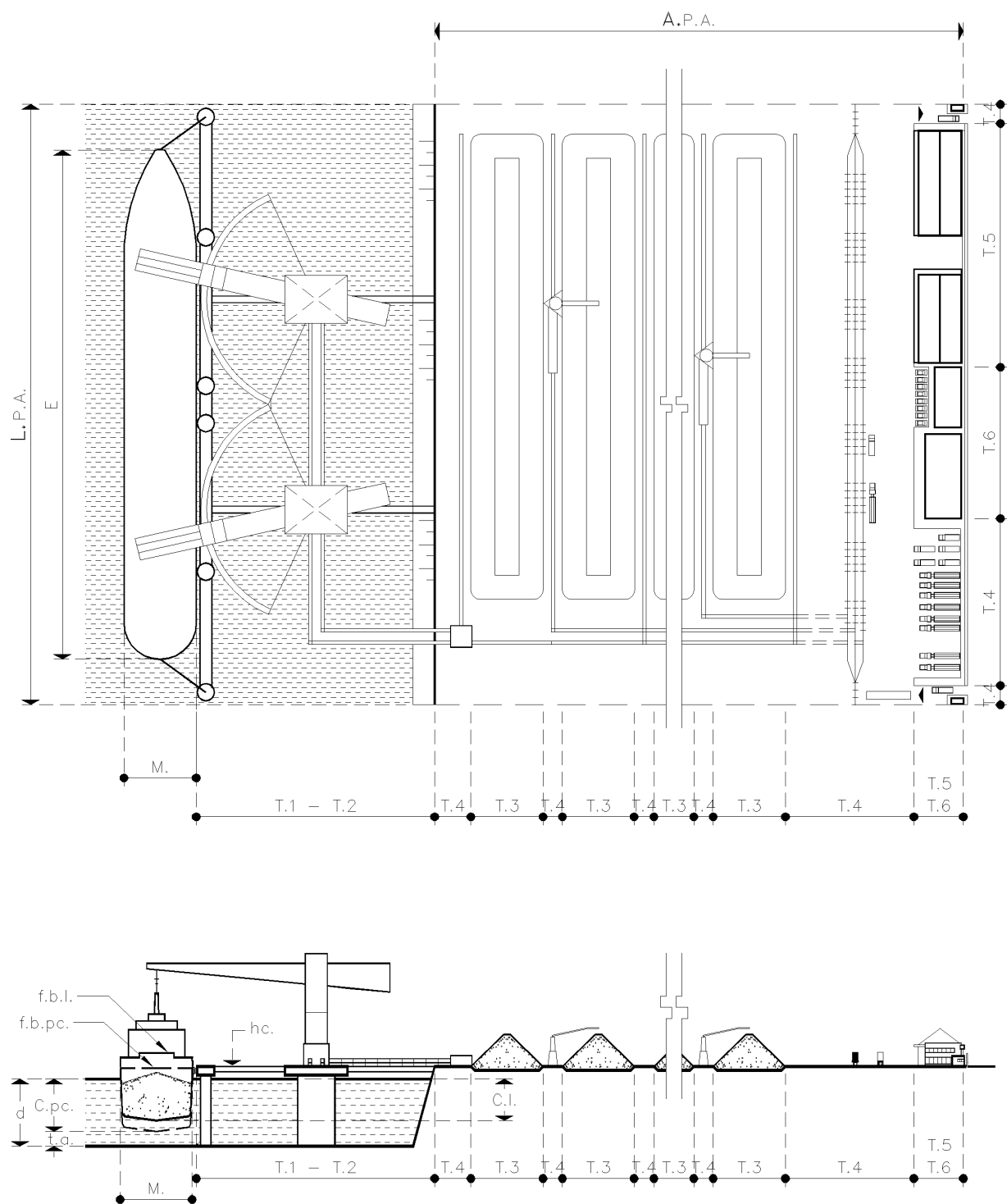


Figura 5.41 Puesto de Atraque de Graneles para Exportación o Salida del Producto

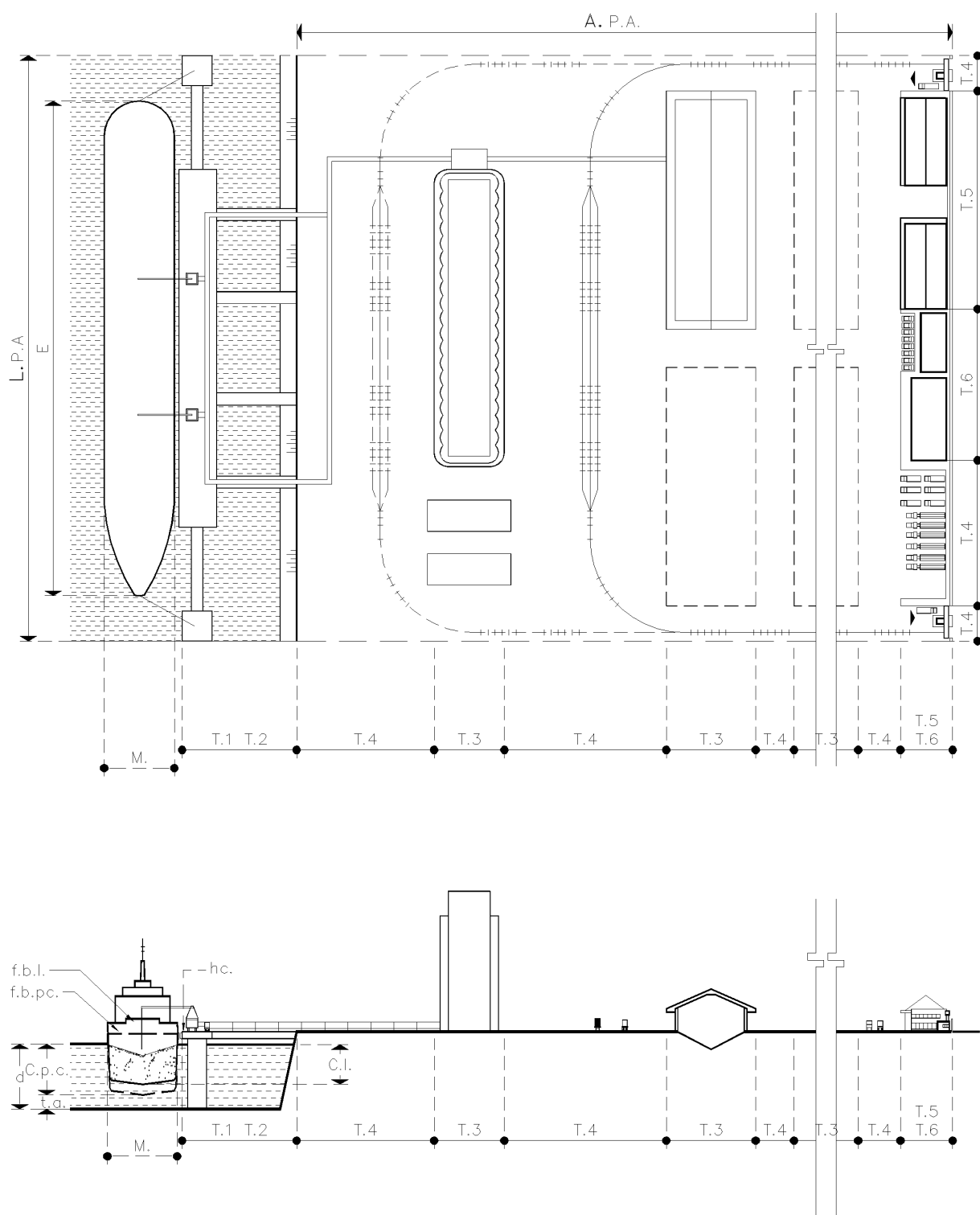


Figura 5.42 Puesto de Atraque de Graneles para Importación o Entrada del Producto

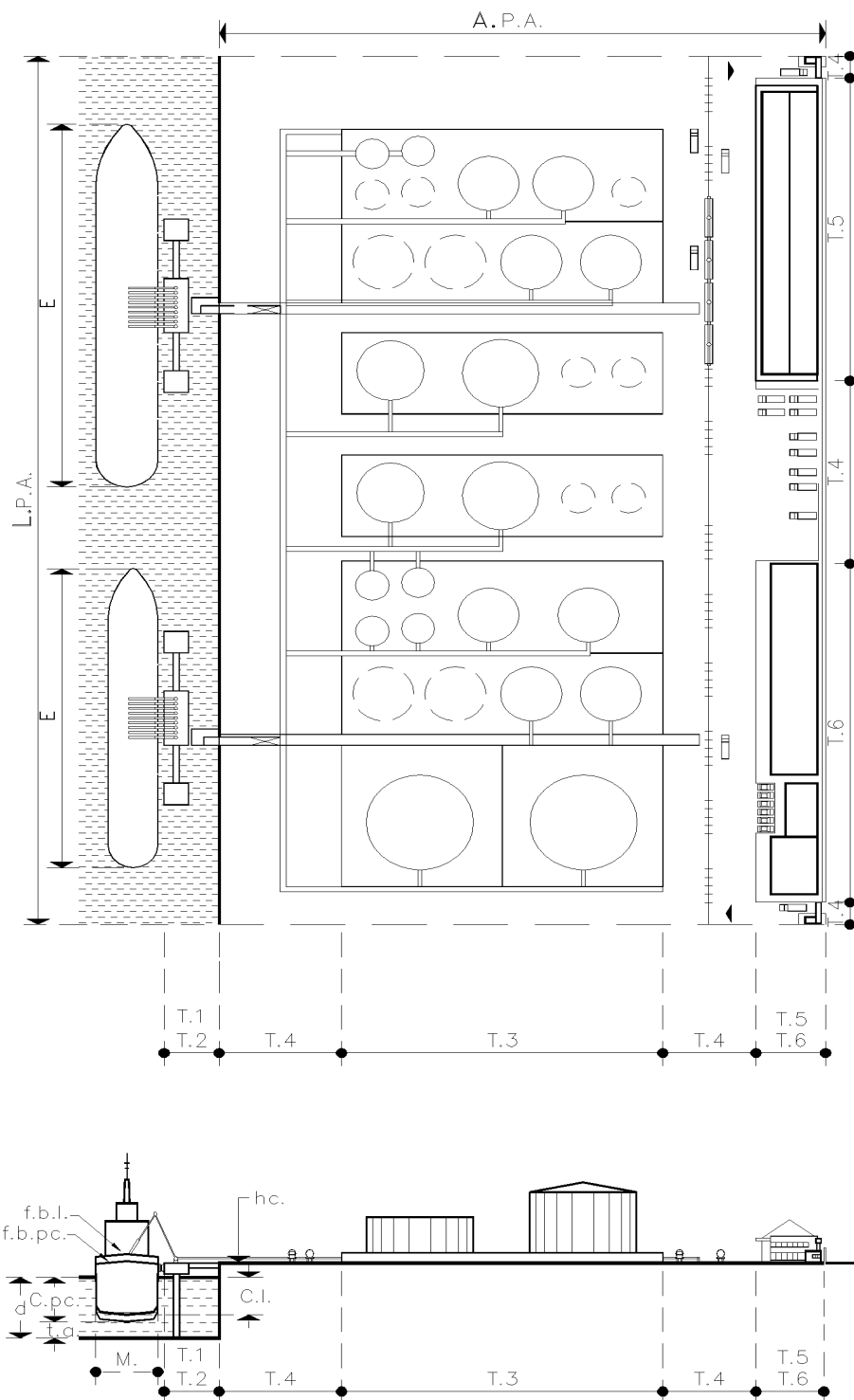


Figura 5.43 Puesto de Atraque de Fluidos (aguas protegidas o mar abierto)

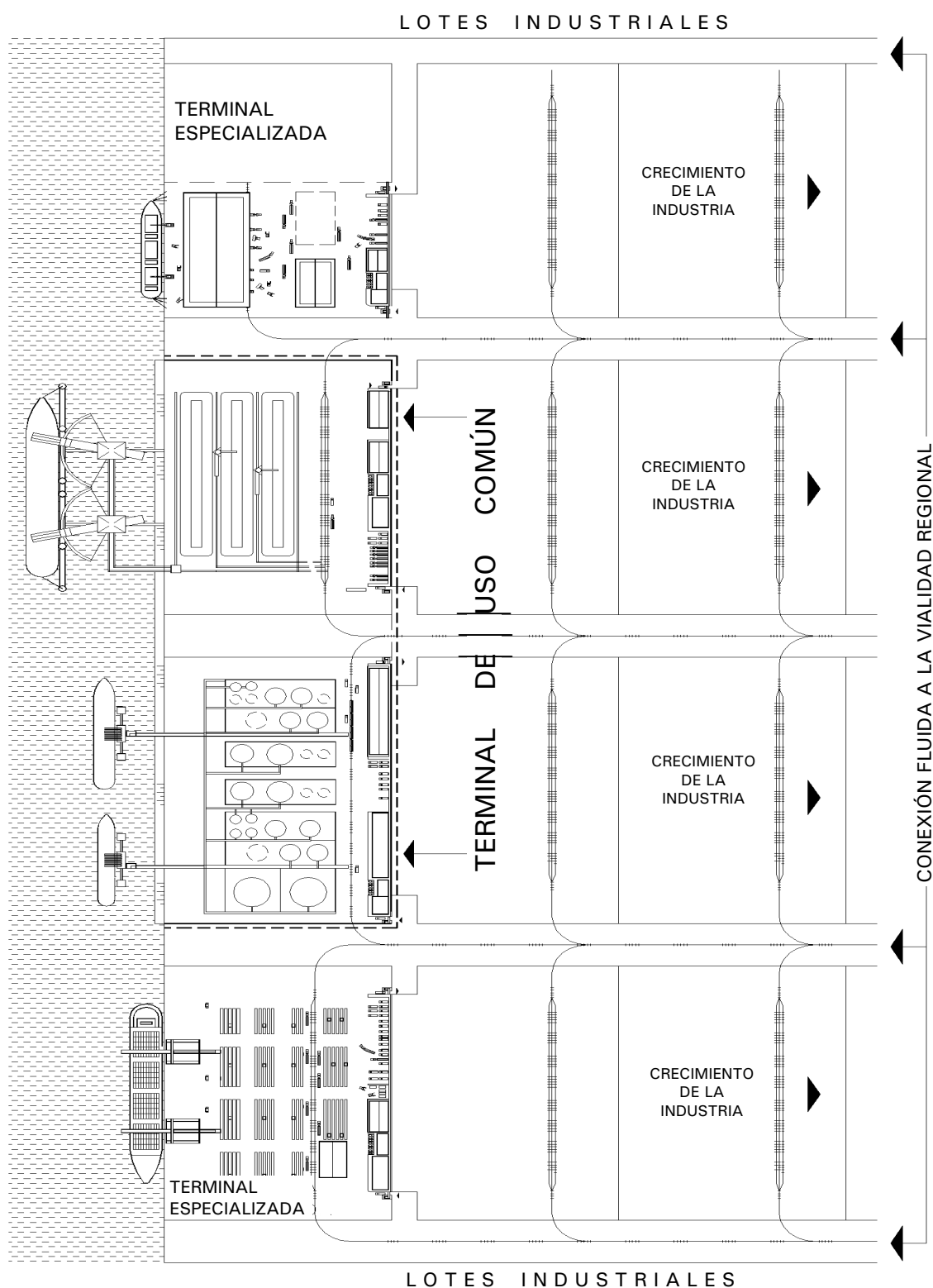


Figura 5.44 Puerto de Atrake Industrial

5.3.2.1 Criterios y Recomendaciones para Optimizar el Número de Posiciones de Atraque

El número óptimo de atraques, se define como la cantidad de ellos que reducen al mínimo el costo anual por esperas de los barcos, incluyendo el costo anual (equivalente) de atraques desocupados, más los costos de desarrollo y mantenimiento del puerto. Esta definición es una medida de la habilidad de un puerto para mover mercancía en carga y/o descarga, de los barcos que llegan a él.

En general son dos los procedimientos utilizados para la determinación del número óptimo de muelles: el analítico denominado **Método Básico** y el más sofisticado a base de computadora, llamado **Método de Simulación**.

Método Básico

Consiste en dividir las operaciones portuarias en distintas fases, en tal forma de poder determinar el estrangulamiento o cuello de botella del sistema, teniendo como unidades de comparación la capacidad intrínseca y real del movimiento de carga.

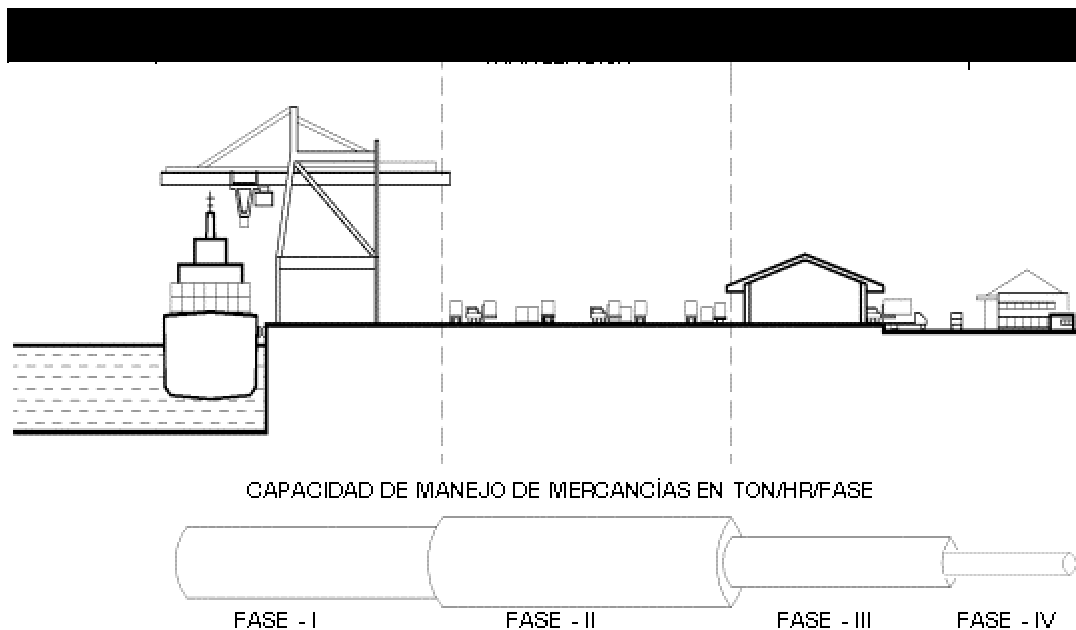


Figura 5.45 Fases de la Operación Portuaria

La capacidad intrínseca o teórica, es la que se obtiene suponiendo que el puerto trabaja ininterrumpidamente a ritmo medio normal, basándose en los rendimientos teóricos del equipo. Esta

capacidad se obtiene considerando las fases indicadas, como sigue:

- › Rendimiento en ton/m lineal de muelle (Fase – I)

- › Rendimiento de los equipos de manipulación en la carga y descarga (Fase – II)
- › Rendimiento de las superficies de depósito (Fase – III)
- › Rendimiento en la entrega (Fase – IV)

La capacidad real se obtiene a través de las estadísticas portuarias y las observaciones de campo.

La aplicación de los índices a la zona operacional da como resultado una serie de tubos conectados de distintos diámetros por los que deben fluir los movimientos de carga (ton), como se indica en la Fig. 5.45.

Una vez determinadas las capacidades de cada fase y la función de evolución de tráfico, se grafica una curva con la planificación de las fases, definiendo el año de colapso (Fig. 5.46)

Antes del año correspondiente al límite, de capacidad teórica, habrá que plantear con tiempo los proyectos que permitan suplementar dicha capacidad; este período de antelación será suficientemente distante para los procesos de adjudicación y ejecución de las obras, (mínimo de 4 años). Estas nuevas obras e instalaciones deberán proporcionar un mayor nivel de capacidad, cuya abscisa será el año horizonte, cuya diferencia con el año de colapso será como mínimo los 4 años; lapso necesario para iniciar el segundo ciclo de proyectos futuros.

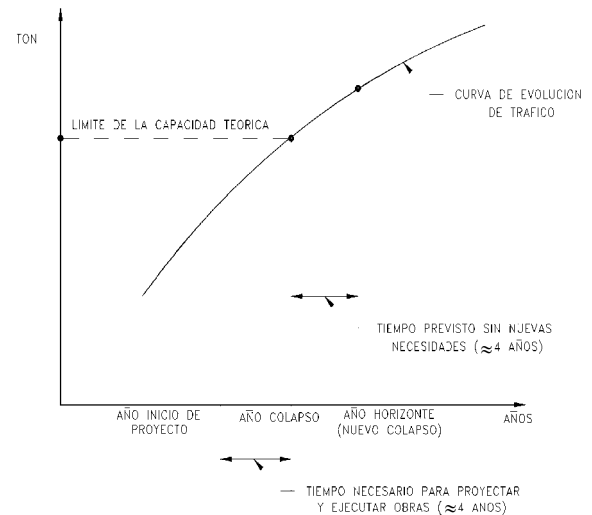


Figura 5.46 Gráfica de Planeación Portuaria

La comparación del año de iniciación de proyectos con el año actual, permite designar el puerto como:

- › De ampliación urgente
- › De ampliación a medio plazo
- › De no ampliación

Este método es sencillo de aplicar aunque tiene sus limitaciones, ya que el funcionamiento del puerto es mucho más complejo, pero su simplicidad es un arma muy útil para esclarecer la naturaleza de los estrangulamientos.

Método de Simulación

Con este procedimiento se pretende realizar una simulación de las operaciones portuarias mediante una

computadora, pudiendo determinar el número de barcos que arribarán al puerto, su atraque en muelles, su fondeo, por falta de éstos. Este método es mucho más flexible y permite cuantificar mayor número de parámetros que el anterior, ya que relaciona el arribo de barcos, el número de atracaderos y los tiempos de espera y servicios.

› Teoría de Colas

En todo puerto donde existe una demanda de servicio por parte de usuarios que llegan sucesivamente y de manera irregular en el tiempo, para ser atendidos en un número determinado de

atracaderos, se puede producir un fenómeno de espera.

La teoría de líneas de espera se ha convertido en una herramienta útil para el análisis y planeación de un puerto; la suposición básica que normalmente se hace, es sobre los arribos de los barcos y los tiempos de servicio en el puerto. De acuerdo a la experiencia se ha observado que la distribución de Poisson describe satisfactoriamente los intervalos de llegadas, mientras que los tiempos de servicio quedan mejor representados por una distribución exponencial. La disciplina básica de la cola en un puerto, se esquematiza en la **Figura 5.47**.

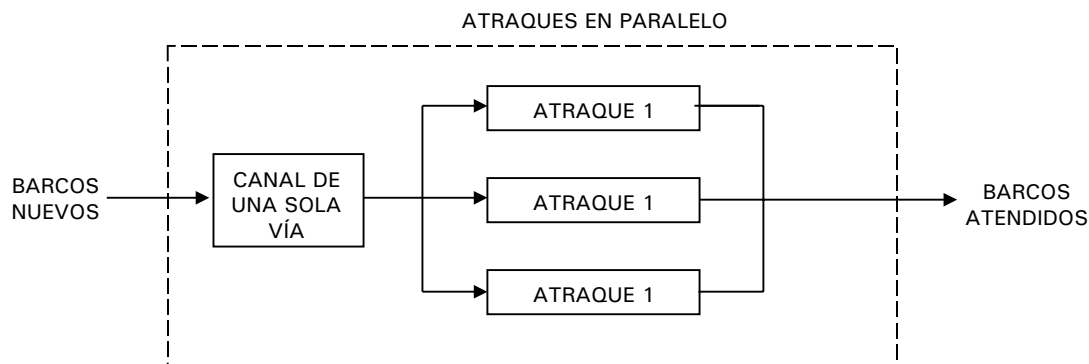


Figura 5.47 Sistema de Cola de Espera

Con la suposición anterior, se puede estructurar un modelo de múltiples servidores (número de atraques, función del tipo de tráfico y carga), introduciendo una rutina de asignación de atraque y calculando la ocupación resultante, tiempo medio de barco esperando, así como número promedio y máximo de barcos esperando.

El aspecto principal se centra en el cálculo de los Costos de Espera, que podrán ser determinados aplicando el modelo de líneas de espera para el caso de una sola línea y múltiples servidores, en el que la distribución de probabilidad de llegadas de embarcaciones se apega a la curva de Poisson, cuya expresión es:

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!}, \text{ para } n = 0, 1, 2, \dots, t$$

$P_n(t)$ = Probabilidad de n llegadas en un tiempo t

λ = Promedio de llegadas por unidad de tiempo (barcos/día)

La distribución de probabilidad de los tiempos de servicio, se apegan a una curva de tipo Erlang.

$$f(t) = \frac{(\mu k)^k t^{k-1}}{(k-1)!} \mu^{-k\mu t} \quad \text{para } t \geq 0$$

$f(t)$ = Densidad de probabilidad de los tiempos de servicio

μ = Promedio de servicios por unidad de tiempo (barcos/día)

k = Número de fases o tareas de que consta la secuencia del servicio

En la que sólo es posible obtener fórmulas para una estación de servicio, por lo que para más de una estación es necesario recurrir a los procedimientos de simulación de Montecarlo.

Así entonces, cuando $k = 1$ la función $f(t)$ se convierte en una curva exponencial negativa; es decir:

$$f(t) = \mu e^{-\mu t}, \quad \text{para } t \geq 0$$

Los parámetros utilizados para el cálculo del "Tiempo Anual de Espera" para llegadas tipo Poisson y servicios tipo exponencial, son los siguientes:

W_s = Tiempo anual de espera (días/año)

E_t = Tiempo medio de espera por barco (día/barco)

E_w = Longitud promedio de la cola (barcos)

N = Número anual de barcos (barcos/año)

s = Número de estaciones de servicio (muelles)

a = Número anual de días por año (365)

b = $\lambda/\mu s$ (tasa total de ocupación)

Las ecuaciones de cálculo son entonces las siguientes:

$$W_s = E_t \times N; \quad E_t = \frac{E_w}{\lambda}; \quad \lambda = \frac{N}{a} = \frac{N}{365}$$

De donde se deduce que: $W_s = 365 E_w$ (Ecuación Base)

La longitud media de la cola, es:

$$E_w = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s}{(s-1)! (\mu s - \lambda)^2} P_o(t)$$

Con distribución de Poisson:

$$P_o(t) = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n + \frac{1}{s!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s \left(\frac{\mu s}{\mu s - \lambda} \right)}$$

Y considerando b :

$$E_w = \frac{b^2 (bs)^{s-1}}{(s-1)! (1-b)^2} \times \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{1}{n!} (bs)^n + \frac{1}{s!} (bs)^s \left(\frac{1}{1-b} \right)}$$

Sustituyendo en la ecuación base y simplificando:

$$W_s = 365 \times \frac{b}{1-b} \frac{1}{1 + \frac{s(1-b)}{(bs)^s} \sum_{n=0}^{s-1} \frac{(bs)^n}{n!}}$$

Para $s = 1$ $W_1 = 365 \frac{b^2}{1-b}$

Cuando los tiempos de servicio siguen una distribución Erlang con cualquier valor de k y se tiene una estación de servicio, el tiempo total de espera guarda la siguiente relación:

$$W_1(k) = \frac{1+k}{2k} W_1$$

Si $k = 1$: $\frac{1+k}{2k} = 1$ (es el caso de servicios exponenciales)

Si $k = \infty$: $\frac{1+k}{2k} = \frac{1}{2}$

Es decir que cuando los servicios son constantes, el tiempo total de espera es la mitad del tiempo resultante de servicios exponenciales.

Partiendo de la expresión $b = \lambda/\mu s$, variando el número de muelles "s" para un valor de $K = 1$ y tabulando el parámetro Et , se determina el número óptimo de atraques por tipo de embarcación a manejar en el Puerto.

El costo total anual (TC) asociado con un número de atraques dado y un número de barcos en el puerto, está dado por:

$$TC = IBC + SWC$$

IBC = Costo de atraques desocupados (Nº horas de atraque desocupado por costo horario de atraque)

SWC = Costo de barcos esperando (Nº horas de barcos esperando por costos horarios de barco en espera)

El costo mínimo se obtiene por prueba y error usando esta expresión y variando el número de atraques, pudiéndose obtener una gráfica como la de la **Fig. 5.48**, donde los puntos de intersección de las curvas, indican el número óptimo de atraques según el tonelaje.

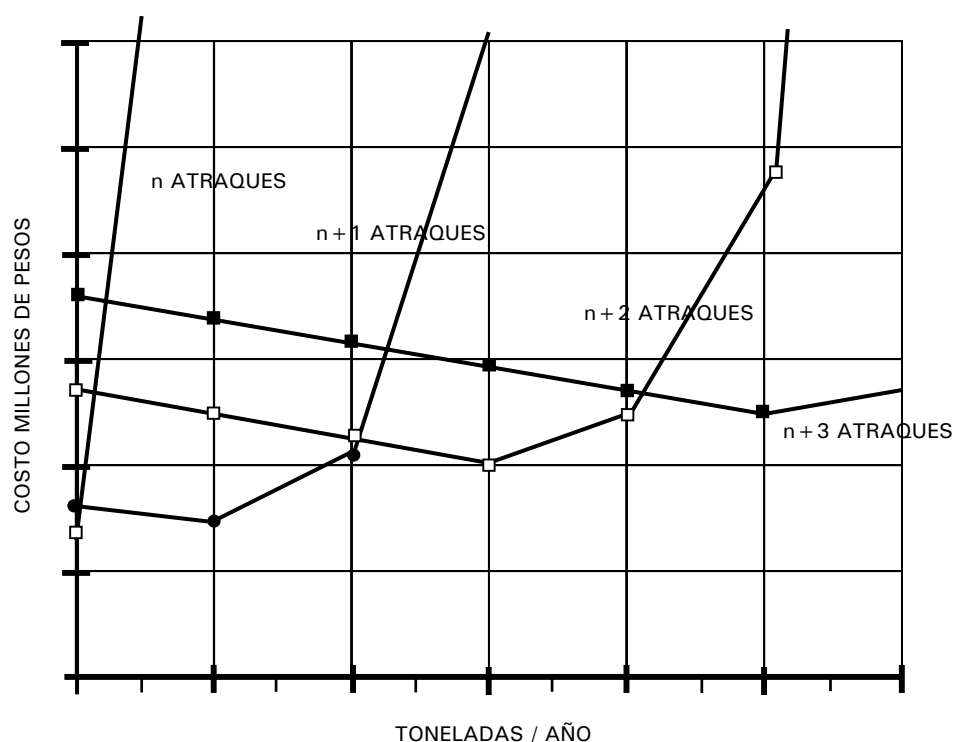


Figura 5.48 *Análisis del Número Óptimo de Atraques*

El manual de la UNCTAD presenta diagramas para obtener el número óptimo de muelles, como resultado de la aplicación de la Teoría de Colas.

Para el caso del año de colapso, partiendo del número de muelles y los días de espera, se procede a realizar un análisis de costos, en el que se compara el costo por espera de embarcaciones por su tiempo de espera contra la construcción de un muelle más, que abatiría los costos de espera.

5.3.2.2 Criterios para la Definición de Solicitaciones (fuerzas actuantes)

Las cargas y fuerzas a considerar en el diseño en un muelle, se muestran en la **Fig. 5.49** y la forma de obtenerlas es la siguiente:

a) Carga Muerta (C_m)

La carga muerta es la suma del peso de todas y cada una de las partes estructurales del muelle completo.

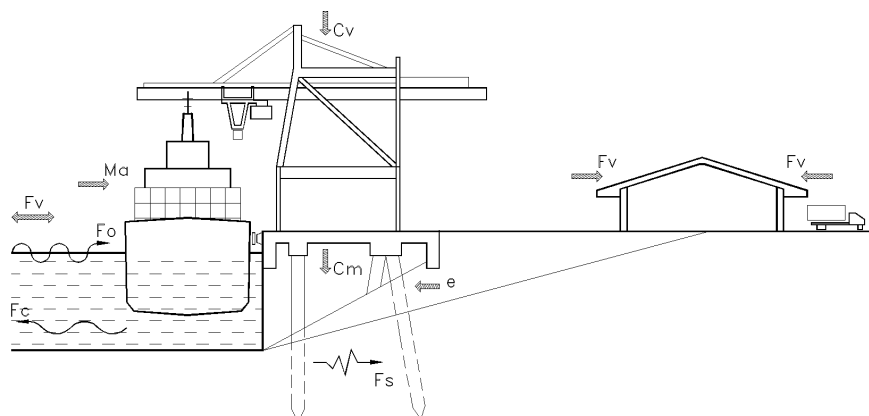


Figura 5.49 Fuerzas Actuantes en un Muelle

b) Cargas Vivas (Cv)

Estas cargas pueden subdividirse en dos grupos:

- › Uniformemente distribuidas
- › Móviles

Cargas Uniformemente Distribuidas

Los valores mínimos recomendables de la carga viva uniforme a considerar sobre la plataforma de un muelle, son:

<u>Uso de la Estructura</u>	<u>Carga Viva</u> <u>Ton/m²</u>
Muelles de Pesca	1.5
Muelles de Cabotaje	3.0
Muelles de Altura	4.0
Muelles para Minerales	4.5 – 10

Cargas Vivas Móviles

Son las producidas por el equipo que se utiliza sobre el muelle para el manejo de la carga.

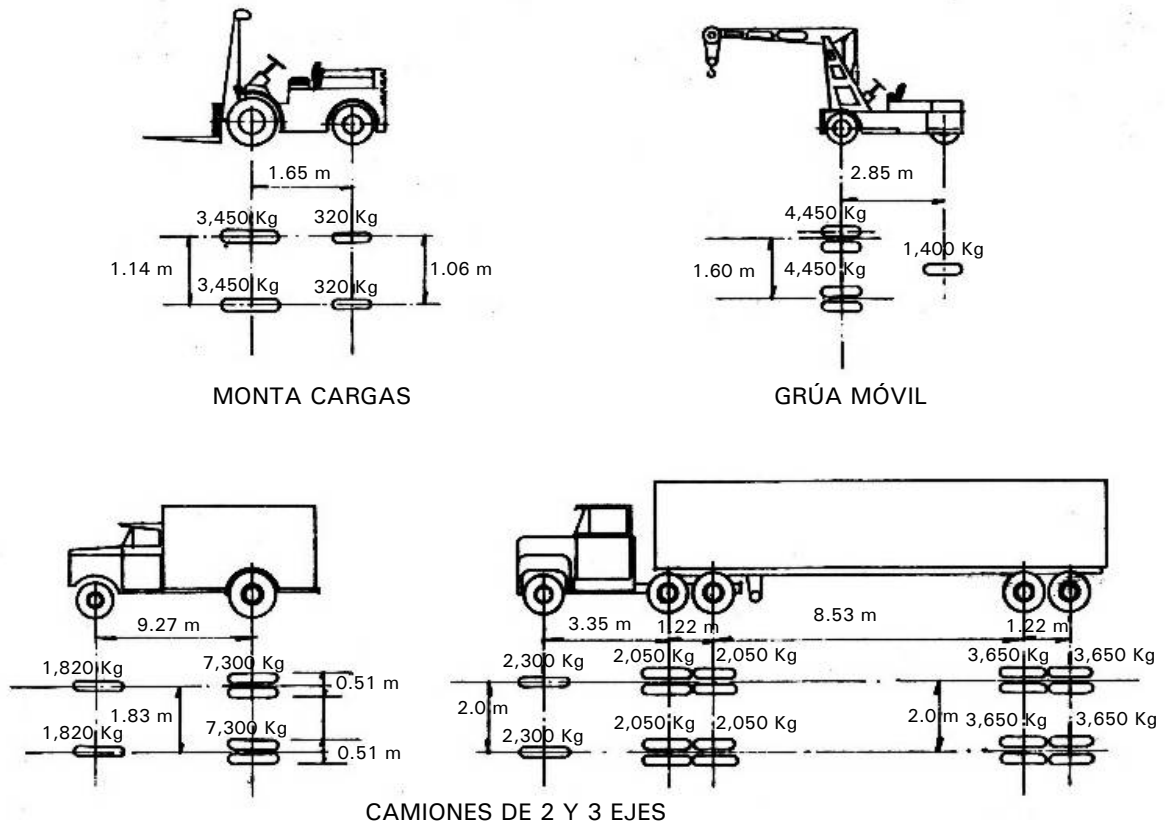


Figura 5.50 Cargas Móviles de equipo más usuales

- » En el caso de grúas fijas, giratorias, sobre rieles o cualquier otro tipo, los fabricantes proporcionan los planos de carga que sirven para el diseño.
- » Cuando se trata de muelles petroleros, habrá que considerar también las cargas producidas por los brazos de carga o descarga (garzas), así como las de las tuberías de producto y lastre sobre la plataforma o área de operaciones.
- » En la carga de ferrocarril, dominan generalmente las concentraciones proporcionadas por la locomotora, más que el peso de los vagones cargados. Actualmente se considera

la locomotora Diesel – Eléctrica por ser la más usual.

c) Impacto del Buque al Atracar

La fuerza horizontal originada por el impacto de la embarcación al atracar, depende de:

Masa o Desplazamiento del Barco (M1)

Es un dato conocido ya que se tiene conocimiento de las características del barco de diseño; para ello se requiere conocer las T.P.M. de diferentes tipos de barcos, así como las dimensiones, calado máximo, masa hidrodinámica y energía

cinética de atraque para diferentes velocidades de acercamiento.

Masa Hidrodinámica (M2)

Este peso se conoce como masa adicional (cilindro de agua), cuya expresión de cálculo es:

$$M2 = \frac{\pi H^2}{4} \rho E = 0.805 E H^2$$

Donde:

ρ = Peso específico del agua de mar (1.025 ton/m³)

H = Calado máximo del barco (m)

El peso total a considerar en el atraque será la suma del peso del barco y el adicional del cilindro de agua:

$$Ma = M1 + M2 \text{ (ton)}$$

d) Velocidad de Acercamiento (Vt)

Depende de diversos factores, tales como: tamaño del barco, pericia del piloto, facilidades para el atraque, condiciones climáticas y del mar, etc.

A continuación se presenta una lista de las velocidades máximas normales de atraque en relación al peso muerto del barco (T.P.M.):

CONDICIONES	ACERCAMIENTO	VELOCIDADES MÁXIMAS DE ATRAQUE Vt (m/seg)			
		1,000 T.P.M.	5,000 – 10,000 T.P.M.	10,000 – 50,000 T.P.M.	> 50,000 TPM
Viento y oleaje fuertes	Difícil	0.75	0.55 – 0.40	0.30	–
	Favorable	0.60	0.45 – 0.30	0.20	0.15
Viento y oleaje moderados	Aceptable	0.45	0.35 – 0.20	0.15	0.15
	Difícil	0.25	0.20 – 0.15	0.10	0.10
Calma (área protegida)	Favorable	0.20	0.15 – 0.12	0.10	0.10

e) Energía de Atraque (Et)

La energía cinética de atraque de un barco se calcula con la siguiente expresión:

$$Et = Ma Vt^2 / 2g = (M1 + M2) Vt^2 / 2g \text{ (ton-m)}$$

En la mayoría de los casos el atraque de proa o de popa, se realiza con un cierto ángulo con respecto al paramento ($Vt = V_{\text{barco}} \sin \alpha$), haciendo que el barco tienda a desplazarse (rebote) y girar al mismo tiempo, por lo que la energía

cinética total se consume parcialmente, pudiéndose calcular con la siguiente expresión:

$$Ep = Ma Vt^2 / 2g [(l/r)^2 / 1 + (l/r)^2] \text{ (ton - m)}$$

Donde:

l = Distancia del punto de atraque al centro de gravedad de la embarcación (m)

r = Distancia del centro de gravedad del barco al punto de atraque sobre la superficie del agua.

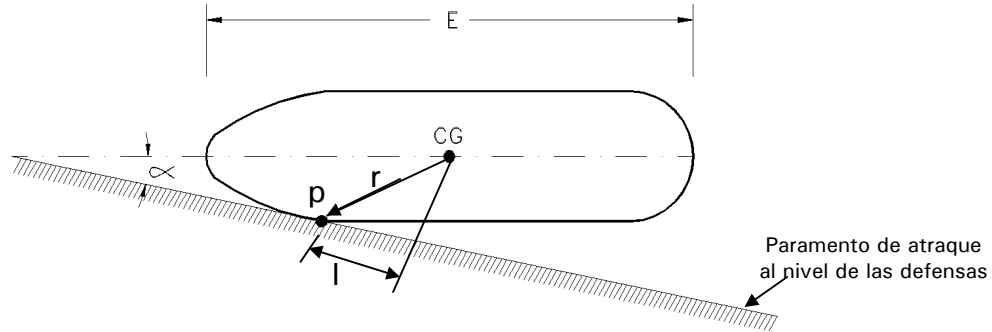


Figura 5.51 Esquema del Atraque de un Barco

Energía Cinética Efectiva de Atraque (Ee)

Si se asume que la superficie del barco al nivel del plano del espejo de agua, tiene forma rectangular, el radio de giro tenderá a tomar un valor del orden de $\frac{1}{4}$ de eslora.

A esto se le denomina acercamiento al "**Punto Cuarto**", que es el más frecuente y en donde el impacto se produce a $\frac{1}{4}$ de la eslora, midiendo de proa hacia popa. La energía cinética efectiva puede calcularse a partir de:

$$E_e = E_t - E_p = \frac{1}{2} (Ma V_t^2 / 2g)$$

$$E_e = \frac{1}{4} (Ma V_t^2 / g) \quad (\text{ton} - \text{m})$$

Esta energía se utiliza para calcular el tipo de defensas y la reacción sobre la estructura, de acuerdo a las gráficas proporcionadas por el fabricante.

Cuando el atraque no se realiza al punto cuarto, la ecuación anterior se expresa como:

$$E_t = K \frac{Ma V_t^2}{2g} \quad (\text{ton} - \text{m})$$

En la que los valores del coeficiente K, se obtienen de la **Fig. 5.52**

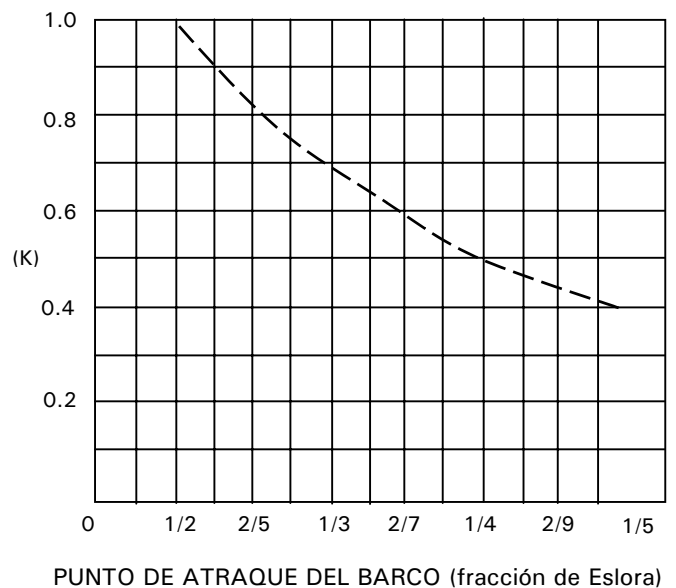


Figura 5.52 Energía de Atraque

El valor tangencial del impacto de la embarcación, se obtiene multiplicando el valor de la componente normal por el coeficiente de fricción entre barco y defensas, el cual se considera comúnmente igual a 0.25.

f) Fuerza de Viento (Fv)

El diseño de los elementos de amarre consiste en determinar su tipo, capacidad, cantidad y ubicación dentro del muelle, siendo fundamental para ello la acción ejercida por el viento.

La presión del viento, debe considerarse aplicada perpendicularmente sobre el área expuesta de la embarcación en condiciones de barco descargado y actuando tanto longitudinal como transversalmente.

Para un muelle en espigón donde pueden llegar a estar atracados dos barcos simultáneamente, se debe considerar el empuje total del viento actuando sobre la nave expuesta a la acción del mismo y sólo el 50% de la fuerza de viento sobre la nave atracada en el otro lado del muelle.

Los diferentes criterios para calcular la fuerza del viento se indican a continuación:

a. D.I.N. (Alemania)

$$F_v = k A_n q$$

Donde:

F_v = Fuerza del viento contra la superficie expuesta (Kg)

k = Coeficiente empírico que considera los efectos de las presiones de viento: directa y de sotavento (1.2 como mínimo, 1.4 normal)

A_n = Área neta del barco normal a su eje longitudinal, expuesta al viento (m^2)

$$q = \frac{U^2}{16} \quad (\text{presión ejercida por el viento})$$

U = Velocidad del viento (m/seg)

b. Laboratorio de Francia

Considera que la velocidad máxima para que un barco pueda atracar, fluctúa de 12.5 a 15 m/seg. Su expresión para calcular el efecto del viento durante el atraque, es:

$$F_v = K A (U - V_b)^2$$

Donde:

$$K = 60 \times 10^{-3}$$

V_b = Velocidad del barco en m/seg (normalmente despreciable respecto a U)

F_v en Kg, A en m^2 y U en m/seg

Como aproximación inicial se puede emplear $U = 15$ m/seg y $V_b = 0.30$ m/seg

La fuerza retardante debida a la resistencia del agua, puede calcularse con:

$$F_r = K' A' U^2 \quad (\text{Kg})$$

Donde:

$$K' = 60$$

A' = Área de la superficie sumergida del barco considerada como plena (m^2)

U en m/seg

c. PIANC

Recomienda para viento actuante perpendicular al eje longitudinal del buque:

$$F_v = 1.6 \times 10^{-6} E_f (h_c - H_m + 15) U^2 \text{ (ton)}$$

Donde:

E_f = Eslora de la línea de flotación en ft

h_c = Altura de la cubierta principal en ft

H_m = Calado medio en ft

U en nudos

d. A. Eggink (Laboratorio de Delft)

Encontró en base a pruebas con modelos de laboratorio, que $V_b/U \approx 1/20$, valor cuyas variaciones tienen gran dependencia de la forma del barco y su calado.

La presión del viento se transmite a las amarras y elementos de amarre (bitas, bolardos, etc), se calcula de acuerdo a lo siguiente:

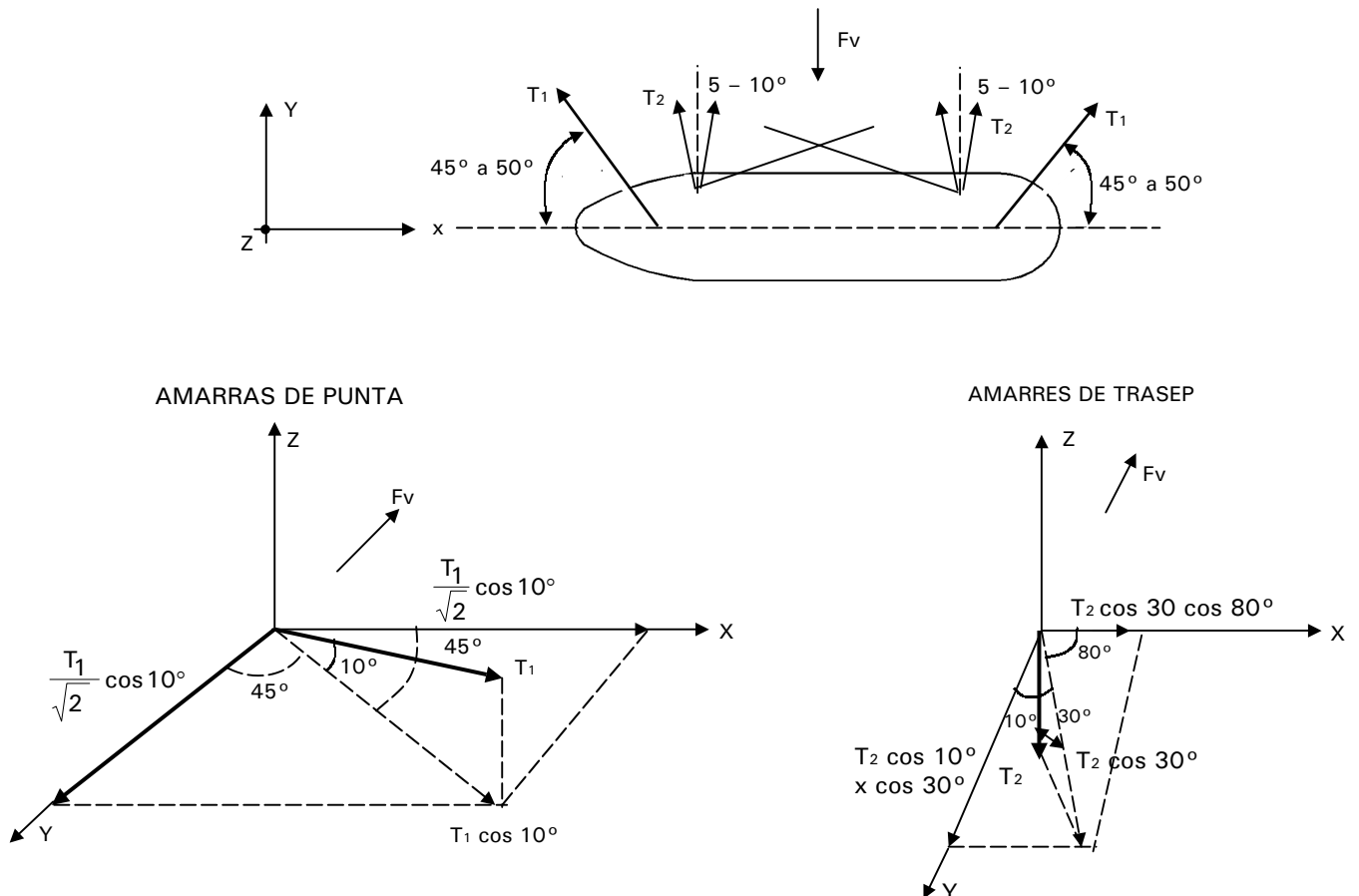


Figura 5.53 Presión de Viento sobre el Barco y Fuerzas Resultantes

La fuerza actuante sobre los elementos de amarre es:

$$a) F_v = \frac{T_1 \cos 10^\circ}{\sqrt{2}} \therefore T_1 = 1.45 F_v$$

$$b) F_v = T_2 \cos 10^\circ \cos 30^\circ \therefore T_2 = 1.17 F_v$$

Las amarras de punta (proa y popa) deberán estar soportadas por elementos de amarre, con una capacidad T_1 , considerando que cada una de ellas actúa de manera aislada, cuando el

viento incide normal al eje longitudinal del barco.

Para la capacidad de los elementos de amarre intermedios, se divide la fuerza de viento normal al eje longitudinal del barco, entre el número de amarras, sin considerar las de guarda; esto es:

$$T_2 = \frac{1.17 F_v}{n}.$$

Al respecto, en la **Tabla 5.17** se presentan las recomendaciones del PIANC para el número de amarras requeridas por tipo de barco.

TABLA 5.17
CABLES DE AMARRE NECESARIOS POR TIPO DE BUQUE

UBICACIÓN	CABLES DE AMARRE	CARGUEROS MENORES	CARGUEROS MAYORES	GRANELEROS O PETROLEROS < 40,000 T.P.M.	GRANELEROS O PETROLEROS > 40,000 T.P.M.
Adelante	Punta	1	2	3	4
	Través	(1)	2	2	2
	Guarda	1	1	2	2
Atrás	Guarda	1	1	2	2
	Través	(1)	2	2	2
	Punta	1	2	3	4
	Número Total	4	10	14	16

La capacidad de los elementos de amarre determinada con el procedimiento anterior, puede tener variaciones debido a los movimientos propios del barco (desplazamientos horizontales o giros) al estar amarrado, modificando el ángulo del cable respecto al elemento de amarre; en algunos casos esta situación obliga a verificar la capacidad base calculada del mismo. En este aspecto

pueden llegar a influir las características de los cables de amarre (flexibilidad, resistencia, etc.), descritas en el inciso 5.3.3.3.

Para considerar estos efectos se presenta la **Tabla 5.18**, donde se indican los resultados obtenidos por el PIANC en relación a los movimientos máximos recomendados de un barco amarrado bajo condiciones seguras de trabajo.

TABLA 5.18
MOVIMIENTOS MÁXIMOS DE UN BUQUE EN AMARRAS

TIPO DE BARCO	EQUIPO DE MANIOBRA	VAIVEN (m)	DERIVA (m)	ARZADA (m)	GUIÑADA (°)	CABECEO (°)	BALANCEO (°)
De Pesca	» Grúa Montacargas	0.15	0.15				
	» Carga o descarga vertical	1.0	1.0	0.4	3	3	3
	» Bomba aspiradora	2.0	1.0				
Cabotaje o Carga General	» Equipo del barco	1.0	1.2	0.6	1	1	2
	» Grúa de muelle	1.0	1.2	0.8	2	1	3
Ro Ro	» Rampa lateral	0.6	0.6	0.6	1	1	2
	» Rampa de tormenta	0.8	0.6	0.8	1	1	4
	» Pasarela	0.4	0.6	0.8	3	2	4
	» Rampa ferroviaria	0.1	0.1	0.4	–	1	1
Cargueros de Altura	---	2.0	1.5	1.0	3	2	5
Porta contenedores	Rendimiento 100%	1.0	0.6	0.8	1	1	3
	Rendimiento 50%	2.0	1.2	1.2	1.5	2	6
Graneleros	Grúas	2.0	1.0	1.0	2	2	6
	Montacargas o palas giratorias	1.0	0.5	1.0	2	2	2
	Banda transportadora	5.0	2.5		3		
Petroleros	Brazos de carga o garzas	3.0*	3.0				
Gaseros	Brazos de carga o garzas	2.0	2.0		2	2	2

* En sitios expuestos los brazos de carga permiten grandes movimientos, pudiéndose aceptar hasta 5.0 m

NOTA: Los valores indicados son pico (van de menos a más, o viceversa), excepto en la Arzada que parte de un valor "0".

g) Fuerza de Oleaje (Fo)

Su análisis no es muy común, excepto cuando se trata de obras fuera de la costa (Off-Shore). Una manera de considerar este efecto, es:

"Considerar la fuerza horizontal producida por el oleaje, como un tercio de la total debida al viento actuando paralelamente a ésta".

Esta es una simplificación aceptable como una primera aproximación y en casos particulares de importancia debe realizarse un análisis específico.

h) Fuerza de Corriente (Fc)

Tal como sucede en el oleaje y debido a la protección que ofrece el puerto, las corrientes no son comúnmente consideradas actuando en una embarcación atracada y en realidad las fuerzas que generan son pequeñas respecto a las producidas por viento; en casos especiales (muelles sobre ríos) es recomendable su análisis.

Para el cálculo de la fuerza que produce la corriente, existen gran variedad de fórmulas que esencialmente están conformadas de la misma manera; a continuación se indican dos criterios:

a. Japón

Para corriente normal al eje del barco:

$$F_c = 0.14 S_m V_f^2 \text{ (ton)}$$

donde:

S_m = Superficie mojada (m^2)

V_f = Velocidad de la corriente (m/seg)

b. PIANC

b.1 Acción de corriente perpendicular al eje del buque:

$$F_c = 1.6 \times 10^{-3} A V_f^2$$

donde:

F_c = Fuerza contra la superficie expuesta (ton)

A = Area lateral proyectada bajo el agua (ft^2)

V_f en nudos

b.2 Acción de corriente en la dirección del eje del buque:

$$F_c = 3 \times 10^{-6} A V_f^2 \text{ (ton)}$$

donde:

$A = 15.6 V_f \sqrt{W E_f}$ (Superficie mojada en ft^2)

W = Desplazamiento (ton)

E_f = Eslora al nivel de flotación (ft)

En última instancia, la fuerza resultante entre viento, oleaje y corriente, es la que debe tomarse en cuenta para el cálculo de la capacidad de los elementos de amarre; el coeficiente de seguridad (hasta 4) que establece el fabricante de éstos, es solo un rango adicional de

incertidumbre relacionado con los materiales utilizados en su elaboración.

i) Fuerza de Sismo (F_s)

Para tal efecto, se deben considerar los coeficientes sísmicos establecidos en la "Regionalización Sísmica de la República Mexicana" de la Comisión Federal de Electricidad, que establece coeficientes según la zona y el tipo de suelo; además considera coeficientes básicos para análisis estático o espectros de diseño con períodos de vibración en el caso de análisis dinámico.

La Fuerza por Sismo F_s , se obtiene con:

$$F_s = C_s (C_M + 0.50 C_V) \text{ (ton)}$$

Aún en el caso de áreas específicamente asísmicas, es recomendable considerar al menos un $C_s = 0.08$ (correspondiente a un suelo firme de la Zona A).

j) Empuje de Tierras

En el diseño de muelles siempre está presente el problema de la interacción suelo – estructura y normalmente la existencia de taludes, siendo necesario el análisis de estabilidad del conjunto; para ello pueden emplearse los métodos del Círculo de Falla, Cuña de Deslizamiento o Dovelas (Sueco), cuyos detalles pueden consultarse en las referencias. En estos casos, el mejor conocimiento de las condiciones del suelo (tipo de material, ángulo de fricción interna, D_{50} , cohesión, etc.), permite más precisión en los cálculos y mayor certidumbre en los resultados.

Para el caso de empuje de tierras, generalmente empleado para el diseño de pilotes, pilas y tablaestacas, los procedimientos más simples consideran sólo el empuje activo a través de la expresión de Coulomb:

$$E_a = K_a \tan^2 (45^\circ - \phi/2)$$

donde:

K_a = Coeficiente de empuje activo

ϕ = Angulo de fricción del material del talud

Métodos más completos hacen intervenir además, el empuje pasivo y la participación del sismo.

Para el diseño integral del muelle, sobre todo cuando se usan programas de computadora, es común analizar diversas combinaciones de carga, siendo las más usuales las siguientes:

- a) Para superestructura
 - a.1 CM + 100% CV
 - a.2 CM + Cv móvil, en cualquier posición
- b) Para subestructura
 - b.1 CM + 100% CV
 - b.2 CM + sismo
 - b.3 CM + 100% CV + Viento
 - b.4 CM + 100% CV + Atraque

5.3.3 Tipos de Muelles

5.3.3.1 Por su Forma

De acuerdo a su forma y la manera como atracan las embarcaciones, son los siguientes:

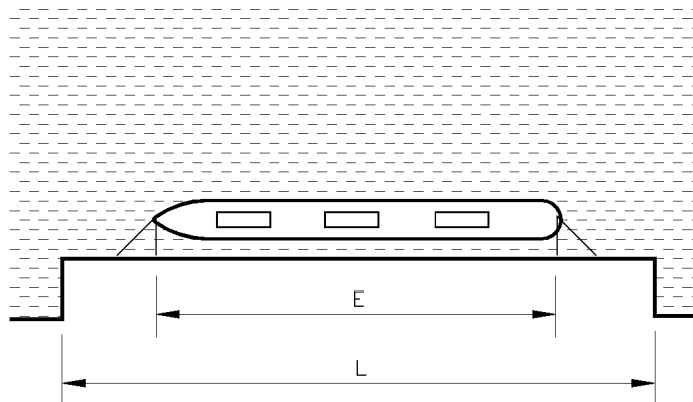


Figura 5.54 Muelle Marginal

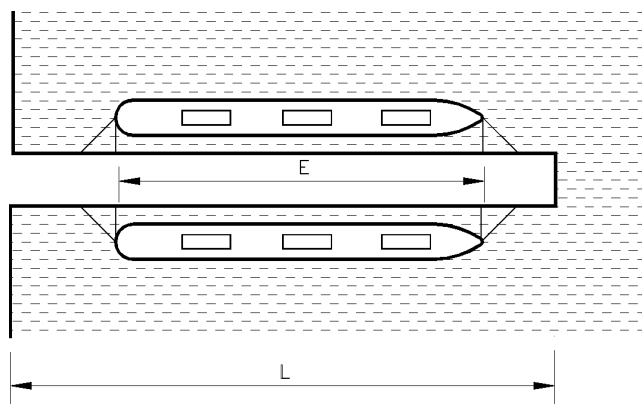


Figura 5.55 Muelle en Espigón

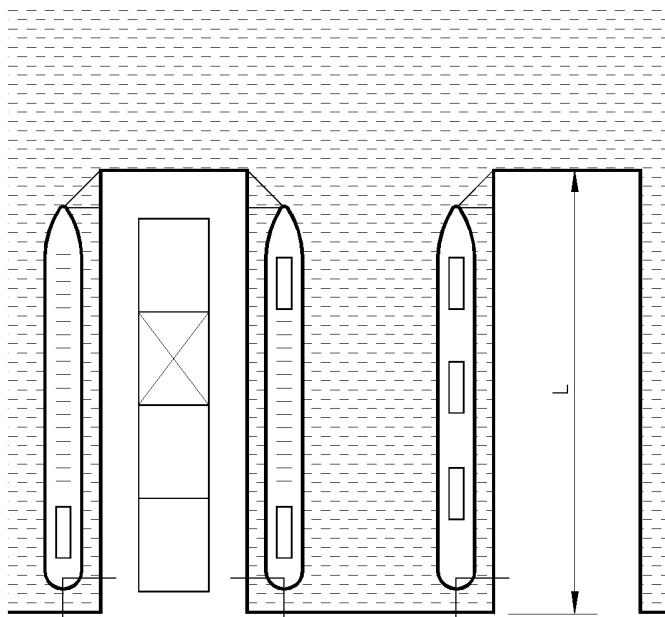


Figura 5.56 Muelles en Dientes o Peines tipo A

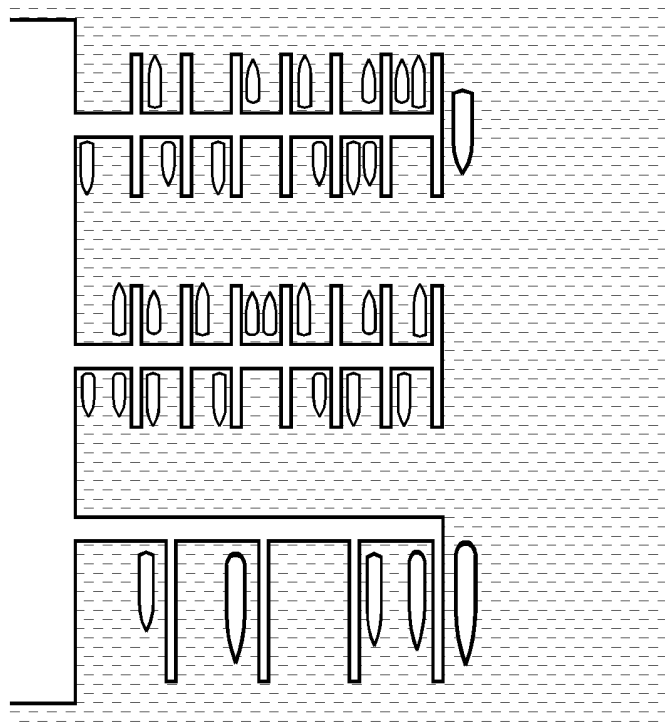


Figura 5.57 Muelles en Dientes o Peines tipo B

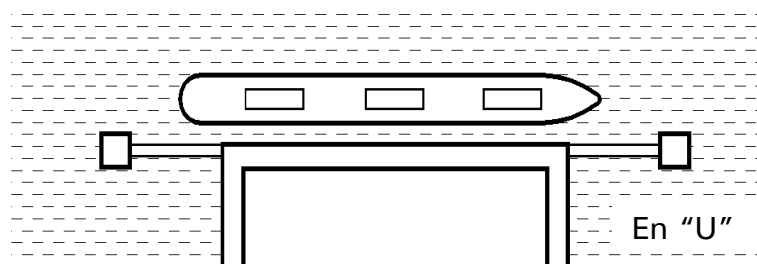
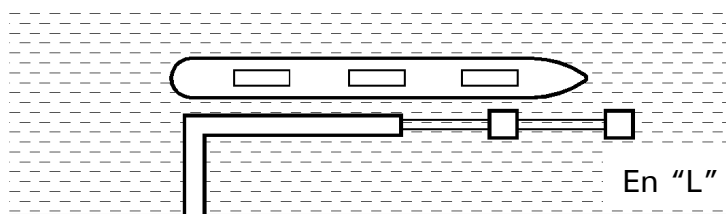
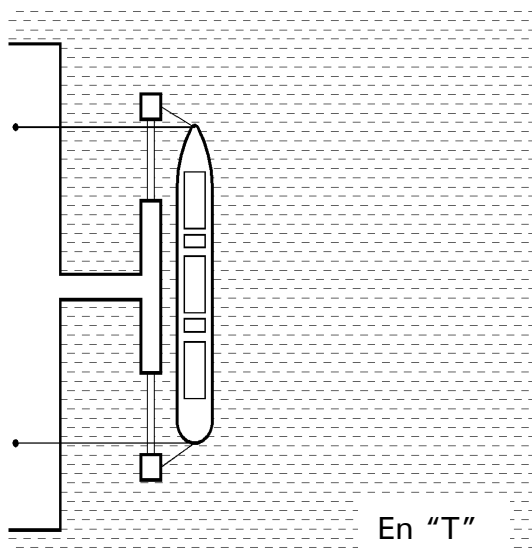


Figura 5.58 Muelles en "T", "L" y "U" con o sin duques de alba

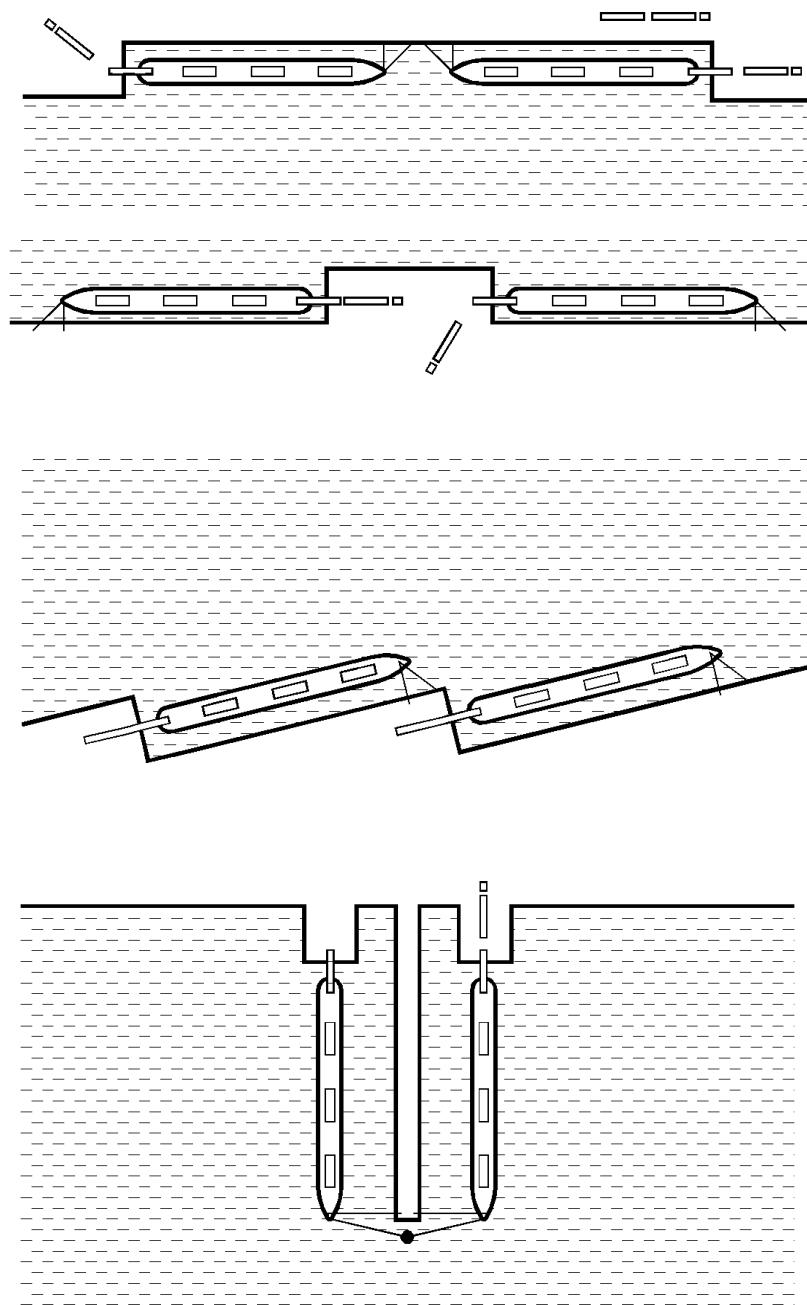


Figura 5.59 Muelles tipo de Transbordo por Rodadura: Roll-on Roll-off (Ro Ro)

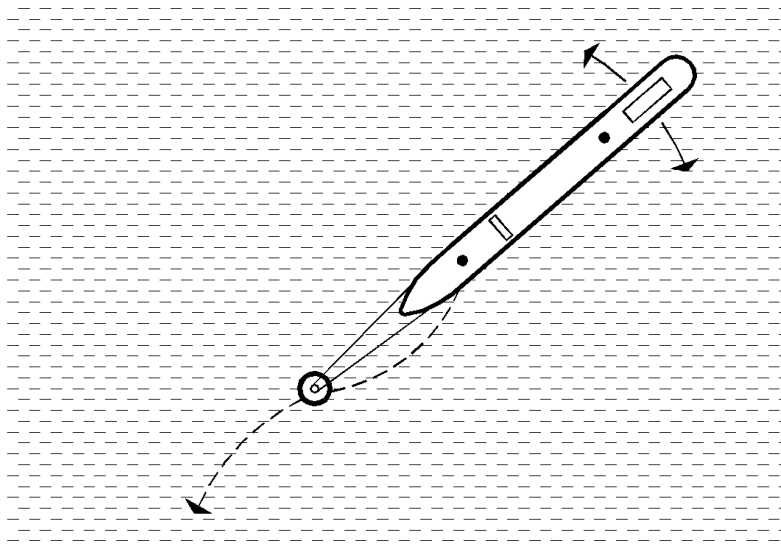


Figura 5.60 *Atraque con Boya de Amarre en mar abierto*

5.3.3.2 Por su Estructura

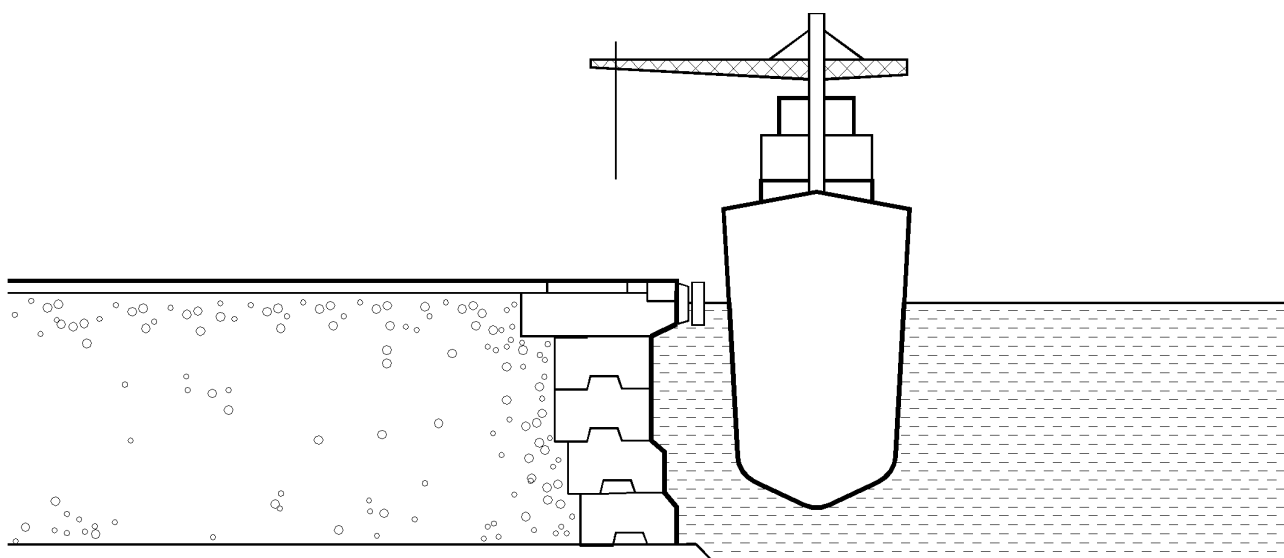


Figura 5.61 *Muelle con Muros de Contención de bloques*

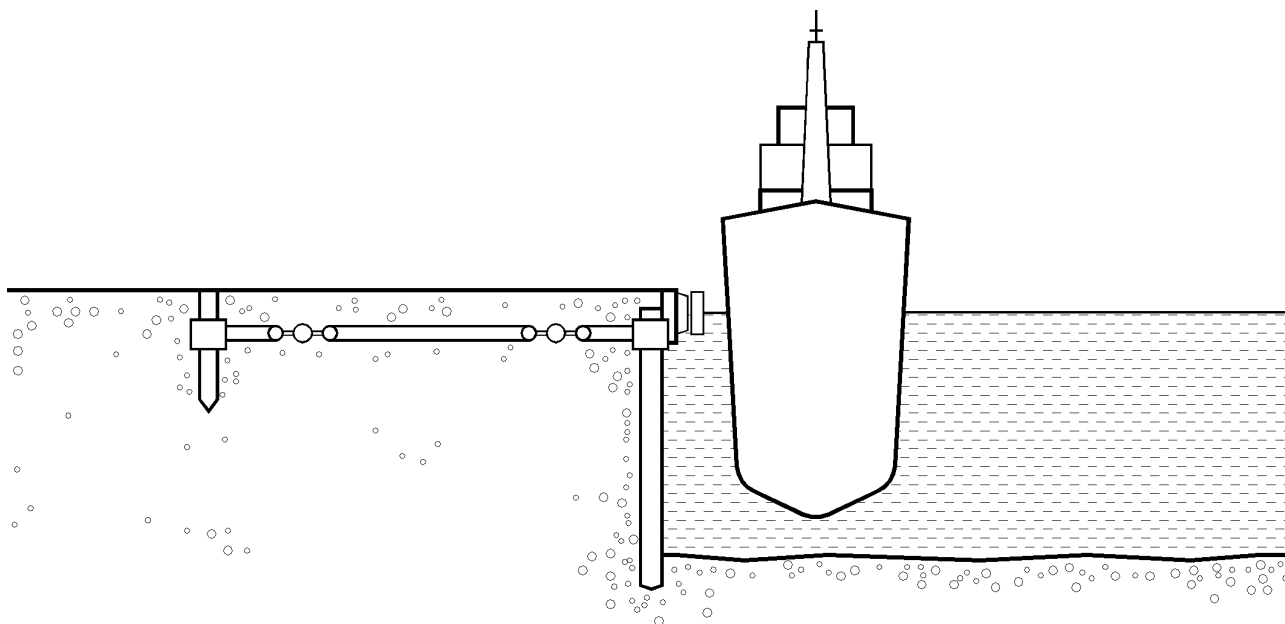


Figura 5.62 Muelle con Tablestacado anclado

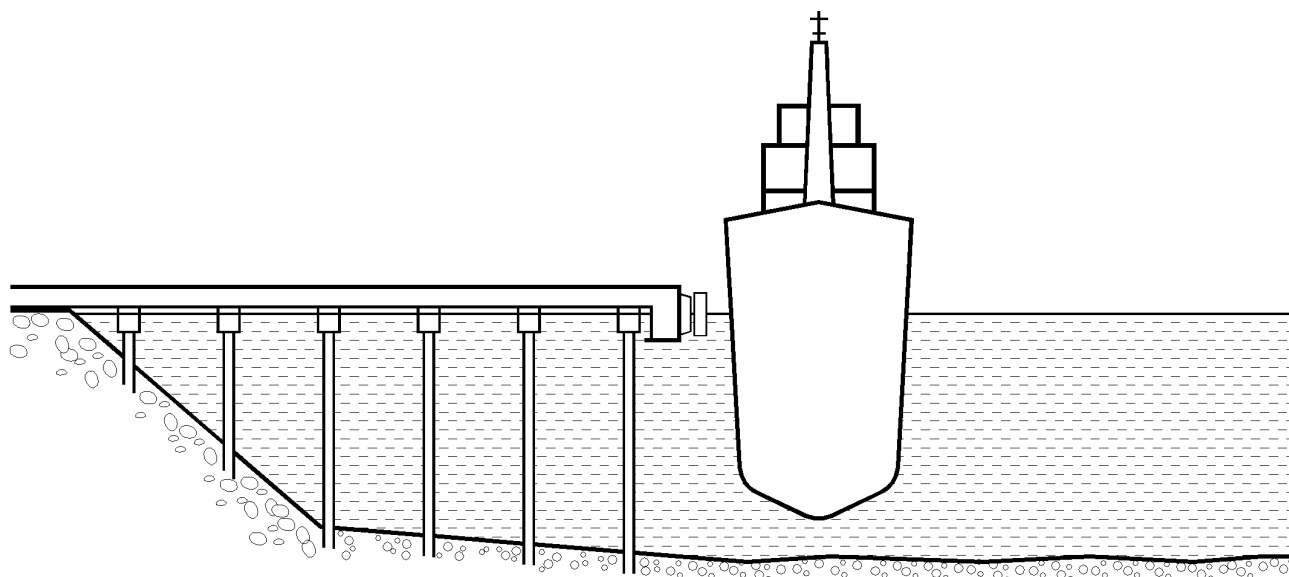


Figura 5.63 Muelle con Pilotes o Pilas descubiertos

5.3.3.3 Aditamentos Complementarios de Muelles: Elementos de Amarre, Escalas de Desembarque y Defensas

Elementos de Amarre

Características. Su forma debe permitir un amarre adecuado de los cabos sin que se suelten y que aseguren a las embarcaciones, previniendo sus movimientos verticales debidos a las maniobras de carga – descarga y a las mareas; debiendo permitir además, ser soltados rápidamente cuando las operaciones así lo requieran. Las características físicas en su diseño están relacionadas con las fuerzas de tensión que genera la embarcación y la necesidad de mantenerla asegurada (ver punto 5.3.2.2)

Tipos de Elementos de Amarre:

- a) Bolardos o Norays
- b) Bitas

- c) Cornamusas
- d) Argollón o Argollas
- e) Ganchos de "Soltado Rápido"
- f) Armellas y Soportes de Ganchos Fijos
- g) Mangos Fijos y Soportes de Rodillo
- h) Boyas de Amarre

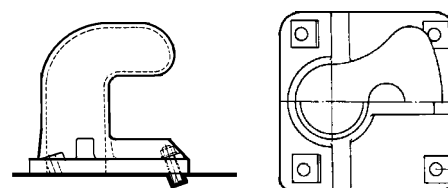
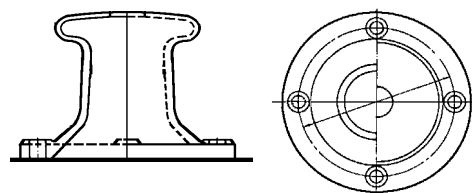


Figura 5.64 Bolardos o Norays (en general de tubería de acero)



Sencilla

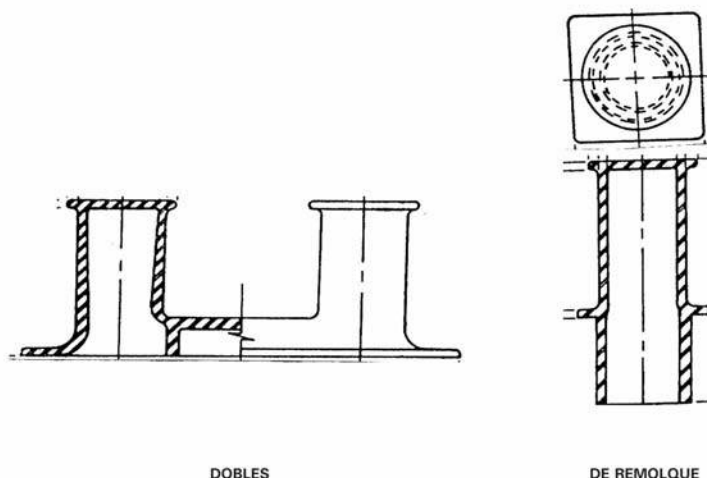


Figura: 5.65 Bitas (Fierro Fundido)

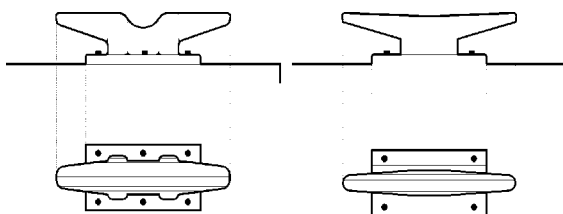


Figura 5.66 Cornamusas (Fierro Fundido)

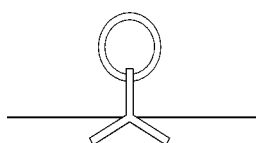


Figura 5.67 Argollón o Argollas (acero)

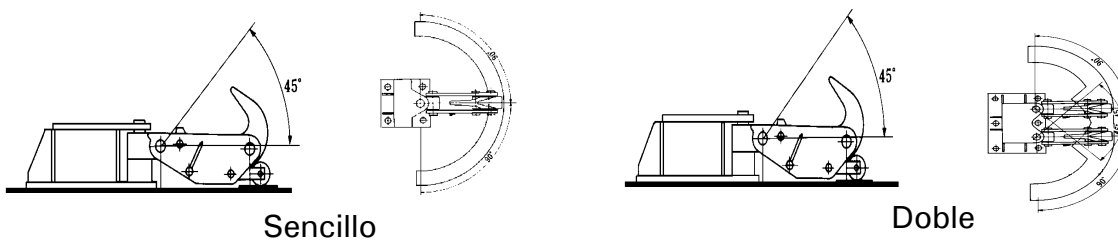


Figura 5.68 Ganchos de "Soltado Rápido" (de acero, puede haber triples y hasta cuádruples)

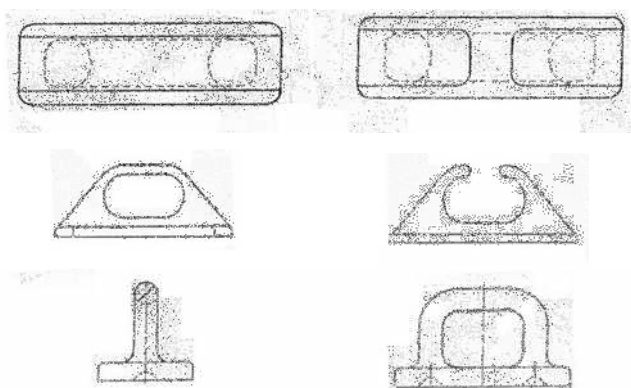


Figura 5.69 Armellas y Soportes de Ganchos Fijos

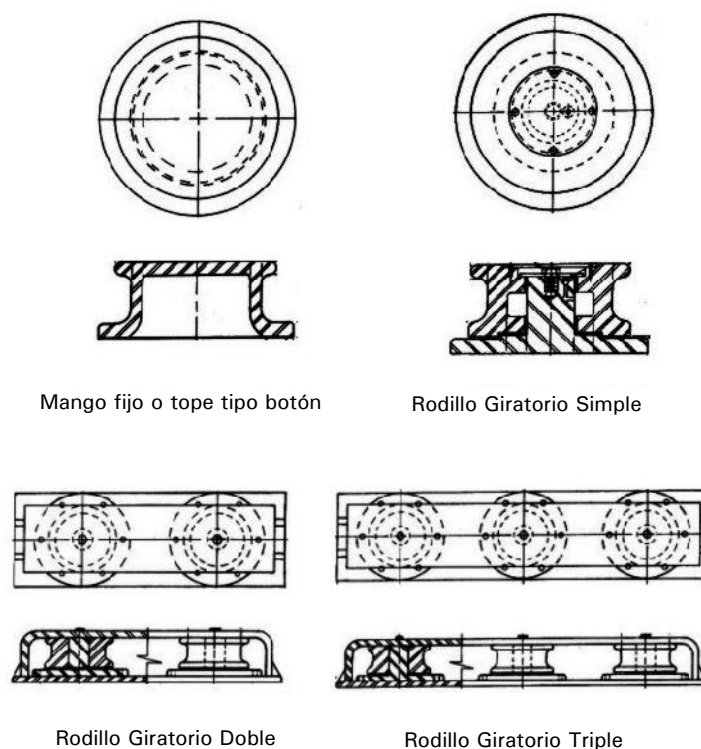


Figura 5.70 Mangos Fijos y Soportes de Rodillo

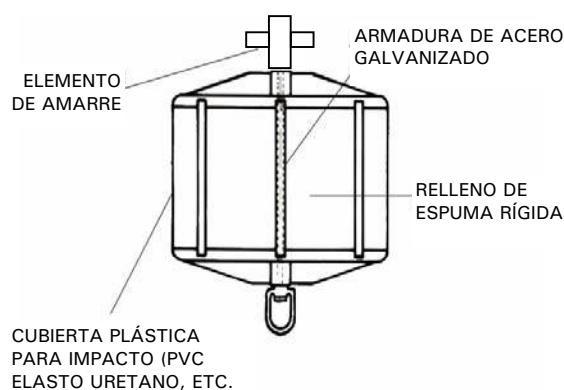


Figura 5.71 Boyas de Amarre

El tamaño de los elementos de amarre varía según las características de la embarcación (eslora, calado, tonelaje, etc.), aunque los más usuales son los

bolardos y bitas sujetos a base de pernos; en la **Tabla 5.19**, se indican las recomendaciones para su colocación, según el tipo de barco.

TABLA 5.19
NÚMERO Y SEPARACIÓN DE BOLARDOS EN UN MUELLE

TONELAJE BRUTO DEL BARCO (TB)	ESPACIO MAX. ENTRE BOLARDOS (m)	Nº MIN. DE BOLARDOS POR MUELLE
< 2,000	10 – 15	4
2,000 ≤ TB < 5,000	20	6
5,000 ≤ TB < 20,000	25	6
20,000 ≤ TB < 50,000	35	8
50,000 ≤ TB < 100,000	45	8

Nota. TB equivale a: 0.541 T.P.M. (barcos de carga general); 0.88 T.P.M. (b. contenedores); 0.808 T.P.M. (b. Ro. Ro.); y 0.553 T.P.M. (b. petroleros)

En el caso de los buques de gran envergadura como los tanques petroleros, normalmente se utilizan ganchos de "soltado rápido".

En los elementos de amarre del P.A. Ro. Ro., es necesario que los bolardos, bitas o argollones, puedan colocarse sin obstruir la rodadura del equipo transportado, como se observa en la **Figura 5.70**.

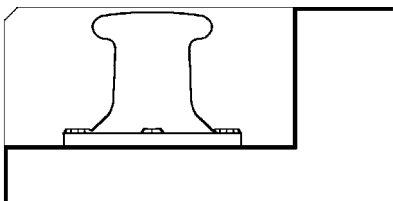


Figura 5.72 Bita en Atraque de Ro. Ro.

Las armellas y soportes de ganchos fijos, se utilizan generalmente para embarcaciones de menor tamaño, como las de pesca o turísticas. Los mangos fijos y soportes de rodillo suelen emplearse para barcos de carga general y otros de mediana escala; incluso algunos de éstos son parte de los elementos de amarre de la propia embarcación y no necesariamente del muelle. En todo

caso no existe una limitante precisa de su utilización, ya que para cada caso se pueden emplear uno o varios de los elementos de amarre, tomando como básico uno de ellos, y otros como complementarios o auxiliares.

Las boyas de amarre se emplean por lo general en áreas exteriores de los puertos, donde los espacios y profundidades no son suficientes para grandes buques (especialmente petroleros) donde se aprovechan para efectuar la carga y descarga de fluidos de ellos; o en algunos casos, también se utilizan como elementos de rescate. Las boyas se fondean con cadenas que soportan además, los ductos por donde se bombean los productos como crudo y refinados. El elemento de amarre de acero se localiza en la parte superior de la boya y puede consistir en un eslabón giratorio, una asa, arandela o armella, e incluso una cornamusa o gancho de soltado rápido.

Ayudas para el Diseño de los Elementos de Amarre

Los elementos más importantes con respecto a los movimientos del barco en

un puesto de atraque, son los cables de amarre y las defensas, que son los elementos más flexibles dentro del dispositivo de su estadía en el muelle. En este sentido, se distinguen tres tipos de cables de amarre:

- › Amarras de Guarda (AG)
- › Amarras Transversales (AT)
- › Amarras de Punta (AP)

Las primeras se utilizan para atenuar los movimientos de vaivén del barco y mantener su posición lo más fija posible a lo largo del muelle, debiendo tener la longitud suficiente y estar tan paralelas como sea posible respecto a la embarcación (máximo 10°).

Las amarras transversales se emplean para reducir los movimientos de deriva y guiñada, debiendo ser lo más perpendicular posible al eje longitudinal del buque.

Las de punta son muy importantes ya que complementan y/o suplementan en ciertos casos, a las amarras de guarda y transversales, ya que reducen los movimientos generales del barco.

La **Figura 5.73**, muestra un esquema típico de la disposición de elementos de amarre en un muelle marginal, mientras la **Figura 5.74** corresponde al caso de un muelle petrolero.

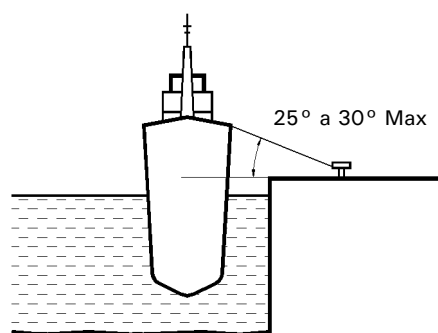
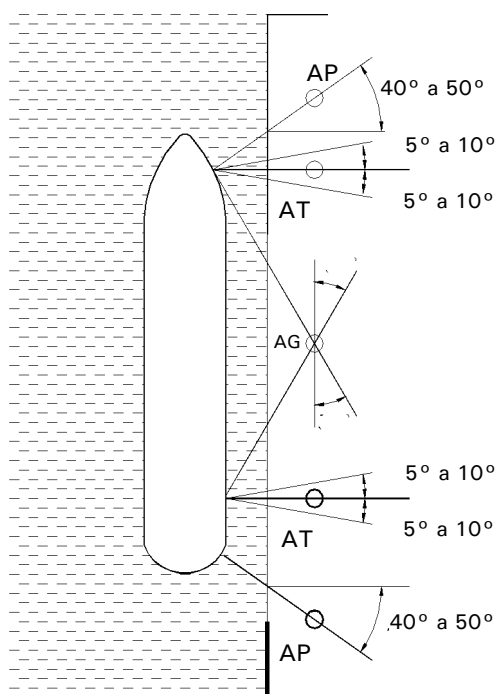


Figura 5.73 Disposición de Elementos de Amarre en un Muelle Marginal

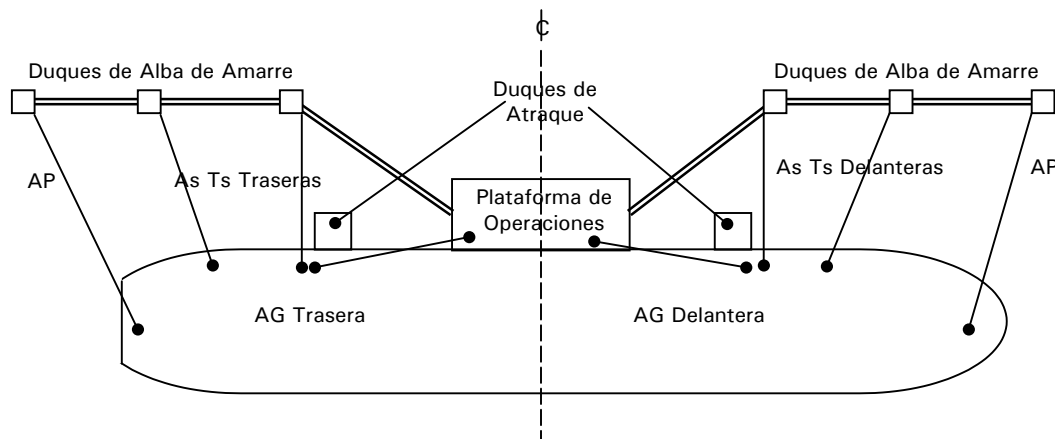


Figura 5.74 Dispositivo Característico de Amarre de Petroleros

El largo máximo de los cables en grandes buques varía entre 35 y 50 m, según el tamaño de éste.

Como aspectos adicionales, se recomienda que los cables de amarre se mantengan permanentemente en tensión para evitar choques repentinos en ellos, produciendo fricción excesiva sobre las defensas.

Los principales tipos de cables utilizados actualmente, son:

- › De Fibra Natural (cáñamo o henequén). Son los tradicionales y resultan de bajo costo, fácil mantenimiento secos y vida útil corta; sensibles a la temperatura elevada y los productos químicos, teniendo alto grado de absorción de agua. Su relación Resistencia / Diámetro (R/D) es baja y no son los más adecuados para tomar los esfuerzos de las amarras de punta.
- › De Fibra Sintética (nylon, polipropileno, etc.). Son de uso corriente, bajo costo, ligeros y de larga vida útil; tienen alta R/D, con tendencia al alargamiento y

resistencia susceptible a la temperatura elevada producida por el frotamiento.

- › De Acero. Son económicos y de vida útil larga con buen mantenimiento (limpieza y lubricación, para evitar la corrosión), aunque es difícil por la rigidez y el peso de los mismos. Tienen alta R/D con poca propensión al alargamiento y no el mejor comportamiento ante cargas dinámicas; por su rigidez los pequeños desplazamientos del barco, le generan esfuerzos elevados por lo que su potencial de ruptura es alto.
- › Mixtos (acero – fibra sintética). Se utilizan para el amarre de grandes petroleros por la excelente propiedad de absorción de choque de la fibra sintética colocada en el extremo de la amarra (no mayor a 10 m, sólo en atraques expuestos), que evita movimientos excesivos del buque.

En la **Figura 5.75** se presentan los esfuerzos de ruptura de los diferentes tipos de cable; y en la **Tabla 5.20**, la vida útil promedio de cables de amarre:

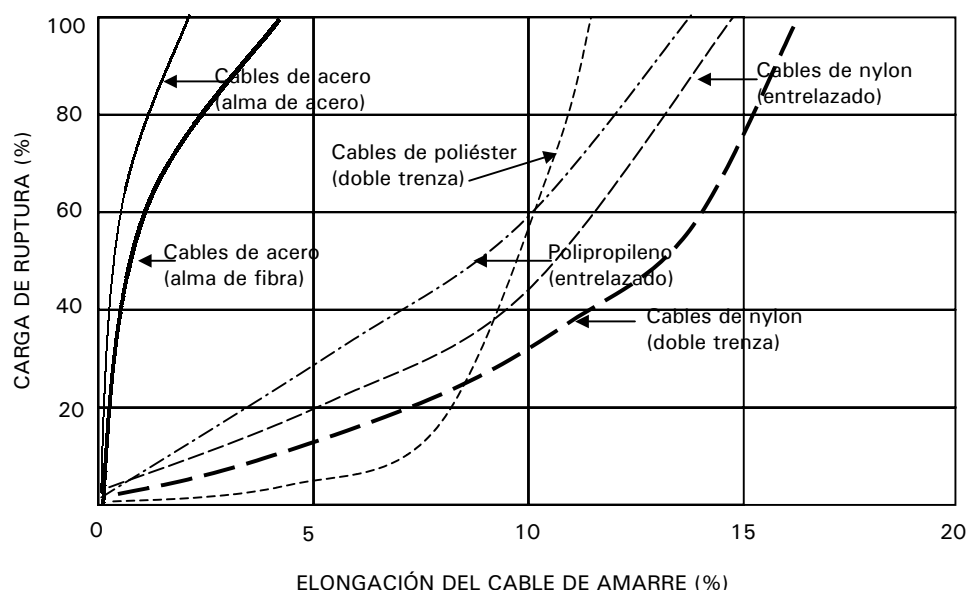


Figura 5.75 Resistencia Estándar de Cables de Amarre

TABLA 5.20
VIDA ÚTIL MEDIA DE CABLES DE AMARRE

MATERIAL DEL CABLE	CÁÑAMO	ACERO	MIXTO	NYLON	TERILENO	POLIPROPILENO
Vida Media (meses)	12	30	30	60	60	30
Número aproximado de usos	75	187	187	375	375	187

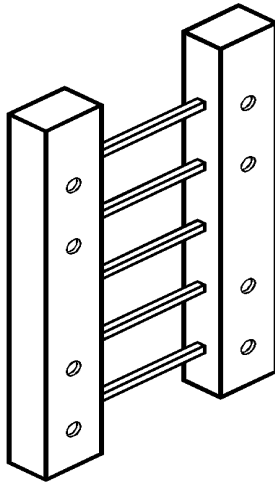
Notas:

- Los cables de acero y mixtos no deben someterse a más del 55% de su carga mínima de ruptura; los de acero tienen mayor resistencia a la fatiga que los metálicos.
- En los cables sintéticos, no se debe rebasar al 75% de su carga de ruptura y lo ideal es no pasar del 25% de ésta.
- Para garantizar una duración adecuada de su vida útil, se debe evitar sobrepasar el 50% del esfuerzo de ruptura con cargas repetidas.

Escala de Desembarque

Este elemento llamado también "escalerilla de desembarque", se coloca en los muelles en la línea de atraque, considerando especialmente el franco bordo más bajo (buque a plena carga), ya que se utilizan para el acceso al buque y como elemento de seguridad para cualquier persona que pudiera caer al agua.

Las escalerillas se fijan sobre la pantalla de atraque del muelle, normalmente separadas a cada 40 m. En el caso de muelles conformados con duques de alba, es deseable colocar dos o más por cada lado de la plataforma de operaciones y una o dos en los costados de cada duque de amarre o de atraque.



**Figura 5.76 Escala de Desembarque
(Acero Galvanizado, P.V.C. Rígido o
Hule)**

Defensas

Son aquellos elementos que sirven para evitar daños en el muelle por el impacto normal que causa la embarcación en su maniobra de atraque y su función es el amortiguar el esfuerzo producido por la colisión. La ventaja de emplearlas rescinde en que al ser más deformables que la estructura del atracadero, absorben energía a través de su deformación, transmitiendo menor fuerza al muelle. Los factores condicionantes del diseño, son la velocidad de atraque admisible (ver punto 5.3.2.2) y las fuerzas que ejerce sobre el muelle la embarcación acoderada (menores a las del contacto inicial).

Las defensas varían según el tamaño y características del barco, así como del tipo de estructura del muelle y pueden diferenciarse según múltiples aspectos:

En cuanto a la **absorción de energía**, cuando convierten la energía potencial en aumento de peso, inmersión o deformación elástica o plástica; por la

forma de absorber la energía pueden ser elásticas o mecánicas; en cuanto a su **deformación**, pueden ser por cortante, compresión o pandeo (axial o radial); por su **colocación**, pueden estar corridas, aisladas o agrupadas horizontal o verticalmente; respecto a su **tipo**, existen de peso o gravedad, de empuje o sobrepeso de pilotes, tracción, rodillo giratorio, flotantes, etc.; por su **material**, pueden ser de madera, elásticas (a base de compuestos sintéticos), celulares (elásticas con placa metálica), concreto, mixtas, etc.; de acuerdo a la **sección transversal**; H, M, π , V, D, circulares, cónicas, rectangulares, etc.; por la **rigidez**, elásticas de alta o baja flexibilidad; según su forma de **soporte**, fijas o deslizantes; y en cuanto a la **aplicación de la carga**, axiales o transversales.

No obstante, se puede establecer una clasificación genérica de los sistemas de defensa como sigue:

Sistemas Fijos:

- › Defensas Trapezoidales
- › Defensas tipo π
- › Defensas Celulares
- › Defensas de Amortiguamiento Neumático

Sistemas Colgantes y Móviles

- › Defensas Cilíndricas Radiales
- › Defensas Neumáticas Flotantes
- › Defensas de Gravedad
- › Defensas de Rodillo Giratorio

Sistemas con Pilotes

En las Figuras 5.77, 5.78 y 5.79, se muestran ejemplos de estos sistemas.

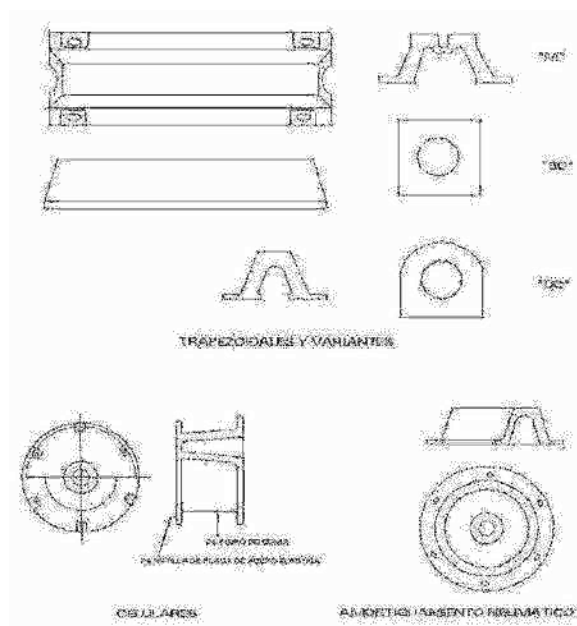


Figura 5.77 *Sistemas Fijos de Defensas*

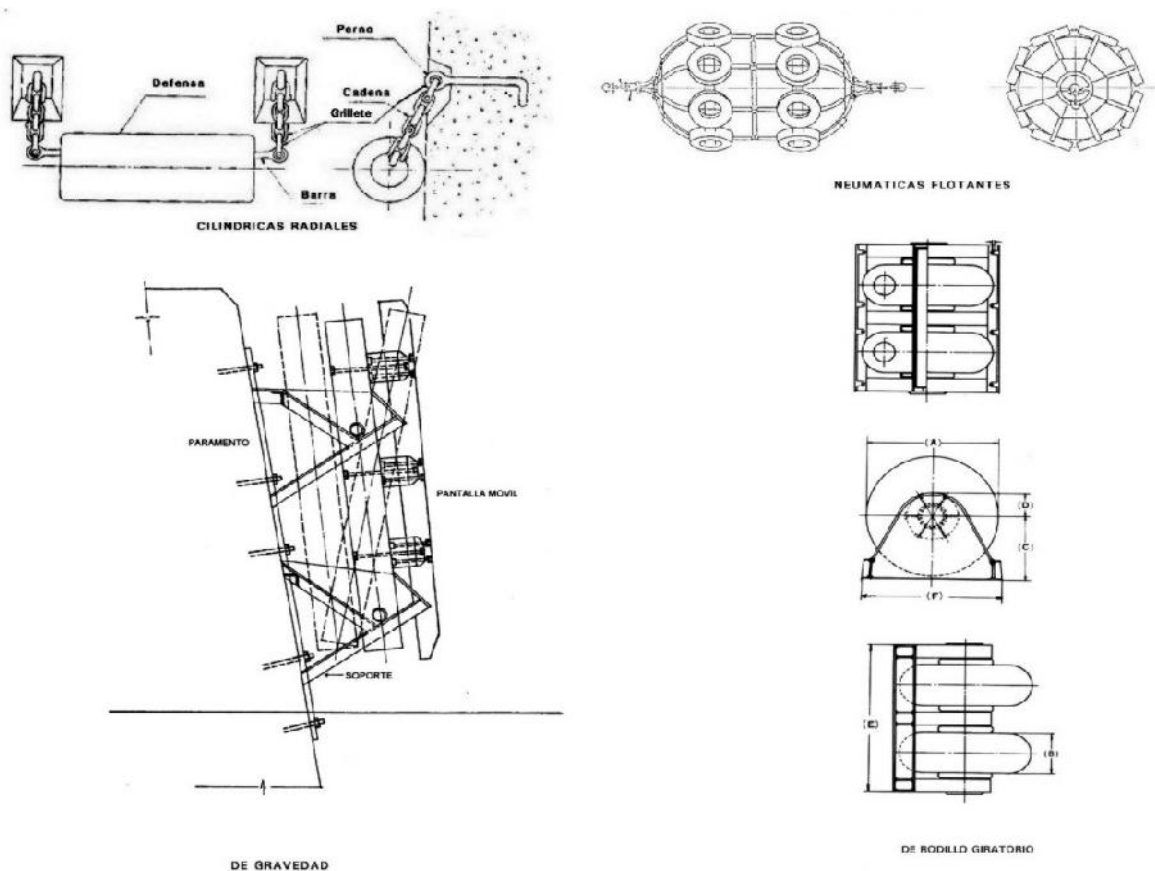


Figura 5.78 *Sistemas de Defensas Colgantes y Móviles*

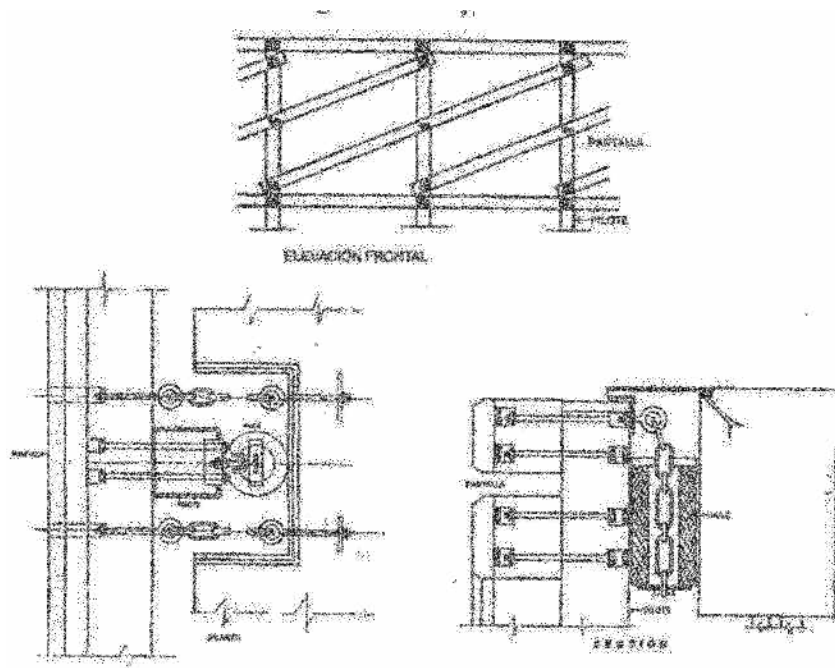


Figura 5.79 Sistema de Defensas con Pilotes

Para los tipos de defensas más comunes se pueden obtener las fuerzas que se transmiten al muelle, después de que la defensa ha absorbido parte de la energía

del impacto mediante su deformación. En la **Figura 5.80** se presentan las gráficas para obtener las fuerzas de reacción para distintos casos (PIANC).

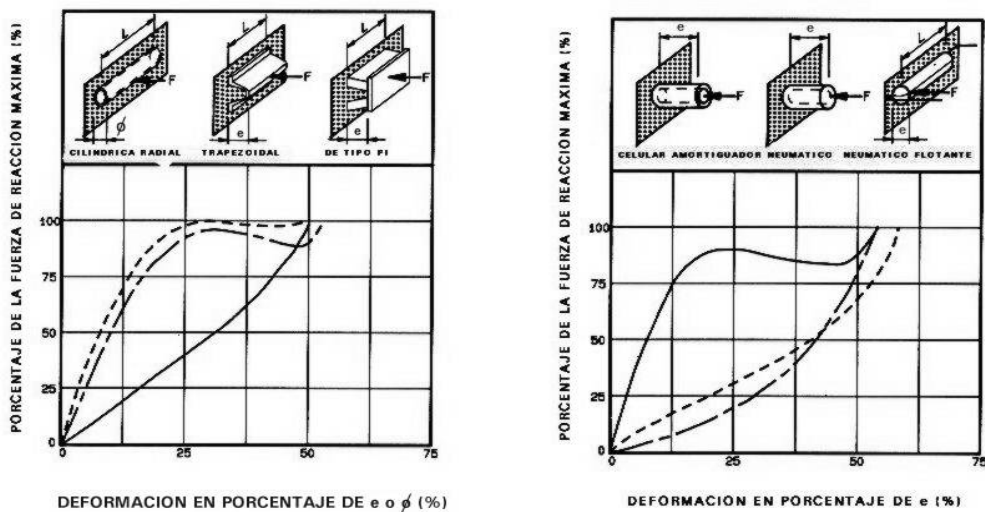


Figura 5.80 Fuerzas de Reacción de Diferentes Defensas

Los sistemas de defensas fijas, móviles y giratorias, son de fabricación industrial común, a excepción de las de gravedad, que comúnmente se proyectan utilizando muros de concreto para absorber el impacto al incrementar la energía potencial y vencer la fricción.

Los sistemas con pilotes son la mejor forma de absorber energía en forma sencilla y económica, donde en general se apoya una pantalla de madera sobre los pilotes, mismos que en la cabeza se apoyan en elementos de hule o elásticos.

Existen además otros tipos de defensas poco comunes, que aprovechan la resistencia del agua para absorber energía y otras más complicadas con resortes, pistones, madera y piezas elásticas.

Todos estos sistemas de defensas suelen emplearse de forma generalizada para barcos de carga, contenedores, graneleros, transbordadores, cruceros y petroleros. Dada la flexibilidad de las defensas existen algunas que aceptan deformaciones de hasta el 65% de su espesor; sin embargo, se recomienda que la deflexión máxima sea del 40 al 50% de esa dimensión, medida normalmente a la pared de la pantalla del muelle, no debiendo exceder los siguientes límites:

<u>Tipo de Defensa</u>	<u>Límite de Deflexión</u>
Trapezoidal	0.45 e
Cilíndrica	0.50 ϕ
Rectangular	0.40 dim. máx.

Una buena técnica es adoptar una deflexión máxima del 50% de su dimensión normal al muelle, y en todo caso, asegurarse que tanto el muelle como la defensa, resistan una fuerza de impacto igual a 1.4 veces la utilizada como parámetro de cálculo.

En el caso de utilizar defensas aisladas que no abarquen toda la plantilla de atraque, se recomienda que la separación entre éstas cumpla con la siguiente expresión:

$$S_{df} < 2\sqrt{r_c^2 - (r - e)^2}$$

Donde:

S_{df} = Separación de las defensas

r_c = Radio de curvatura de la proa del casco del barco

e = Espesor de la defensa

Como defensas para muelles de embarcaciones pequeñas (de pesca y deportivas) y en función de los recursos disponibles, pueden utilizarse placas o pantallas de madera y llantas de hule colgantes o una combinación de ellas; incluso existen defensas prefabricadas como el tipo "tortuga", que son más durables, económicas y con adecuado comportamiento de absorción de energía; un esquema de éstas se presenta en la **Figura 5.81**.

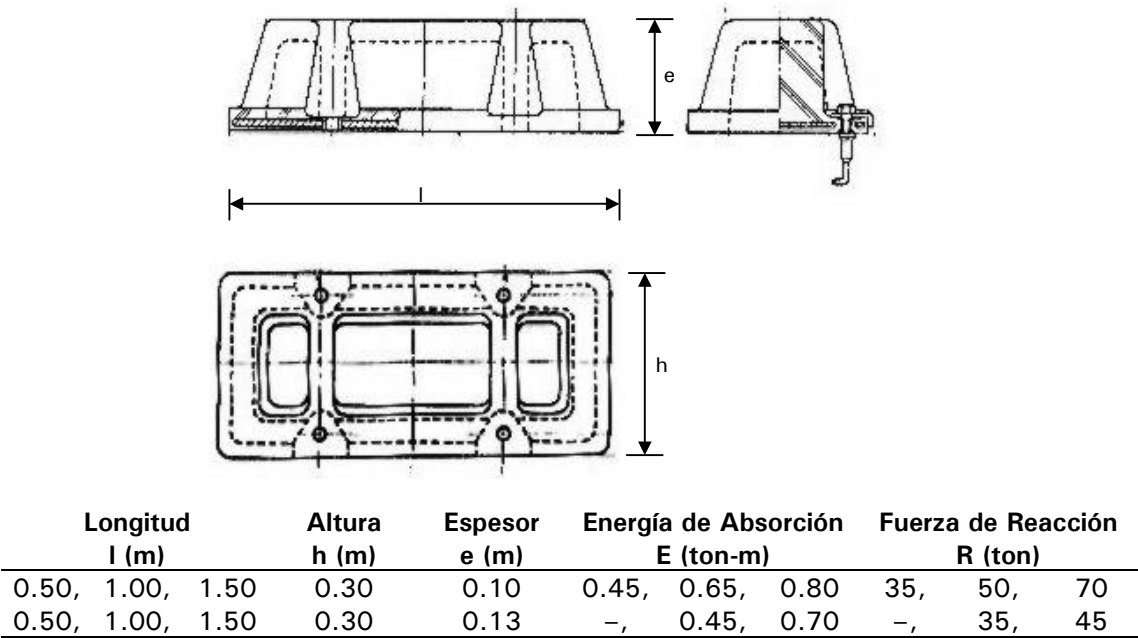


Figura 5.81 Defensas tipo "Tortuga" (muelles pesqueros o turísticos)

5.3.4 Criterios de Dimensionamiento de las Areas Terrestres

➤ PUESTO DE ATRAQUE (P.A.)

El dimensionamiento del Puesto de Atraque depende de 3 elementos que se combinan para determinarlo:

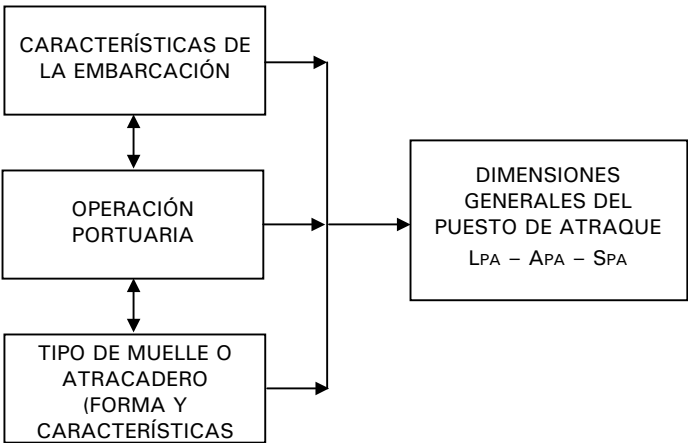


Figura 5.82 Elementos para el Dimensionamiento del P.A.

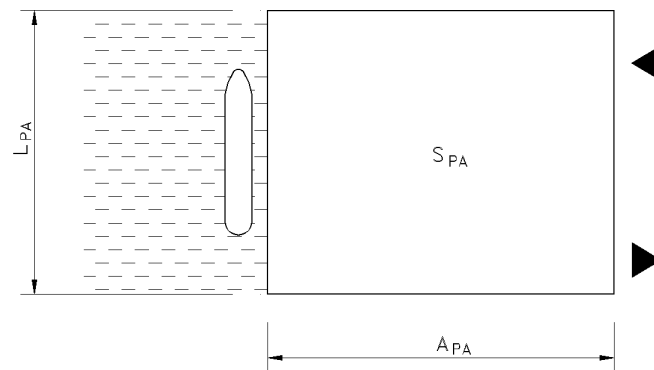


Figura 5.83 Puesto de Atraque

Muelles o Frentes de Atraque (F. A.)

- › El sistema de operación portuaria
- › Marco de las condicionantes físicas

Sus dimensiones dependen de tres factores:

- › Características de la embarcación

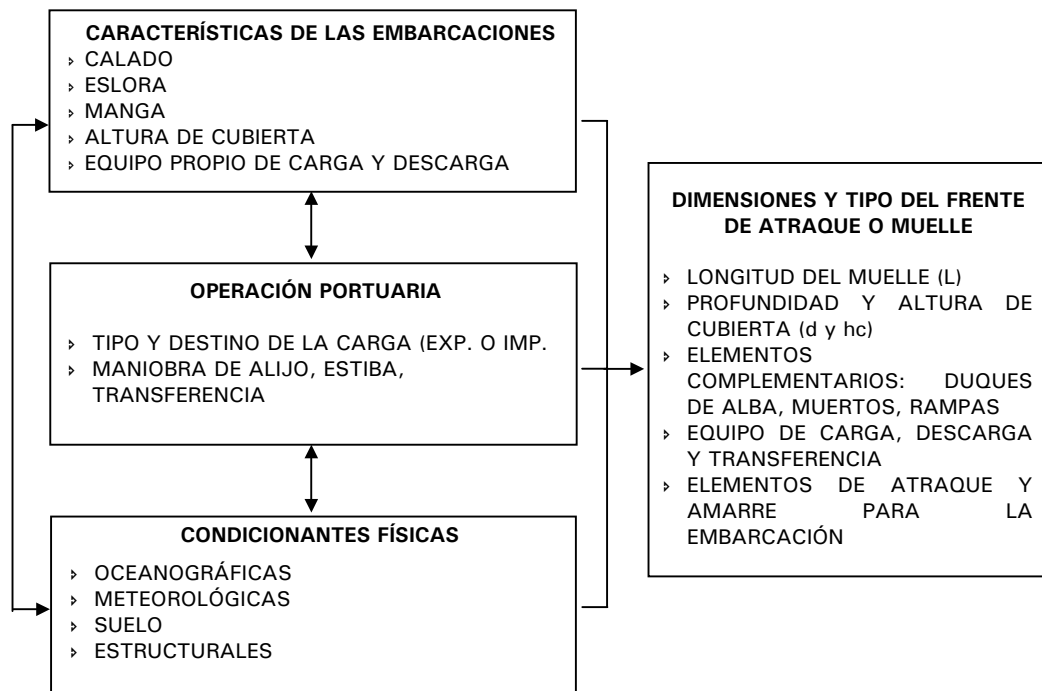


Figura 5.84 Factores que rigen el Dimensionamiento del Frente de Atraque

Areas T.1 y T.2

El área T.1 es la superficie necesaria para subir o bajar carga del barco y T.2, la

que se requiere para la maniobra de traslación de la carga a su almacenamiento o hacia T.1; sus dimensiones dependen de:

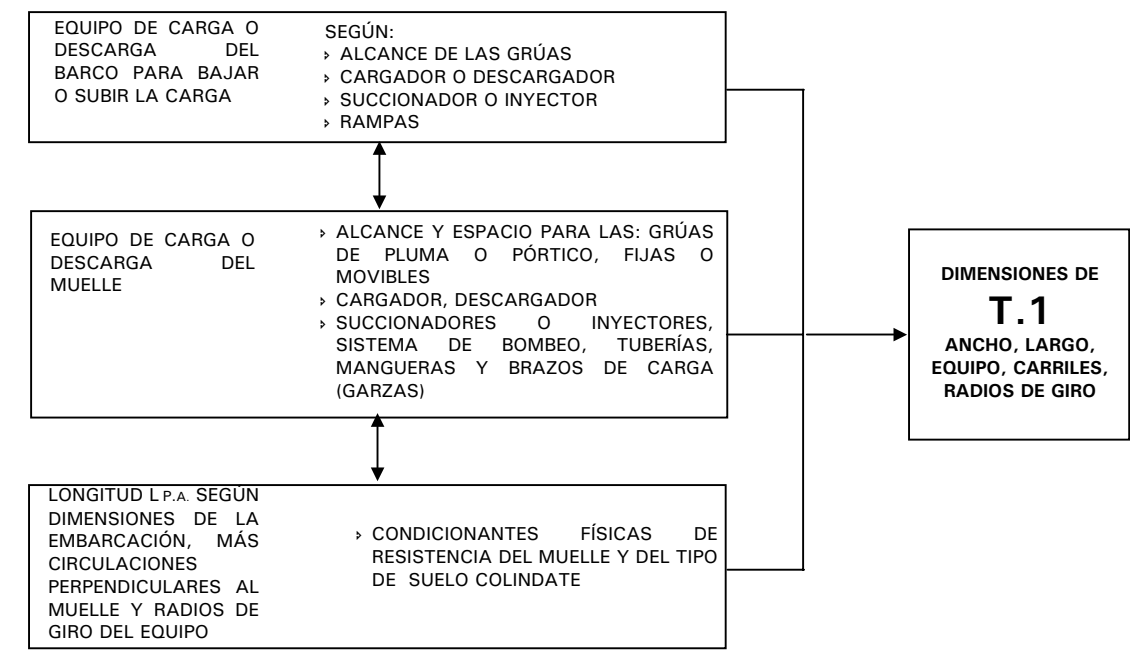


Figura 5.85 Elementos que Intervienen en el Dimensionamiento de T.1

Para el área T.2 se tiene lo siguiente:

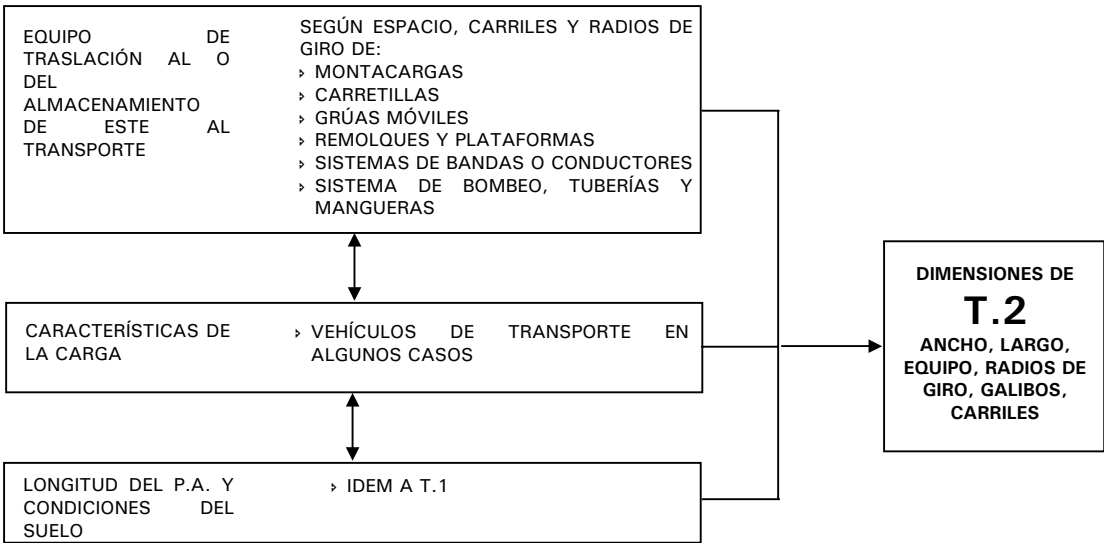


Figura 5.86 Elementos que Intervienen en el Dimensionamiento de T.2

T.3 Almacenamiento

Las dimensiones dependen de:

- › Características de la carga con el fin de evitarle daños y conservarla adecuadamente.

- › Del equipo para alijar, estibar o depositar la carga o el producto

Tipos. Cubierto: bodegas, pórticos, silos, tanques y depósitos
Descubierto: patios

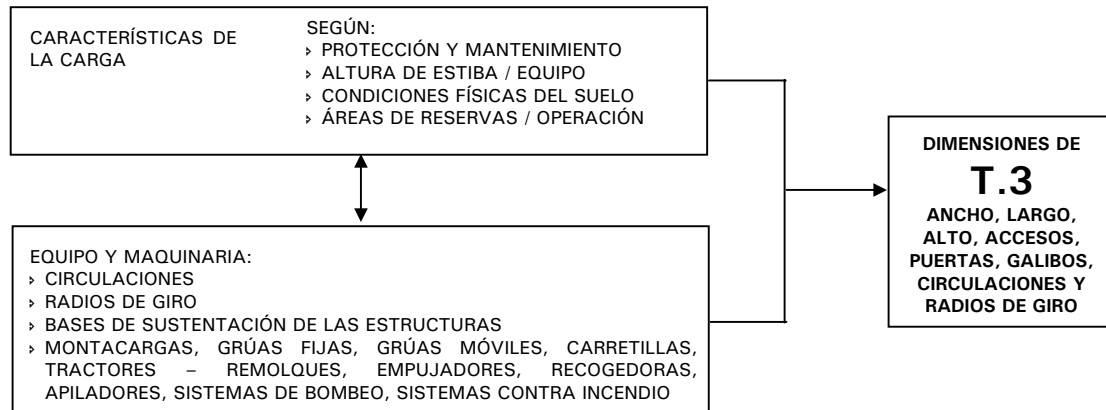


Figura 5.87 Elementos que Intervienen en el Dimensionamiento de T.3

T.4 Vialidades, Estacionamientos, Controles

Estas áreas dependen del tipo de carga o producto, del equipo de transporte y los vehículos que se utilicen.

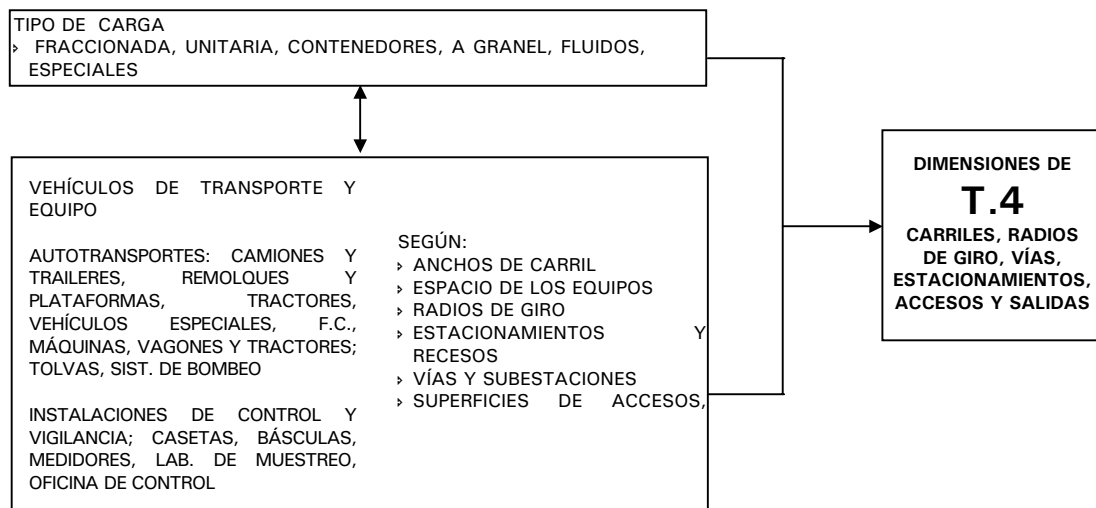


Figura 5.88 Elementos que Intervienen en el Dimensionamiento de T.4

T.5 Instalaciones de Conservación y Mantenimiento de Equipo, Maquinaria y Vehículos

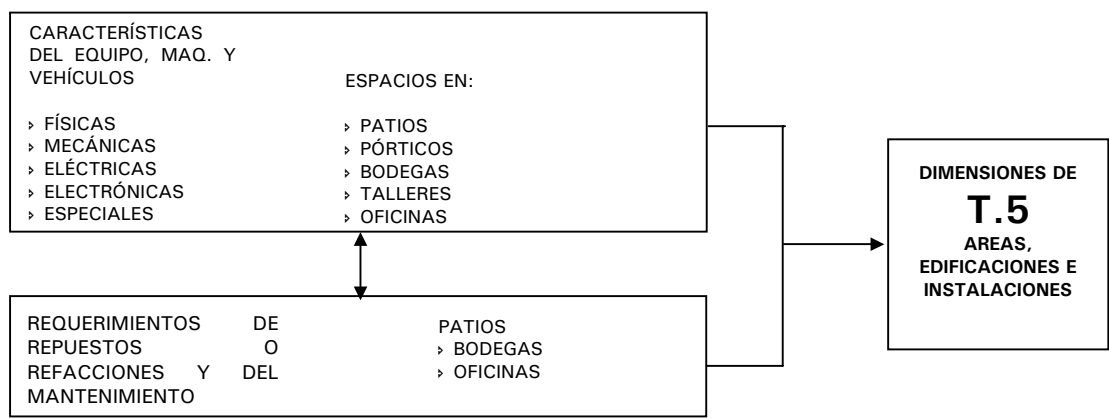


Figura 5.89 Elementos que Intervienen en el Dimensionamiento de T.5

T.6 Servicios Generales y Especiales

puede efectuar a través de grúas de muelle.

Corresponden al puerto en general con sus diferentes puestos de atraque y sus dimensiones dependen de la unidad completa (detalles en el inciso 5.4).

5.3.5 Dimensionamiento de los Diversos Tipos de Puestos de Atraque (P.A.)

5.3.5.1 Puesto de Atraque para Carga Fraccionada y/o Unitaria

› PUESTO DE ATRAQUE (P.A.)

Normalmente se recomienda la unidad de 3 puestos de atraque por factores económicos del equipo. Las operaciones de carga – descarga en México se efectúan por medio de grúas del barco y equipo suficiente de translación de carga, aunque también se

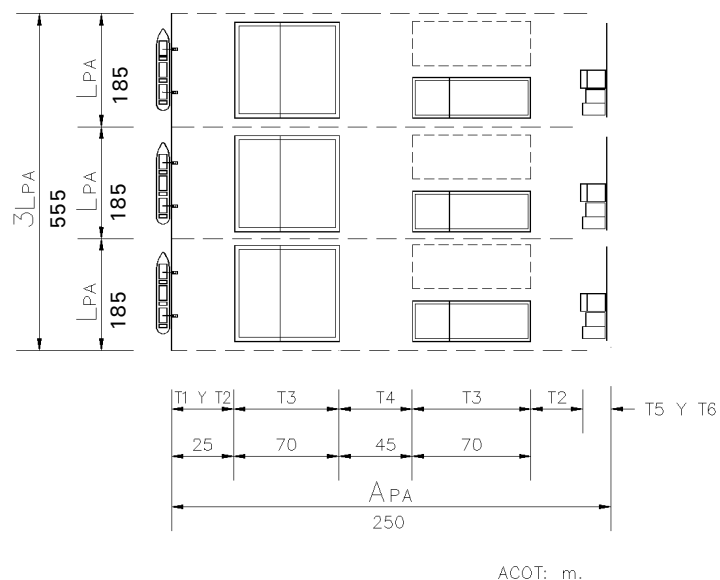


Figura 5.90 Dimensiones del P.A. para Carga Fraccionada y/o Unitaria

$$A.P.A. = T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 = 250 \text{ m mín.}$$

$$L.P.A. = L = 185 \text{ m mín.}$$

$$S.P.A. = A.P.A. \times L.P.A. = 4.6 \text{ ha mín.}$$

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (P.A.)

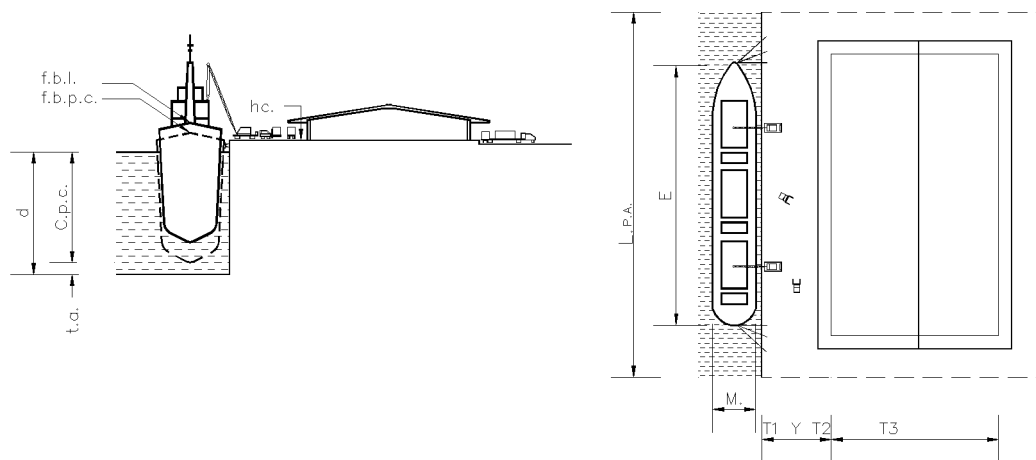


Figura 5.91 Dimensiones del Muelle para Carga Fraccionada y/o Unitaria

Considerando un barco medio de carga general de 18,000 T.P.M.:

Longitud del muelle: $L = E + M = 161 \text{ m} + 23.6 \text{ m} \approx 185 \text{ m mín.}$

Profundidad del muelle: $d = C_{pc} + t.a$ (inciso 5.2.4.2.d) $= 9.60 + 0.90 = 10.50 \text{ m mín.}$

Altura de cubierta: $h.c. = (f.b.l + f.b.p.c.)/2 \approx + 3.0 \text{ m}$

Para barcos de 30,000 T.P.M.:
 $L = E + M = 188 \text{ m} + 27.7 \approx 215 \text{ m mín.}$

$d = C_{pc} + t.a = 11.3 \text{ m} + 0.9 \text{ m} \approx 12 \text{ m mín.}$

Observaciones

Para T.1 + T.2 (ancho de cubierta del muelle), se deben tomar en cuenta las condicionantes físicas del equipo de operación rodante o fijo para fines de cálculo de la cubierta y sus detalles constructivos.

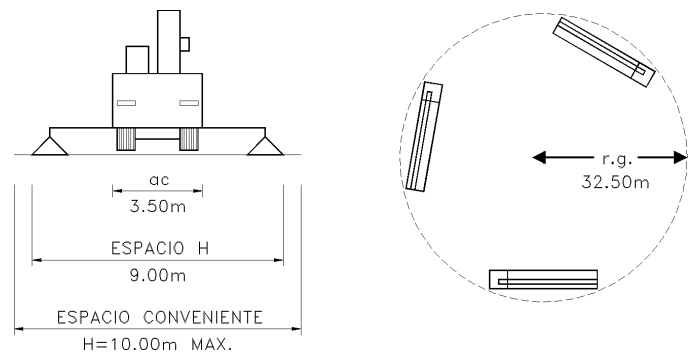
Para "h" (altura de cubierta), se considera que en condiciones normales no se llegue a inundar, por lo que es necesario tomar en cuenta además del francobordo especificado, que la referencia sea el N.P.M. (Nivel de Pleamar Máximo) en el sitio.

De acuerdo al capítulo 3, en el Golfo de México se tomó como referencia general el N.B.M. (el Nivel de Bajamar Media) y en el Pacífico el N.B.M.I. (Nivel de Bajamar Media Inferior), cuyas variaciones no exceden de 1.20 m; la excepción es el Golfo de California zona Norte, donde las mareas tienen variaciones mayores, que llegan a rebasar los 7.0 m, lo que origina diseños

especiales de "h" para los frentes de atraque.

Se recomienda que un Puesto de Atraque de Carga Fraccionada pueda mover anualmente un mínimo de 130,000 ton (480 ton/día/barco) sin tiempos exagerados de espera de los buques; aunque en algunos casos (carga en sacos y algunas cargas unitarias: 30 o 40% del total), se puede alcanzar hasta 200,000 ton/año.

T.1 Area de Carga – Descarga, Embarcación – Muelle



**Figura 5.92 Área de Carga – Descarga
T.1 Carga General y/o Unitaria**

De acuerdo con la grúa de tamaño máximo

a.c. = 350 m. mín.; H = 10 m normal

r.g. (remolques y plataformas) = 32.50 m máx.

La dimensión que se recomienda para T.1 de acuerdo a la grúa indicada es de 10 m normal.

En los extremos del frente de atraque o muelle, se recomienda dejar espacio para

que aloje el radio de giro máximo de 32.50 m, para operar remolques – plataformas.

T.2 Area de Transferencia al Almacenamiento

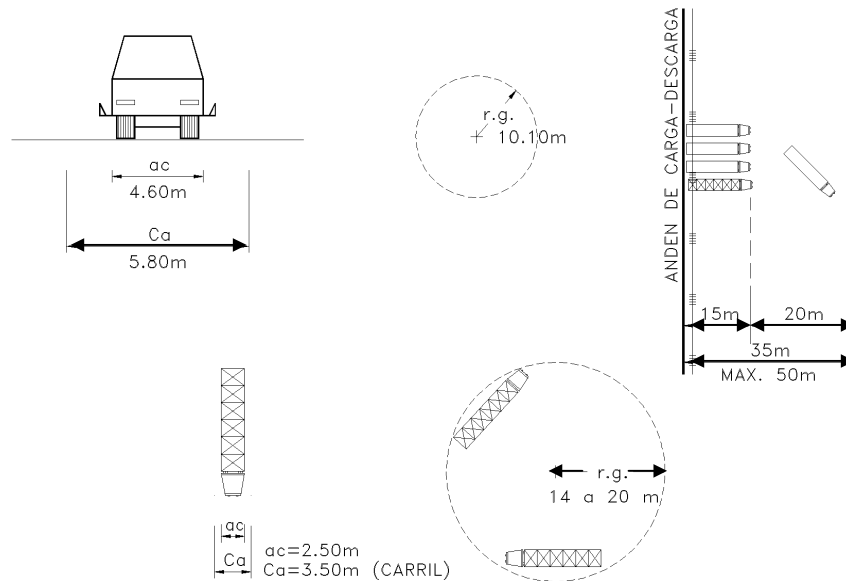


Figura 5.93 Área de Transferencia al Almacenamiento T.2

La cubierta del muelle (T.2) se dimensiona con un carril de montacargas (C.a. 5.80 m más 2 C.a de remolques plataformas (2 x 3.50 = 7 m) + espacios entre equipos (ajuste a 2.20 m) = 15 m normal.

Ancho de cubierta del muelle T.1 + T.2
= 25 m normal (máx. 30 m)

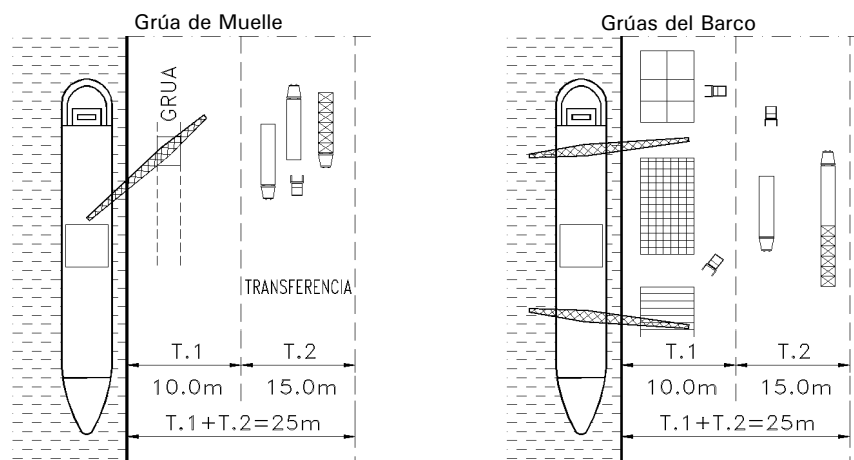


Figura 5.94 Ancho de Cubierta del Muelle (T.1 y T.2)

T.3 Areas de Almacenamiento

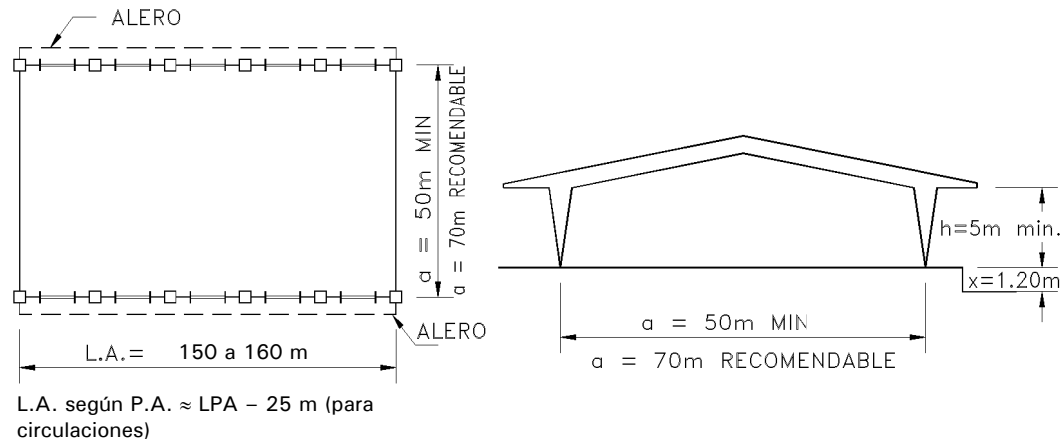


Figura 5.95 Bodega de Tránsito

Bodegas de Tránsito

Condicionantes

- › Según el tonelaje a nivel del puesto de atraque almacenado y de entrega directa (carga en tránsito en un período máximo de 15 días)
- › Determinación del volumen neto necesario según la densidad de la carga, previendo un 20% más. En casos específicos, se recomienda incrementar un 40% más por imprevistos relativos al movimiento del hinterland.
- › Superficie total = superficie necesaria + 40% de circulaciones y control.
- › Longitud de la bodega, según la longitud del puesto de atraque.
- › Altura media de apilamiento = 2 m (de 1 a 3 m)
- › Se recomienda evitar columnas interiores
- › Puertas mínimas de 4.50 m de ancho x 5 m de altura. La comunicación al transporte terrestre se efectúa por las puertas del costado posterior.
- › Ventilación e iluminación natural y artificial suficientes. La luz diurna se proporciona con lucernarias cuya superficie mínima sea del 7% del área total.

Al respecto, la OCDE-Japón recomienda para dimensionar el número y superficie necesaria de bodegas, como sigue:

$$C_b = \frac{V_{ac}}{nR} = \eta_c a L_a; \text{ con } A_b = a L_a = \frac{V_{ac}}{nR \eta_c}$$

Donde:

C_b = Capacidad de almacenamiento en bodegas (ton)

- V_{ac} = Volumen anual de carga a mover (ton)
- n = Número necesario de bodegas (unidades)
- R = Nivel de rotación de la bodega (10 a 20 veces/año según eficiencia y tráfico) se recomienda 10 para carga fraccionada.
- η = Porcentaje o nivel de ocupación o utilización de la bodega (50 a 70%, según tipo de carga: fraccionada $\eta = 0.5$)
- c = Volumen de carga almacenada por m^2 (1.5 a 2 normal)
- a y L_a = Ancho y longitud de la bodega (m) respectivamente.

Bodegas de Tránsito Especiales

Las dimensiones son similares a las anteriores, pero pueden variar si se hacen divisiones para diferentes cargas especiales, como el caso de carga refrigerada o congelada o para ambiente particular, según condicionantes específicas de la carga y el equipo que se utilice.

Bodegas Estacionarias

Condicionantes:

- › Se requieren cuando el flujo de la carga excede la capacidad de las bodegas de tránsito.
- › Cuando una terminal portuaria presta comercialmente el servicio de almacenamiento.
- › Las dimensiones de estas bodegas son variables dependiendo de los

tipos de carga y la planeación del puesto de atraque.

- › Se recomienda en lo posible, dimensiones semejantes a las bodegas de tránsito.

Cobertizos

- › Pueden ser de tránsito o estacionarios y su uso es generalmente para cargas peligrosas o especiales.
- › Dimensiones variables pero similares a las de las bodegas.

Patios de Almacenamiento

- › Tránsito o estacionario.
- › Dimensiones variables. Se recomienda que se ajusten según la planeación del Puesto de Atraque en relación a la circulación; el ancho y largo pueden ser similares a las bodegas lo mismo que sus accesos.

Para el efecto, pueden seguirse las recomendaciones de la OCDE-Japón:

$$C_p = \frac{V_{ac}}{R} = \eta c A \text{ y } A_p = L_p \cdot a_p = \frac{V_{ac}}{\eta C_p R}$$

donde:

- C_p = Capacidad de almacenamiento de carga (ton)
- A_p = Area requerida de patios (m^2)
- V_{ac} = Volumen anual de carga a mover (ton)
- R = Nivel de rotación del patio (veces/año)
- c = Volumen de carga almacenada por m^2 (normal 1.5 a 2 ton/ m^2)

η = Porcentaje o nivel de ocupación o utilización del patio

L_p y a_p = Longitud y ancho del patio (m), respectivamente

T.4 Accesos y Vialidades, Estacionamientos y Control

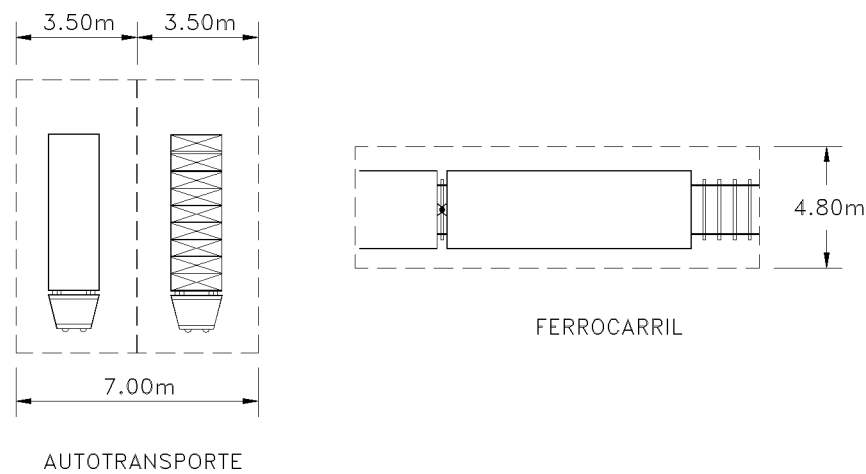


Figura 5.96 Accesos T.4 Carga Fraccionada y/o Unitaria

Accesos al autotransporte y ferrocarril, previendo dos carriles para trailers o plataformas para acceder al área de transferencia (T.2) o al almacenamiento (T.3).

Controles de Acceso
Consisten en casetas en los accesos exteriores para alojar autoridades y entidades operadoras, con módulos de 2.40 x 3.60 m.

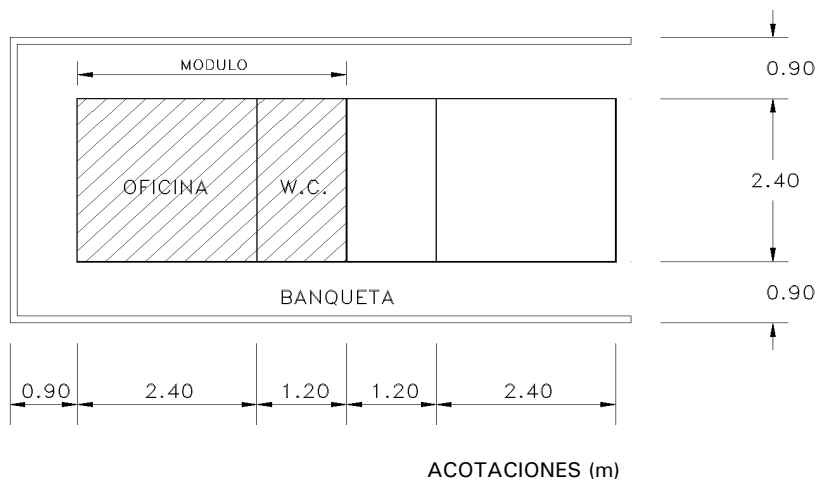
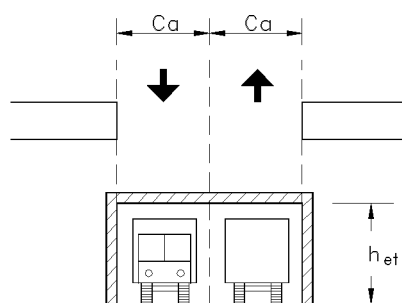


Figura 5.97 Controles de Acceso T.4 Carga Fraccionada y/o Unitaria

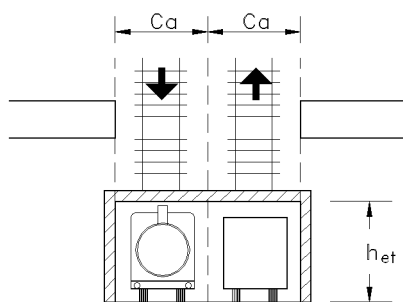
Entradas



$Ca = \text{ANCHO DE CARRIL} = 3.5\text{m}$

$h_{et} = \text{ALTURA LIBRE O GALIBO} = 5.0\text{m}$

Figura 5.98 Entrada de Autotransporte



$Ca = \text{ANCHO DE CARRIL} = 4.8\text{m}$

$h_{et} = \text{ALTURA LIBRE O GALIBO} = 5.0\text{m}$

Figura 5.99 Entrada de Ferrocarril

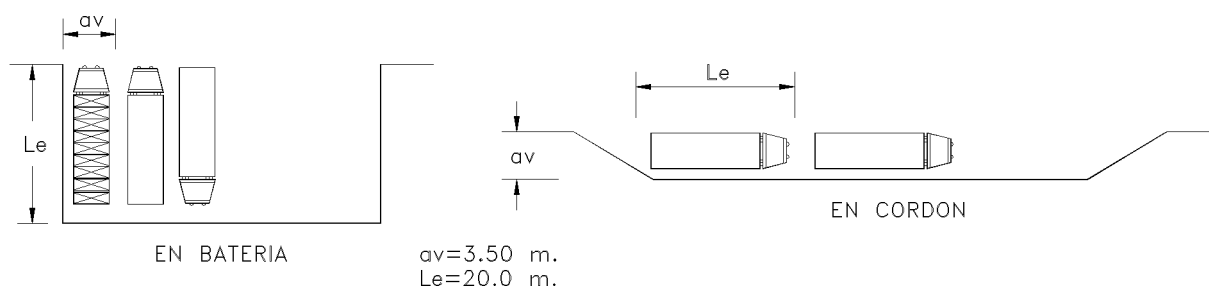


Figura 5.100 Estacionamiento de Autotransporte

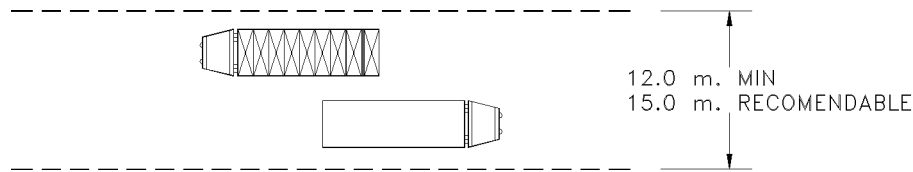


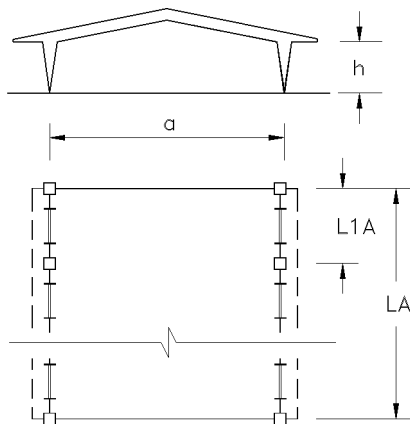
Figura 5.101 Vialidad: Accesos Interiores

T.5 Mantenimiento y Reparación de Equipo y Maquinaria

Se requieren 3 elementos:

- › Taller de mantenimiento
- › Almacén de equipo
- › Almacén de repuestos y oficina de control

Taller de Mantenimiento



Con las siguientes secciones:

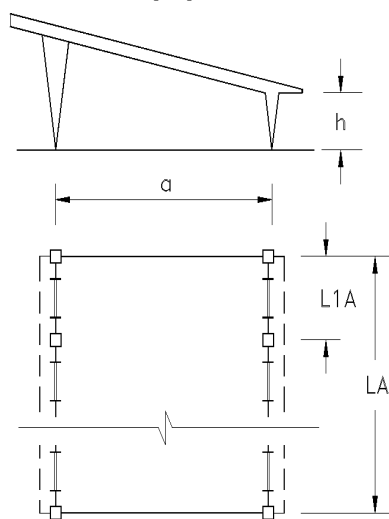
- › Sección mecánica con grúa pórtico y dispositivos, así como elevadores para piezas pesadas
- › Sección mecánica para pruebas de tracción (amarres, cables, eslingas)
- › Sección mecánica de equipos de inyección de combustible con fosas y elevadores hidráulicos.
- › Sección hidráulica y de acumuladores de equipo de tracción
- › Pequeña sección electrónica (taller)

Recomendaciones para la capacidad del taller, según 3 puestos de atraque:

20% grúas móviles	
25% montacargas	= 7 unidades
20% tractores	= 3 unidades
5% remolques	= 3 unidades

Figura 5.102 Taller de Mantenimiento

$a = 15$ a 20 m
 $h = 5$ m mín o 10 m en sección de equipos de combustión
 $LA =$ Variable
 $L1A = 6$ m con puertas de altura mínima de 5 m.

Almacén de Equipo**Figura 5.103 Almacén de Equipo**

$a = 15$ a 20 m

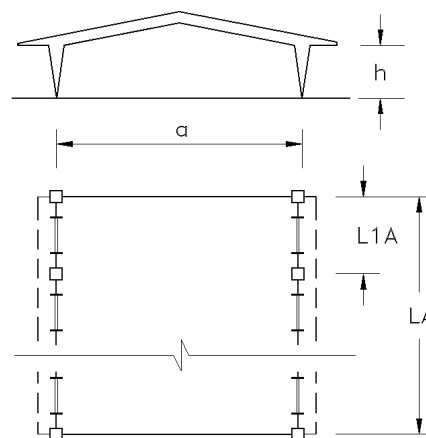
$h = 5$ m mín

$L1A = 4$ a 6 m

$LA =$ Variable

Variantes:

- › Descubierto: en patios cercados para control
- › Cubierto: en pórticos (aprovechando circulaciones de las bodegas cuando no están operando)
- › En pórticos para resguardo de la intemperie (lluvia, sol), según condicionantes económicos del puesto de atraque.

T.5 Almacén de Repuestos y Oficina de Control (unidad de mantenimiento)**Figura 5.104 Almacén de Repuestos y Control (Mantenimiento)**

$a = 10$ m

$h = 5$ m mín

$L1A = 5$ m

$LA =$ Variable

5.3.5.2 Puesto de Atraque para Contenedores

El dimensionamiento del puesto de atraque para contenedores, debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- › Las embarcaciones de contenedores tienen altos costos de operación que en cierta parte, dependen de la ubicación regional y nacional de los atracaderos que brindan servicios a buques oceánicos y buques de enlace. En puertos de este tipo, la reducción de mano de obra respecto a una terminal convencional de carga general, va de 3 a 1 hasta 5 a 1, con

la ventaja de tener rendimientos 6 veces mayores que aquella, a un costo tres veces superior; resultando en comparación, costos por tonelada movida equivalentes a la mitad.

- › En un P.A. de contenedores, debe tomarse en cuenta que las operaciones carga – descarga se deben poder efectuar las 24 horas del día durante todo el año.
- › Para que sea costeable establecer puestos de atraque de contenedores, se estima que el Puerto pueda mover más de 50,000 TEU/año; en algunos casos será necesario tener frentes – polivalentes que puedan mover carga unitaria, pero también parte de contenedores.
- › La productividad recomendable que estima la UNCTAD para ser costeable al puesto de atraque especializado de contenedores, es de 442 contenedores en 24 horas de estadía del buque y con dos grúas por frente de atraque, es posible mover 860 contenedores/24 hrs. Normalmente se considera un rendimiento de 20 contenedores por hora utilizando grúa convencional, 40/hora con ciclo doble de grúa pórtico y 60/hora cuando la grúa está equipada con doble cargador; esto significa un tope óptimo de hasta 1,400 contenedores/24 hr.

Las dimensiones del puesto de atraque varían según el sistema de manipulación de los contenedores, pudiendo ser cualquiera de los casos siguientes:

- a) Sistema de almacenamiento con remolques (chasis)
- b) Sistema de carretillas pórtico (Straddle Carrier)
- c) Sistema de grúas pórtico (Transfer Crane)
- d) Sistemas mixtos (según el mejor equipo para cada operación determinada)

Los sistemas indicados tienen diferentes dimensiones que se reflejan en sus puestos de atraque.

Para efectos del dimensionamiento del Puesto de Atraque de Contenedores, se tomó en cuenta lo señalado por la PIANC (Asociación Internacional de Congresos de Navegación), en el anexo del boletín N° 56, que los clasifica en:

- › Puesto de Atraque para embarcaciones de la primera generación con capacidad hasta de 1,000 TEU
- › Puesto de Atraque para embarcaciones de la segunda generación de 1,500 TEU
- › Puesto de atraque para la tercera generación de 3,500 TEU
- › Puestos de atraque para embarcaciones de la cuarta y quinta generación de 4,000 y 5,000 TEU.

► PUESTO DE ATRAQUE (P.A.) PARA CONTENEDORES

El ancho del puesto de atraque lo conforman: el ancho de cubierta del muelle (T.1 y T.2), que abarca el espacio para la grúa de muelle más el del sistema básico de manipulación de contenedores;

la suma de varias filas de almacenamiento de contenedores (T.3); sus espacios de maniobra y circulación según el equipo (T.2 y T.4); y el espacio de servicios de mantenimiento (T.5 y T.6). En detalle depende del equipo específico de operación.

► Embarcaciones de 1,000 TEU (1ª Generación)

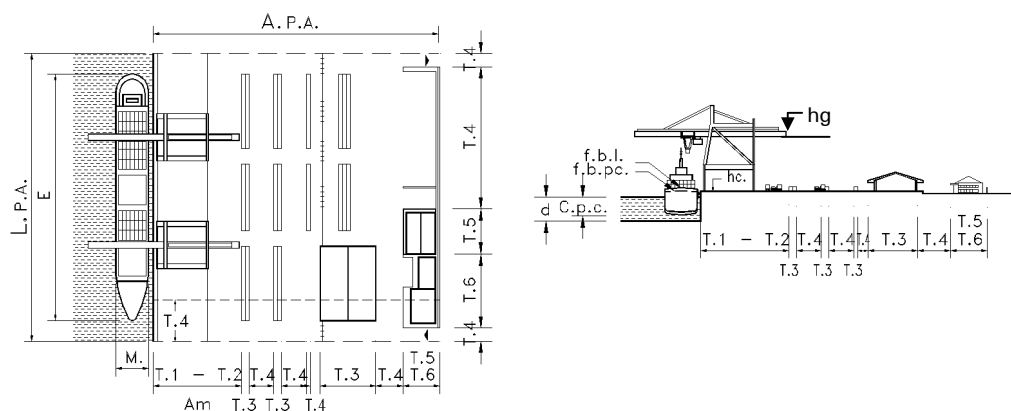


Figura 5.105 Dimensiones del P.A. para Contenedores (1,000 TEU)

Dimensiones Generales Mínimas:

$$A.P.A. = T.1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T.6 = 175 \text{ m}$$

$$L.P.A. = L = E + M = 152 \text{ m} + 23.7 \text{ m} \approx 175 \text{ m}$$

$$S.P.A. = L.P.A. \times A.P.A. = 3.0 \text{ ha}$$

Ancho de Cubierta

Se considera la suma de T.1 y T.2:

$$T.1 + T.2 = 7.00 \text{ m} + 15.00 \text{ m} = 22 \text{ m normal (grúa convencional)}$$

$$T.1 + T.2 = 23.0 \text{ m} + 15.00 \text{ m} = 38 \text{ m normal (grúa pórtico)}$$

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A.)

$$L = E + M = 152 \text{ m} + 23.7 \text{ m} = 175 \text{ m mín (barco de 15,000 T.P.M.)}$$

$$d = C.p.c. + t.a. \text{ (inciso 5.2.4.2.d)} = 8.50 \text{ m} + 0.90 \text{ m} \approx 9.50 \text{ m mín}$$

$$h.c. = (f.b.l. + f.b.p.c.)/2 = +3.00 \text{ m normal (recomendación)}$$

$$h.g. = + 30 \text{ m mín sobre nivel de h.c. (recomendación)}$$

› Embarcaciones de 1,000 – 1,500 TEU (2ª Generación)

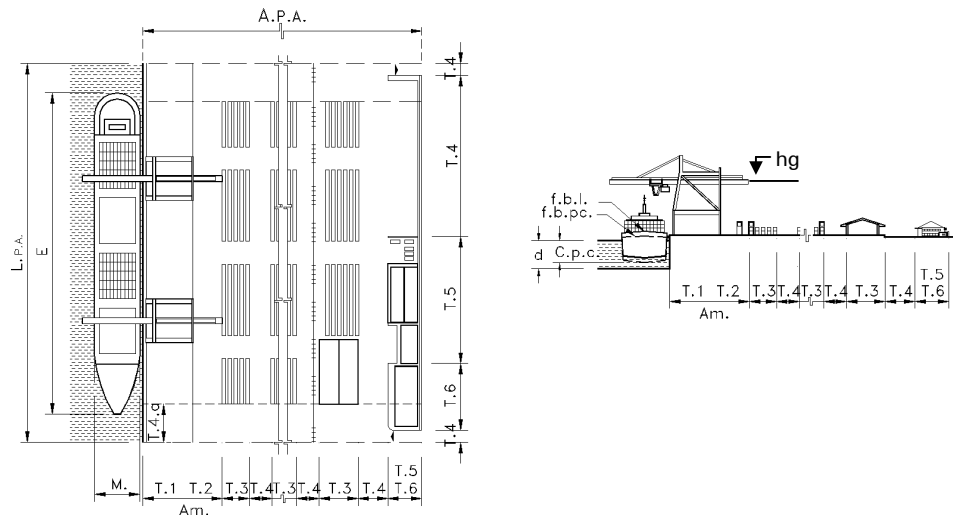


Figura 5.106 Dimensiones del P.A. para Contenedores (1,500 TEU)

Dimensiones Generales Mínimas:

$$\text{A.P.A.} = \text{T.1} + \text{T.2} + \text{T.3} + \text{T.4} + \text{T.5} + \text{T.6} = 250 \text{ m}$$

$$\text{L.P.A.} = \text{L (se recomienda)} = 210 \text{ m}$$

$$\text{S.P.A.} = \text{A.P.A} \times \text{L.P.A} = 5.3 \text{ ha}$$

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A.)

$$\text{L} = \text{E} + 1 \text{ M} = 174 \text{ m} + 26.2 \text{ m} \approx 200 \text{ m mín (barco de 20,000 T.P.M.)}$$

$$\text{d} = \text{C.p.c.} + \text{t.a. (inciso 5.2.4.2.d)} = 9.20 \text{ m} + 0.90 \text{ m} = 10.00 \text{ m mín}$$

$$\text{h.c.} = (\text{f.b.l} + \text{f.b.p.c.})/2 = + 3.50 \text{ normal (recomendación)}$$

h.g. = +30 m mín sobre nivel de h.c. (recomendación)

Ancho de Cubierta

Se considera la suma de T.1 y T.2:

$$\text{T.1} + \text{T.2} = 37.50 \text{ m} + 15.0 \text{ m} = 53.50 \text{ normal (grúa pórtico)}$$

► Embarcaciones de 3,500 TEU (3ª Generación)

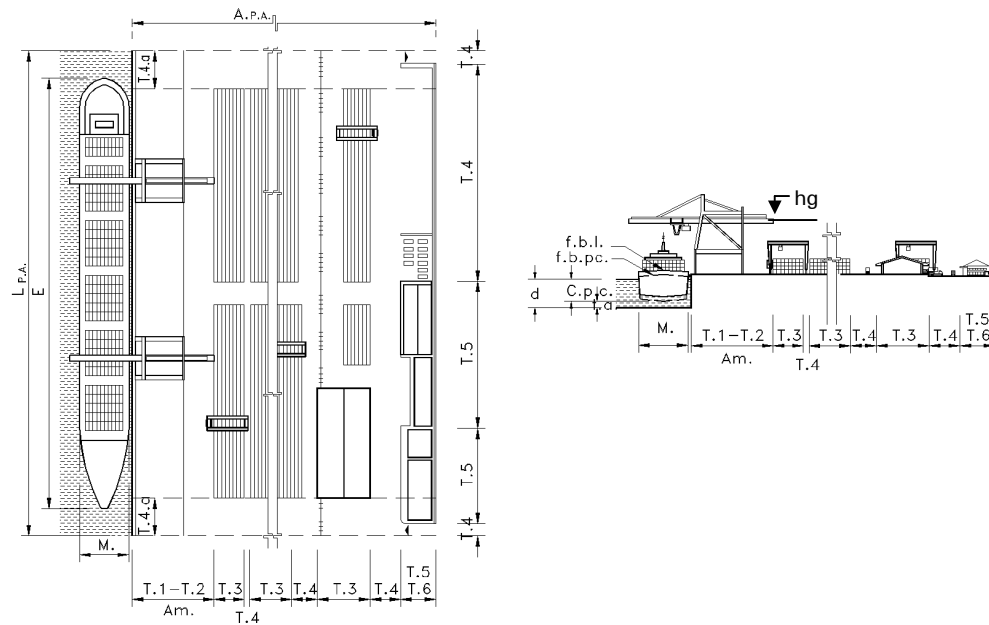


Figura 5.107 Dimensiones del P.A. para Contenedores (3,500 TEU)

Dimensiones Generales Mínimas:

$$\begin{aligned} \text{A.P.A.} &= T.1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T.6 \\ &= 310 \text{ m} \end{aligned}$$

L.P.A. = L (se recomienda) = 300 m

$$S.P.A. = A.P.A \times L.P.A = 9.5 \text{ ha}$$

Ancho de Cubierta

Se considera la suma de T.1 y T.2:

$$T.1 + T.2 = 37.50 \text{ m} + 15.0 \text{ m} = 52.50 \text{ m}$$

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A.)

$L = E + M = 267 \text{ m} + 32.2 \text{ m} \approx 299.2 \text{ m}$, rec 300 m mín. (barcos de 50,000 T.P.M.)

$$d = \text{C.p.c.} + \text{t.a. (inciso 5.2.4.2.d)} = 12.50 \text{ m} + 0.90 \text{ m} = 13.50 \text{ m mín}$$

h.c. = (f.b.l + f.b.p.c.)/2 = + 3.50
normal (recomendación)

h.g. = +30 m mín sobre nivel de h.c.
(recomendación)

- › Embarcaciones de 4,000 TEU (4ª Generación) y de 5,000 TEU (5ª Generación)

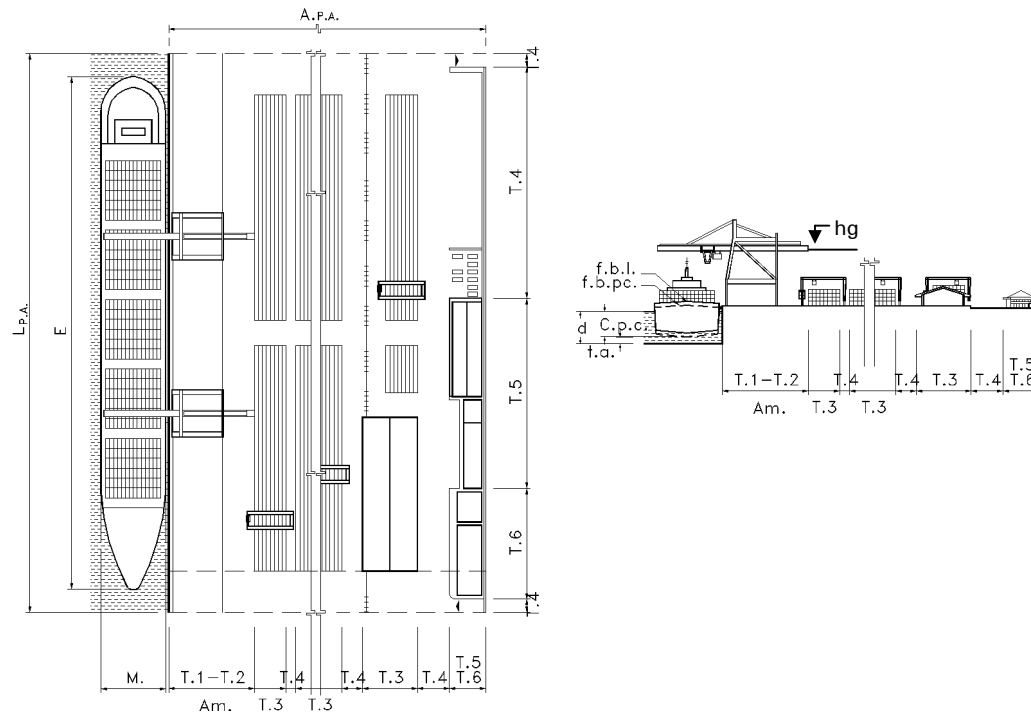


Figura 5.108 Dimensiones del P.A. para Contenedores (4,000 a 5,000 TEU)

Las embarcaciones de 4ª y 5ª generaciones operan actualmente en los puertos de los países desarrollados, por lo que es conveniente en el futuro próximo, prever las áreas necesarias para la creación de nuevas terminales de contenedores en el país. A continuación se indican las dimensiones para ambos casos.

Dimensiones Generales Mínimas:

Barco 60,000 T.P.M. (4ª G)

$$A.P.A. = T.1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T.6 \\ = 600 \text{ m mín a } 800 \text{ m max.}$$

$$L.P.A. = L = 325 \text{ m mín}$$

$$S.P.A. = A.P.A \times L.P.A \approx 19.5 \text{ ha min.} \\ \text{a } 26 \text{ ha max}$$

Barco 70,000 T.P.M. (5ª G)

$$A.P.A. = T.1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T.6 \\ = 325 \text{ m}$$

$$L.P.A. = L = 325 \text{ m mín}$$

$$S.P.A. = A.P.A \times L.P.A = 19.5 \text{ ha min.} \\ \text{a } 26 \text{ ha max.}$$

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A.)

$$L_{4g} = E + M = 290 \text{ m} + 32.2 \text{ m} \approx 322.2 \\ \text{m o } 268 \text{ m} + 39.8 \text{ m} = 307.8 \text{ m}$$

$$L_{5g} = E + M = 280 \text{ m} + 41.8 \text{ m} = 321.8 \text{ m} (L_{rec.} \approx 325.0 \text{ m mín.})$$

$$d_{4g} = C.p.c. + t.a. (\text{inciso } 5.2.4.2.d) = 13 \text{ m} + 0.9 \text{ m} \approx 14.00 \text{ m}$$

$$d_{5g} = 13.8 \text{ m} + 0.90 \text{ m} = 14.70 \text{ m mín} (\text{normal } 15.00 \text{ m})$$

$$h.c. = (f.b.l + f.b.p.c.)/2 = + 3.50 \text{ normal (recomendación)}$$

$$h.g. = +30 \text{ m mín sobre nivel de h.c. (recomendación)}$$

Ancho de Cubierta

Se considera la suma de T.1 y T.2:

$$T.1 + T.2 = 37.50 \text{ m} + 15.0 \text{ m} = 53.50 \text{ normal (grúa pórtico)}$$

Las áreas T.1 a T.5 se determinan de acuerdo a los sistemas de operación o manipulación de los contenedores y depende de los factores siguientes:

- › Disponibilidad de terreno para el puesto de atraque: áreas amplias o restringidas, con especial énfasis en

tener espacio suficiente para el almacenamiento; acceso carretero y ferroviario; condicionantes de la calidad y resistencia del suelo, por la magnitud de las cargas generadas por el apilamiento de contenedores y el equipo de manipulación; previsión de reserva territorial para ampliación del patio y/o por aumento del tamaño de los barcos.

- › Costos de adquisición y mantenimiento del equipo, así como la facilidad para obtener refacciones o repuestos (importación del extranjero)
- › Lograr una operación económica y fluida, conforme al equipo específico de manipulación y al proyecto detallado de la terminal.

El éxito del puesto de atraque dependerá de la selección del sistema de operación conducente con los factores enunciados.

PUESTO DE ATRAQUE	SISTEMA DE REMOLQUES – PLATAFORMAS	SISTEMA DE CARRETILLAS PÓRTICO	SISTEMA DE GRÚAS PÓRTICO	SISTEMA MIXTO (COMBINACIÓN DE LOS OTROS)
EMBARCACIONES 1,000 TEU (PRIMERA GENERACIÓN)	⊕	○		⊕
EMBARCACIONES 1,500 TEU (SEGUNDA GENERACIÓN)	⊕	○	+	⊕
EMBARCACIONES 3,500 TEU (TERCERA GENERACIÓN)	○	⊕	⊕	○
EMBARCACIONES 4,000 Y 5,000 TEU (CUARTA Y QUINTA GENERACIÓN)	+	⊕	⊕	



Recomendable



Posible



Casos Especiales

Figura 5.109 Recomendaciones de los Sistemas de Manejo de Contenedores según el tipo P.A.

A continuación se indican las dimensiones de las áreas T.1 a T.5, que

se incluyen en los cuatro tipos de puestos de atraque de contenedores.

SISTEMA DE REMOLQUES Y PLATAFORMAS

Áreas T.1 y T.2

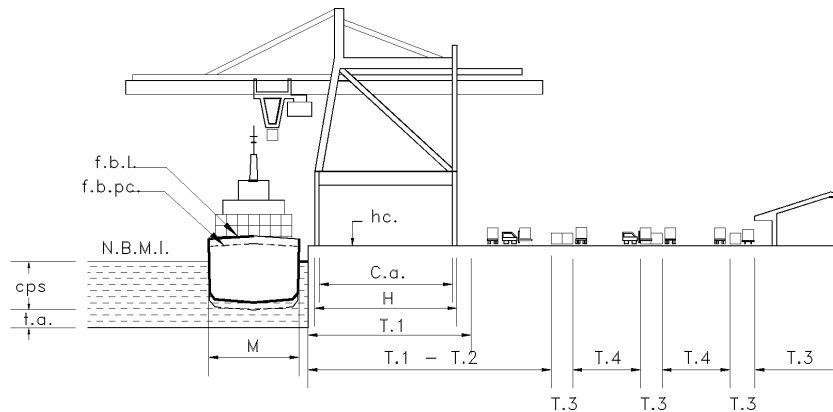


Figura 5.110 Áreas T.1 y T.2 para el Sistema de Remolques y Plataformas

a. P.A. Primera Generación (1,000 TEU)

T.1 Con grúa convencional (de pluma) $\approx$ 45 ton de capacidad

$H = 7 \text{ m normal} = T.1$

$C.a \approx 3.0 \text{ m (3.50 m normal)}$

$r.g \text{ máx} = 24.5 \text{ m (radio de giro)}$

T.1 Con grúa de muelle (pórtico) $\approx$ cap. máx. 36 ton.

$H = C.a + \text{distancia al borde del muelle y ancho de patas de la grúa}$

$H = 20 \text{ m} + 3.50 \text{ m} + 0.50 \text{ m} = 24.0 \text{ m mín}$

T.2 Se dimensiona igual a la de carga fraccionada y/o unitaria: 15 m normal

$T.1 + T.2 \text{ (grúa convencional)} = 7.0 \text{ m} + 15.0 \text{ m} = 22.0 \text{ m normal}$

$T.1 + T.2 \text{ (grúa pórtico)} = 23.0 \text{ m} + 15.0 \text{ m} = 38.0 \text{ m normal (rec)}$

b. P.A. 2ª, 3ª, 4ª y 5ª Generaciones (1,500, 3,500, 4,000 y 5,000 TEU)

T.1 Con grúas pórtico de 40 a 70 ton

$H = C.a + \text{distancia al borde del muelle y ancho de patas de la grúa}$

$= 35 \text{ m} + 4.0 \text{ m mín} + 1.0 \text{ m} = 40.0 \text{ m} = T.1$

T.2 Igual a carga fraccionada y/o unitaria = 15 m normal.

$$T.1 + T.2 = 38.50 \text{ m} + 15.0 \text{ m} = 53.50 \text{ m normal}$$

Áreas T.3 Almacenamiento

- Un nivel de apilamiento (2.45 m a 2.60 m) y dos filas (pueden ser más cuando es un solo cliente)

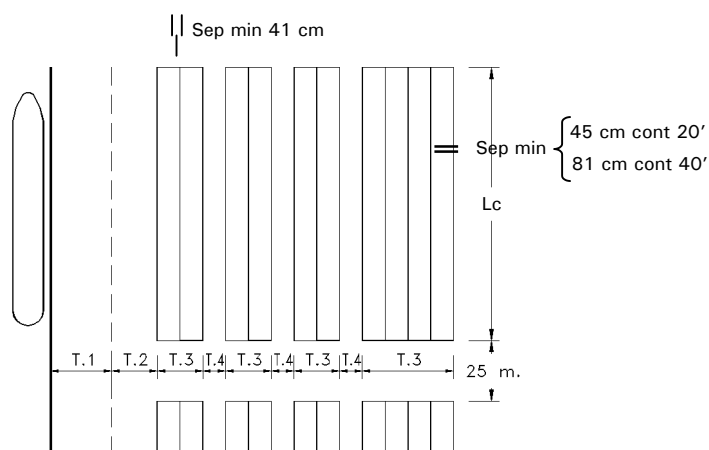


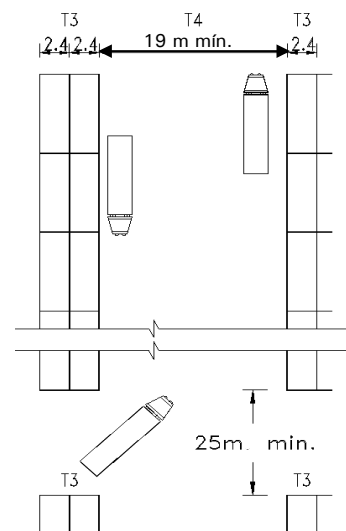
Figura 5.111 Área T.3 Sistema de Remolques y Plataformas

T.3 Para filas de 2 contenedores
 $4.88 \text{ m} + 0.41 \text{ m mín (sep. entre contenedores)} \approx 5.30 \text{ m}$

$$L.c = L.P.A. - 25 \text{ m mín.}$$

Las filas pueden ser paralelas o perpendiculares al muelle según la planeación del puesto de atraque, menos 25 m mín para circulación en los extremos.

Cuando se utiliza este sistema de operación, los europeos recomiendan dejar un espacio mínimo de 1 m entre espaldas de contenedores secos y 2.30 m para el caso de los refrigerados.



Áreas T.4 Vialidades, Control y Accesos

Vialidades

Figura 5.112 Área T.4 para el Sistema de Remolques y Plataformas

Los 25 m de vialidad perpendicular pueden satisfacer el radio de giro (r.g) de las plataformas y trailers.

Para accesos y control, ver área T.4 para todos los sistemas (**Figura 5.119**)

SISTEMAS DE CARRETILLAS PÓRTICO O GRÚA "U" DE PATIO (Straddle Carrier) Áreas T.1 y T.2

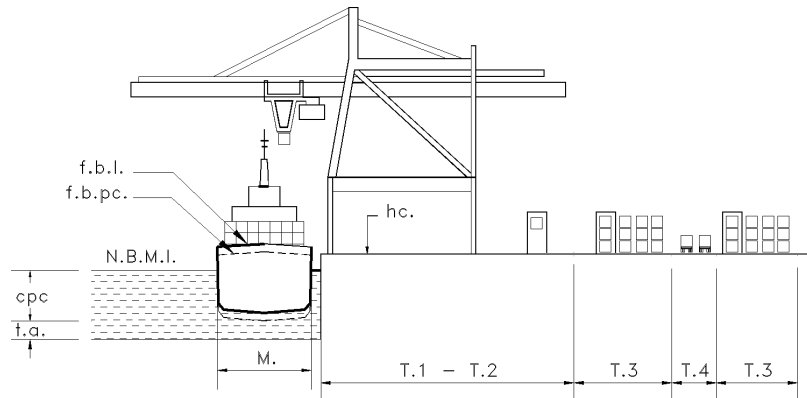


Figura 5.113 Áreas T.1 y T.2 Sistema de Carretillas - Pórtico

a. P.A. Primera Generación (1,000 TEU)

T.1 Con grúa convencional (de pluma) $\approx$ 45 ton de capacidad

$H = 7 \text{ m normal} = T.1$

$C.a \approx 3.0 \text{ m (3.50 m normal)}$

$r.g \text{ máximo} = 24.5 \text{ m}$

T.1 Con grúa (pórtico) $\approx$ 36 ton de cap. máx.

$H = C.a + \text{distancia al borde del muelle y ancho de patas de la grúa}$

$H = 20 \text{ m} + 4.0 \text{ m} + 1.0 \text{ m} = 25.0 \text{ m mín}$

T.2 Se dimensiona igual a la de carga fraccionada y/o unitaria: 15 m normal

$T.1 + T.2 \text{ (grúa convencional)} = 7.0 \text{ m} + 15.0 \text{ m} = 22.0 \text{ m normal}$

$T.1 + T.2 \text{ (grúa pórtico)} = 23.0 \text{ m} + 15.0 \text{ m} = 38.0 \text{ m normal (rec.)}$

b. P.A. 2ª, 3ª, 4ª y 5ª Generaciones (1,500, 3,500, 4,000 y 5,000 TEU)

T.1 Con grúas pórtico de 40 a 70 ton

$H = C.a + \text{distancia al borde del muelle y ancho de patas de la grúa}$
 $= 35 \text{ m} + 4.0 \text{ m mín} + 1.0 \text{ m} = 40.0 \text{ m} = T.1$

T.2 Igual a carga fraccionada y/o unitaria = 15 m normal.

$T.1 + T.2 = 38.50 \text{ m} + 15.0 \text{ m} = 53.50 \text{ m normal}$

Áreas T.3 Almacenamiento

- › Dos o tres niveles de apilamiento

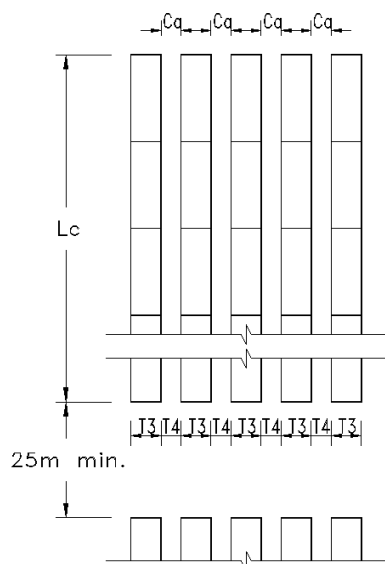


Figura 5.114 Área T.3 Sistema de Carretillas - Pórtico

Número de filas de acuerdo a la planeación con dos o tres niveles de apilamiento, según tipo de carretilla.

Áreas T.4 Vialidad, Control y Accesos

Vialidades. Espacio para las ruedas de la carretilla: $C_a = 1.50 \text{ m mín.}$

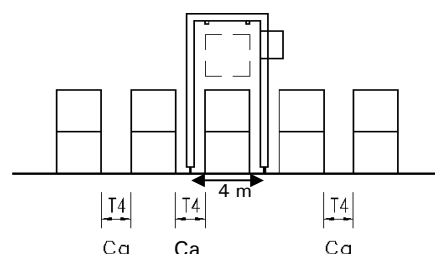


Figura 5.115 Área T.4 Sistema de Carretillas - Pórtico

Para accesos y control ver área T.4 para todos los sistemas (Figura 5.119)

SISTEMA CON GRÚAS DE PÓRTICO DE PATIO (Transfer Crane)

Áreas T.1 y T.2

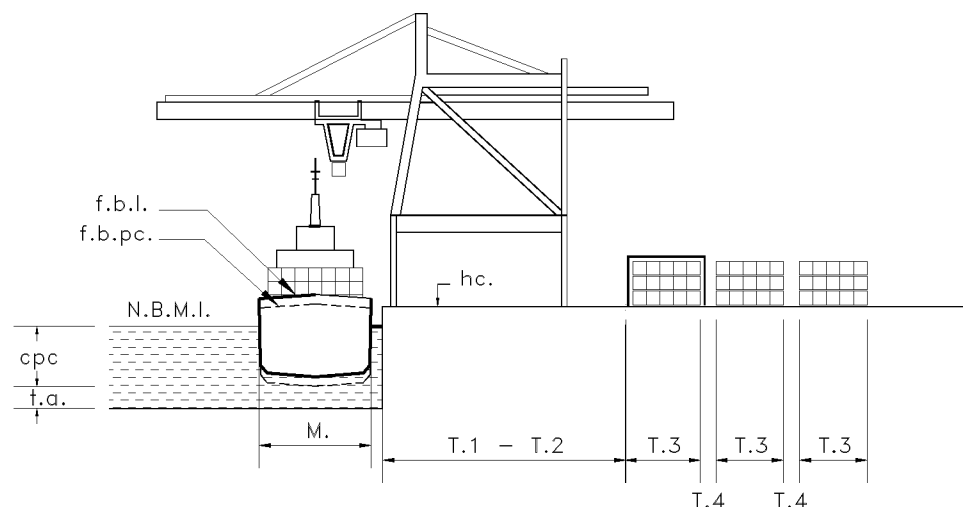


Figura 5.116 Áreas T.1 y T.2 Sistema con Grúas de Pórtico de Patio

› **P.A. 2ª, 3ª, 4ª y 5ª Generaciones
(1,500, 3,500, 4,000 y 5,000 TEU)**

T.1 Con grúas pórtico de 40 a 70 ton
 $H = C.a + \text{distancia al borde del muelle}$
 y ancho de patas de la grúa
 $= 35 \text{ m} + 4.0 \text{ m} + 1.0 \text{ m} = 40.0 \text{ m} =$
 T.1 normal

T.2 Igual a carga fraccionada y/o unitaria
 $= 15 \text{ m normal}$

$T.1 + T.2 = 38.50 \text{ m} + 15.00 \text{ m} =$
 53.50 m normal

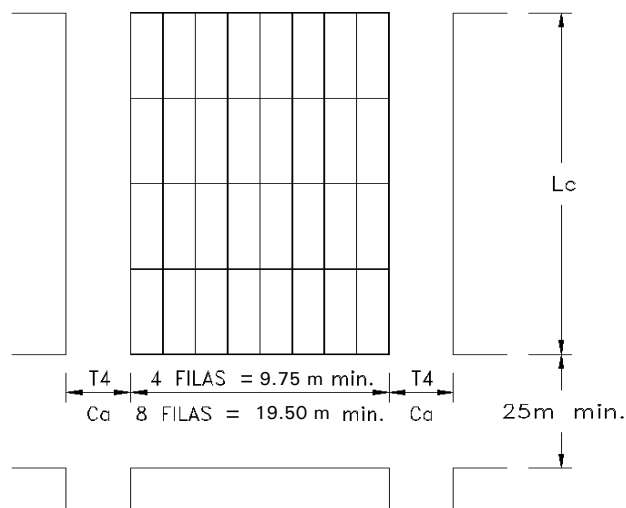


Figura 5.117 Area T.3 Sistema con Grúas de Pórtico de Patio

Areas T.3 Almacenamiento

- › Requiere 9 m²/TEU (grúa sobre rieles) y 10 a 12 m²/TEU (grúa sobre neumáticos)
- › Apilamiento máximo: 5 niveles con grúa sobre rieles
- › Apilamiento máximo : 4 niveles con grúa sobre neumáticos
- › Número de pilas: 4 a 8 según tipo de grúa pórtico (normal 6 + una vía de circulación para camiones)

$L_c =$ Longitud del puesto de atraque menos 25 m mín.

Como criterios para ayudar a determinar el dimensionamiento de un patio de contenedores, se presentan los cuadros siguientes que muestran las conclusiones de experiencias obtenidas en dos estudios, sobre las necesidades de superficie de almacenamiento en patios de contenedores según las diferentes modalidades o sistemas de operación; el primero corresponde al I.F.T.I.M. (España) en 1980 y el segundo más reciente, recopilado en puertos europeos por el PIANC en 1998.

ESTUDIO (I.F.T.I.M.) SOBRE DIMENSIONES DE PATIOS DE CONTENEDORES

Medios de Operación	Alturas de apilamiento	Ancho (m)		Dimensiones del patio (m)			Superficie por contenedor (m ²)
		Enganche	Circulación	Longitud	Ancho	Superficie p/300 contenedores	
Tractor + semi remolque	1	7.50	10.00	232.00	45.90	10,648.80	35.49
Pórtico + tractor + remolque	2	18.00	5.00	174.10	30.09	5,238.70	17.45
Grúa pórtico de patio	2	11.50	5.00	167.60	30.09	5,043.10	16.81
Carretilla pórtico	2	12.00	1.10	168.10	21.24	3,570.50	11.90

Medios de Operación	Alturas de apilamiento	Ancho (m)		Dimensiones del patio (m)			Superficie por contenedor (m²)
		Enganche	Circulación	Longitud	Ancho	Superficie p/300 contenedores	
Grúa pórtico de patio + tractores + remolques	2	8.50	13.00	164.60	54.09	8,903.20	29.67

OPCIONES PARA LA DENSIDAD DE PATIOS EN UNA TERMINAL DE CONTENEDORES (PIANC)

SISTEMA	NIVELES DE APILAMIENTO	DENSIDAD (TEU/ha neta)	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Chassis (Remolque)	1	240	Alta accesibilidad. Servicio rápido de salida	Baja densidad de almacenamiento. Alto costo de equipo
Grúa U o Straddle Carrier	2	590	Servicio rápido en muelle	Altos costos de mantenimiento y de equipo pero mayor destreza o habilidad en las labores
Porta Elevadores (Top-Pick)	4	850	Bajos costos de equipo	Baja accesibilidad Salida lenta de importaciones Lenta exportación por el muelle
Pórtico sobre neumáticos (RTG)	5	1,400	Buena accesibilidad Alta densidad de almacenamiento	Lento servicio de muelle
Pórtico sobre Rieles (RMG)	6	1,750	Muy alta densidad de almacenamiento Automatizable	Operación compleja Alto costo de equipo
Grúa aérea (Overhead Crane)	8	2,300	Máxima densidad de almacenamiento Automatizable	Operación compleja Alto costo de equipo Alto costo de instalación

Áreas T.4 (Vialidades, Control y Acceso)

Vialidades

Carril de grúa de 40 ton (max): T.4 = 3.0 m mín (rec. 3.60 m)

Carril entre bloques de filas = 25 m mín

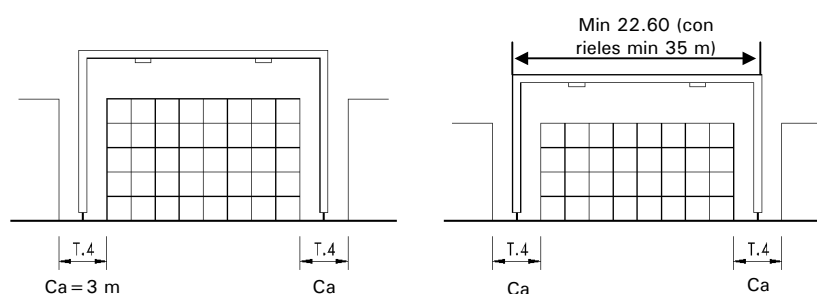


Figura 5.118 Área T.4 Sistema de Grúas de Pórtico de Patio

Para accesos y control ver área T.4 para todos los sistemas (**Figura 5.119**)

Para contenedores especiales y refrigerados:

- › Filas y niveles según el sistema – equipo, adicionándoles las redes y conexiones eléctricas.
- › Se ubican en sitios separados de las filas normales de contenedores
- › Separación entre espaldas de contenedores: 2.30 m (rec. europea)

PARA TODOS LOS SISTEMAS

Condicionantes generales para los puestos de atraque de contenedores:

- › Productividad con 2 grúas de muelle para cada puesto de atraque = 450 contenedores / 24 hr (experiencia estadística del manual ONU – UNCTAD)
- › Para considerar una operación eficiente en las áreas de tierra, se recomienda:

Clasificar y separar eficientemente los contenedores, según su tipo, peso, origen – destino, tanto de llegada como de salida y sus frecuencias.

Contar con espacios para contenedores dañados, vacíos e inservibles (en patios y/o lugares de reparación).

- › Período de estancia de los contenedores en el puesto de atraque. Importación: 7 días; exportación: 5 días; vacíos: 20 días (similar a la carga general)

- › Para la planeación de áreas de almacenamiento, en el Manual ONU – UNCTAD se presentan gráficas para calcular las superficies totales, según el movimiento y operación del puesto de atraque; esto es:

<u>EQUIPO</u>	<u>NIVELES DE APILAMIENTO</u>	<u>SUPERFICIE m²/TEU</u>
Chasis	1	65 m ²
Carr. Pórtico	1	30 m ²
Carr. Pórtico	2	15 m ²
Carr. Pórtico	3	10 m ²
Grúa Pórtico s/ neumáticos	2	15 m ²
Grúa Pórtico s/ neumáticos	3	10 m ²
Grúa Pórtico s/ neumáticos	4	7.5 m ²
Grúa Pórtico s/ rieles	5	9 m ²

Otras Areas T.3

- › Bodega de Consolidación

Objeto. Cargar y descargar el contenido de los contenedores

Operaciones. Llenar vacíos, consolidar y clasificar los contenedores para su envío

Dimensiones. Similares a las bodegas de tránsito de carga fraccionada y/o unitaria. Área recomendada de acuerdo a la experiencia, varía de 3,500 a 7,800 m² por cada puesto de atraque (Manual ONU – UNCTAD).

Localización. Próxima a los accesos terrestres, puertas con vanos mínimos de

5.0 x 5.0 m con andenes y aleros en ambos lados de la recepción de contenedores.

› Almacenamiento de Contenedores Vacíos

Dimensiones. Variables, según volumen de exportación – importación.

Localización. Alejados de los frentes de atraque y de las áreas de almacenamiento de contenedores en tránsito, sobre patios con accesos fluidos.

› Controles de Acceso

Similares a los puestos de atraque de carga fraccionada y/o unitaria (**Ver Figura 5.97**)

Módulo mínimo de 2.40 m x 3.60 m (una oficina y un sanitario).

› Entradas

El mismo gálibo del autotransporte o ferrocarril para el puesto de atraque de carga general, adicionando una pasarela superior para inspección.

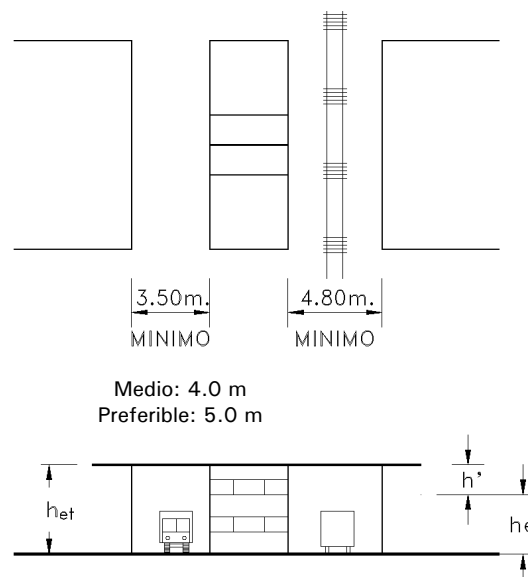


Figura 5.119 Área T.4 Entradas para Todos los Sistemas

Dimensiones Mínimas:

Carril autotransporte	para Carril ferrocarril	de
C.a = 3.50 m	C.a = 4.80 m	

$h_e = 5.00$ m

$h' = 2.50$ m

$h_{et} = 7.50$ m

- › Estacionamiento de autotransportes, similar al puesto de atraque de carga fraccionada (**Figura 5.100**)

Área T.5 Mantenimiento, Reparación de Equipo y Contenedores

Para todos los sistemas de traslación y diversos tipos de puesto de atraque, se requiere:

Taller de mantenimiento conformado por:

- › Sección de reparación de contenedores
- › Sección mecánica (incluyendo grúa corrediza para piezas pesadas)
- › Sección de pruebas de tracción
- › Sección mecánica de motores de combustión (con fosas y elevadores hidráulicos)
- › Sección eléctrica y de acumuladores
- › Sección electrónica
- › Patio de lavado (o pórtico) de chasis y contenedores

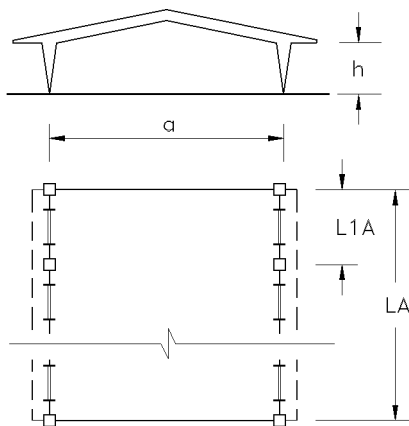


Figura 5.120 Área T.5 Mantenimiento, Reparación de Equipo y Contenedores

Dimensiones Mínimas:

$a = 20 \text{ m}$
 $h = 6 \text{ m}$
 $h = 10 \text{ m}$ en la sección de vehículos de combustión
 $LA = \text{Variable}$
 $L1A = 6 \text{ m}$

Puertas

$a1 = 6 \text{ m}$
 $h = 6 \text{ m}$

PARA TODOS LOS SISTEMAS

Almacén de Equipo

- › Descubierta en patios cercados
- › Cubierto en pórticos según el tipo de equipo
- › Dimensiones: variables

Almacén de repuestos y oficina de la unidad de servicio y mantenimiento.

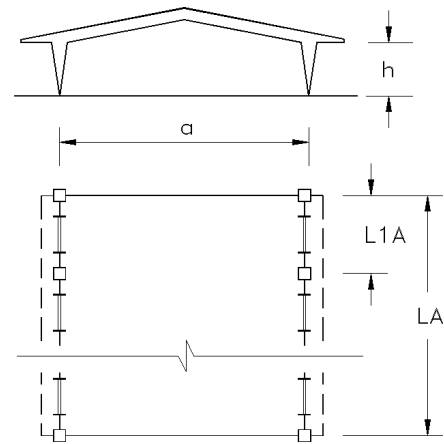


Figura 5.121 Almacén de Repuestos (Mantenimiento)

Dimensiones Mínimas:

$a = 10 \text{ m}$
 $h = 5 \text{ m}$
 $L1A = 5 \text{ m}$
 $L.A. = \text{Variable}$

Puertas de Acceso: dimensiones variables

5.3.5.3 Puestos de Atraque para Terminales Polivalentes (varias operaciones)

Los puestos de atraque polivalentes con sus respectivos frentes de atraque, han surgido como terminales de transición entre las de movimiento de carga fraccionada - unitaria y las de contenedores o de graneles específicos, en las que al aumentar considerablemente el volumen de carga,

han generado la necesidad de contar con **Terminales Especializadas de Contenedores o de Graneles**, cuando se justifican económicamente. Lo anterior sucede en particular en los países en desarrollo como el caso de México. Esta transición de acuerdo con experiencias captadas por la UNCTAD no se realiza en forma inmediata, si no a través de fases de expansión del puerto según el desarrollo económico a nivel nacional, regional y continental.

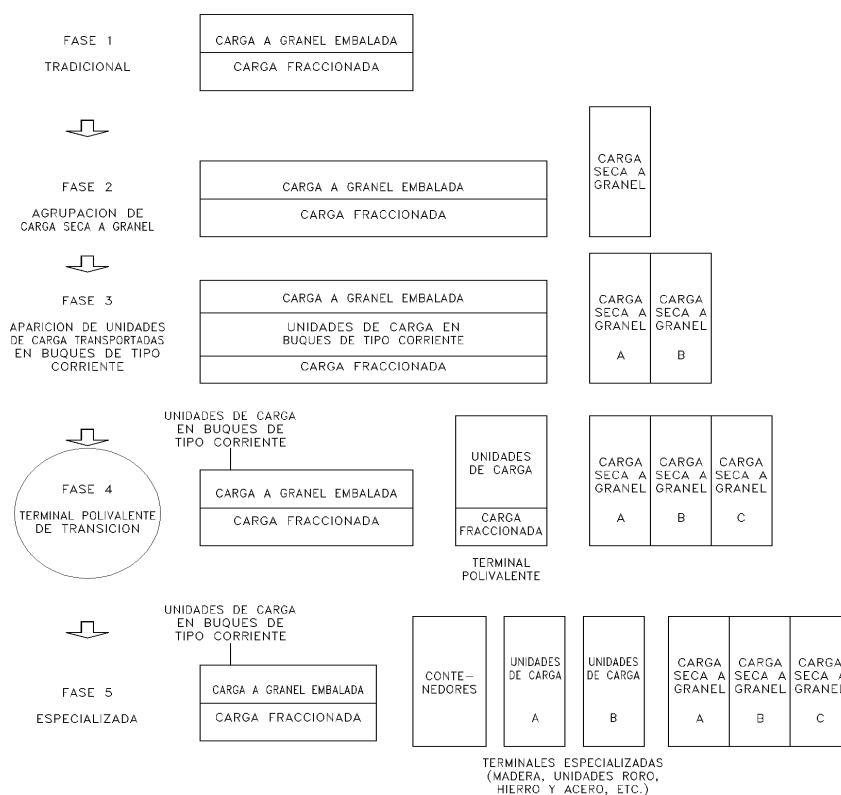


Figura 5.122 Fases de un Puerto (en expansión)

La fase 4 de la figura da lugar a la terminal polivalente, cuya función específica es proporcionar instalaciones para operar la carga eficientemente por un período (en ocasiones de muchos

años), durante el cual podrán dar servicio a buques de carga general con cargas diversas transportadas por plataformas pre-eslingadas como son: productos de acero de gran tamaño, automóviles,

maquinaria pesada, etc., además de carga fraccionada a base de paletas (pallets) como: graneles en sacos, y contenedores. Esta operación múltiple de la carga, significa también contar con

equipo portuario variado y adaptable a la evolución de las fases mencionadas, previendo la posibilidad de convertirse en una terminal especializada.

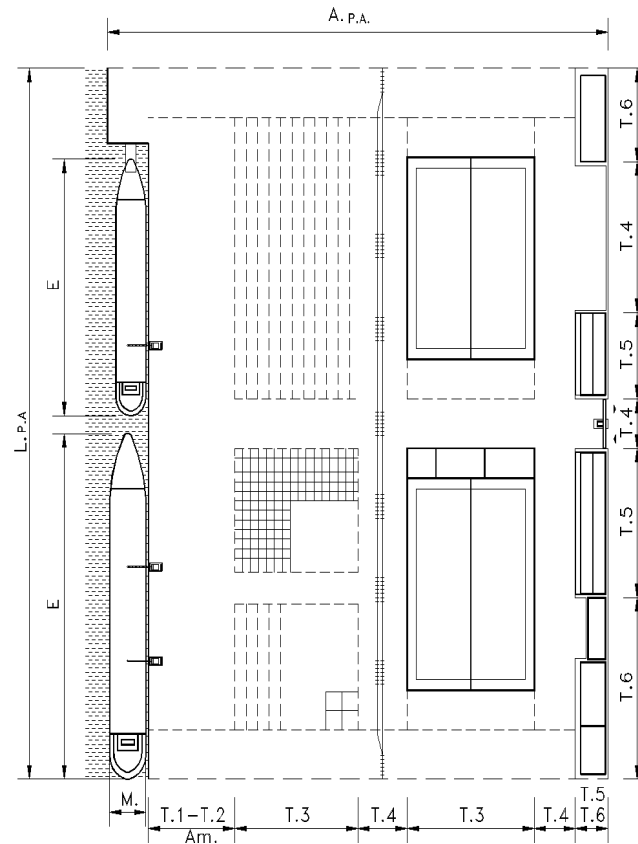


Figura 5.123 Terminal Polivalente (con dos Puestos de Atraque)

Se recomienda que esta Terminal Polivalente cuente con dos frentes de atraque para dar servicio a las diversas embarcaciones, con los condicionantes de tener el almacenamiento de tránsito cubierto (bodegas) alejado de la línea de atraque, para dar lugar a que la zona inmediata al muelle se destine para maniobrar con grúas de pórtico y cuente con una zona de patios de almacenamiento próximos, que indistintamente puedan operar carga fraccionada, unitaria, especial o

contenedores, incluyendo las maniobras por rodadura Roll-on Roll-off (Ro. Ro.); también se incluyen amplias áreas para las maniobras del autotransporte y el ferrocarril situados al fondo de la terminal, además de contar con rampa(s) en el muelle, para carga por Ro. Ro.

De acuerdo a lo anterior, se plantea el siguiente dimensionamiento:

PUESTO DE ATRAQUE (P.A.) POLIVALENTE

- Alternativa 1: Doble para atender Barcos Simultáneamente

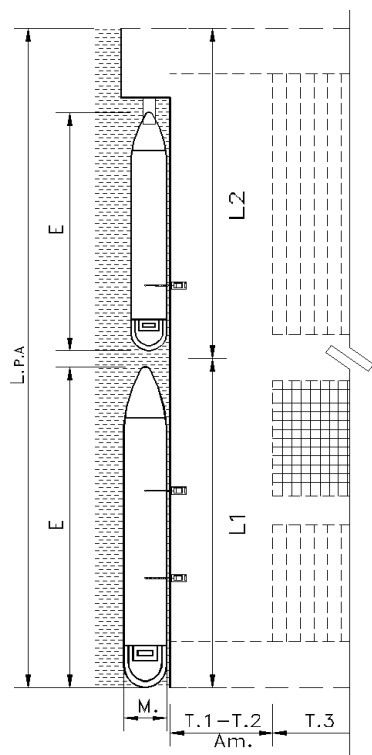


Figura 5.124 Muelle o Frente de Atraque. Terminal Polivalente (Alternativa 1)

$$A.P.A. = T.1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T.6 = 280 \text{ m normal}$$

$$L.P.A. = L \text{ (incluyendo rampa Ro. Ro.)} = 450 \text{ m normal}$$

$$S.P.A. = L.P.A. \times A.P.A. = 12.6 \text{ ha normal}$$

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A.)

$$L.P.A. = L1 + L2 + \text{rampa Ro. Ro.}$$

$$L1 = E + M = 187 + 27.1 \text{ m} \approx 215 \text{ m mín (barco de 30,000 T.P.M.)}$$

$$L2 = E = 187 \text{ m mín (barco de 15,000 T.P.M.)}$$

$$L.P.A. = 215 \text{ m} + 187 \text{ m} + 40 \text{ m (rampa)} = 422 \text{ m} \approx 450 \text{ m normal}$$

$$d = C.p.c. + t.a.(\text{inciso 5.2.4.2.d}) = 10.60 \text{ m} + 0.90 \approx 11.50 \text{ m mín (barcos de 30,000 T.P.M.)}$$

$$h.c. = (f.b.l. + f.b.p.c.)/2 \text{ (se recomienda)} = +3.50 \text{ m máximo}$$

$$h.g \text{ (similar a puestos de atraque de contenedores)} = \text{rec} + 30 \text{ m (referencia sobre nivel de h.c.)}$$

- Alternativa 2: Un solo Puesto de Atraque

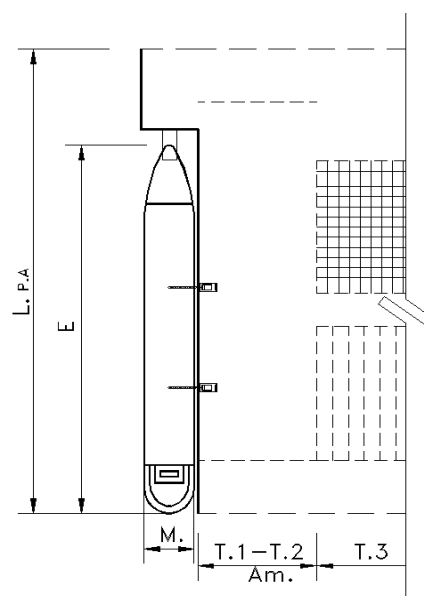


Figura 5.125 Muelle Frente de Atraque. Terminal Polivalente (Alternativa 2)

$$A.P.A. = T.1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T.6 = 280 \text{ m normal (rec.)}$$

L.P.A. = L (incluyendo rampa Ro. Ro.)
= 250 m normal (215 m mín)

S.P.A. = L.P.A. x A.P.A. = 7.0 ha
normal (6 ha mín)

$d = 9.10 \text{ m} + 0.90 \text{ m} = 10.0 \text{ m mín} < 11.50 \text{ m}$

$h.c. = (f.b.l. + f.b.p.c.)/2 = +3.50 \text{ m}$
máx. (rec.)

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A.)

$L = E + M + \text{Rampa Ro.Ro.} = 187 \text{ m} + 27.1 \text{ m} + 40.0 \text{ m} = 254.1 \approx 260 \text{ m}$
normal (barco de 30,000 T.P.M.)

$L = 152 \text{ m} + 22.3 \text{ m} + 30 \text{ m} \approx 210 \text{ m mín}$
(barco 15,000 T.P.M.)

$d = C.p.c. + t.a. = 10.6 \text{ m} + 0.90 = 11.50 \text{ m mín}$

PARA LAS DOS ALTERNATIVAS DE LOS PUESTOS DE ATRAQUE

Areas T.1 y T.2

a. Con Grúa Pórtico

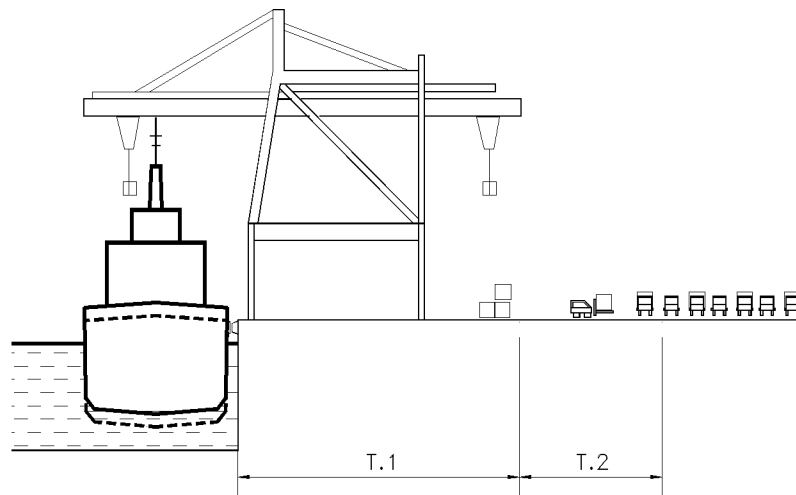


Figura 5.126 Sistema con Grúa Pórtico en Muelle

Para T.1 y T.2, previniendo las fases de desarrollo de este puesto de atraque, se dimensiona similar a los P.A. de contenedores tipos 2ª y 4ª generación.

$T.1 = 38 \text{ m normal y } T.2 = 15 \text{ m mín.}$

Ancho de cubierta del muelle $T.1 + T.2 = 53.50 \text{ m normal (50 m mín.)}$

b. Con Grúas Móviles

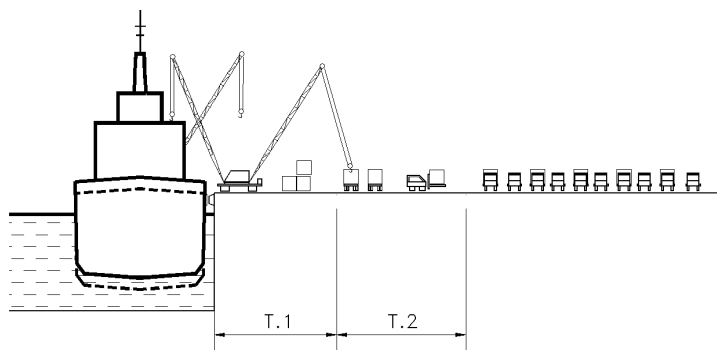


Figura 5.127 Sistema con Grúas Móviles

T.1 Se dimensiona de acuerdo a la grúa pórtico del muelle para contenedores.

T.2 Se dan las dimensiones de acuerdo al sistema de traslación a base de plataformas – remolques (mayor espacio) = 15 m mín.

Por los tipos de embarcación, se recomienda $T.1 + T.2 = 52.50$ m (similar al puesto de atraque de contenedores tipos 2ª y 4ª generación), con 50 m mín.

- » Existe el requerimiento para la descarga del barco de una caseta de control, con una báscula anexa (ver T.4), junto a la rampa en esta zona (T.2).
- » En el caso de embarcación que pueda maniobrar carga unitaria o contenedores, el área T.2 tiene el ancho suficiente para colocar grúas

de muelle y equipo de traslación de carretillas pórtico o montacargas para almacenar debidamente.

Áreas T.3 Almacenamiento

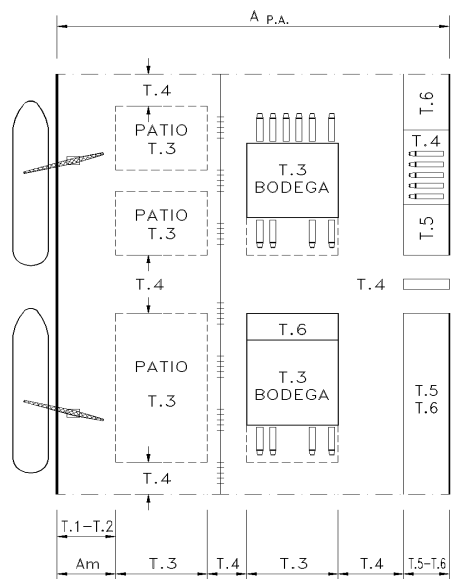


Figura 5.128 Área T.3 Almacenamiento en Terminales Polivalentes

Para el almacenamiento inmediato al frente de atraque se recomienda:

T.3 = 75 m mín con uso indistinto: para almacenar carga fraccionada y/o unitaria o contenedores, según el tipo de equipo.

T.3 Bodegas de tránsito para carga fraccionada y/o unitaria (dimensiones en la **Figura 5.95**), aunque la ubicación en detalle dependerá de la planeación. Se localizan después de los patios adyacentes al frente de atraque, para permitir que en la última fase de desarrollo, esta área se adopte a un puesto de atraque de contenedores.

Se recomienda que a partir de la vía de ferrocarril se considere un espacio de ≈ 100 m para T.3 + T.4. Si se plantea otra vía F.C. atrás de las bodegas, agregar otros 20 m; y para T.5 + T.6 20 m más (ver detalles a continuación)

Area T.4 Vialidades, Estacionamientos, Controles y Accesos

- › Vialidad para autotransporte y posibilidad del ferrocarril con su espuela.

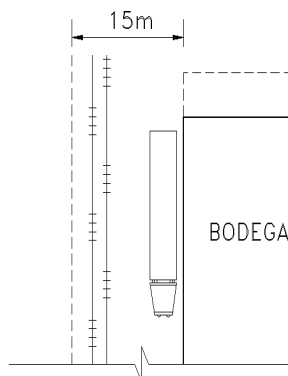


Figura 5.129 Vialidades. Terminales Polivalentes

- › Estacionamientos

Similares a los puestos de atraque de carga unitaria y/o fraccionada (**Figura 5.100**).

- › Control

Módulo similar a carga unitaria y/o fraccionada: 2.40 x 3.60 m por cada oficina de empresa y entidad autorizada (**Figura 5.97**).

- › Entradas

Similar a los puestos de atraque de contenedores (**Figura 5.119**).

C.a = 3.50 m mín de carril para autotransporte

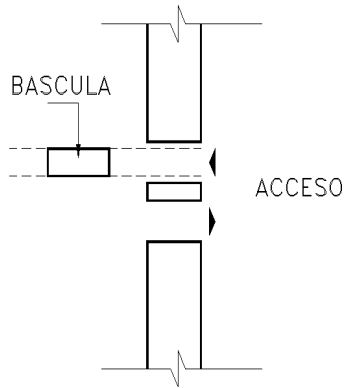
C.a = 4.80 m mín para vía de ferrocarril
he = 5 m mín sin operar

het = 7.50 m mín (con pasarela para revisar los contenedores y/o vehículos con contenedores en dos niveles)

Carril de circulación mediante vialidad perpendicular al frente de atraque:

C.a. = 25 m mín para prever cualquier equipo de traslación

Inmediatamente después de ambos accesos, se colocan las básculas para el pesado de los vehículos.



**Figura 5.130 Control de Accesos.
Terminales Polivalentes**

Areas T.5 y T.6 Mantenimiento y Reparación de Equipo – Maquinaria

› Taller de Mantenimiento y Reparación

Similar al puesto de atraque de contenedores (Figura 5.120), con sus secciones:

- › Sección mecánica de motores
- › Pruebas de tracción; secciones: eléctrica, electrónica y de reparación de contenedores

Dimensiones Mínimas:

a = 20 m
h = 6 m
h1 = 10 m (en sección de reparación de autotransporte)
LA = variable
L1A = 6 m

Puertas

a1 = 6 m mín.
h = 6 m mín.

› Almacén de Repuestos

Similar al puesto de atraque de contenedores (Figura 5.121).

Dimensiones Mínimas:

a = 10 m
h = 5 m
LA = variable
L1A = 5 m

› Almacén de Equipo, Maquinaria y Vehículos

Similar al puesto de atraque de contenedores, con patio cercado y cubierto en pórtico según el tipo de equipo (Figura 5.103).

5.3.5.4 Puestos de Atraque para Buques de Operación por Rodadura (Roll-on Roll-off, denominado Ro.Ro.)

A similitud del movimiento especializado de contenedores, los frentes de atraque o muelles dependen de las condicionantes del puesto de atraque. En este caso, mientras en los países en desarrollo los P.A. Ro. Ro. para movimiento de carga tienen buen ámbito de aplicación, (conceptualizados básicamente para movimiento de pasajeros y vehículos), en Europa, Japón y otros países desarrollados existe la tendencia a mover con transbordadores, proporciones importantes de carga y pasajeros simultáneamente.

Para efectos del movimiento exclusivo de carga, en buques Ro. Ro., se deben tener lo siguiente:

- Previsión del transbordo de la carga:

- a) Transbordo por rodadura
- b) Transbordo por transportes
- c) Transbordo por elevación

En estas 3 modalidades el transbordo abarca:

a) Por Rodadura

- › Contenedores sobre remolques – chasis, con o sin tractor
- › Cargas similares a contenedores sobre remolque o semiremolque de carretera, con o sin tractor
- › Cargas sobre ruedas: camiones, turismos, autobuses (constituyen por si mismos la carga)

b) Por Transporte

- › Contenedores transportados y colocados en su lugar por montacargas, o carretillas pórtico (straddle carriers)
- › Otras unidades de carga específicas como maderas embaladas y otros.
- › Carga General transportada por montacargas, estibada en bodegas, incluso con pallets (puede también transbordarse con remolques y luego apilarse).

c) Por Elevación

- › Operaciones normales con contenedores en cubierta o en compartimientos especiales.

- La mayor parte de las embarcaciones Ro.Ro. existentes, transportan la carga combinando las siete modalidades anteriores, aunque se observa que el mayor porcentaje es de contenedores sobre remolques – chasis, sobre ruedas y algunas cargas específicas, siendo estas tres las que deben preverse con mayor cuidado.

- Embarcaciones. Existe tendencia a contar con buques transoceánicos Ro. Ro., pues actualmente existen un buen número de ellos con tonelajes de más de 10,000 T.P.M. En el caso de transbordadores, el crecimiento de las embarcaciones para mover carga – pasajeros ha sido relevante, ya que actualmente existen gran cantidad de ellos, con tonelajes de 15 a 25,000 T.P.M., e incluso la tendencia al futuro próximo, es de utilizar buques de 60 a 65,000 T.R.B. de 200 m de eslora.

- El sistema Ro.Ro. es muy conveniente para los países en desarrollo debido a su flexibilidad en la operación, porque requieren pocas instalaciones especializadas y pueden ser rentables en puertos pequeños, aunque es difícil pronosticar el tipo específico de barco. En este caso el desarrollo en cuanto al aprovechamiento del movimiento conjunto pasaje – carga aún es incipiente; no obstante en el caso europeo y japonés, el

crecimiento vertiginoso de esta modalidad con Ferries, ha sido tal que existen grandes terminales especializadas para ello (Mar Báltico, Canal de la Mancha, Mar Mediterráneo, etc...). Al respecto, al final del inciso, se plantean ideas generales relativos a este P. A.

- El puesto de atraque para carga, se puede equipar rápidamente con relación a otros sistemas y solo es necesario contar con buenos accesos y áreas de almacenamientos adecuadas, siendo necesaria una la planeación muy flexible para prever adaptaciones.
- En todo caso, las áreas de agua deben localizarse en las zonas de menor agitación dentro del puerto por el modo de operación de la embarcación, buscando utilizar el tipo

de muelle más conveniente: en esquina (Figuras 5.59 y 5.125).

PUESTO DE ATRAQUE (P.A.) TERMINAL Ro. Ro.

Actualmente la mayoría de buques Ro. Ro. para carga se pueden englobar en los siguientes:

PESO DEL BUQUE (T.P.M.)	ESLORA (M)	MANGA (M)	CC.p.c. (M)
400	75	13.6	11.1
1,500	97	16.4	4.7
2,500	115	18.5	5.5
4,000	134	20.7	6.3
6,000	154	22.9	7.0
10,000	182	25.9	7.4

Para su dimensionamiento se ejemplifican un buque medio de 5,000 T.P.M. y el barco mayor más común de 10,000 T.P.M.

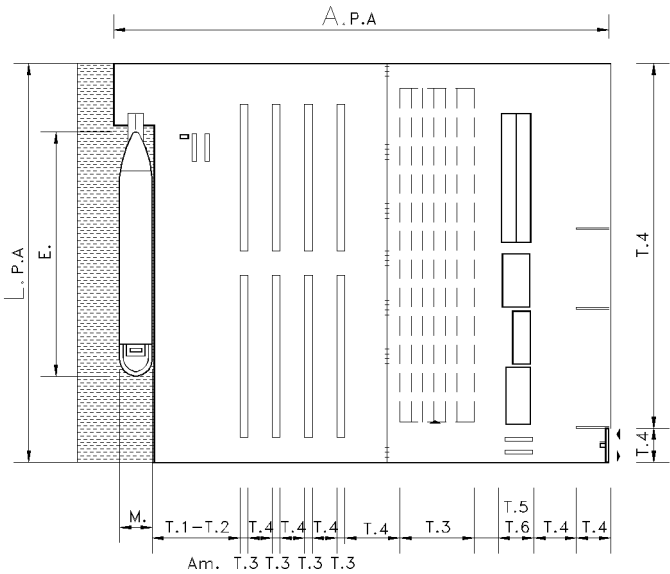


Figura 5.131 Puesto de Atraque P.A. Terminal Ro. Ro.

Caso (a) para barcos de 5,000 T.P.M.

$$A.P.A. = T.1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T.6 \\ = 280 \text{ m min. (similar a la polivalente)}$$

$$L.P.A. = L \text{ (inc. rampa Ro. Ro.)} = 210 \text{ m mín.}$$

$$S.P.A. = L.P.A. \times A.P.A. = 4.5 \text{ ha min.}$$

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A.)

$$L = E + M + \text{Long de la rampa} = 150 \text{ m} + 21.80 \text{ m} + 35 \text{ m} = 206.80 \text{ m} \approx 210 \text{ m mín.}$$

$$d = C.p.c. + t.a. \text{ (inciso 5.2.4.2.d)} = 6.60 \text{ m} + 0.90 \text{ m} \approx 7.50 \text{ m mín.}$$

$$hc = (f.b.l. + f.b.p.c.) / 2 = +3.00 \text{ m (rec.)}$$

Caso (b) para barcos de 10,000 T.P.M.

$$A.P.A. = T.1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T.6 \\ = 280 \text{ m (similar a la polivalente)}$$

$$L.P.A. = L \text{ (inc. rampa Ro. Ro.)} = 250 \text{ m}$$

$$S.P.A. = L.P.A. \times A.P.A. = 7 \text{ ha}$$

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A.)

$$L = E + M + \text{Long de la rampa} = 182 \text{ m} + 25.9 \text{ m} + 40 \text{ m} \approx 250 \text{ m mín.}$$

$$d = C.p.c. + t.a. = 7.40 \text{ m} + 0.90 \text{ m} \approx 8.50 \text{ m mín.}$$

$$hc = (f.b.l. + f.b.p.c.) / 2 = +3.00 \text{ m}$$

Ancho de la cubierta T.1 y T.2

Se recomienda similar al puesto de atraque de contenedores (2ª generación) = 53.50 m

Areas T.1 y T.2

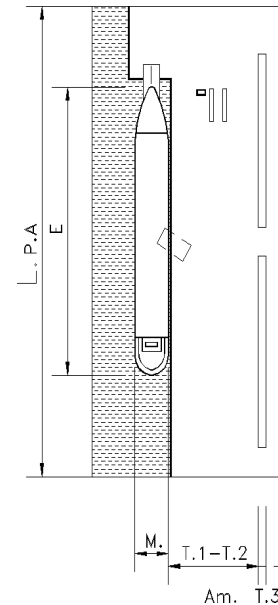


Figura 5.132 Areas T.1 y T.2 Ro. Ro.

Condicionantes Generales:

- › La salida de vehículos de carga del buque se debe proyectar para ser lo más rápida y fluida posible.
- › La maniobra de carga de la embarcación requiere mayor tiempo, por lo que se requieren estacionamientos de vehículos, considerando además, que la llegada de vehículos – carga al puesto de atraque es intermitente y la pretensión de lograr que al arribar la embarcación, esté completo el volumen por cargar.

Rampas

Como idea general, para rampas simples fijas que forman parte del muelle, la altura entre el puente principal del mismo y el nivel de flotación del buque, debe ser de aproximadamente 2.50 m, aunque actualmente existen rampas ajustables a la altura de los barcos.

- › Sea la rampa de la embarcación o del muelle, deberá tener 5 m mín de ancho cuando es de un carril, y 7 m mín (9 m normal) en dos carriles (PIANC).
- › La o las pendientes de las rampas fijas de muelle, deberán ser en todos los casos menores al 10%.
- › Para el proyecto deberá tomarse en cuenta el nivel mínimo de marea baja y el de la alta máxima, siendo recomendable localizar el muelle en

sitios donde el rango de variación del nivel del agua fluctúe alrededor de 1.50 m, para que resulte económica la instalación.

Un esquema tradicional del transbordo con rampas de muelle y buque se presenta en la **Figura 5.133**.

Existen dos casos comunes de rampas:

- a) Las que libran niveles de 0.25 m a 1.75 m, y
- b) Las que libran de 1.50 m a 3.0 m.

En ambos casos las pendientes recomendables son:

En área de tierra	1:10 máx.
En área de transición	1:8 máx.
En la embarcación	1:6 máx.

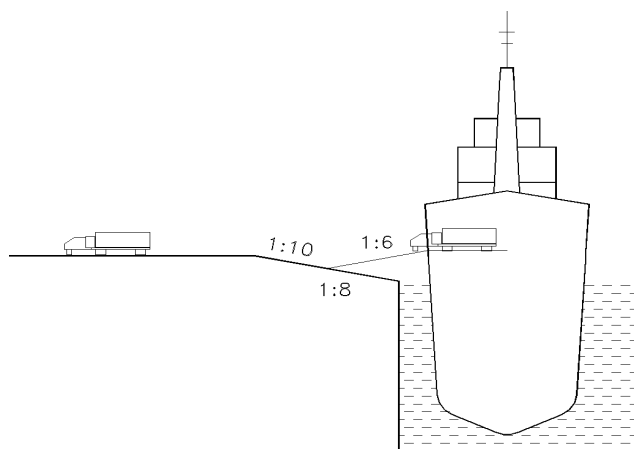


Figura 5.133 Rampa Ro.Ro. Simple

Cuando existen amplitudes de marea de 5.0 m o más, se requieren rampas –

puente de 25 a 60 m de longitud para modular su pendiente.

En el proyecto de rampas (especialmente las ajustables), resulta de vital importancia además del costo inicial, las erogaciones por concepto de mantenimiento, por lo que el sistema mecánico, hidráulico, eléctrico que se elija, deberá tomar en cuenta los requerimientos y plazos obligados para ello, ya que estos trabajos encaminados a la seguridad del transbordo, conllevan la suspensión del servicio. Los más onerosos corresponden a los que utilizan cables de izaje por el desgaste que sufren en las operaciones y debido a que requieren de mantenimiento mayor, al menos una vez al año.

Las rampas, pueden clasificarse en:

- › Propias del buque
- › Propias del muelle

Rampas del Buque

Normalmente se utiliza la **Rampa Giratoria**, que forma un puente ajustable (o calzada suspendida), articulada en el extremo de tierra y apoyada cerca del otro extremo, que une el acceso de tierra con el buque (**Figura 5.134**).

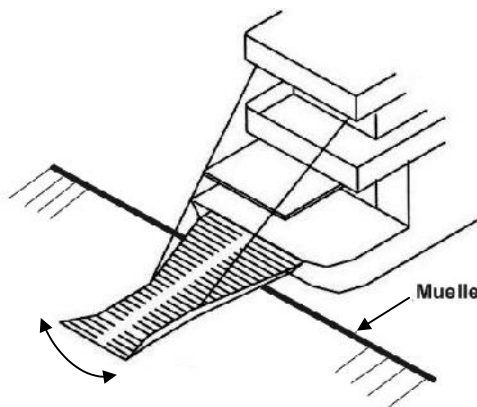


Figura 5.134 Rampa Giratoria de Buque en Muelle Ro. Ro.

Existen instalaciones mixtas (carga – pasaje), donde el transbordo general se puede realizar por la misma rampa, separando el carril de vehículos de carga de la pasarela para pasajeros (1.75 m ancho); o bien, los transportes por la rampa y los pasajeros a través de una puerta lateral del buque.

Rampas de Muelle

Son estructuras tipo puente de mayores dimensiones que las de buque y generalmente cuentan con una sola rampa que se ajusta al nivel del piso del muelle, aunque en la actualidad para el caso de transbordadores, existen rampas de dos y tres niveles que son de fácil y rápido desplazamiento a cualquier sitio del muelle, lo que permite gran flexibilidad en las operaciones de transbordo.

Pueden clasificarse en:

- › Rampas Marinas
- › Rampas Terrestres

Las **Rampas Marinas** se colocan sobre el mar en el tramo que une la embarcación con el buque y tienen un solo nivel. Dentro de ellas el aspecto básico de diseño es la amplitud de la marea, siendo más económicas y de mejor funcionamiento, las que cubren rangos de amplitud normales (1.50 m); ya que aunque a costos elevados, también se utilizan hasta para rangos mayores de 5.0 m. Este tipo de rampas son similares en su concepción aunque diferentes en funcionamiento.

Pueden distinguirse dos tipos:

La **Rampa Flotante Tradicional**, que consiste en un pontón sumergible que sube y baja automáticamente siguiendo las variaciones de la marea; la flotación del mismo se controla con reservorios llenos de arena colocados en los extremos (arena que se substituye por aire cuando requiere colocarse en otra

zona del muelle), además de un mecanismo hidráulico de control. El pontón cuenta además con columnas guía extremas, que se utilizan para mover la rampa y ajustarla según las necesidades; por lo general se emplea un sistema eléctrico para accionar carretes que enrollan a necesidad los cables de izaje de la rampa.

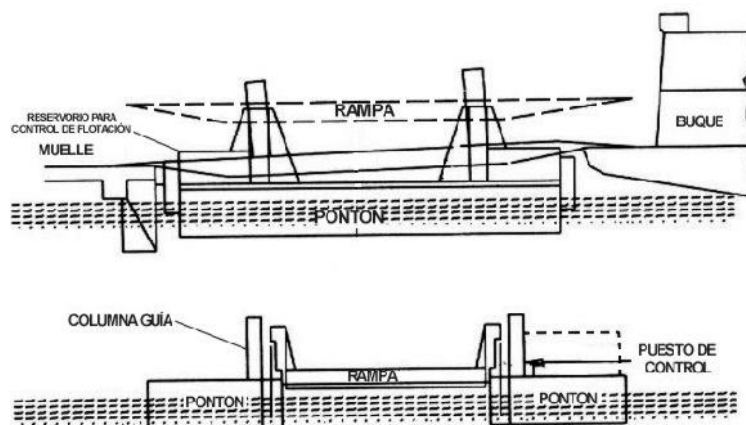


Figura 5.135 Rampa Flotante Tradicional

Un sistema más moderno es la **Rampa de Pontón Semifijo** articulada a un extremo del muelle, desde el otro extremo (que la liga al buque), utiliza una zapata con un reservorio lastrado,

construida para controlar su flotación pendular al ritmo de la marea (**Figura 5.136**).

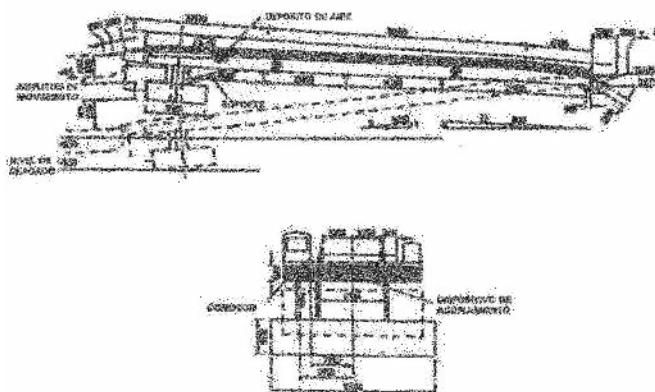


Figura 5.136 Rampa Flotante Semifija

Estos dos tipos de rampas, han mostrado con el tiempo ser susceptibles a grandes daños bajo la acción ciclónica, obligando a realizar trabajos de rehabilitación y suspender el servicio después de un evento de esta naturaleza.

Para atenuar esta problemática suelen utilizarse **Rampas de Pontón Semi-Sumergido**, donde un extremo está articulado al muelle y el extremo del puente que termina en el buque está

conectada a una estructura de pórtico fija, y en la cual existen mecanismos hidráulicos y sistemas de cables, con los que se realizan los ajustes necesarios de altura de la rampa; en este caso, al sumergirse los reservorios de lastre el ensamblaje reposa sobre el fondo del mar, apoyándose sobre bases estructurales construidas ex profeso, mismas que además, aumentan la resistencia al impacto del buque (**Figura 5.137**)

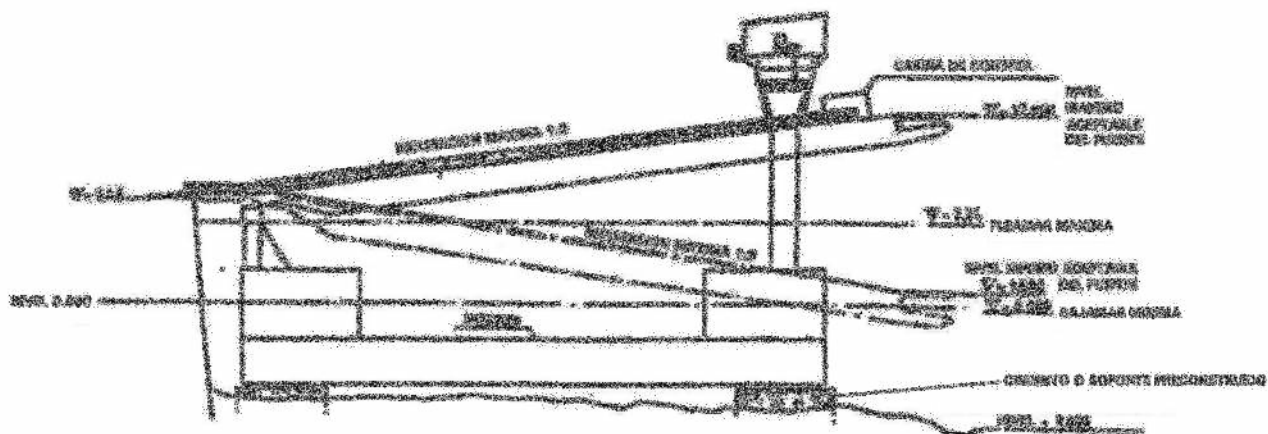


Figura 5.137 Rampa Semi-Sumergible

En todos los casos anteriores, el fin principal de la rampa es el movimiento del transporte de carga y vehículos, siendo recomendable en su caso, separar mediante un pasillo con barandal, la circulación de los pasajeros.

Las **Rampas Terrestres** se recomiendan para variaciones de marea moderadas, ya que resultan más económicas que las

flotantes (donde se aceptan grandes variaciones del rango de mareas).

Pueden distinguirse dos tipos:

- › Ajustables
- › Móviles de Gran Alcance

Las **Ajustables** pueden ser de hasta 10 m de longitud y tienen la ventaja de poder recibir barcos de mayor manga sin

grandes problemas, aunque solo convienen para un solo nivel de embarque de vehículos (en el caso de Ferries, el acceso de pasajeros se hace por algún puente lateral del buque en uno

o dos niveles). El ajuste se realiza mediante un sistema de gatos hidráulicos que puede absorber las variaciones de nivel producidas por el barco atracado durante el transbordo.

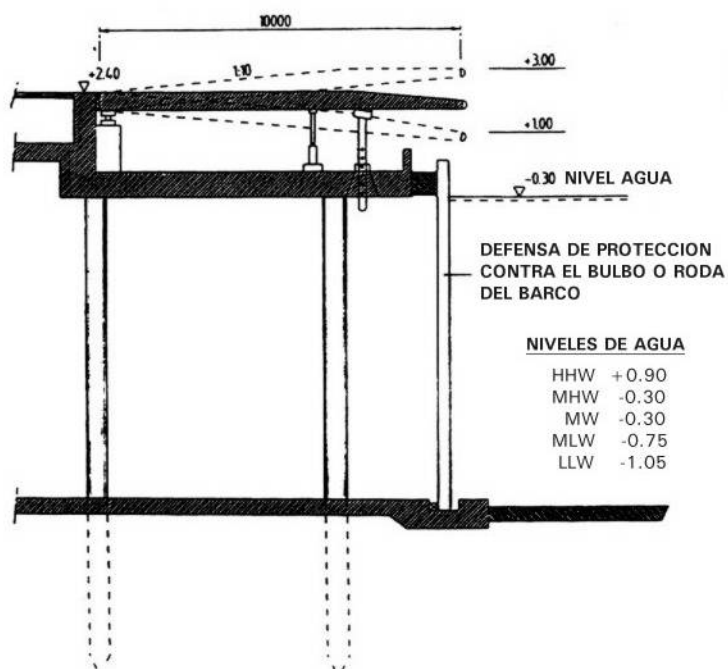


Figura 5.138 Rampa Terrestre Ajustable

Las **Rampas Móviles de Gran Alcance**, pueden tener uno o varios niveles de transbordo y operan en forma abatible hacia el lado del buque; cada pasarela de la rampa tiene su propio sistema hidráulico de ajuste de nivel (**Figura 5.139**).

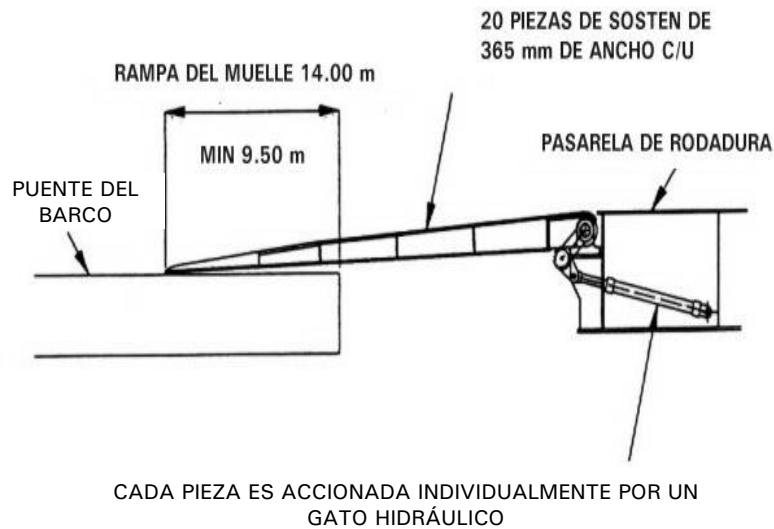


Figura 5.139 Mecanismo Abatible de Rampa Terrestre

En el caso de transbordo mixto (carga – pasaje), estas rampas pueden tener varios niveles de acceso o salida del buque. En ellas se proyecta un pórtico en el extremo del lado mar, donde se localizan los sistemas hidráulicos y

mecanismos de abatimiento de las rampas para acceder o salir del buque; en este pórtico existen escaleras fijas de comunicación entre los diferentes niveles de embarque (**Figura 5.140**).

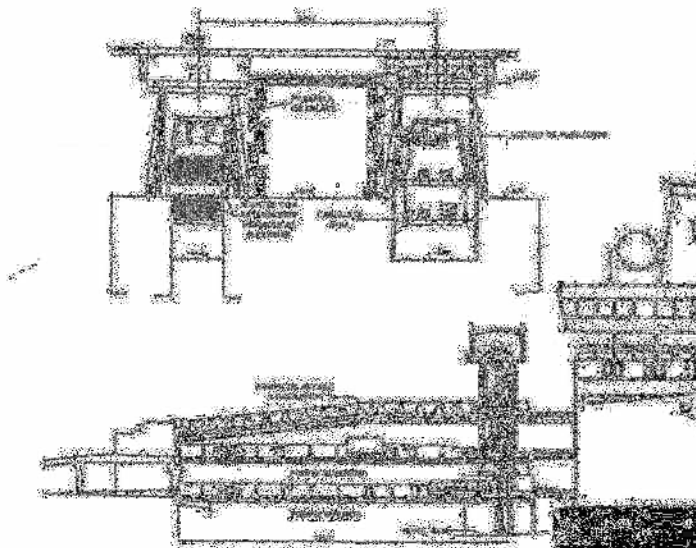


Figura 5.140 Rampa Móvil de Gran Alcance

Area T.3 Almacenamiento

a. Patio de carga unitaria o contenedores

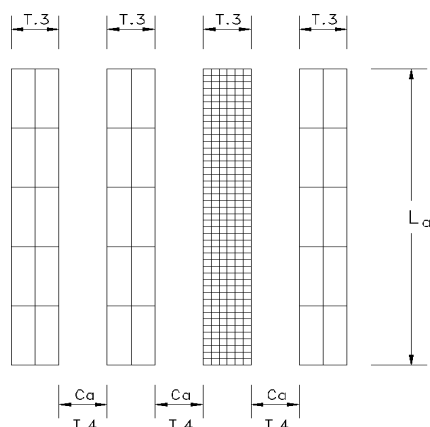


Figura 5.141 Almacenamiento para Contenedores

El ancho de cada fila dependerá tanto del equipo que se emplea para el almacenamiento, como el tipo de carga (unitaria y/o contenedores).

La longitud de patio es variable de acuerdo a la longitud del puesto de atraque.

b. Patio de Vehículos

Para vehículos, trailers, plataformas y remolques.

Para el diseño del área del patio de acomodo de unidades de carga y/o vehículos, se debe considerar los siguientes aspectos:

› Número de Muelles

- › Número de vehículos a cargar en el buque (separando por transporte de carga y otros vehículos)
- › Frecuencia de arribo y salida de barcos, tiempos de embarque – desembarque y el patrón de llegadas por tipo de unidad vehicular, al patio.
- › Método de operación del patio.

El patio puede dimensionarse multiplicando el área unitaria de cada cajón de acomodo, considerando como índice un camión tipo de 8 ton (50 m²), por el número máximo de unidades a cargar en el buque de diseño de la terminal, donde debe considerarse, la porción de automóviles y autobuses, con equivalencias respectivas de 0.5 y 1.5 unidades de 8 ton. En la **Tabla 5.21** se indica el número de unidades de carga por barco (transbordo mixto).

TABLA 5.21
NÚMERO ESTÁNDAR DE UNIDADES DE CARGA EN UN TRANSBORDADOR

BUQUE Ro. Ro. PESO BRUTO (ton)	NUMERO MÁXIMO DE CAMIONES DE 8 TON/BUQUE
100	11
200	14
300	16
400	19
500	22
600	24
1,000	34
2,000	51
3,000	68
4,000	85
5,000	102
6,000	119
7,000	136
8,000	153
9,000	170

BUQUE Ro. Ro. PESO BRUTO (ton)	NUMERO MÁXIMO DE CAMIONES DE 8 TON/BUQUE
10,000	187
11,000	204
12,000	221

En la **Figura 5.142**, se observan las unidades de transporte que normalmente se mueven en un P.A. Ro. Ro., así como las unidades típicas de operación de la terminal.

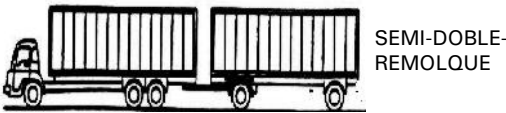
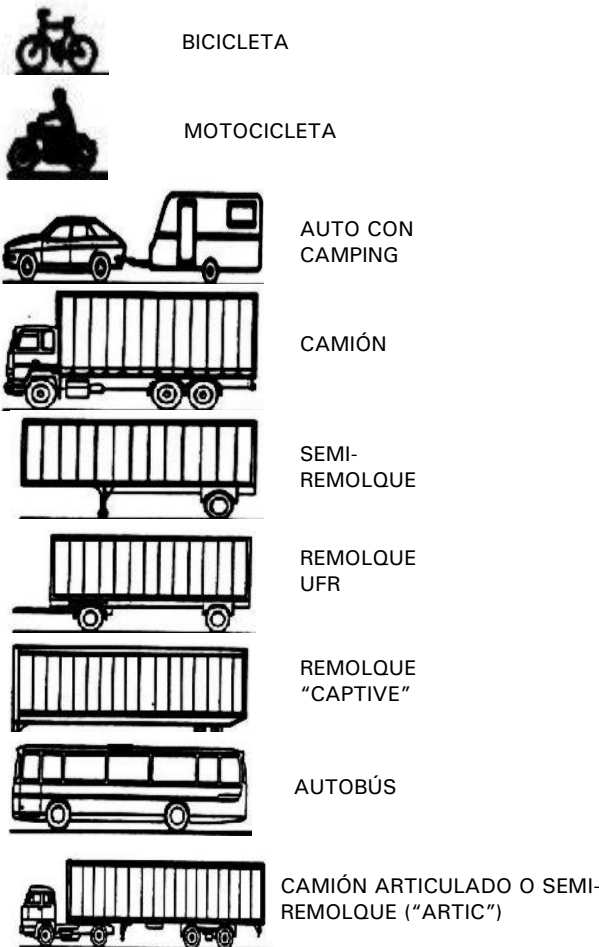


Figura 5.142 *Unidades Estándar de Transporte y Operación en un P.A. Ro. Ro.*

Las recomendaciones en cuanto a la disposición y distribución de vehículos, así como el dimensionamiento de los patios, se anotan en la **Figura 5.143**

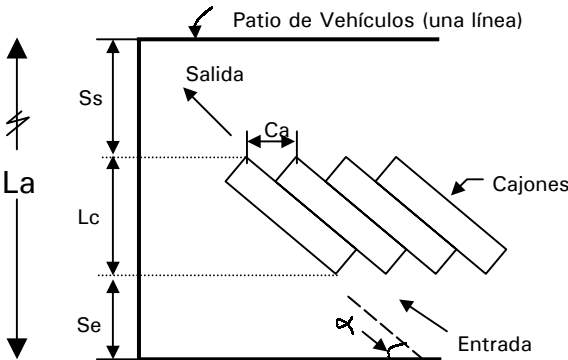


Figura 5.143 *Dimensionamiento del Patio de Vehículos*

"La" es la variable y depende de la longitud del P.A., restando las vialidades perpendiculares.

TABLA 5.22
DIMENSIONAMIENTO DE PATIOS PARA ALMACENAR VEHÍCULOS

TIPO DE VEHÍCULOS	Ss / Se (m)					Lc (m)					Ca (m)				
Coches	–,	4.5,	5.1,	5.45,	5	–,	4,	4,	5/4.5,	9.5/6	–,	4.5,	3.2,	2.6,	2.25
Camiones, Remolques	3.25,	6,	6.5,	7.5,	11	6,	9.3,	11.5,	12.9,	13.0	19,	6.5,	4.6,	3.75,	3.25
Trailers y Autobuses	3.25,	4,	7,	11,	19	6,	9.3,	11.5,	12.9,	13.0	19,	6.5,	4.6,	3.75,	3.25
Doble Remolque	3.5,	10.5,	13,	15,	13	6,	11.5,	14.5,	16.5,	17	25,	7.0,	5.0,	4,	3.5
	3.5,	6.5,	10.5,	14,	22	6,	11.5,	14.5,	16.5,	17	25,	7.0,	5.0,	4,	3.5

Se y Ss (espacios de entrada y salida respectivamente); Lc (longitud del cajón) y Ca (ancho del cajón)

Notas: Las dimensiones indicadas corresponden secuencialmente a 0° (acomodo paralelo: un vehículo detrás de otro), 30°, 45°, 60° y 90°; Lc para 60 y 90° en coches A/B (A: entrada en reversa y B: entrada por el frente); para coches estacionados a 45° (cruzados): S_s/S_e = 4.3/4.3.

Area T.4 Vialidades, Accesos, Estacionamientos y Controles

- › Vialidades similares al puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitaria (**Figura 5.101**)

Ancho de carril: 12 m mín (rec. 15 m)

- › Accesos

Similar a los puestos de atraque de contenedores (**Figura 5.119**).

C.a = 3.50 m mín para autotransportes
(4.0 m normal)

C.a = 4.80 m mín para ferrocarril

Acceso por mar (desde la rampa del barco), cuando se requiera.

C.a. = 3.50 m mín (4.0 m normal)

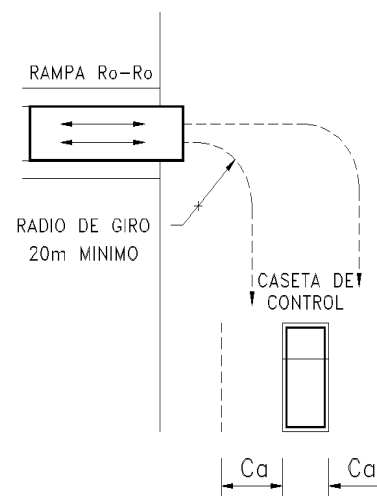


Figura 5.144 Acceso Marítimo desde la Rampa del Barco

- › Estacionamientos

Similares a los puestos de atraque de carga unitaria y/o fraccionada (**Figura 5.100**).

En batería: Le = 20 m mín; ancho av = 3.50 m mín

En cordón: Le = variable según número de vehículos; ancho av = 3.5 m mín

Para otras disposiciones, pueden emplearse las recomendaciones indicadas en Patio de Vehículos.

› Control de Accesos

Similar a los puestos de atraque de contenedores (**Figura 5.97**).

Se recomiendan 2 carriles de entrada y dos de salida para agilizar el acceso de autotransportes.

Area T.5 Mantenimiento y Reparación.

Para equipo y maquinaria:

› Taller de reparación y mantenimiento de vehículos considerando:

Sección mecánica

Sección eléctrica

› Taller mecánico general de equipo.

› Taller de reparación de contenedores

› Patio de lavado de pórtico, de vehículos y contenedores

› Almacén de repuestos y refacciones de vehículos, equipo y contenedores, oficina de control de mantenimiento y reparación.

Las dimensiones en su caso, son similares a los del puesto de atraque de contenedores (**Figura 5.121**)

Transbordo Mixto (carga – pasajeros)

El concepto de terminal Ro. Ro. desarrollada hasta aquí, está enfocada básicamente al manejo por rodadura de carga y transportes de carga, lo que en países en desarrollo es común y recomendable de aplicar. Sin embargo, en Europa, Japón, E.U.A., etc., además de esta concepción, se ha desarrollado la idea de aprovechar el transbordo mixto, aumentando el tamaño de las embarcaciones (Ferries), para poder mover volúmenes importantes tanto de pasajeros como de transportes de carga.

Al respecto, los transbordadores para movimiento simultáneo de carga – pasajeros, se clasifican en Japón en:

a) De distancias cortas a medias (< 300 Km), con barcos de 400 a 10,000 T.P.M.

b) De distancias largas (> 300 Km), con barcos de 6,000 a 23,000 T.P.M.; con capacidad de carga neta de 14,000 Ton.

En Europa actualmente operan buques de 25 a 55,000 TRB con capacidades netas de carga promedio de 15,000 ton y existe la tendencia en Suecia a uniformizar los buques transoceánicos, o tonelajes brutos de 60 a 65,000 T.P.M.

En este sentido, la **Figura 5.145**, presenta un esquema conceptual de un P. A. de Transbordadores, en donde el dimensionamiento de muelles podría considerar buques medios de 15 a 25,000 TRB, con los parámetros siguientes:

$E = 160 \text{ a } 170 \text{ m}$
 $M = 26 \text{ a } 29 \text{ m}$
 $d_{\text{máx}} = 6.50 \text{ a } 7.0 \text{ m (dragado máximo)}$

Los valores de A.P.A. y S.P.A. serán variables dependiendo del tipo de volumen de carga y el área requerida de la terminal de pasajeros

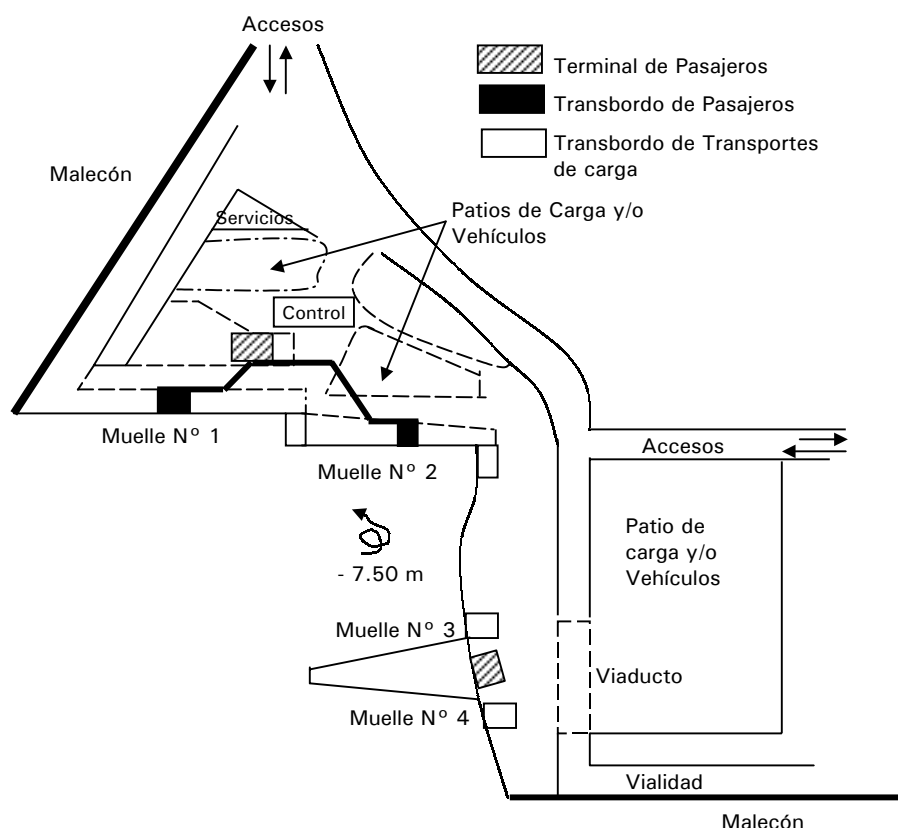


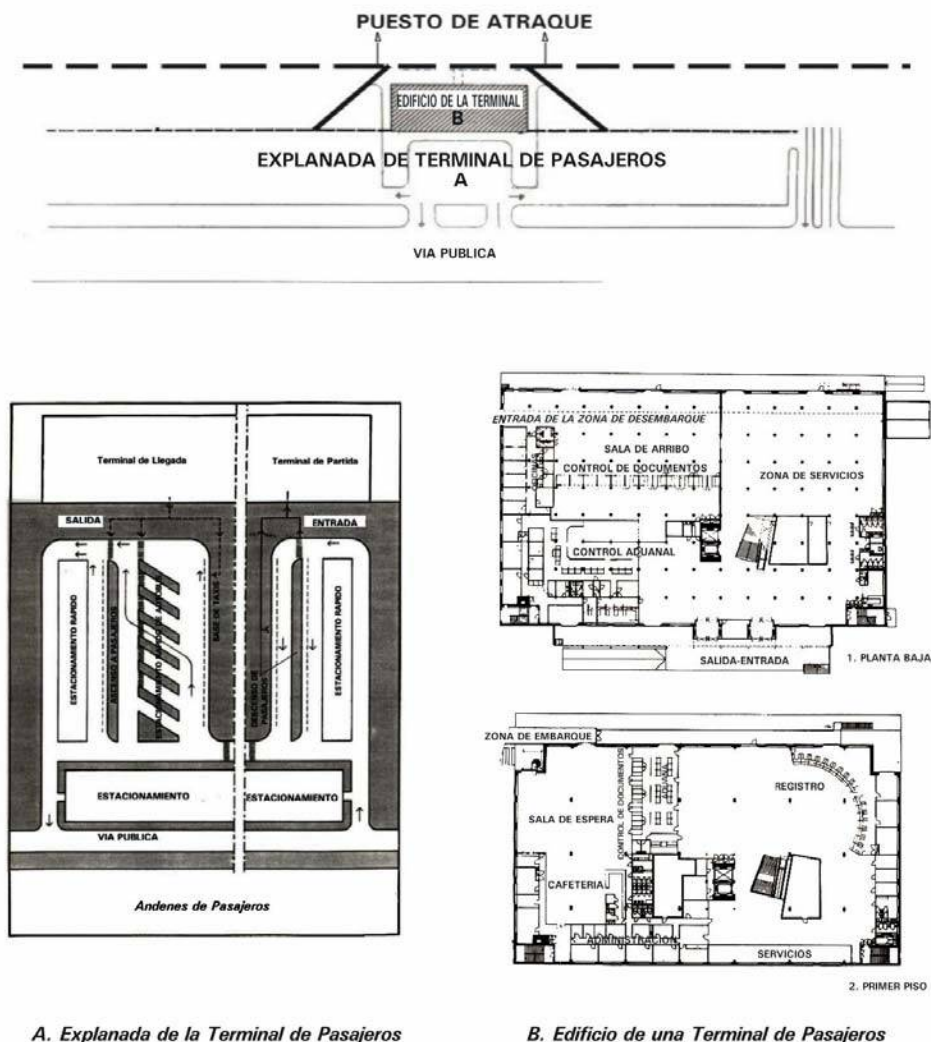
Figura 5.145 Esquema de una Terminal Mixta (Transbordadores)

En la **Figura 5.146**, se presenta un esquema del agregado de áreas destinadas al movimiento de pasajeros (T.7) en una terminal europea de Ferries, donde por lo general los buques comunes (transbordadores), transportan de 1,300 a 2,500 pasajeros más 10 a 20,000 toneladas netas de carga, por travesía.

La distribución, espacios y dimensiones de la terminal de pasajeros se determinan de acuerdo a los siguientes aspectos: tipo de buques, número de salidas por

día y de pasajeros/salida, sus niveles de concentración, así como los volúmenes de equipaje y de personal de servicio.

Un tamaño mínimo adecuado del área de esta terminal, debe determinarse considerando las dimensiones de: salas de espera y equipaje, oficinas, baños, teléfonos y taquillas de boletos (área de aduanas y restaurante, en su caso); además de las áreas de andenes para el servicio de transporte terrestre de pasajeros de y hacia la terminal.



A. Explanada de la Terminal de Pasajeros

B. Edificio de una Terminal de Pasajeros

Figura 5.146 Esquema Conceptual de una Terminal de Pasajeros en un P. A. Mixto (Transbordadores)

5.3.5.5 Puestos de Atraque para Carga a Granel

Generalidades

Se conoce como "carga a granel" aquella que para su manipulación, se carga y descarga en forma suelta.

Los productos que caracterizan el granel y casi sin excepción se transportan como carga completa de los buques, se pueden dividir en dos grandes grupos:

- › **Ordinarios (Bulk)**, en los que destacan por su volumen de transporte marítimo los cereales (maíz, trigo, sorgo, soya, cebada, avena, centeno y semillas); y otros materiales como: abonos químicos (a base de sulfato y fosfato), azúcares, sal, cemento, etc.
- › **Minerales (Ore)**, con una extensa gama de variedades que suelen tener aspecto granular de alta densidad; pueden mencionarse: mineral de hierro, carbón, cobre, manganeso, zinc, bauxita, azufre, barita, etc.

A su vez la carga a granel se puede dividir en:

- › Exportación o salida del producto (carga al buque)

Minerales

Cereales

- › Importación o entrada del producto (descarga del buque)

Minerales

Cereales

Características

En su emplazamiento debe tomarse en cuenta lo siguiente:

- › Profundidad del área de agua de acuerdo al porte de las embarcaciones que utilizarán el P.A.
- › No requieren situarse en o cerca de centros de actividad comercial del país. Se localizan regionalmente y con buenas comunicaciones terrestres, de acuerdo a la exportación de recursos minerales o agrícolas (para la exportación de producto); o bien a las zonas industriales (por los insumos necesarios).
- › Requieren en su operación un alto ritmo de carga o descarga del buque, y por lo tanto un alto nivel de mecanización (de la que depende primordialmente el dimensionamiento del área terrestre) para que la ocupación del puesto de atraque pueda ser relativamente baja, únicamente evitando estadías. Para ello también es importante conocer la separación máxima de escotillas del buque, que permita determinar el recorrido del equipo carga-descarga sobre el muelle.
- › El costo de transporte marítimo se reduce al aumentar el tamaño del barco y el nivel de mecanización en el puerto.
- › El frente de atraque de acuerdo a la mecanización, puede estar situado en

- forma remota (hasta 1 Km) de su área terrestre, cuando lo justifique el aspecto físico – económico.
- Las terminales a granel se diferencian por su mecanización y en general por su sistema de operación en: P.A. de carga a la embarcación (exportación o salida de la carga del puerto) y de descarga al barco (importación o entrada de productos al puerto); en ocasiones pueden ser de operación mixta. Los volúmenes a manejar son básicos para determinar el equipo de manejo, ya que es diferente en cada uno de los tres casos.
 - En puertos con áreas de tierra suficientes es mejor el almacenamiento descubierto, aunque en áreas restringidas o en zonas de precipitación pluvial elevada o con frecuencia de viento fuerte, se recomienda instalar almacenes cubiertos para proteger el producto.

El granel mineral emplea actualmente buques de hasta 300,000 T.P.M., aunque en México suelen ser de 70 a 100,000 T.P.M.: en el granel agrícola se utilizan buques de 40 a 70,000 T.P.M. con terminales especializadas; de 30,000 T.P.M. cuando no lo son.

TERMINALES A GRANEL DE EXPORTACIÓN O SALIDA DEL PRODUCTO

Los sistemas de carga en su operación, son sencillos en comparación con los de descarga, pues consisten en un sistema de transferencia, un elevador y la fuerza de la gravedad para cargar la embarcación. Los cargadores pueden situarse junto a la escotilla del barco recibiendo el material de los transportadores (de gran capacidad), elevando el producto y haciéndolo llegar por un pescante que sube y baja según la altura de cubierta para llenar la escotilla (o también utilizando cucharas prensoras).

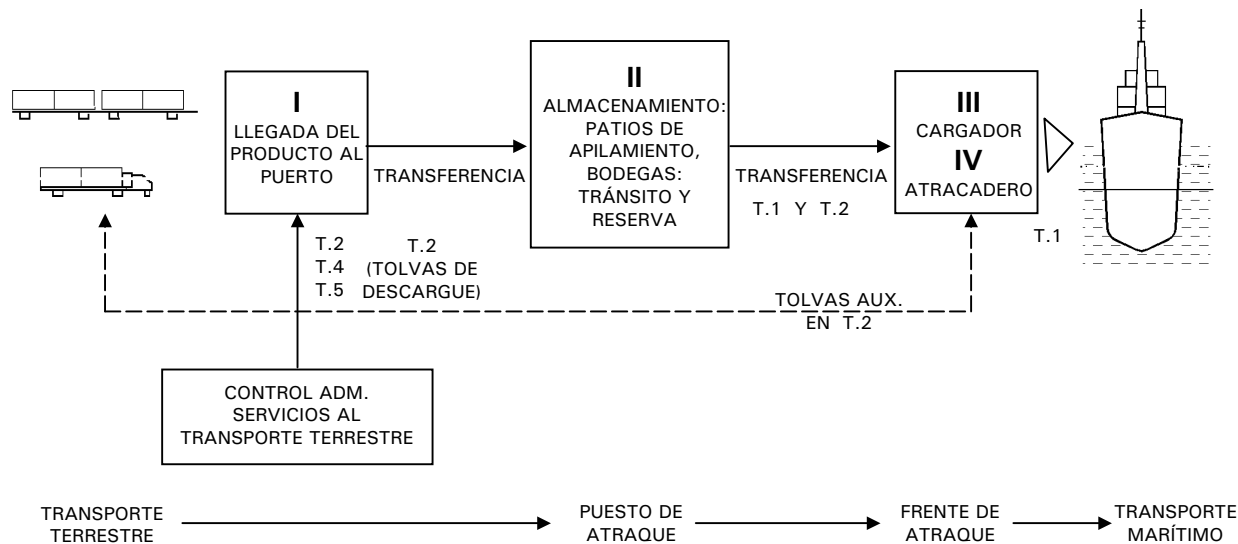


Figura 5.147 Diagrama de Operaciones de una Terminal de Graneles (exportación o salida del producto)

El puesto de atraque consta de 4 partes que originan el dimensionamiento de las diversas áreas necesarias para su operación.

I. Llegada del producto (mineral o cereal) al puerto por vía terrestre, que comprende: los accesos, las zonas de maniobra de autotransportes y ferrocarril para descargar el producto en tolvas (T.4) y proceder a conectarlo a las zonas de almacenamiento (T.3) mediante los sistemas de transferencia; también comprende los servicios de control, estacionamiento y maniobras (T.4), reparación de urgencia y oficinas (T.5 y T.6), así como las tolvas auxiliares de descarga (T.2).

II. Almacenamiento (T.3). Corresponden a patios donde se apilan los minerales o bodegas y silos para cereales o productos que requieren protección de la intemperie, considerando áreas de tránsito (T.4) según el movimiento de las embarcaciones y el almacenamiento de reserva (T.3), para regular la operación; dentro de estas áreas se incluyen las necesarias de maniobras para el apilamiento (T.4) según el equipo y tipo de producto.

III. Cargador (T.1). Este equipo básico para la operación, se sitúa en el atracadero para acceder al barco, en tal forma de poderlo cargar rápida y eficientemente según sus escotillas, la altura de cubierta del atracadero y el franco bordo del buque. Existen 4 tipos de cargadores que se detallan en el inciso respectivo: pórtico,

radial, lineal y fijo, cuyas características condicionan el muelle (o pueden también estar en una estructura aparte formando el área T.1).

IV. Frente de Atraque o Muelle. Depende del tipo y dimensiones de la embarcación de granel, simultáneamente con el tipo de equipo "Cargador" del buque. Para definir sus dimensiones y estructuración se diferencian los tipos siguientes: marginal, en espigón, "T" o "L" (inmediato o de localización remota), o estructuras especiales de duques de alba (o similares), involucrando o no el cargador.

PUESTO DE ATRAQUE (P.A.) GRANELES

Exportación o salida del producto (carga del buque)

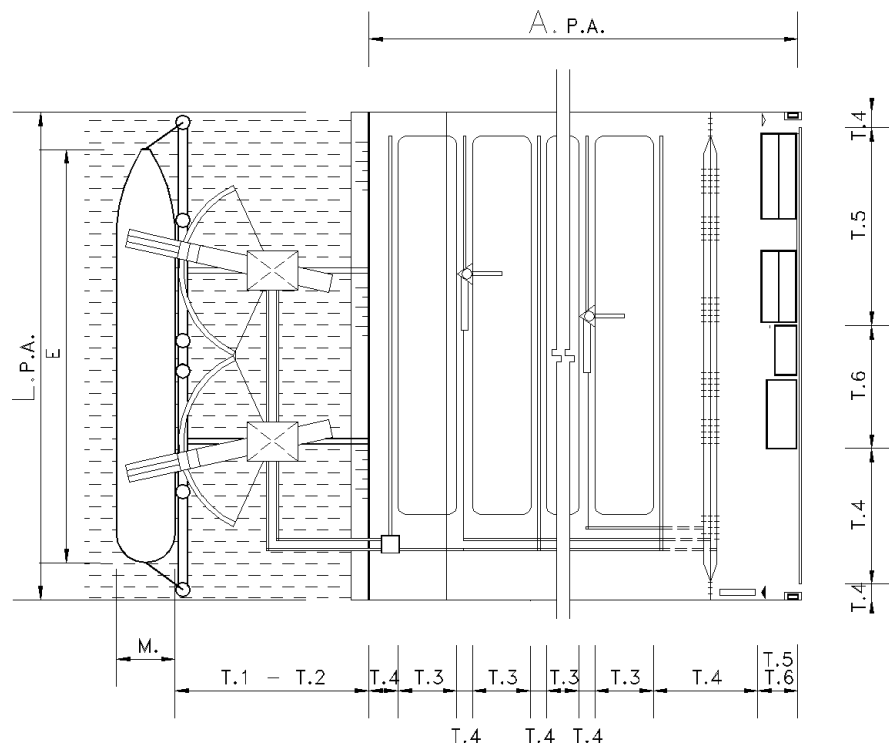


Figura 5.148 Puesto de Atraque. Terminales de Graneles (exportación)

A.P.A. Ancho del Puesto de Atraque

Depende directamente de las características del equipo y maquinaria que moverá la carga específica según sus facilidades de adquisición, así como la conservación y mantenimiento del puesto de atraque. En terminales especializadas, se recomienda que el ancho del puesto de atraque tenga las medidas máximas. En una terminal de un puerto general, sus dimensiones estarán condicionadas a los anchos del puesto de atraque de otras terminales del mismo.

Dimensiones recomendadas:

$$\begin{aligned} \text{A.P.A.} &= T.1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T.6 \\ &= 310 \text{ m mín., } 600 \text{ m normal (para} \end{aligned}$$

proporcionar o igualar este ancho a otros puestos de atraque, como el de contenedores).

$$\begin{aligned} \text{L.P.A.} &= L \times 1.5 = 210 \times 1.5 = 315 \text{ m} \\ &\text{mín. (1.5, rec. para reserva de área)} \\ &= 250 \times 1.5 = 375 \text{ m normal} \end{aligned}$$

S.P.A. Como se indicó en las generalidades es muy variable; considerando los valores anteriores:

$$\begin{aligned} \text{A.P.A.} \times \text{L.P.A.} &= 310 \text{ m} \times 315 \text{ m} \approx 9.8 \\ &\text{ha mín.; y } 600 \text{ m} \times 375 \text{ m} \approx 22.5 \text{ ha} \\ &\text{normal.} \end{aligned}$$

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A.)

Se condiciona la longitud del muelle a las características de las embarcaciones especializadas de granel, que arriban con más frecuencia al puerto, tomando en cuenta también, las de las áreas de agua con que se cuenta.

De acuerdo a la estadística, el 40% de la flota granelera mundial la componen buques de entre 15 y 25,000 T.P.M.; el 47%, embarcaciones de entre 35 y 60,000 T.P.M., y el resto de embarcaciones mayores, lo que permite dimensionar el frente de atraque.

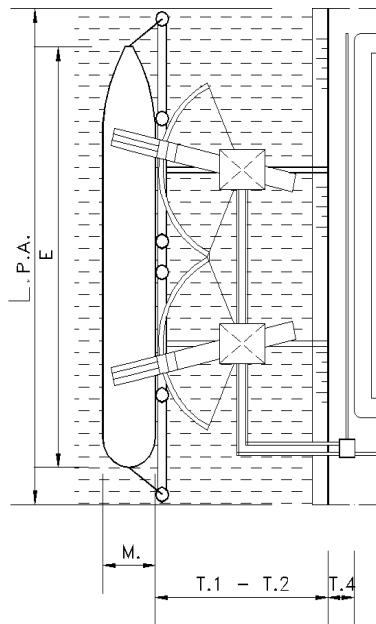


Figura 5.149 Muelle de una Terminal de Graneles

Se considera que la longitud del muelle abarca hasta los duques de alba:

$$L = E + 2(da); da = 0.5 M \tan 30^\circ$$

$$L = 168 + 2 (11.60 \times 0.577) \approx 210 \text{ m mín (barcos de 25,000 T.P.M.)}$$

$$L = 220 + 2 (16.20 \times 0.577) \approx 250 \text{ m normal (barcos de 60,000 T.P.M.)}$$

$$d = C.p.c. + t.a. \text{ (inciso 5.2.4.2.d)}$$

$$d = 10.30 + 0.90 = 11.50 \text{ m mín. (barco de 25,000 T.P.M.)}$$

$$d = 12.60 + 0.90 = 13.50 \text{ m a 14.0 m normal (barco de 60,000 T.P.M.)}$$

$$h.c. = (f.b.l. + f.b.p.c.) / 2 = +3.50 \text{ (rec.)}$$

Áreas T.1 y T.2

- › El ancho de cubierta T.1 y T.2, es función directa de los equipos instalados. En ocasiones por condicionantes del proyecto de la estructura para sostener el cargador, se separa el muelle de las estructuras de atraque del barco.
- › El área T.1 depende del equipo cargador que se ubica directamente en el propio muelle.
- › El área T.2 depende del equipo de traslación de bandas o conductos, de acuerdo con el tipo de carga que se exporte y del volcador – elevador.

Tipo de Cargadores

a) De Pórtico

Se desplaza paralelo al frente de atraque y alimenta la carga mediante un volcador móvil y un elevador montado en una superestructura tipo torre, de donde se suspende un pescante abatible. Los rendimientos varían de 1,000 a 7,000 ton/hr según la capacidad del equipo de traslación.

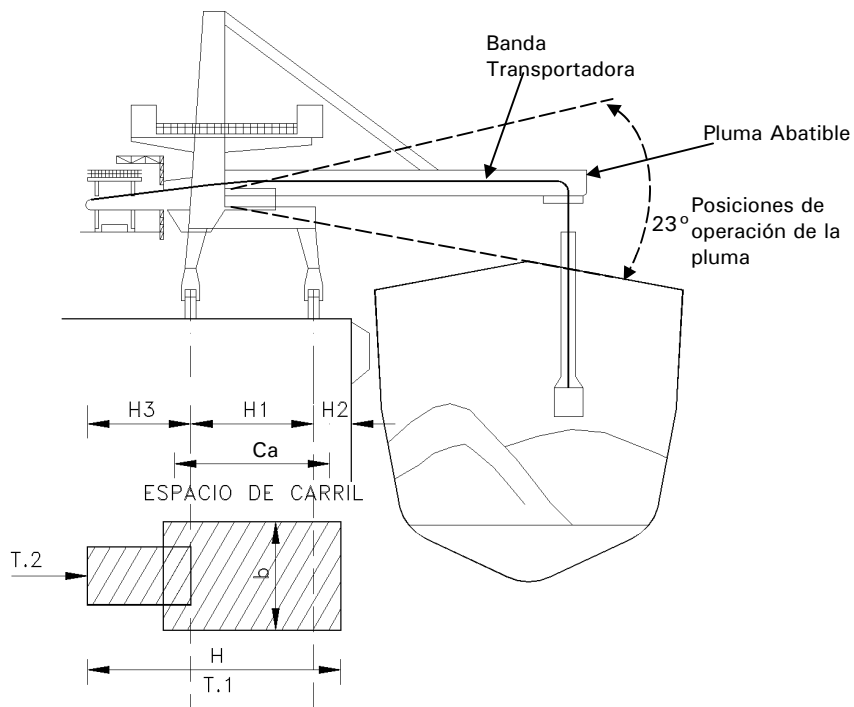


Figura 5.150 Cargador de Pórtico. Terminal de Graneles (exportación)

$H.1$ = Ancho entre ejes del cargador = 12 m normal

$H.2$ = Distancia al costado del barco = 4 m normal

$H.3$ = Distancia al volcador – elevador vertical = $0.8 H.1 = 10$ m normal

H = Ancho total recomendable = $H.1 + H.2 + H.3 = 26$ m = $T.1$

$C.a.$ = Ancho de carril ($1.2 \times H.1$) = 15 m máx.

b = Longitud del cargador = $1.5 H.1 \approx 20$ m máx.

rueda en curva; el alcance del pescante se puede ajustar avanzando o retrocediendo la sección.

b) Cargador Radial

Se utiliza desde un punto fijo apoyado en pilares, para cargar a lo largo del muelle con un pescante que puede girar 90° extremo a extremo sobre un apoyo que

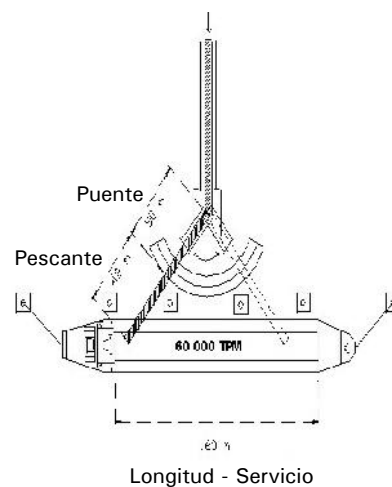


Figura 5.151 Cargador Radial. Terminal de Graneles (exportación)

c) Cargador Lineal

Se desliza paralelo al muelle con vía recta; el pivote de la placa giratoria puede deslizarse y al mismo tiempo girar para cargar a lo largo del buque; se utiliza por lo general en muelles en espigón, para servir a ambos atraques.

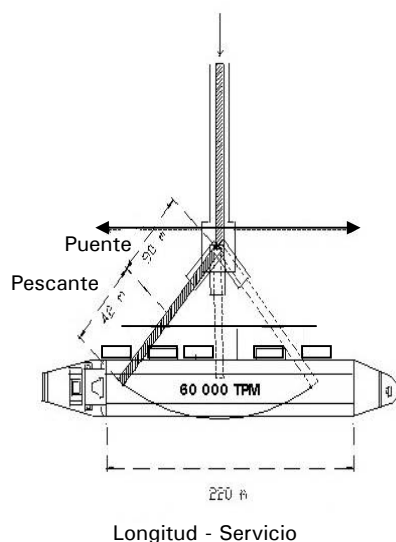


Figura 5.152 Cargador Lineal. Terminal de Graneles (exportación)

d) Cargador Fijo

Empleado en instalaciones y embarcaciones pequeñas, mismas que estando atracadas se desplazan para poder cargar sus escotillas (rendimiento 500 ton/hr).

e) Equipo Portátil

Son de baja capacidad de carga (se pueden utilizar también para la descarga) y consisten en sistemas que emplean pequeños equipos móviles del muelle y/o del barco. (Figura 5.153)

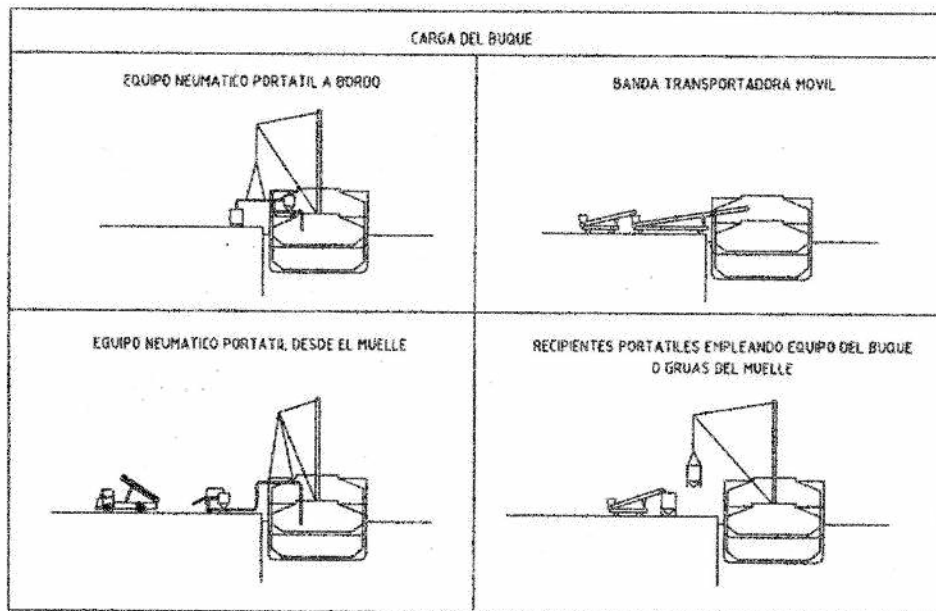


Figura 5.153. Equipos Portátiles. Terminal de Graneles (exportación)

Áreas T.3 Almacenamiento

a) Granel Mineral (patios de apilamiento)

El almacenamiento de este puesto de atraque suele estructurarse en depósitos alargados de sección trapezoidal o triangular, donde se depositan los graneles mediante el sistema de apilamiento, cuyas características dependen del tipo de material, de la maquinaria de apilamiento o recogedora

en su caso y del equipo de traslación horizontal (**Figura 5.154**). Los equipos empleados para el apilamiento de material (banda transportadora, brazo portador, carretes o pórticos), se desplazan longitudinalmente sobre corredores paralelos al depósito (sobre rieles u orugas), por lo que requieren espacio a uno y otro lado de cada sección de depósito. En la **Figura 5.155** se presentan los detalles de un apilamiento típico.

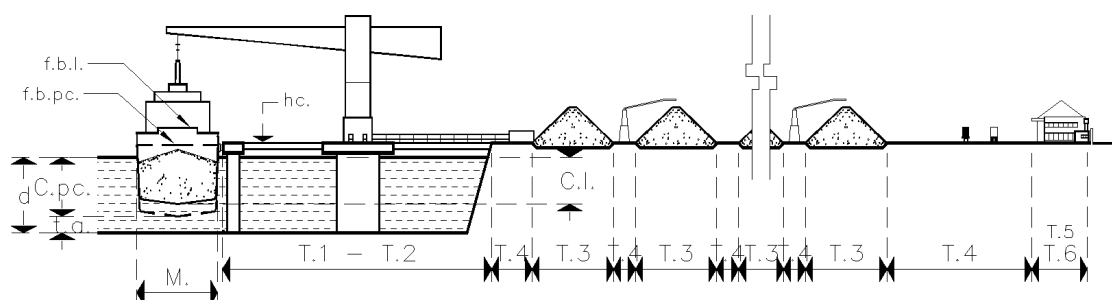
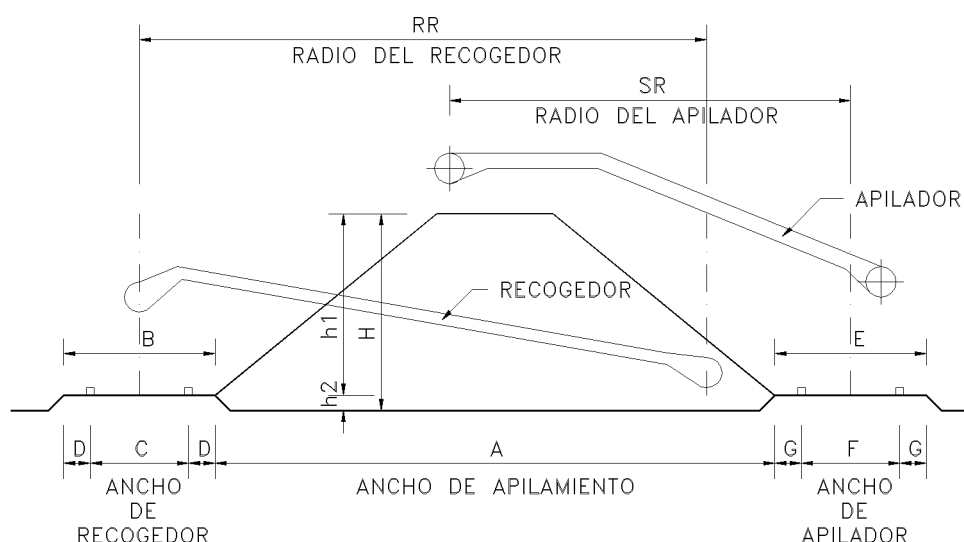


Figura 5.154 Áreas de Almacenamiento a Granel (mineral)



A	B	C	D	D	F	G	J	h1	h2	RR	SR
30 m	10.0	7.0	1.5	8.0	6.0	1.0	11.5	10.5	1.0	30.0	20.0
35 m	10.0	7.0	1.5	8.0	6.0	1.0	13.2	12.2	1.0	35.0	22.5
40 m	11.0	8.0	1.5	10.0	7.0	1.5	15.0	14.0	1.0	40.0	25.0
45 m	11.0	8.0	1.5	10.0	7.0	1.5	16.0	15.0	1.0	45.0	27.5
50 m	14.0	10.0	2.0	10.0	7.0	1.5	16.0	15.0	1.0	50.0	35.0
55 m	14.0	10.0	2.0	11.0	8.0	1.5	16.0	15.0	1.0	55.0	40.0

Figura 5.155 Dimensiones del Apilamiento a Granel (unidades en metros)

En puestos de atraque pequeños se utilizan pilas circulares y equipo apropiado para almacenar.

En los carriles de los equipos apiladores o recogedores, pueden maniobrar equipos

como los cargadores frontales y bulldozers, sin que sus alturas interfieran con la traslación horizontal de la carga. De hecho, la gran movilidad de éstos rompe la rigidez del equipo básico de apile y son una gran ayuda en

las operaciones de reapilamiento y concentración de material en estas áreas.

Observaciones:

Son importantes las condiciones de resistencia del terreno por las elevadas cargas del mineral depositado.

Las funciones del almacenamiento de este puesto de atraque, son las de permitir que los medios de transporte con horarios y destinos diferentes funcionen independiente, para evitar demoras cuando un servicio debe esperar a otro.

Por motivos de clima o anticontaminación, es posible que ciertos productos requieren cubrirse con pórticos o bodegas que contengan las pilas con espacios de operación suficientes.

b) Granel Agrícola (Almacenamiento en Silos)

Los silos realizan una función de regulación entre el transporte terrestre y el marítimo, agilizando y reduciendo el tiempo de la operación de carga.

Se utilizan especialmente para el almacenamiento de cereales y otros productos que requieren protección de la humedad y parásitos (maíz, trigo, sorgo, centeno, etc.).

Pueden ser únicos o múltiples y normalmente se construyen de concreto reforzado, con depósitos celulares de planta circular o hexagonal de entre 6 y 12 m de diámetro y de hasta 30 a 40 m de altura.

El almacenamiento se alimenta por la parte superior, mediante un elevador mecánico (o equipo neumático cuando el material lo permita), y se descarga por una tolva o compuertas localizadas en su parte inferior (se usan descensores en espiral para evitar caídas bruscas que dañen los granos).

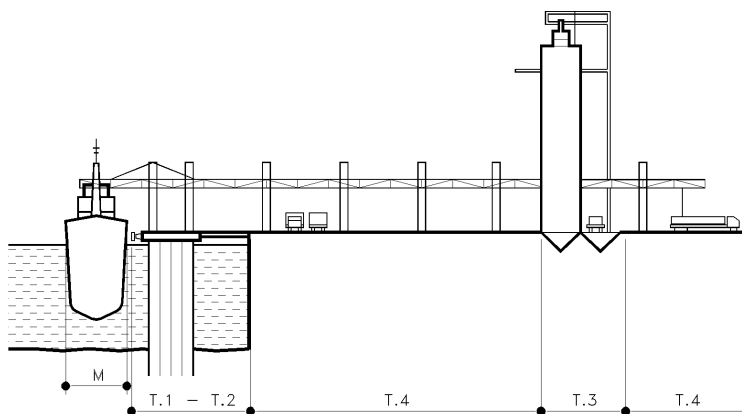


Figura 5.156 *Áreas de Almacenamiento a granel (cereales)*

» **Almacenamiento con Bidones (tote bin)**

Se usan para cargas a granel de poco volumen y consisten en un contenedor o recipiente de dimensión media, que una vez montado o con un dispositivo volcador, se transforma en una tolva; se fabrican de aluminio (muy costoso) o de material desechable (un solo uso).

En el puesto de atraque se deben prever tolvas de regulación con almacenes provisionales que se usan en las fases de la operación (como en el caso de la avena), así como tolvas y canaletas que se utilizan para conectar unas bandas a otras, resolviendo las discontinuidades de la operación; a su vez, se requiere el equipo necesario o la previsión del cambio de escotilla del buque por el pescante del cargador.

En ambos casos, es importante prever un 10% más de área de almacenamiento para cubrir las contingencias de la operación.

Áreas T.4 Controles

Se realizan mediante:

- » Casetas de acceso
- » Casetas elevadas en torres (generalmente adosadas a los equipos)
- » Básculas de pesado de cintas o bandas, anexas a las tolvas

- » Pruebas del producto para el control de calidad.

Las casetas de acceso son similares a las indicadas para carga fraccionada y/o unitaria (**Ver Figura 5.97**).

T.4 Accesos

Se recomiendan en doble carril, similares a los puestos de atraque de rodadura para los autotransportes (ver P.A. Ro. Ro.).

Los carriles de los autotransportes y ferrocarril son similares a los puestos de atraque de carga fraccionada y/o unitaria y de rodadura (**Ver Figuras 5.96, 5.98 y 5.99**).

T.4 Estacionamientos y Áreas de Descarga del Transporte Terrestre

Similares en sus dimensiones al puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitaria, con la adición de tolvas en los carriles de autotransporte y del ferrocarril.

La descarga en tolva se puede realizar por: el fondo del vehículo, basculación circular, longitudinal o por descarga neumática.

De las tolvas se conduce la carga al almacenamiento por medio de los diversos sistemas de traslación horizontal (ver cuadro de equipos):

- » Cintas o bandas transportadoras
- » Conductos de tracción por cadena

› Transporte en masa

› Tornillo

› Bombeo de polvo

› Fluidificación por gravedad

› Monocarril

Area T.5 Mantenimiento y Reparación

Se requiere servicio especializado para el equipo mayor de apiladores, recogedoras o el cargador del muelle; y el servicio normal para el equipo auxiliar de cargadores frontales, bulldózers, tracto – camiones.

Las dimensiones de las instalaciones son similares al puesto de atraque de contenedores y se compone de:

- › Taller de mantenimiento con secciones de:
 - Mecánica
 - Mecánica automotriz
 - Electricidad
 - Electrónica
 - Lavado y mantenimiento de vehículos
- › Almacén de repuestos y oficina de la unidad de conservación y mantenimiento
- › Almacén de Equipo
 - Descubierto en patios cercados
 - En pórticos según los tipos de equipo menor

Condicionantes y Observaciones Generales del Puesto de Atraque a Granel

Los principales productos que se mueven son:

- › Cereales, maíz, trigo y sorgo
- › Minerales: hierro y acero, carbón, bauxita, alúmina, barita, fertilizantes, yeso y sal

Los equipos son especializados por lo que el dimensionamiento de sus áreas debe realizarse en detalle, según los condicionantes particulares de éstos y acorde a la planeación y proyecto respectivo.

Para su planeación y proyecto, el Manual ONU – UNCTAD contiene una serie de gráficos con datos empíricos que facilitan esta labor y que son los siguientes:

- › Definición del tiempo de permanencia de buques en el P. A. y gráfica del costo del mismo.
- › Variación típica del nivel de existencia del producto
- › Determinación del volumen de la reserva de exportación, en función del movimiento anual de la carga y de la capacidad media de los buques.
- › Disposición de las pilas o montones de material
- › Planificación de los medios de transporte de un solo producto o para varios productos en un P.A.,

determinando el número de vehículos automotores y de F. C. necesarios.

TERMINALES A GRANEL DE IMPORTACIÓN O ENTRADA DEL PRODUCTO

La característica principal del puesto de atraque, lo determina el equipamiento para descargar lo más eficientemente la embarcación de acuerdo al producto que se mueva, a semejanza de la terminal de exportación.

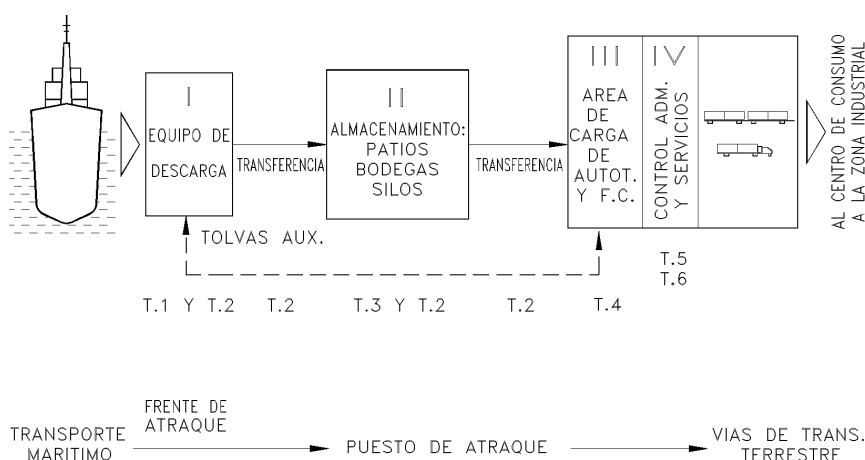


Figura 5.157 Flujograma de Operaciones. Terminal a Granel (importación)

El puesto de atraque consta básicamente de 4 elementos:

- I. Area del equipo de descarga situado adyacente al frente de atraque y de donde parte del equipo de transferencia para el almacenamiento (T.1 y T.2)
- II. Area de almacenamiento en patios, bodegas o silos, según el producto que se opere, incluyendo los espacios para las maniobras del equipo de transferencia horizontal o elevadores (T.3 y T.4).

III. Area para la carga del transporte de tierra (ferrocarril y vehículos terrestres), con espacios suficientes para equipo, maniobras y estacionamientos, que mantendrán el flujo de la operación (T.4).

IV. Espacios y edificios para control, administración, mantenimiento – reparación de equipo y vehículos, así como servicios para los operadores (T.5 y T.6).

Este puesto de atraque a nivel nacional opera principalmente: cereales (trigo, maíz), minerales (bauxita, alúmina,

A.P.A. Cuando es una unidad de un puerto que tiene otras terminales.

A.P.A. = T.1 + T.2 + T.3 + T.4 + T.5 + T.6
(similar al P.A. de exportación) = 310 m
mín; 600 m normal

Aplicando 1.5 recomendable para reserva de área:

L.P.A. = L (1.5) = 210 x 1.5 = 315 m
mín (buque de 25,000 T.P.M.)

L.P.A. = L (1.5) = 250 x 1.5 = 375 m
normal (buque de 60,000 T.P.M.)

S.P.A. Es muy variable pero se puede aproximar según A.P.A. y L.P.A.:

S.P.A. = 9.8 ha mín. (22.5 ha normal)

$L = E + 2(da)$

$L = 168 + 2 (11.60 \times 0.577) \approx 210$ m
mín. (buque de 25,000 T.P.M.)

$L = 220 + 2 (16.20 \times 0.577) \approx 250$ m
normal. (buque de 60,000 T.P.M.)

$d = C.p.c. + t.a.$ (inciso 5.2.4.2.d)

$d = 10.30 + 0.90 = 11.50$ m mín (b. de 25,000 T.P.M.)

$d = 12.60 + 0.90 = 13.50$ m a la 14.0 m normal (buque de 60,000 T.P.M.)

$h.c. = (f.b.l. + f.b.p.c.)/2 = \text{rec.} + 3.50$ m ref. N.P.M.S. normal

La distancia del equipo descargador al área de tierra depende de las condiciones de profundidad del área de agua, pero se recomienda que no sea mayor a 1 Km.

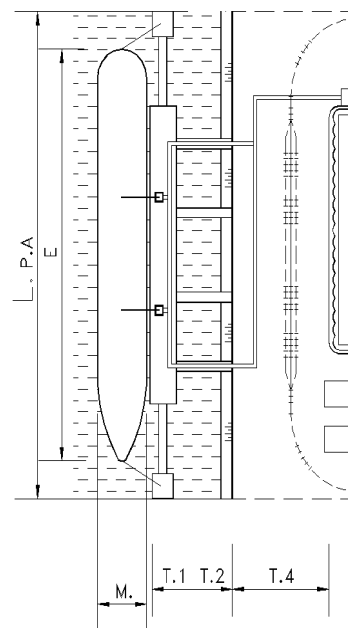


Figura 5.159 Muelle o Frente de Atraque (importación de cereales)

Áreas T.1 y T.2

- A semejanza del puesto de atraque de exportación, el área T.1 depende del equipo descargador ubicado en el muelle.
- El área T.2, depende del equipo de traslación al almacenamiento (tolva, bandas o conductos).

Existen 6 sistemas de descarga:

1. Sistema de Cucharas

Recoge el material de las bodegas del barco a través de un cucharón montado en una grúa y lo descarga en una tolva al borde del muelle, que a su vez alimenta un transportador horizontal (con cierta

pendiente), por el que se envía el producto al almacenamiento.

Para realizar esta operación existen dentro de este sistema 3 tipos de grúas:

- a) Grúa de Carro Móvil Elevado. Se desplaza a lo largo del muelle con su pescante y con las cucharas traslada el material de las bodegas del barco a

la tolva, lo que permite trabajos en cualquier escotilla. Rendimiento 500 a 2,000 ton/hr.

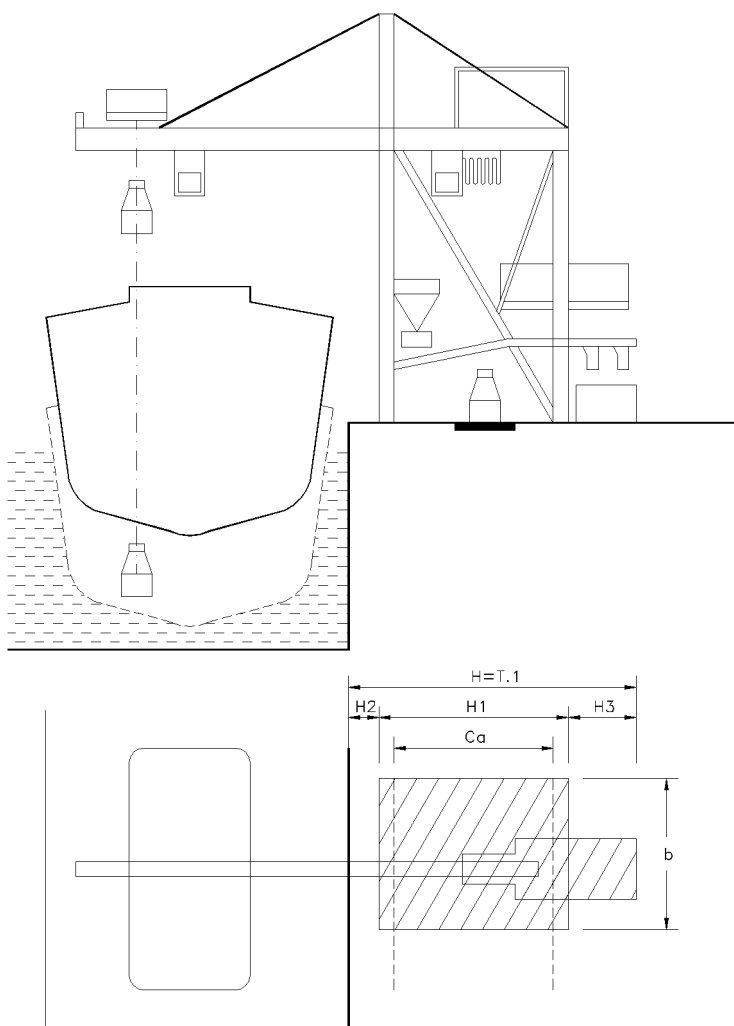


Figura 5.160 Sistema de Cucharas

Dimensiones similares al cargador de pórtico

H1 Ancho entre ejes de ruedas del descargador = 12 m normal

H2 Distancia al costado del barco = 4 m normal

H3 Distancia al volcador – elevador = 10 m normal

C.a. Ancho de vías de carril ≈ 15 m

H Ancho total recomendable $(H.1 + H.2 + H.3) = T.1 = 26$ m normal

b Longitud del descargador = 20 m máx.

b) Grúa Giratoria (Grúa Canguro). Es la más usual y opera a través de un

brazo de inclinación variable, cuya cuchara recoge, iza y descarga el producto en la tolva (colocada en su parte delantera), la cual alimenta al transportador horizontal o descarga directo a camiones o vagones de ferrocarril. Su rendimiento es de 500 a 700 ton/hr.

Existe la variante de usar la grúa de carga fraccionada o unitaria, donde se requiere colocar la tolva en su vía, requiriendo que la grúa para descargar el producto efectúe un giro de 90° , lo que disminuye su rendimiento al rango de 180 a 250 ton/hr.

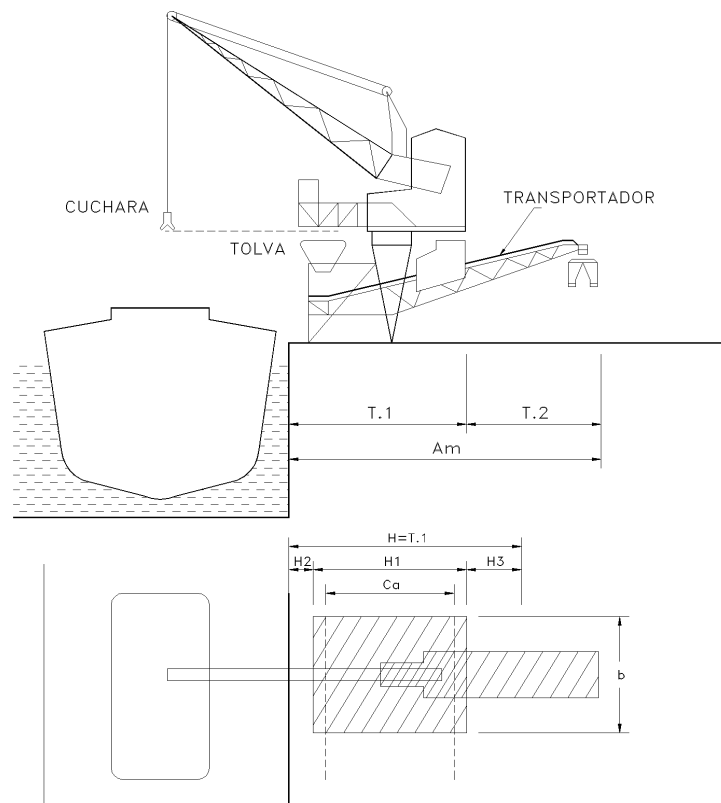


Figura 5.161 Sistema con Grúa Giratoria de Cuchara

Se consideran dimensiones similares a la grúa anterior:

- H1 = 12 m normal
- H2 = 4 m normal a promedio
- H3 = 10 m normal
- C.a. = 15 m normal a promedio
- T.1 = H = 26 m normal
- b = 20 m normal a promedio

c) Grúa de Torre Móvil. Es la grúa más usual para puestos de atraque pequeños, y en la que se le agrega una torre adicional con cabina elevada; su rendimiento es similar al de la grúa giratoria (parecida a la grúa de carga general de la **Figura 5.94**).

2. Sistema Neumático

Es usual para graneles finos de peso específico y viscosidad relativamente bajos, tales como cereales, cemento y carbón en polvo.

La operación neumática consiste en la creación de una corriente de aire dirigida que transporta el producto en suspensión y puede realizarse por:

- › Aspiración (cuando existen varias tomas en diferentes puntos y una sola descarga)
- › Presión o impulsión (un punto único de toma y varios de descarga); o
- › Combinado (múltiples puntos de toma y de descarga).

Este sistema puede operar mediante tres tipos de equipamiento:

a) Elevador Neumático. Es un pórtico sobre carriles con una superestructura cerrada y dos unidades para ascender el producto; tiene brazos que terminan con tubos flexibles de boquilla, su rendimiento es de 200 ton/hr, pudiendo alcanzar hasta 300.

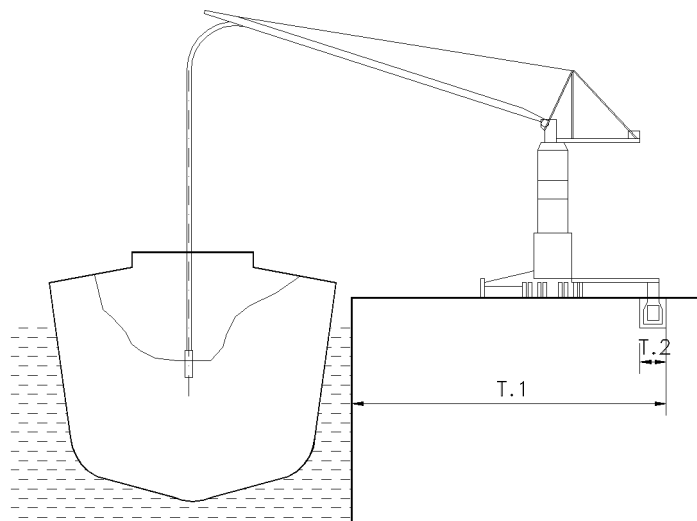


Figura 5.162 Sistema Neumático. Elevador

b) Equipo Portátil. La operación se realiza a base de vehículos autopropulsados, que se colocan a lo largo del muelle para descargar cada escotilla del barco (rendimiento 50 ton/hr); también se colocan en el barco desde donde se efectúa la alimentación de la tolva colocada en el muelle. Lo anterior, según se determine la operación más eficiente.

Para la definición de T.1 sólo se requiere el espacio de los carriles respectivos del equipo, para los que se estima un ancho promedio de 15 m; aunque las dimensiones en cada caso, deberán verificarse con el equipo específico que se seleccione.

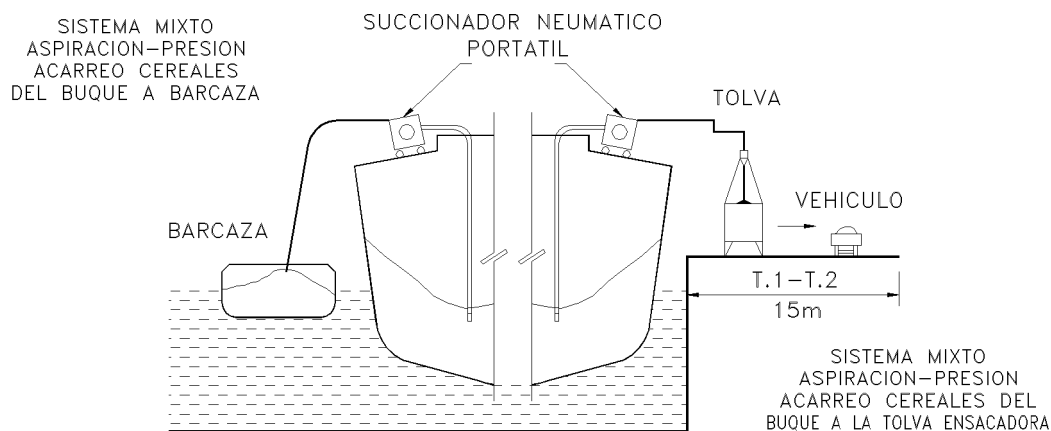


Figura 5.163 Elevador Portátil (importación)

c) Elevadores Móviles Flotantes. Consistente en una máquina automotora y autopropulsada colocada sobre plataformas o embarcaciones especializadas, usadas principalmente para alijo – estiba de embarcación a embarcación.

T.1 y T.2 no se toman en cuenta por ser flotantes los equipos.

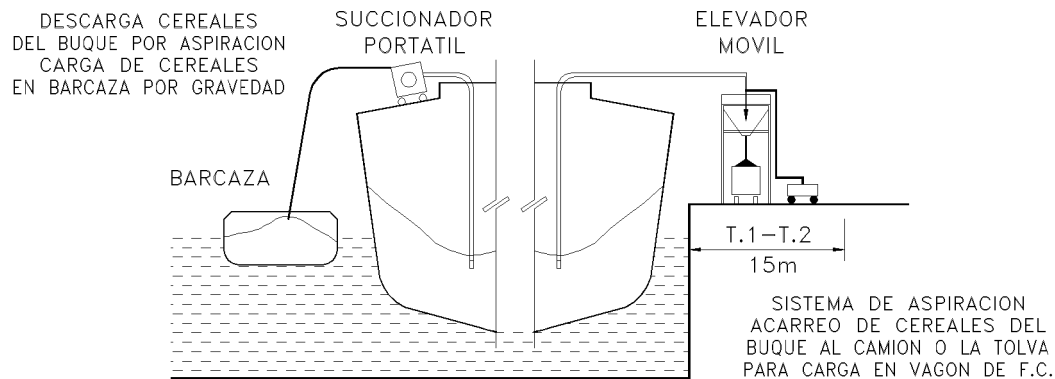


Figura 5.164 Elevador Móvil (importación)

3. Transportadores Verticales

Son de dos tipos:

a) De Cadena. Funcionan mediante una cadena transportadora instalada dentro de un conducto rectangular, cuyo movimiento traslada el material desde la bodega hasta la tolva o banda transportadora. Puede emplearse como transporte inclinado u horizontal y se utiliza para materiales secos y desmenuzables que resisten el contacto con las partes móviles del equipo (rendimiento 150 ton/hr).

b) De Tornillos Sin Fin. Constituidos por un tornillo helicoidal que gira dentro de un conducto tubular para mover el material hacia la tolva o banda transportadora y con posibilidad de utilizarse en cualquier ángulo (0 a 90°); pueden trabajar con cualquier material fino granular y en polvo, así como terrones menores al diámetro del tornillo (rendimiento 600 ton/hr).

En dimensiones se considera una variante de las grúas del sistema de carro móvil, por lo que sus valores son similares para T.1 y T.2.

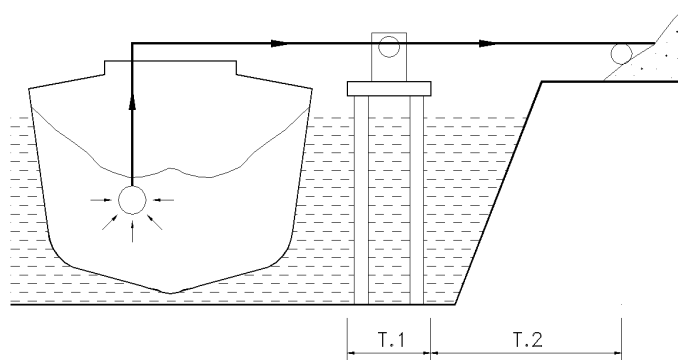


Figura 5.165 Transportador de Cadena

4. Elevadores de Cangilones

Consisten en una torre o estructura con brazo del que pende una cinta o cadena con cangilones incorporados, los que dentro de la bodega del buque van excavando e izando el material hasta el extremo de la cinta, para caer a los conductos que lo depositan en la banda transportadora que lo evacua del muelle. Es muy recomendable por su relación costo – rendimiento (1,000 a 5,500 ton/hr).

Existen dos subsistemas:

- a) Rueda de Cangilones. Utiliza un elevador de cangilones de rotación continua, suspendido del pescante oscilante de un descargador móvil que lo alimenta.
- b) Elevador de Cadena. En este caso los cangilones suspendidos del pescante oscilante, funcionan como recogedores.

Se consideran dimensiones similares para T.1 y T.2, de acuerdo a la grúa giratoria y al descargador de pórtico (**ver Figura 5.160**)

H1 = 12 m normal
H2 = 4 m normal
H3 = 10 m normal
C.a. = 15 m
T.1 = H = 26 m
T.l = b = 20 m

5. Sistema de Suspensión Acuosa

Consiste en producir una mezcla líquida con el material (mineral de hierro, sal,

bauxita, arenas, minerales pesados y ciertos tipos de carbón), de tal forma que pueda ser bombeada y transportada por tubería.

Atracado el buque se le conectan dos tuberías: por una se introduce agua para fluidificar el depósito de material en las bodegas, y por la otra que está conectada a las bombas, se extrae la mezcla con concentraciones máximas del 65 al 70% de material en suspensión. Esta mezcla se bombea a los depósitos o tanques de decantación de la terminal donde se logra concentrar el material.

Este sistema puede utilizarse también para carga, en cuyo caso la mezcla se bombea al buque cisterna retirando el agua antes de zarpar; se logran concentraciones del 90% de sólidos.

No se requieren grúas ni otros equipos y el almacenamiento puede estar retirado del puerto; se utiliza en grandes navíos con altos rendimientos (6,000 a 8,000 ton/hr).

El área necesaria es la T.2 y T.4 y su detalle dependerá específicamente del equipo.

6. Buques Autodescargadores

Están equipados con grúas de cangilones y sólo requieren en el P. A. tolvas y los transportadores de material a la zona de almacenamiento (inciso 5.3.6).

Se recomienda T.1 = 26 m máx. similar a las grúas.

Áreas T.3, son similares a los P. A. de exportación en relación a silos y bidones; en caso de requerirse bodegas estacionarias de protección a la humedad y la dispersión (fertilizantes, alumina o barita), la OCDI – Japón recomienda utilizar el mismo procedimiento de los P. A. de carga fraccionada y/o unitaria (inciso 5.3.5.1), considerando:

$R = 12$ y $\eta = 0.7$ (barita, urea y similares) y 0.8 (carga a granel en general).

La altura del apilamiento en la bodega, se recomienda alcance aproximadamente el 75% de la altura de la bodega, para dejar espacio al alimentador o separador de material localizado normalmente en el techo de la misma; y siempre dejando los espacios laterales necesarios para circulación.

5.3.5.6 Puesto de Atraque de Fluidos

En el dimensionamiento de una terminal de fluidos resulta de mayor importancia la planificación general y el emplazamiento, que a los factores técnicos.

El número de puestos de atraque y equipo necesario para carga – descarga, no guardan relación directa con el volumen a manejar, pues se deben atender a varios productos y aún de uno solo de ellos, diversos tipos del mismo.

El ritmo de movimiento de la carga líquida lo determina la capacidad de las bombas del buque en el caso de

descarga, mientras que los equipos del puerto son los que marcan el ritmo de carga del buque.

Como en general son productos cuya operación es peligrosa, las medidas de prevención de desastres y anticontaminación contra derrames, incendios, contaminación del aire y del agua, tratamiento de los desechos, electricidad estática, etc., ocupar un nivel de importancia de primer orden; consecuentemente la planeación, diseño y dimensionamiento del total de las instalaciones, debe obedecer a estas condicionantes.

Los productos más significativos que se mueven por estas terminales, son:

- a) Petróleo crudo, derivados o productos petrolíferos refinados (gasolinas, naftas, diesel, asfalto, etc.), productos químicos (metanol, azufre líquido, ácidos fosfórico y sulfúrico, etc.)
- b) Gas natural licuado (GNL) y gases de destilación (propano, butano, amoníaco)
- c) Aceites vegetales y grasas
- d) Melaza
- e) Látex de caucho

En algunas ocasiones se mueven también vinos, alcoholes y derivados y ocasionalmente agua.

A nivel nacional se mueven para su exportación y cabotaje muchos de estos productos, siendo necesario mencionar

que en el caso del petróleo y derivados, su manejo representa el 60% del total del movimiento portuario nacional, de ahí la importancia de este tipo de terminales.

El movimiento de fluidos requiere de embarcaciones de gran porte (ver buques petroleros en el Capítulo 4), por lo que las terminales y sus instalaciones obligan a muy altas inversiones, así como elevados costos de conservación y mantenimiento, por lo que es necesario dimensionarlas y proyectarlas con el mayor cuidado posible.

TIPOS DE PUESTOS DE ATRAQUE

Por el tamaño de la embarcación y condicionantes físicos de las áreas de agua para la operación de fluidos, en especial de petróleo y derivados, los (P.A.) Puestos de Atraque se dividen en:

› Terminales en Aguas Protegidas

Son aquellas que se sitúan en un puerto propiamente dicho, donde existen aguas

en calma (ríos o dársenas costeras), o bien en un puerto general, situándose una zona específica y aislada para esta operación; por las características del puerto, estas terminales sólo dan acceso a calados máximos de 16 m.

› Terminales en Mar Abierto

Se instalan para embarcaciones cuyo calado es mayor de 16.00 m; es decir, grandes buques que no pueden arribar a puerto (más de 100,000 T.R.B.), aunque deben complementarse con áreas de tierra (ver Capítulo 4).

Estas terminales pueden ser para descargar o cargar los fluidos, sin embargo en sus detalles de instalaciones en mar o en tierra tienen algunas diferencias y aunque se pueden adaptar para ambos movimientos, no es frecuente realizarlo. Se denominan: Terminales de Recepción y Terminales de Envío, respectivamente.

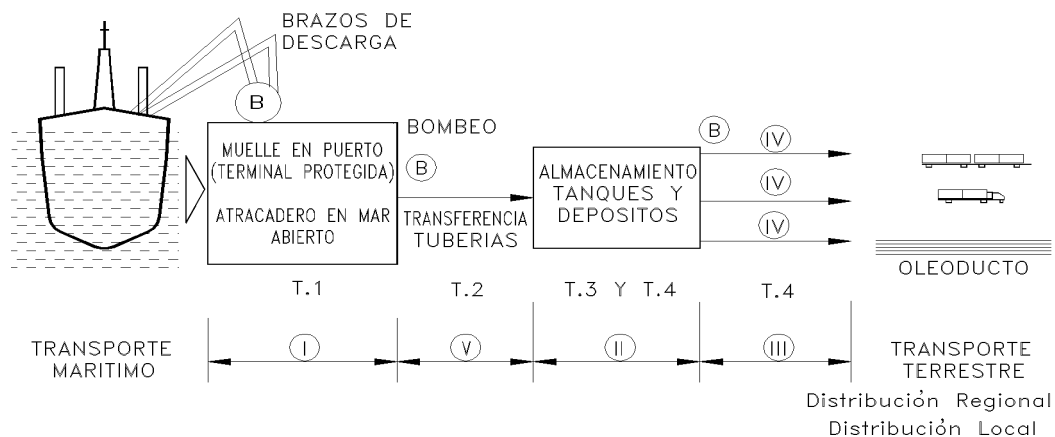


Figura 5.166 *Flujograma de Operaciones de una Terminal de Fluidos (recepción)*

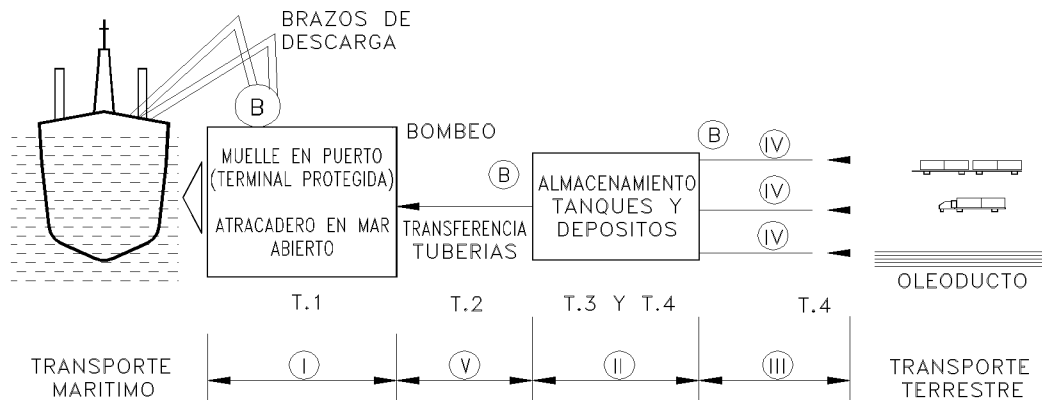


Figura 5.167 Flujograma de operaciones de una Terminal de Fluidos (envío)

A similitud de las terminales de granel, consta de 5 elementos:

- I. Area de carga o descarga, que la conforma el frente de atraque o muelle (área T.1)
- II. Almacenamiento en el área de tierra, constituido por tanques y/o depósitos (área T.3)
- III. Area de carga o descarga de transportes terrestres (ferrocarril y trailers – pipas: área T.4)
- IV. Area para control y servicios, ubicada en el área terrestre (T.4)
- V. Sistemas de transferencia y bombeo: tubos, bombas, brazos de carga o garzas (T.2).

Otra Denominación de los Puestos de Atraque es:

Por el origen – destino las terminales o puestos de atraque, se denominan según el área a que sirven o de acuerdo al producto; por ejemplo en el caso del petróleo:

- › Puesto de atraque para campo petrolero
- › Puesto de atraque para refinería
- › Para otros productos se denominan por el producto, esto es: de mieles o melaza, de aceites, de látex, etc.

Por la numerosa variedad de sistemas de operación de los fluidos y para relacionarla con el puesto de atraque y los tipos de muelles o frentes de atraque, se ha elaborado el siguiente cuadro (**Tabla 5.23**), donde se indica en una de las columnas el equipo genérico necesario y en otra de ellas, las observaciones que se relacionan con las dimensiones y la planeación de las terminales de cada grupo de productos.

TABLA 5.23
CARACTERÍSTICAS DEL PUESTO DE ATRAQUE SEGÚN EL TIPO DE FLUIDO

GRUPO DE FLUIDOS	P.A. TIPO DE PUESTO DE ATRAQUE	TIPO DE MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE	EQUIPO GENÉRICO DE OPERACIÓN	OBSERVACIONES
A. PETRÓLEO CRUDO <u>- Aceites Negros</u> Petróleo de horno Aceite pesado Diesel <u>- Aceites Blancos</u> Gasolina Gasavión Gasoil Querosen	En aguas protegidas (dentro de un puerto)	Muelle típico: Duques de Alba (atraque y amarre), Plataforma de Operaciones y Pasarelas (tuberías, vehículos y peatones) Pueden también de T o L, o en espigón	Brazos de carga – descarga (20-50 cm ϕ) bombas (centrífugas, volumétricas o rotativas), tuberías de 15 a 90 cm de ϕ , (con termostato en climas fríos), tanques y tolvas de lastre, sistemas: de protección de derrames, contra incendio, anti-contaminantes; de comunicación, de calentamiento (ocasional); equipo de limpieza con esferas. En buques de hasta 18,000 T.P.M.: mangueras de carga – descarga.	Embarcaciones que pueden entrar a puerto: menores a 100,000 T.R.B. con calados menores a 16.0 m
	En mar abierto	A. Monoboyas de amarre (convencional) B. Amarradero de brazo rígido C. Amarradero de torre fija D. En isla artificial	Brazos de carga – descarga, bombas, tuberías, tanques, sistemas: de protección de derrames, contra incendio anticontaminantes, de comunicación; y de calentamiento (ocasional); equipo de limpieza con esferas.	Barcos de gran tonelaje, mayores de 10,000 T. R. B. y calados mayores a 16.0 m.
B. GAS NATURAL LICUADO, G.N.L.	En aguas protegidas	Muelle típico	Brazos, bombas y tuberías especiales frigorizadas (por trasladarse a menos de 161°C y a presión $\approx$ atmosférica) y sistemas de aireación	Embarcaciones especiales de diversos tonelajes
	En mar abierto	A. Monoboyas de amarre (convencional) B. Amarradero de brazo rígido C. Amarradero de torre fija	Brazos, bombas y tuberías especiales frigorizadas (traslado a -161°C y a $\approx$ presión atmosférica) y sistemas de comunicación	Embarcaciones especiales de diversos tonelajes.

GRUPO DE FLUIDOS	P.A. TIPO DE PUESTO DE ATRAQUE	TIPO DE MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE	EQUIPO GENÉRICO DE OPERACIÓN	OBSERVACIONES
		D. En isla artificial		
C. ACEITES VEGETALES (de almendras de palma, de coco y algodón)	En aguas protegidas	Muelle típico o adherido a otro muelle marginal o espigón compatible en su operación.	Brazos de acero (15 a 20 cm), mangueras de caucho, bombas especiales (100 a 150 ton/hr) y conductos de acero inoxidable de 15 a 20 cm; depósitos de acero dulce, equipo de limpieza y lavado de tuberías y depósitos, grúas pórtico para carga a transportes cisterna (los equipos utilizan revestimiento)	Embarcaciones especiales o con compartimientos especiales compatibles con otras cargas.
D. MELAZA (miel de azúcar)	En aguas protegidas	Muelle típico o adherido a otro compatible en su operación	Puntales o brazos especiales, mangueras (de buque: 25 cm ϕ mín. y de carga a transportes terrestres 15 cm mín.); y conductos de acero dulce de 50-60 cm ϕ , bombas rotativas o volumétricas (150 ton/hr) grúas móviles (ocasional) y sistemas para mantener la temperatura (operación entre 30 y 32°C); equipo de vaciado y lavado; depósitos ($\geq 14,000$ ton)	Embarcaciones especiales con compartimientos especiales compatibles con otras cargas.
E. LÁTEX de caucho	En aguas protegidas	Muelle típico o adherido a otro compatible en su operación	Mangueras especiales de caucho (15-20 cm ϕ); bombas de tornillo o monocilíndricas (150 a 200 ton/hr); conductos de acero inoxidable; depósitos reciclables de cera (200 a 250 ton); cargaderos especiales; sistemas para mantener la temperatura (5°C y 32°C) y equipo de limpieza	Embarcaciones especiales o con compartimientos especiales compatibles con otras cargas.

PUESTO DE ATRAQUE (P.A.)

Fluidos en Aguas Protegidas

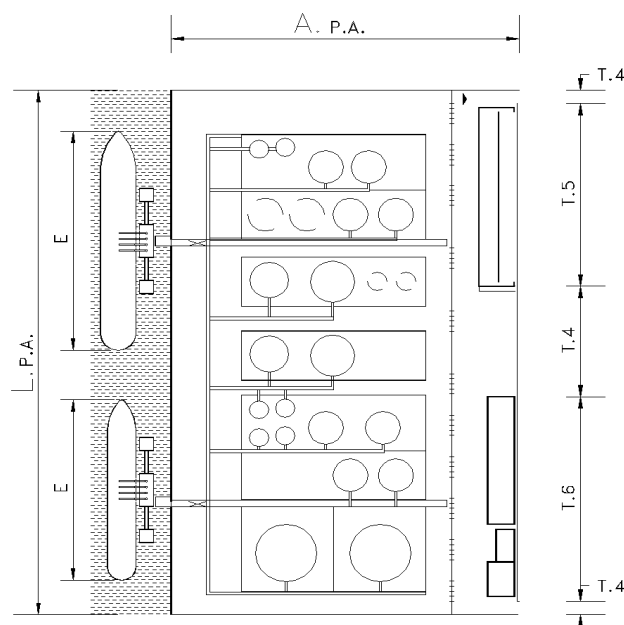


Figura 5.168 Puestos de Atrake de una Terminal de Fluidos (aguas protegidas)

Las dimensiones del puesto de atraque son muy variadas, dependiendo de las necesidades de almacenamiento del tipo de carga, y el ámbito de movimiento de ésta (local, regional y en ocasiones nacional). Lo que se indica a continuación es una idea aproximada, similar a los puestos de atraque de granel.

$$A.P.A. = T.1 + T.2 \text{ (en tierra)} + T.3 + T.4 + T.5 + T.6$$

Se recomienda que al incluir este puesto de atraque en un puerto, se dimensione el ancho de acuerdo a otros puestos de atraque del mismo, como el de contenedores por ejemplo; sin embargo, para el caso de crudo, refinado y gas licuado, deben considerarse de acuerdo a la tendencia actual, que las profundidades pueden variar de 10 a 26 m y las longitudes de muelle de 260 m mín a 410 m.

$$A.P.A. = 310 \text{ m mín, } 600 \text{ m normal}$$

$$L.P.A. \text{ (rec)} = L \times 1.5 = 230 \text{ m} \times 1.5 \approx 345 \text{ m mín. (barco de 25,000 T.P.M.)}$$

$$L \times 1.5 = 290 \text{ m} \times 1.5 = 435 \text{ m normal (b. de 50,000 T.P.M.)}$$

$$S.P.A. \text{ (calculado)} = A.P.A. \times L.P.A. = \text{aprox. } 310 \text{ m} \times 345 \text{ m} \approx 10.7 \text{ ha mín. (b. de 25,000 T.P.M.)}$$

$$S.P.A. = 600 \text{ m} \times 435 \text{ m} = 26 \text{ ha normal (b. 50,000 T.P.M.)}$$

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A. en Aguas Protegidas)

Se condiciona la longitud del muelle "L" a las características de las embarcaciones especializadas que arriban o pueden arribar al puerto, considerando además las áreas de agua disponibles.

Se considera que la longitud del muelle abarca hasta los duques de amarre extremos.

$$L = E + 2(da); (da = 0.5M \tan 30^\circ)$$

$L = 210 \text{ m} + 2 (145 \text{ m} \times 0.577) = 226.7 \text{ m} \approx 230 \text{ m}$ mín. (b. de 25,000 T.P.M.)

$L = 270 \text{ m} + 2 (17.0 \text{ m} \times 0.577) \approx 290 \text{ m}$ normal (b de 50,000 T.P.M.)

$d = C.p.c. + t.a.$ (inciso 5.2.4.2.d)

$d = 11.50 + 0.90 \approx 12.50 \text{ m}$ mín. (b. de 25,000 T.P.M.)

$d = 13.50 + 0.90 \approx 14.50 \text{ m}$ mín. (b. de 50,000 T.P.M.)

$h.c. = (f.b.l. + f.b.p.c.)/2$ (dimensión muy variable: depende del cargador – descargador y de la embarcación); se recomienda = +3.50 m, ref. N.P.M.S.

Para ilustrar este dimensionamiento aplicable a diversos tipos de frente de atraque, a continuación se presentan las **Figuras 5.169, 5.170, 5.171, 5.172.**

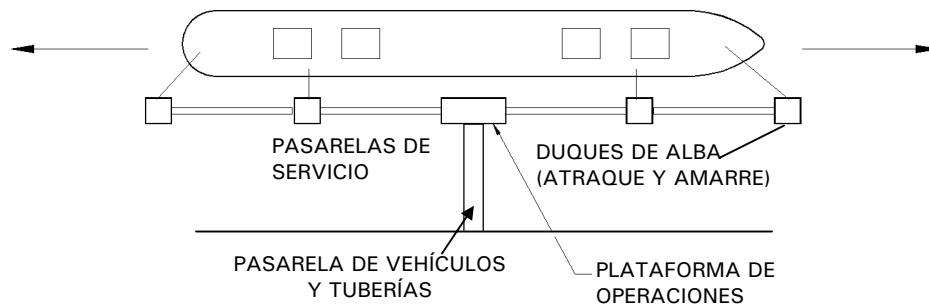


Figura 5.169 Atracadero en "T" a base de Duques de Alba

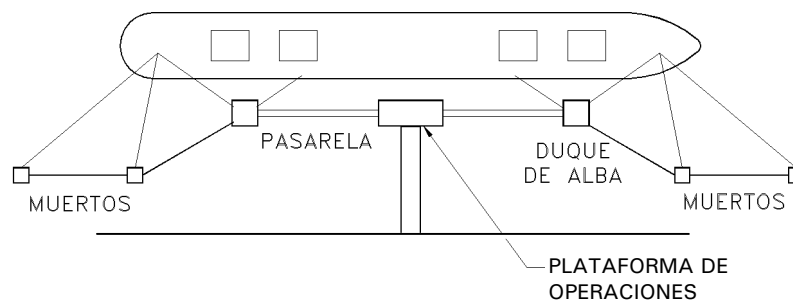
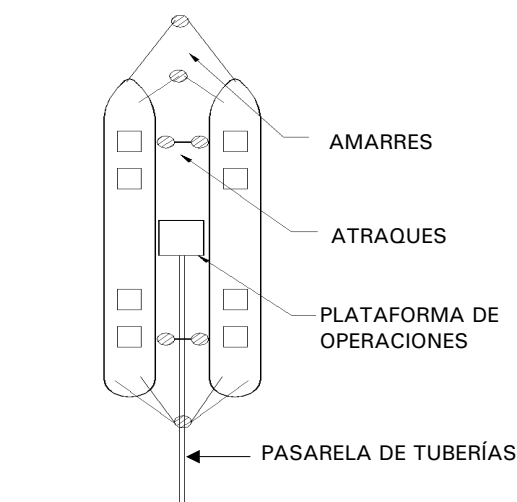


Figura 5.170 Atracadero en "T" a base de duques de alba y muertos de amarre



Figuras 5.171 Atracadero en Espigón

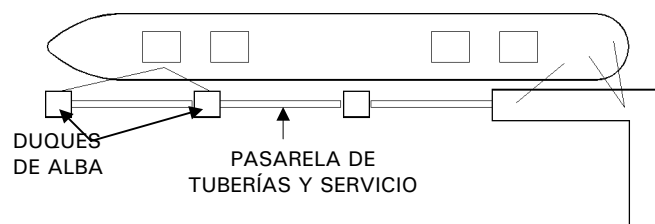


Figura 5.172 Atracadero en "L"

PUESTO O FRENTE DE ATRAQUE P.A.

Fluidos en Mar Abierto

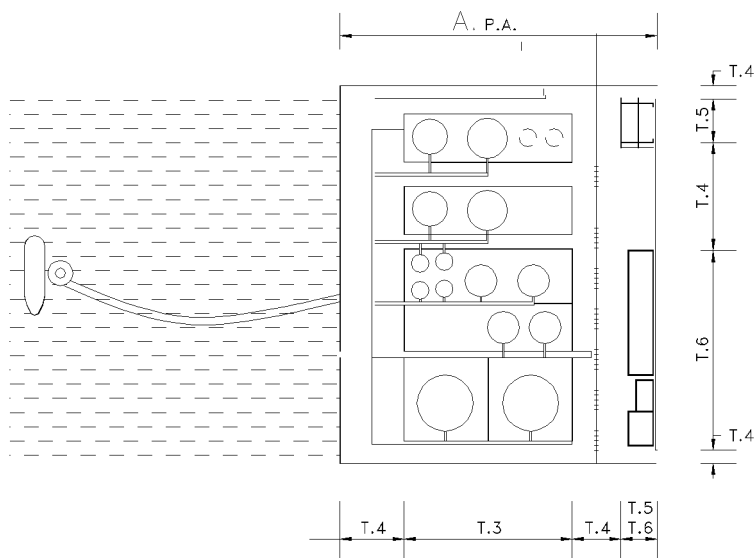


Figura 5.173 Puesto de Atraque en Mar Abierto

Las dimensiones del puesto de atraque son muy variables y dependen del atracadero, el sistema de carga – descarga y en el área de tierra, de la forma y tipo de almacenamiento del

producto. Sus dimensiones son similares a las indicadas en el puesto de atraque de aguas protegidas, recomendándose en el proyecto respectivo considerar el posible

crecimiento del área terrestre de acuerdo a la región (hinterland) donde se sitúe.

Para el área terrestre:

A.P.A. = $T.2 + T.3 + T.5 + T.6 = 310$ m
mín, 600 m normal

L.P.A. = 345 m mín, 435 m normal

S.P.A. Cálculo aprox. con A.P.A. x
L.P.A.

S.P.A. = 10.7 ha mín, 26 ha normal

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE (F.A. en Mar Abierto)

En buques medianos (hasta 50,000 T.P.M.) se utilizan amarraderos convencionales, donde el fondeo se realiza mediante 4 boyas ancladas al fondo marino, orientadas en forma de contrarrestar la acción de los vientos reinantes y donde la tubería de producto termina en una manguera de conexión al barco para la carga o descarga **Figura 5.174**

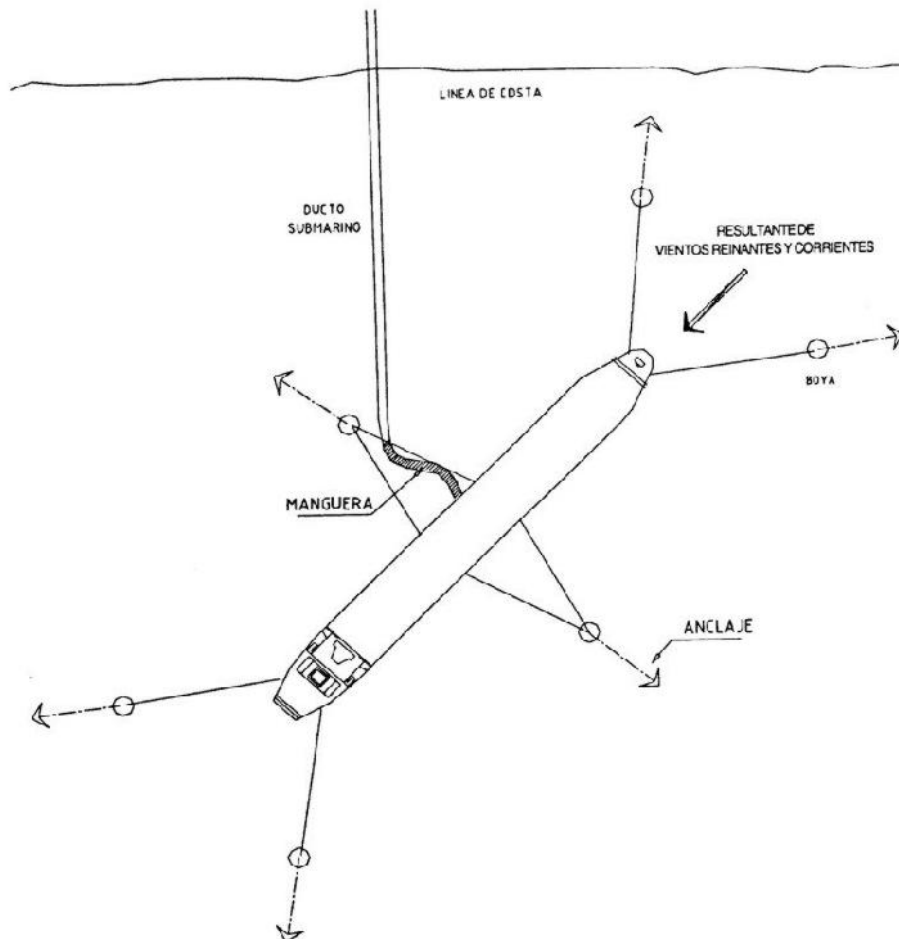


Figura 5.174 Amarradero Convencional (fluidos)

Para embarcaciones de gran porte, existen diferentes tipos de amarraderos, que se conectan a tierra, mediante tuberías subterráneas por las que se transfiere el producto; las monoboyas fueron ideadas para productos líquidos del petróleo pero se han utilizado para gas licuado y mezclas diluidas.

Consideraciones

- » La profundidad del sitio de instalación depende de la agitación del mar y las condiciones meteorológicas prevalecientes, pero en general debe ser del orden de 1.5 veces el calado a plena carga del buque de proyecto, es decir: $\frac{1}{2}$ del calado entre la quilla y el fondo marino.
- » El dimensionamiento de los elementos de la monoboya deben considerar los movimientos del barco, donde destaca el cabeceo, que junto con el oleaje y la topohidrografía de su área de instalación, debe garantizar la profundidad mínima en toda el área circular de giro del buque; así mismo, debe considerarse el vaivén y la arzada del buque, para calcular los elementos de anclaje con sus rangos y tolerancias de esfuerzo y movimiento.

A continuación se ejemplifican los principales tipos de éstos:

- » Tipo "A". Amarradero con Boyas

a) Boya única de amarre "CALM" (Catenary Anchor Leg Mooring).

Es una boya posicionada a base de anclas y cadenas por cuyo centro pasa la tubería de conducción y existe un brazo giratorio de amarre que le permite al buque girar 360°. Es la más utilizada por su simplicidad y posibilidad de cambiarlo de lugar; se emplean para profundidades hasta de 45 m y opera con vientos de hasta 90 Km/hr y oleajes de 2.50 a 3.00 m. Es posible manejar hasta 4 productos diferentes, más la tubería adicional de deslastre **(Figura 5.175)**.

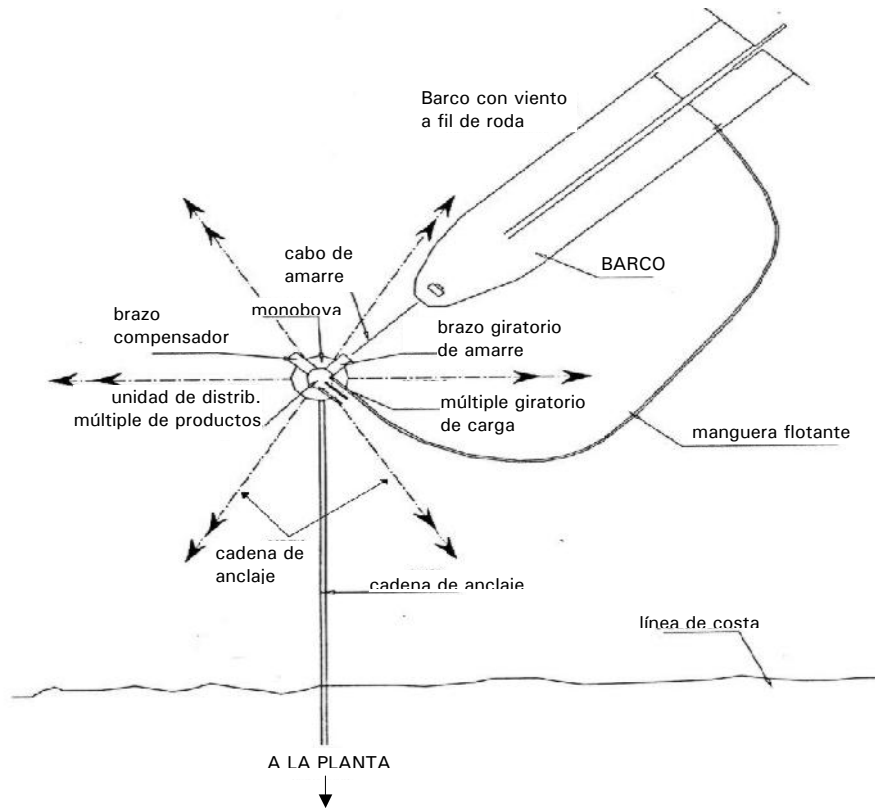


Figura 5.175 Boya Tipo CALM (fluidos)

b) Boya única de amarre "SALM" (Single Anchor Leg Mooring)

Estructura terminal de válvulas y tuberías conductoras, anclada al fondo del mar en un solo punto; se emplea para profundidades mayores de 50 m.

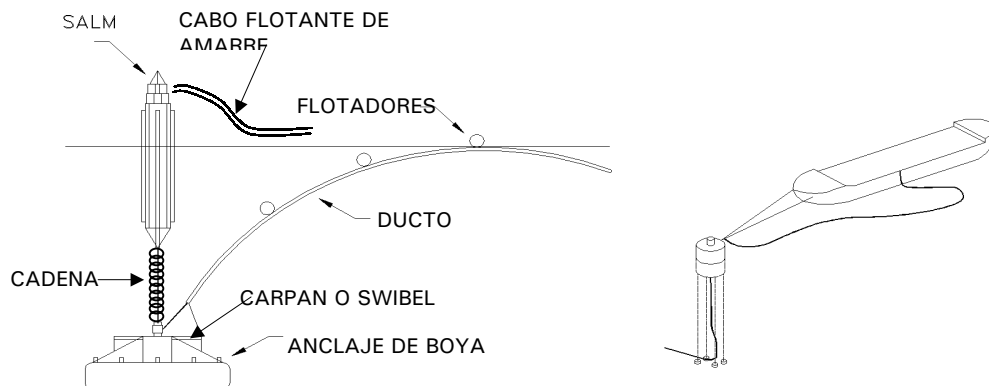


Figura 5.176 Boya tipo SALM

- » Tipo B. Amarradero de brazo rígido RAM (Rigid Arm Mooring)

De operación similar a la SALM, pero con brazo rígido a base de estructura metálica

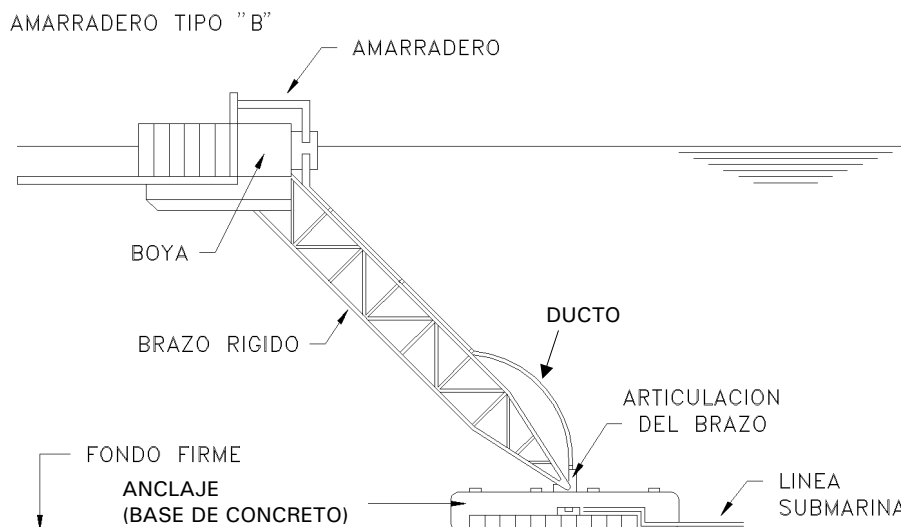


Figura 5.177 Amarradero Rígido RAM (fluidos)

- » Tipo C. Amarradero de Torre Fija TTM (Tower Fixed Mooring)

Se utiliza en sitios donde se efectuarán maniobras de carga y/o descarga permanente (normalmente de 1 a 3 mangueras) y existen profundidades mayores a 30 m y donde es conveniente utilizar remolcadores, solamente para el atraque. En este caso la embarcación puede girar movida por las condicionantes físicas (hasta un límite de oleaje de 3 a 4 m y vientos de hasta 110 Km/hr).

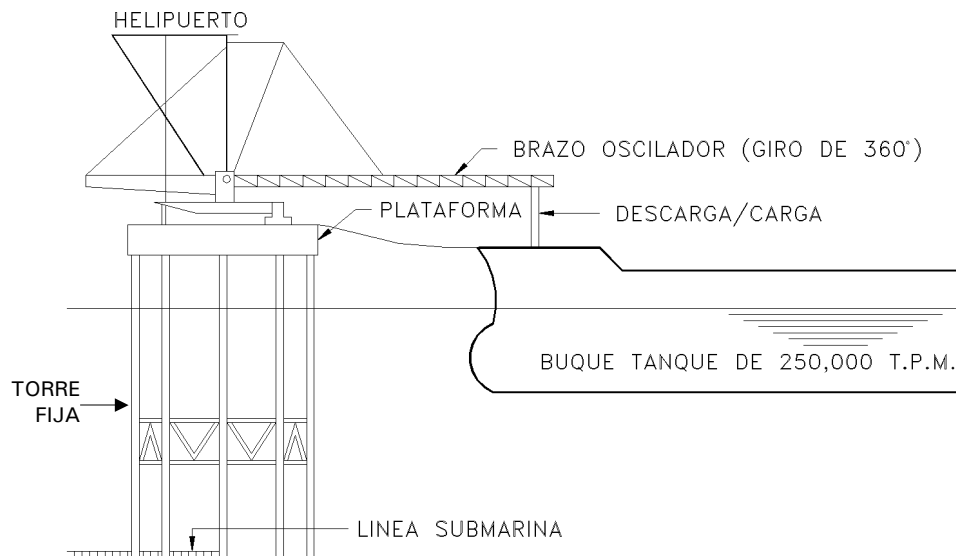


Figura 5.178 Amarradero de Torre Fija (fluidos)

› Tipo D. Amarradero de Muelle en Isla

Se utilizan cuando existen aguas tranquilas y suficiente profundidad para eliminar los dragados y economizar la

instalación; como ejemplo se puede mencionar el existente en Kuwait, que se localiza a 16 Km de la costa y puede recibir embarcaciones de hasta 325,000 T.P.M.

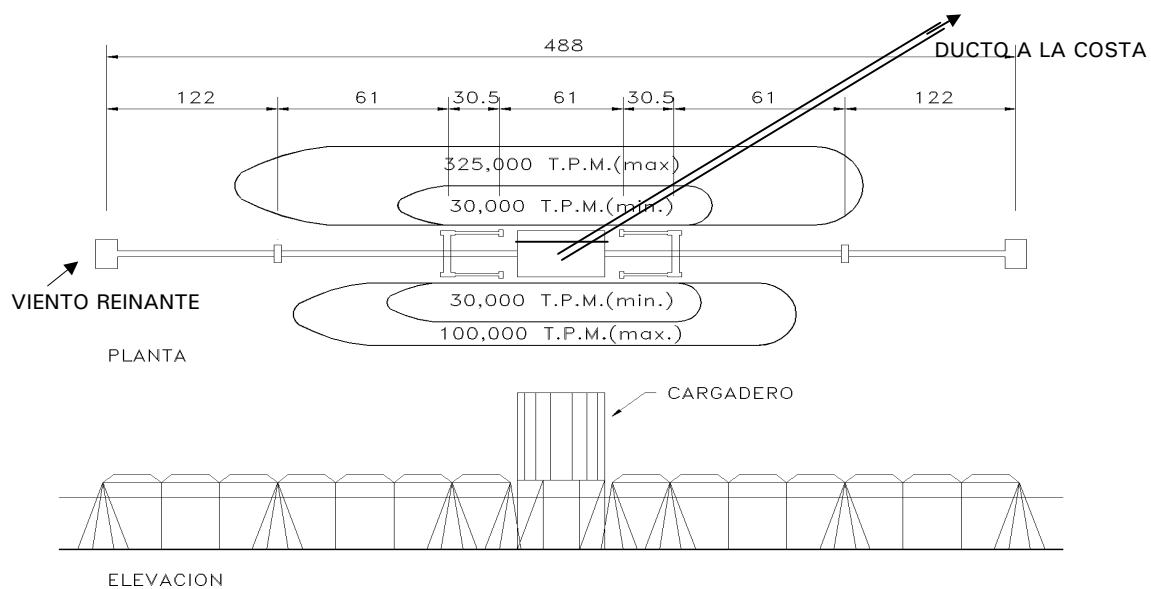


Figura 5.179 Amarradero de Muelle Isla (fluidos)

Una variante de este amarradero es el muelle –isla con protección de oleaje. Esta protección normalmente se efectúa a base de rompeolas puede estar comunicada a tierra por medio de un viaducto para tuberías o uno ó más ductos submarinos (**Figura 5.180**)

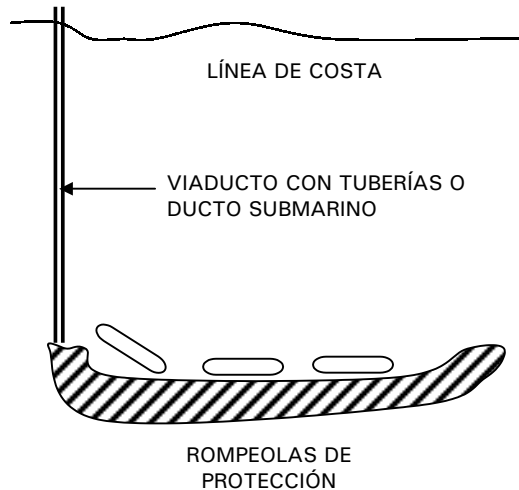


Figura 5.180 Muelle – Isla con Protección de Oleaje

Áreas T.1 y T.2

En general las áreas T.1 dependen del equipo cargador o descargador del producto que se opere y que se instala directamente en el muelle o amarradero.

El área T.2 abarca el equipo de traslación del producto (tuberías y bombas) y puede ser flotante, submarino o terrestre (instalado sobre la superficie del muelle), de acuerdo al tipo de producto.

A continuación se indican las dimensiones y recomendaciones conducentes, de acuerdo al grupo de fluidos a manejar:

a. GRUPO DE FLUIDOS "A". Petróleo y Derivados

Áreas de tierra

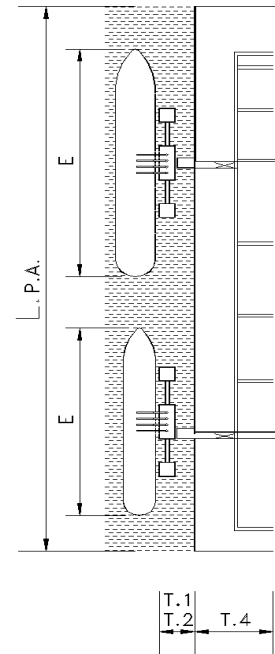


Figura 5.181. Puesto de Atraque para Fluidos

Área T.1

Depende de la estructura que sostiene los brazos de carga – descarga o garzas (rendimiento normal 7,500 ton/hr), que se colocan en el atracadero y cuyo uso está restringido a plataformas o peatonales.

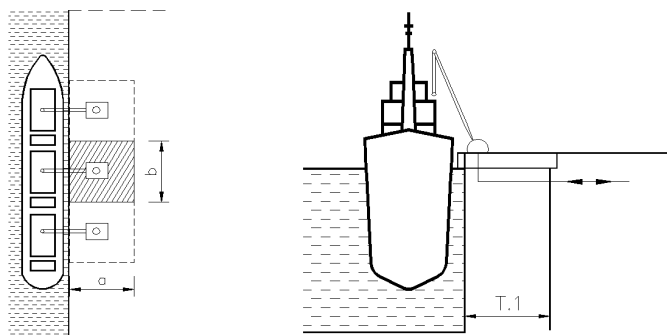


Figura 5.182 Área T.1 en Puesto de Atraque de Fluidos

Sus dimensiones se fijan de acuerdo al sistema de bombeo y tuberías, adicionando espacio para inspección y mantenimiento.

Ancho T.1 a = 6 m mín a 9 m normal
b = 1.80 m mín. a 4.0 m normal (por cada base de garza)

Área T.2

El buque normalmente acciona 4 bombas del barco (6,500 m³/hr en buques de 60,000 T.P.M., y hasta 15,000 m³/hr en buques de 200,000 T.P.M.), con mangueras de 20 a 50 cm de diámetro, que desembocan en tuberías de acero suave de 15 a 90 cm o más de diámetro. Cuando la longitud de éstas es mayor a 3 Km, se deben usar "tacos" para despojar y limpiar los conductos; los que consisten en esferas de caucho duro introducidas en la tubería, que se mueven por la presión del petróleo y se recuperan al final de la línea.

En todos los casos se requiere un sistema de eliminación y recolección de derrames (para evitar la contaminación) que se intercala en los puntos de conexión de mangueras o tubos y bombas, así como barreras flotantes de contención de derrames con un sistema de bombeo para su extracción (normalmente montado en embarcaciones especiales para el efecto). Se usan también barreras químicas que evitan la dispersión con ácidos, la precipitación del crudo (con productos absorbentes), o la combustión, que presenta dudas en cuanto al resultado final de la contaminación.

El espacio para el sistema de bombeo y tuberías de conexión directa con las garzas, se recomienda que abarque un ancho mínimo de 3 m.

T.1 + T.2 = 9 m mín; 12 m normal.

Área T.3 Almacenamiento

Puede situarse fuera del recinto portuario o en zonas aisladas del mismo; los depósitos empleados son generalmente cilíndricos y casi siempre de acero soldado (divididos en aceites negros y blancos), aunque pueden ser también de concreto reforzado; pero siempre dotados de un sumidero en su parte inferior.

Pueden ser de dos tipos:

- › Techo flotante o deslizante, que reduce pérdidas por evaporación durante el almacenamiento.
- › Techo cónico fijo

Para los aceites negros se requiere un sistema de calentamiento y calorifugación, así como sistemas de medición (cantidad), a base de varillas graduadas o indicadores instalados en cada tanque y equipos de laboratorio para control de calidad.

Las dimensiones y número de tanques del recinto de almacenamiento es muy variable según el volumen movido, pero se recomienda que los grupos de tanques estén rodeados por muros de contención o terraplenes que puedan retener el 100% del tanque mayor y el 30% de los restantes. Su capacidad normal suele ser de 500 a 20,000 m³, aunque existen hasta de 120,000 m³, con 60 m de diámetro y hasta 55 m de altura.

Se recomienda que la separación mínima entre cada tanque sea de 15 m.

Area T.4 Vialidades, Estacionamientos y Accesos

Son similares en sus dimensiones al puesto de atraque de carga unitaria y/o fraccionada, pero agregando:

- › Depósito de agua para lastre de las embarcaciones con sistema de rebombeo al buque.
- › Area de tratamiento (separador de crudo), con sus respectivas conducciones de desecho y aprovechamiento, los barcos cuenta con una tubería de impulso que descarga el agua de deslastre (combinada con residuos del producto) a dicho separador.

- › Laboratorio para pruebas de control de calidad del producto.

Area T.5 Mantenimiento y Reparación de Equipo – Maquinaria

Dimensiones similares al puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitaria, agregando:

- › Taller de bombas
- › Taller de equipos y accesorios térmicos

Area T.6 Servicios Generales y Especiales

Consistentes primordialmente en equipo especializado contra incendio para aplicarlo en todos los sitios peligrosos. Comúnmente se emplea espuma para incendios producidos por petróleo y agua salada para otros productos, que son manejados a base de mangueras alimentadas por el equipo siguiente:

- › Bombas de alta presión.
- › Depósitos de agua e hidrantes
- › Depósitos de almacenamiento y tuberías para aplicación de espuma.

b. GRUPO DE FLUIDOS "B". Gas Natural Licuado (G.N.L.)

Areas T.1 y T.2

Dimensiones y Recomendaciones. Similares al grupo "A" (Figura 5.182).

Area T.3 Almacenamiento

Se recomiendan:

- › Instalaciones aisladas del puerto debido a su alta peligrosidad con equipo especializado de licuación, almacenamiento, regasificación y refrigeración, ya que su transporte y almacenamiento se realiza a menos de 161°C.
- › Capacidad promedio de los tanques; 300,000 barriles (47,750 m³)

Area T.4 Vialidades, Estacionamientos y Accesos

Para los accesos, las dimensiones son similares al puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitaria, pero adicionando:

- › Equipos de control y conservación de temperatura.

- › Sistemas de pesaje

Area T.5 Mantenimiento y Reparación de Equipo – Maquinaria

Dimensiones e instalaciones similares al puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitaria, agregando:

- › Taller de equipos especializados (refrigeración, licuación, gasificación, etc.)
- › Taller de bombas

c. GRUPO DE FLUIDOS "C". Aceites Vegetales

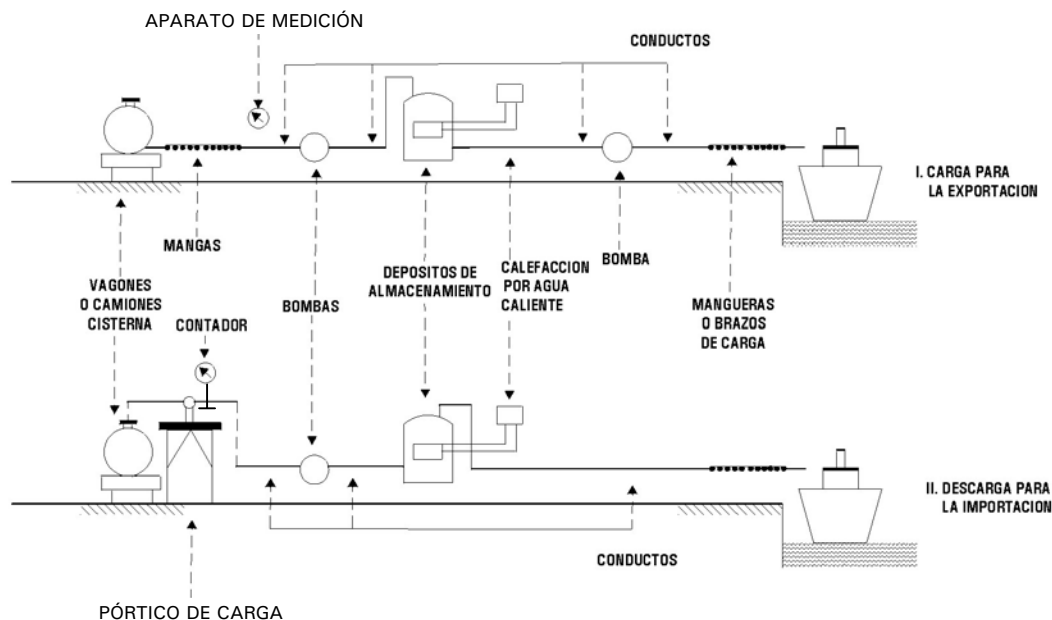


Figura 5.183 Instalación Operacional de un P.A. de Aceites Vegetales (fluidos)

Area T.1 Carga – Descarga del Muelle

Las dimensiones son variables según el equipo utilizado, considerando a los brazos de acero y estructura que los sostienen para controlar las mangueras de caucho o brazos de carga (15 a 20 cm de diámetro medio).

Area T.2. Transferencia Muelle - Almacenamiento

- › Espacios variables según el sistema de bombeo y de control de temperatura (debe mantenerse entre 15 y 65°C).
- › Se recomienda utilizar tuberías de acero inoxidable (15 a 20 cm de diámetro), sin revestimiento interior, y bombas de acero moldeado con capacidad de 100 a 150 ton/hr

Area T.3 Almacenamiento

Se recomiendan depósitos de acero dulce soldado con revestimiento interior; de llenado por la parte superior y capacidad máxima de 1,000 ton. Localizarlos lo más alejado posible del muelle, según la capacidad de las bombas (bombeo de tanque al buque: 100 a 150 ton/hr).

Area T.4 Vialidad, Estacionamientos y Accesos

Similar al puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitaria, agregando:

- › Espacios para las bombas (de fundición especial), preferentemente centrífugas, aunque pueden

emplearse también rotativas o monocilíndricas.

- › Control de medición (cantidad) con varillas graduadas.
- › Para carga – descarga de camiones o vagones cisterna, se requieren grúas pórtico con tuberías oscilantes o mangueras de caucho, sistemas de bombeo y aparatos (contadero) de medición del producto.

Area T.5 Mantenimiento y Reparación de Equipo – Maquinaria

Instalaciones con dimensiones similares al puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitaria, adicionando:

- › Taller de refacciones y equipos térmicos.
- › Taller de bombas especiales, con una sección para equipo de limpieza de depósitos

d. GRUPO DE FLUIDOS "D". Melaza - Mieles

Area T.1 Carga – Descarga del Muelle

Las dimensiones son variables dependiendo del equipo utilizado para carga – descarga y las estructuras a emplear para sostener y conectar las mangueras de los buques (25 cm de diámetro); o pueden emplearse grúas móviles de mayor alcance, similares a las del puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitaria, para operar las mangueras.

Area T.2 Transferencia Muelle – Almacenamiento

Las dimensiones varían según el equipo de bombeo (bombas tipo volumétrico o rotativas de aspersión directa y doble paso, con rendimiento medio de 150 ton/hr).

Se recomienda el empleo de conductos de acero de 50 a 60 cm de diámetro y válvulas de compuerta de fierro fundido.

Area T.3 Almacenamiento

La capacidad media de los depósitos es de 14,000 ton y deben contar con medidores hidrostáticos; su número depende del volumen a manejar del producto.

Area T.4 Vialidades, Estacionamientos y Accesos

Similares al puesto de atraque de carga fraccionada y/o unitaria en accesos, estacionamientos y casetas de control; en la zona de descarga de vagones de ferrocarril y camiones cisterna (pipas con tanque revestido), se requieren dispositivos de calentamiento.

Adyacente a los accesos, se deben instalar puentes – báscula para controlar el peso del producto.

Area T.5 Mantenimiento y Reparación de Equipo – Maquinaria

Recomendaciones similares al grupo "C" de aceites y vegetales.

e. GRUPO DE FLUIDOS "E" Látex de Caucho**Area T.1**

Observaciones y recomendaciones similares al grupo "D".

Area T.2

Para determinar los espacios, se debe considerar la recomendación de emplear bombas de tornillo (Arquímedes) monicilíndricas o centrífugas, con rendimiento de 150 a 200 ton/hr, mangueras especiales de caucho (15 a 20 cm de diámetro), así como dispositivos para mantener la temperatura entre 5 y 32° con el fin de evitar la coagulación del producto.

Area T.3 Almacenamiento

Similar al grupo "C" de aceites y vegetales, considerando depósitos revestidos de cera (microparafina), equipo de conservación de temperatura (29°C promedio) conductos de entrada – salida, con válvulas esféricas de acero inoxidable y una capacidad variable de entre 200 y 250 ton.

Area T.4 Vialidades, Estacionamientos y Accesos

Similar al grupo "C" de aceites vegetales

Area T.5 Mantenimiento y Reparación de Equipo – Maquinaria

Similar al grupo "C" de aceites vegetales

5.3.5.7 Puestos de Atraque de Terminales de Puertos Industriales

Los Puertos Industriales llamados también de Segunda Generación, constituyen la manifestación más clara del proceso de globalización del comercio mundial. Su función primordial es ofrecer servicios a las industrias, desde las básicas hasta las de transformación, cubriendo los requerimientos de movimiento de materias primas, productos semielaborados y ya manufacturados, tanto de entrada para distribuir en la región, como de salida para exportación; propiciando a su vez, el establecimiento de cadenas productivas especializadas.

El desarrollo de estos puertos deben considerar como aspectos primordiales:

- › La suficiencia de áreas de tierra (incluyendo áreas urbanas, zonas

habitaciones y de protección ecológica)

- › Las dimensiones de las obras de infraestructura iniciales, previendo un incremento de 3 a 4 veces su extensión.
- › La posibilidad de aumentar holgadamente la dotación de servicios de agua, energía, etc.

Por ser las costas un recurso importante a nivel regional, se recomienda que la extensión de las zonas industriales sea perpendicular a la costa. Los servicios portuarios requeridos por las industrias, deben facilitarse eficientemente a través de los diferentes Puestos de Atraque (carga general, polivalente, etc.) y solo proporcionarles P.A. exclusivos, cuando económicamente justifiquen su existencia; en especial, cuando se requieran movimientos importantes de carga especializada.

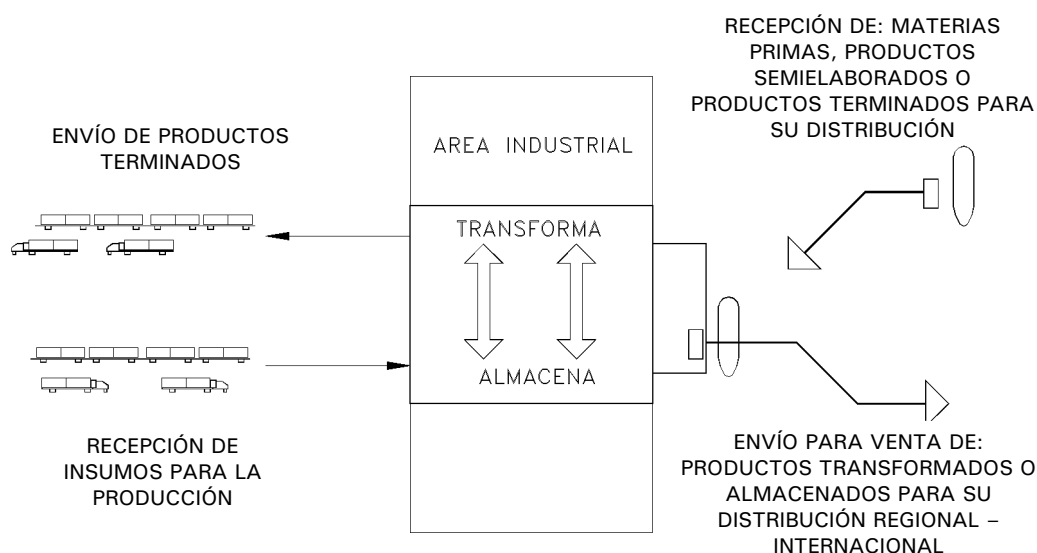


Figura 5.184 Características Principales de un Puerto Industrial

El Puesto de Atraque (P.A.) en un Puerto Industrial tiene un papel de apoyo más que de enlace y regulación; los movimientos portuarios y su magnitud dependen de la capacidad de la zona industrial.

Por lo general el puerto recibe principalmente materia prima y en menor grado, productos elaborados o terminados para su distribución en la región. La materia prima o productos semielaborados, pasan a la zona industrial para su procesamiento, regresando por el mismo conducto para su importación; o en algunos casos salen directamente por transporte terrestre para su distribución en la región interior.

Los puertos industriales son básicos para el desarrollo de industrias secundarias de alta productividad de manufacturas y contribuyen sobretodo, cuando se requiere un transporte masivo de bienes (como la mayoría de las industrias modernas). El binomio Puerto – Industria debe guardar un estrecho vínculo para alcanzar una gran eficiencia en la fabricación, almacenamiento y transportación de productos, conformando el elemento fundamental de desarrollo de una región costera.

Por esta actividad industrial, se requiere la previsión de zonas urbanas de vivienda para el elemento humano requerido, así como las medidas urbanísticas necesarias para el desarrollo de la región costera.

Recomendaciones sobre las dimensiones de Ares Industriales:

- › La industria de primer nivel requiere de 150 a 1,000 ha
- › La industria de segundo nivel, de 20 a 150 ha
- › La industria de tercer nivel (pequeña industria) de 3 a 20 ha

Para la infraestructura inicial se estima que una instalación portuaria industrial, puede comprender aproximadamente 3,000 ha con 1,000 de ellas para servicios comunales y un 30% del área para circulación y maniobras.

Una concepción futura general en países desarrollados, prevé considerar la existencia de 7,000 ha para el desarrollo portuario e industrial, 2,000 ha para áreas urbanas y un cinturón verde para la protección del medio ambiente de 1,000 ha.

Los puestos de atraque deben habilitarse con un alto nivel de mecanización, generalmente con fines de embarque o desembarque de productos; y solo en contadas ocasiones, emplear simultáneamente ambas operaciones.

P.A. PUESTO DE ATRAQUE INDUSTRIAL

Recomendaciones Generales:

- › El crecimiento del área industrial será siempre preferible hacia el interior y no paralelo a la costa.
- › Por motivos económicos, conviene localizar una terminal para uso común de los diversos usuarios, ligada

convenientemente con vialidades terrestres adecuadas.

- » Considerar puestos de atraque para una sola industria, solo bajo justificación económica de su operación.
- » Si el puerto o terminal industrial se ubica en un puerto general, se construirá en una zona específica para promover el desarrollo industrial, sin interferir con otras terminales.
- » Las conexiones de vialidad terrestre deben contemplarse fáciles y fluidas hacia las vías regionales.
- » Prever los usos del suelo de la localidad para facilitar al crecimiento apropiado de la zona industrial, así como el de las áreas de vivienda de los trabajadores en coordinación con el Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población (especialmente en cuanto a su infraestructura de agua, energía y manejo de desechos)
- » El dimensionamiento del P.A. es muy variable, ya que depende de las características de los tipos de embarcación y las diferentes operaciones requeridas de carga – descarga del muelle, según el producto. Por lo anterior, para definir sus dimensiones debe considerarse el destino específico de las terminales del P.A. y asociarlos a los P.A. similares ya descritos.

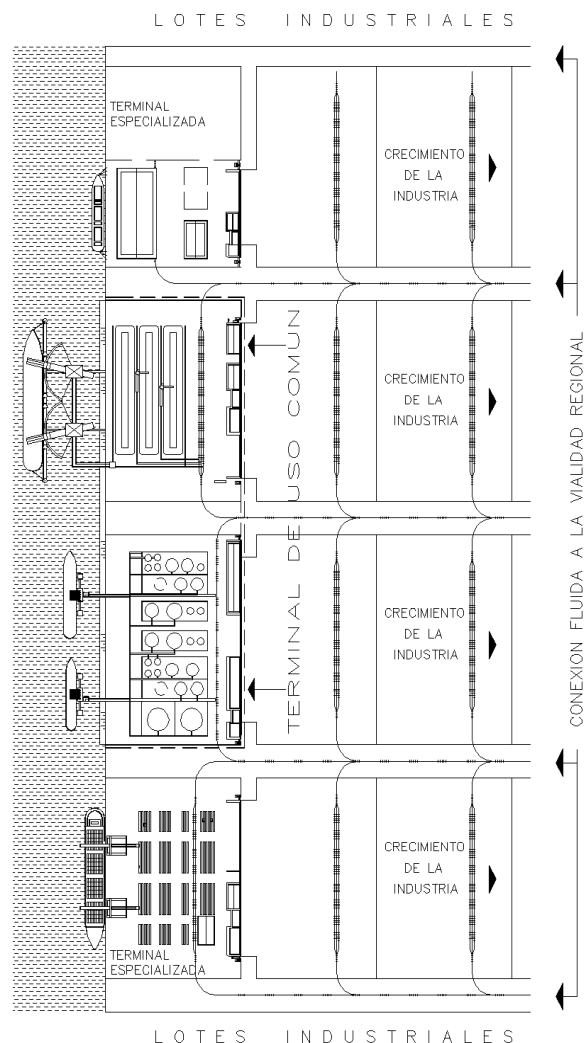


Figura 5.185 Puesto de Atraque de un Puerto Industrial

MUELLE O FRENTE DE ATRAQUE F.A.

Sus dimensiones son variables, según el barco y el tipo de operación de los productos que se manejen; se recomienda dimensionarlos de acuerdo a los frentes de atraque específicos, analizados anteriormente.

Area T.1 Carga – Descarga del Muelle

Las dimensiones de T.1 son variables según el tipo de operación que se realice pudiendo ser similares al puesto de atraque de granel, contenedores, o en otros casos, como área para mover carga unitaria.

Se recomienda que una vez definido el objeto de cada puesto de atraque industrial, se consulten las dimensiones del P.A. que mejor se adapte a sus necesidades específicas.

Area T.2 Transferencia Muelle – Almacenamiento

Es variable y las recomendaciones son similares a las dimensiones del Area T.1.

Area T.3 Almacenamiento

El almacenamiento también se debe adaptar al tipo específico de la operación, pudiendo ser similar a los P.A. vistos: patios de contenedores, almacenamiento en pilas de minerales, depósitos de fluidos, etc.

En este caso se requieren almacenes de materias primas, también con dimensiones muy variables, sean cubiertos o descubiertos según el producto específico del que se trate. Puede existir el caso de movimiento como carga unitaria, cuando los productos requieran moverse en esta forma, o incluso a través de contenedores.

Las dimensiones particulares sólo podrán determinarse una vez establecida la planeación general, para después

consultar los puestos de atraque específicos antes descritos.

Area T.4 Vialidades, Estacionamientos, Controles y Accesos

La fluidez de los accesos se acentúa más para estos puestos de atraque.

Se recomienda que el propio puesto de atraque (cuando forme parte de un conjunto o P.A.), se sitúe inmediato a las vías terrestres regionales (autotransporte y ferrocarril).

En el interior de P.A. se recomienda también una vialidad fluida, previendo estacionamientos adyacentes a los accesos de los lotes industriales.

Las dimensiones de las secciones de vialidad, estacionamientos y controles, son similares a los puestos de atraque de contenedores.

Area T.5 Mantenimiento y Reparación de Equipo – Maquinaria

Las necesidades son similares a los puestos de atraque de carga fraccionada y/o unitaria, agregando los talleres, almacenes, patios y otras instalaciones que se requieran, según las particularidades del tipo de producción y operaciones que se efectúen en esta zona industrial portuaria.

CONSIDERACIONES GENERALES DE PLANEACIÓN DE LAS TERMINALES DE PUERTOS INDUSTRIALES

De acuerdo a la experiencia japonesa, se hacen las siguientes consideraciones:

- A. Aspectos regionales y escala del puerto industrial
- B. Factores condicionantes de la planta industrial, tipos de industrias típicas y sus dimensiones generales.
- C. Condiciones naturales del sitio, tipos de puertos industriales y su procedimiento de desarrollo.
- D. Plan de conjunto de la planta industrial.

actividades de transporte y comunicación en relación directa con los condicionantes de las áreas terrestres, con las áreas destinadas a las vivienda de los trabajadores y en cuanto la armonización del conjunto con los recursos naturales. Resalta la importancia de la conservación de áreas ecológicas, agrícolas u otras (según los objetivos de las poblaciones), así como la definición de la vialidad del transporte terrestre y sus comunicaciones, considerando las rutas marítimas y el tipo de navíos que arribarán al puerto.

A. Aspectos regionales y escala del puerto industrial

Se recomienda establecer aspectos a nivel regional como: las políticas y lineamientos, de desarrollo económico y social, tomando en cuenta tradiciones históricas y culturales; la generación de

La escala del Puerto Industrial, se define con las características de la planta industrial según los diversos tipos de industrias que se puedan establecer, sus capacidades de producción y planes de transportación, dependiendo de su ámbito regional o hinterland. Lo anterior se refleja en el siguiente algoritmo.

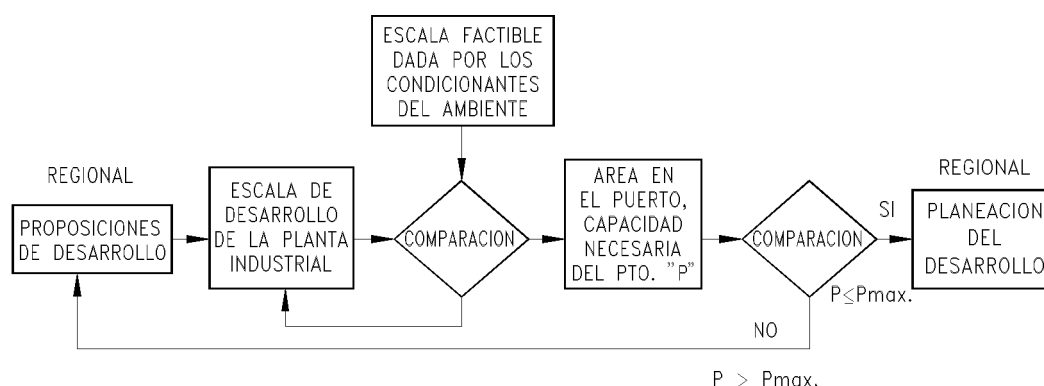


Figura 5.186 Planeación General de Desarrollo de un Puerto Industrial

B. Factores condicionantes de la Planta Industrial, tipos y dimensiones generales de las industrias típicas.

Estos factores son de dos tipos:

1. Factores generales de la Planta Industrial en su conjunto, de acuerdo a las escalas de producción y sus respectivos costos.

2. Factores particulares según los tipos de industria y las características de cada una de ellas.

Los tipos generales de industria en una planta de un Puerto Industrial, son los siguientes:

- › Industria siderúrgica (acero)
- › Industrias derivadas de la siderúrgica
- › Construcción de embarcaciones (industria naval)
- › Plantas productoras de aluminio y derivados del mismo

› Industrias de transformación de cobre, plomo y zinc

› Refinerías de petróleo crudo

› Industrias petroquímicas diversas

› Plantas de pulpa de papel

› Termoeléctricas (para producción de energía eléctrica)

› Plantas nucleares

Como ejemplos del dimensionamiento general de un Puerto Industrial, se presenta la **Tabla 5.24**, donde se indican los espacios destinados a las diferentes áreas que lo conforman (Japón).

TABLA 5.24
DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS EN PUERTOS INDUSTRIALES (JAPÓN)

Superficie (ha)	PUERTOS				Observaciones	Rango de Variación de Área (%)
	Tomalzom	Mutsu-Oqawara	Ishikari-Huan	Fukui		
Area del Muelle	540 (50.0%)	86 (c) (1.6%)	370 (13.0%)	60 (5.1%)	Obras Art. con canal dragado	5.2 a 12.5
Area Industrial	5,670 (53.4%)	2,830 (53.1%)	1,370 (f) (46.1%)	687 (58.4%)	Incluido	46.1 a 58.4
Circulación	–	80 (d) (1.4%)	260 (8.8%)	0.46 (d) (3.9%)	–	1.5 a 8.8
Carretera Principal	160 (1.50%)	94 (1.8%)	–	73 (6.2%)	–	1.5 a 6.2
Espacio abierto (parques, etc.)	3,370 (32.2%)	1,772 (33.3%)	880 (29.6%)	699 (16.9%)	–	16.9 a 33.3
Otros	710 (b) (6.8%)	467 (e) (8.8%)	90 (3.0%)	111 (g) (9.4%)	–	3 a 9.4
Totales (ha)	10,450	5,329	2,970	1,176	–	100%

Notas: a) Carreteras en el cinturón verde excluidas en todos los casos; b) Incluye 50 ha de lotes ribereños; c) No está incluido el canal de dragado; d) Incluye el espacio para tratamiento de artículos peligrosos; e) Incluidas 333 ha disponibles; f) Incluye el área de uso de contenedores públicos; y g) Incluye 63 ha disponibles.

C. Condiciones naturales del sitio, tipo de industrias y dimensionamiento general

Condiciones naturales del sitio donde se ubique un puerto industrial y su respectiva planta industrial.

Recomendaciones generales:

- » Profundidad del agua: 20 a 30 m
- » Localización, preferentemente en sitios con existencia de ríos
- » Emplazamiento. En bahías protegidas o en sitios favorables a la construcción de un puerto artificial.
- » Morfología:
 - a. Topografía. Terrenos de nivel apropiados y con pendiente prácticamente nula.
 - b. Geología. Terrenos con subsuelo resistente a poca profundidad.
- » Conservar al máximo la vegetación del sitio y desarrollarla en toda la periferia del emplazamiento, formando un cinturón verde o zona de amortiguamiento (con el ancho mínimo recomendable). El ancho de esta franja ecológica dependiendo de la disponibilidad del suelo, tipo de vegetación, clima, etc... debe tener el ancho siguiente:
 - < 300 m (inapropiado)
 - 300 a 1,000 m (mín. recomendable)
 - > 1,000 m (aceptable)
 - 1,000 a 4,000 m (óptimo)
- » Condicionarse a las leyes y reglamentos respecto a las Áreas Naturales Protegidas (parques estatales y nacionales, parques marinos, corredores biológicos y reservas de la biósfera), con fines de conservación.
- » Respecto a la planeación urbana, propiciar industrias de productos marinos, conservar el patrimonio natural y cultural de la región, implementar facilidades educativas y servicios médicos, además de desarrollar parques y áreas verdes.
- » Planificar las facilidades de tránsito del emplazamiento total (especialmente portuarias), tales como vialidades, carreteras y equipamiento urbano necesario en sus diferentes etapas, de acuerdo a las proyecciones de desarrollo.

Los Puertos Industriales pueden ser:

- a. Puertos con disponibilidad crítica de áreas de agua
 - 1. Para grandes embarcaciones
 - 2. Con Planta Industrial alejada de la bahía
- b. Puertos con disponibilidad crítica de áreas de tierra.
 - 1. Puerto ordinario
 - 2. Puerto con la Planta Industrial tierra adentro.

Para facilitar el desarrollo del Puerto Industrial es necesaria la verificación de las condicionantes socio-económicas del sitio, debiendo considerar:

- » Su localización en cuanto a distancia de la zona urbana
- » La existencia de terrenos con área suficiente y nivel o cota apropiada respecto al nivel del mar.

- › Verificación de leyes y reglamentos vigentes para respetar su observancia, o en su caso sopesar las posibilidades de desregulación.
- › Revisar la existencia de ligas viales y sistemas de transporte existentes determinando los que se han de llevar a cabo.
- › Considerar las industrias existentes y su desarrollo a nivel local.
- › Tomar conocimiento de las reacciones o impactos que se generen

en la población por la instalación del Puerto Industrial.

El procedimiento para el desarrollo de un Puerto Industrial se puede resumir en los siguientes aspectos:

1. Metas y objetivos
2. Plan de Desarrollo
3. Construcción
4. Administración y Operación

El diagrama correspondiente se muestra en la **Figura 5.187**

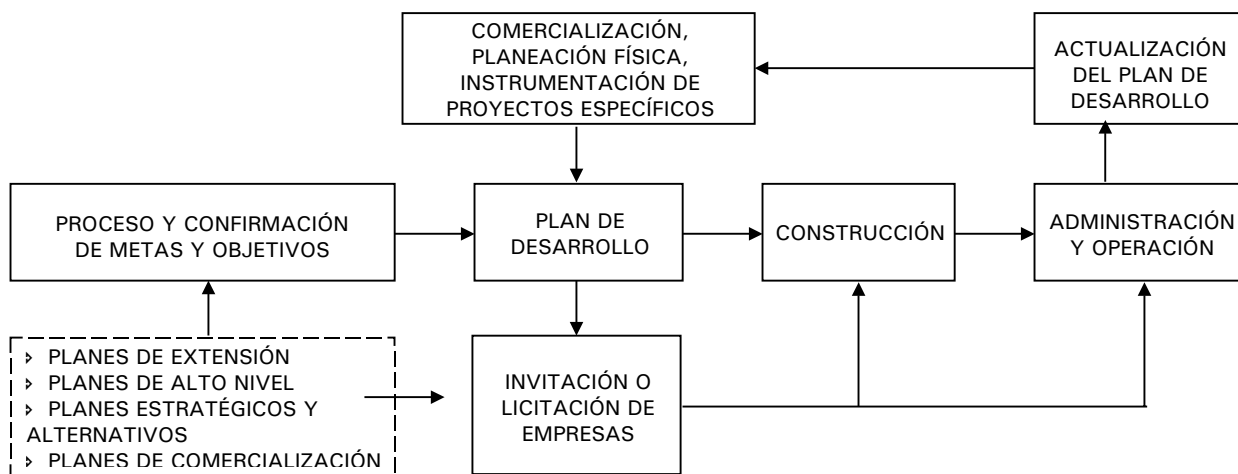


Figura 5.187 Procedimiento para el Desarrollo de un Puerto Industrial

D. Plan de Conjunto de la Planta Industrial

En el plan de conjunto, se presentan dos condicionantes:

- › El diseño de la planta de acuerdo al frente de agua (o línea de costa) y el flujo de bienes o productos desde su interior.

- › La forma de recibir materia prima, productos y combustibles desde el frente de agua.

Los puntos que deben verificarse en la planeación del conjunto, son:

- › Plan y programa de facilidades y servicios a proporcionar por el Puerto y la Planta Industrial.

- › Tipos de operación y administración de la unidad Puerto – Plantas Industriales.
- › El volumen de operación de productos o materias primas.
- › Condiciones del plan de arribo de las embarcaciones.
- › Tipo de muelle (privado o público)
- › El abastecimiento de combustible y servicios (subterráneos o no) de los buques
- › La situación o condiciones del estrato resistente del subsuelo.
- › Carga negra separada de la carga blanca.
- › Tipos de empaques y de transporte de la carga.
- › La operación de materiales o productos en polvo, de acuerdo a la acción de los vientos y las precauciones especiales requeridas en su manipulación.
- › Ubicación de productos o artículos peligrosos en áreas especiales.
- › La localización de obstáculos considerando las "tomas" requeridas para los barcos y el transporte terrestre.

Puertos Industriales en México

La concepción de Puerto Industrial en nuestro país lleva implícita dos tipos de objetivos:

De carácter interno:

- › Descentralización de la población y de la actividad económica.
- › Modernización de: la industria, la infraestructura, los servicios portuarios y del comercio.

De carácter externo:

- › Participar con ofertas de ubicación estratégica, respecto a los flujos de producción y distribución internacional de diversos bienes y productos.

El Programa de Puertos Industriales implementado en el año de 1981, incluía cuatro sitios (Altamira, Lázaro Cárdenas, Salina Cruz y El Ostión), y fue planeado para desarrollarse en tres grandes etapas generales:

› Primera Etapa

Emplazamiento dentro de la superficie delimitada del Puerto Industrial (áreas de tierra y agua) de un P. A. Polivalente, con flexibilidad para aglutinar aquellos movimientos requeridos por la actividad comercial e industrial incipiente de la región, promoviendo simultáneamente la instalación de nuevas industrias y/o la modernización de las existentes. Así también, iniciar los primeros pasos para la instalación de las industrias estratégicas preconcebidas en la planeación general (siderurgia y fertilizantes en Lázaro Cárdenas, como petróleo y refinación en Altamira).

En esta etapa por problemas económicos del país, solo pudieron iniciarse los desarrollos de los dos puertos mencionados.

› Segunda Etapa

Adecuación del Módulo Polivalente a una Terminal de Usos Múltiples con puestos de atraque especializados (contenedores y de granel mineral); y el resto con P.A. convencionales y/o combinados, semi o especializados (carga unitaria con patios en unos y bodegas en otros), pero siempre conservando la flexibilidad de la terminal.

En esta etapa se pretende concretar la construcción de las industrias básicas (refinería, petroquímica, termoeléctrica, siderurgia, etc.), generando al mismo tiempo, el incremento del movimiento de materias primas, productos semielaborados e insumos para la construcción. Se estima además, que empezarán a instalarse las primeras industrias, tanto con requerimientos de frente de agua con P.A. especializados en el manejo de sus productos, como industrias paralelas o derivadas que no requieren frente de agua, aprovechando la recepción o envío expeditos de productos, por vía marítima o terrestre.

Podría decirse que actualmente el país se encuentra en los inicios de esta etapa.

› Tercera Etapa

Comprende el gran desarrollo del Puerto Industrial, con la instalación generalizada de industrias con o sin frente de agua, que se servirán de las extensas facilidades en cuanto a vialidades y

medios de transporte marinos y terrestres, así como de la especialización de los P. A. para el manejo de diversos productos (materia prima, manufacturas o semi elaborada), desde el mar hacia la región interior y en sentido inverso.

5.3.6 La Operación Portuaria, Equipo de Transbordo y Esquemas Operativos

El incremento del comercio mundial ha originado la creación de una red de transportes que puede enlazar cualquier lugar del planeta; el desigual reparto de las fuentes de materias primas y los centros industriales, la competencia internacional y los precios de las mercancías han obligado al aumento en la eficiencia de la red de transporte para hacer más fluido el intercambio comercial.

En esta red de transporte, los puertos constituyen un eslabón que enlaza y coordina a los modos de transporte en tierra y agua, por lo que deberán entenderse y analizarse las estructuras físicas y las organizaciones humanas que harán posible la transferencia de mercancía y pasajeros con eficiencia.

El mismo conocimiento del transporte marítimo ha propiciado la especialización de la organización portuaria, instalaciones, flota mercante y el sistema de transporte terrestre, a fin de absorber ese conocimiento en forma eficiente y económica.

La organización apropiada y eficiente del tráfico portuario, es la finalidad de la administración portuaria, la **Operación**

Portuaria como parte de la administración, y se encarga de adecuar las múltiples maniobras que se requieren para permitir la transferencia de la carga y pasajeros del transporte marítimo al terrestre y viceversa, con eficacia, economía y seguridad.

Entenderemos la operación portuaria como el conjunto de actividades organizadas, estructuradas y complementarias, realizadas por personas o grupos de personas, y que contribuyen al logro de los objetivos funcionales del puerto.

Las actividades más importantes que constituyen la operación portuaria, pueden ser clasificados en tres grupos principales:

- › Las destinadas a atender a la embarcación.
- › Las realizadas en la frontera tierra – mar.
- › Las ejecutadas en tierra.

Al primer grupo pertenecen todos aquellos servicios y operaciones destinadas a atender el barco, y comprenden desde las ayudas que requiere el barco a su llegada al puerto, hasta que sale de él, una vez que se han realizado todas las maniobras de carga y descarga y otros relacionados con sus movimientos dentro del puerto.

Las segundas se refieren fundamentalmente a la transferencia de carga de tierra a mar o viceversa, en tanto que los terceros comprenden una serie de operaciones básicas, como el

almacenamiento y otras complementarias, actualmente llamadas de valor agregado, incluyendo la consolidación y desconsolidación de contenedores, limpieza y reparación de los mismos; además, la transmisión de información por vía electrónica, sobre las características de la carga de exportación hacia el puerto de destino, etc.

La coordinación de la operación debe contemplar a tres usuarios principales del puerto: la mercancía, el barco y el transporte terrestre.

La planeación de las operaciones abarca ámbitos temporales diferentes, que van desde algunos días, a una o dos semanas, inclusive, hasta las que se refieren a las previstas diariamente para cada turno de operación. Incluye desde la asignación de posiciones de atraque para los barcos que arriban, hasta la evaluación de los resultados de la operación total del barco, una vez que este zarpó.

Este ciclo general normalmente se divide en tres grupos principales:

- › Antes del arribo del barco. Comprende la asignación de posición de atraque y la planeación de las operaciones de carga y descarga.
- › Cuando el barco ya ha atracado. Comprende el control, organización y supervisión de las maniobras de carga y descarga y servicios al barco durante el tiempo que permanece en el muelle.

- › Cuando el barco ya zarpó, en la cual se evalúan los resultados de las operaciones anteriores.

Tipos de Operación

La clasificación de las operaciones portuarias puede hacerse desde varios puntos de vista: el tipo de tráfico, tipo de la mercancía, punto de la realización por la vía que sigue la mercancía. Es precisamente esta última sobre la cual se enfocará la siguiente clasificación:

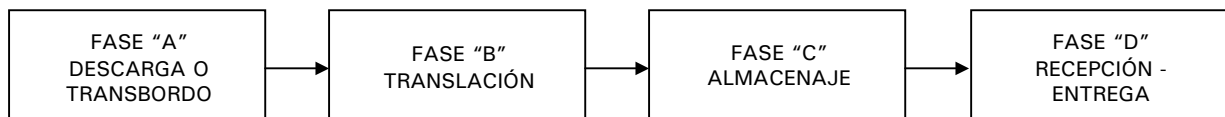
Vía Directa: Se realiza el paso directo del barco a camión, a vagón, a tubería entre buques. Aunque es la más eficaz,

es la más difícil de realizar por la coordinación que debe existir en la operación portuaria.

Vía Semidirecta: La carga se almacena provisionalmente en el muelle o en zonas especiales para el almacenamiento de breve duración, antes de su evacuación del puerto.

Vía Indirecta: La mercancía se almacena temporalmente en tinglados, silos, depósitos o en parques al aire libre, mientras se espera su evacuación del puerto. Este sistema se emplea con la mayor parte de las mercancías de importación o exportación.

Fases de la Operación



Rendimientos Portuarios

Dentro del puerto, se produce una confluencia de intereses de las distintas partes que intervienen en la operación portuaria, estos intereses pueden entrar en conflicto cuando actúan sin coordinación común a todas las partes.

Es por ello, que deben obtenerse el mayor número de datos sobre el resultado de operaciones, ocupaciones, rendimientos, etc. y ser utilizados para deducir una valoración u opinión sobre el conjunto del puerto en general, y sobre las operaciones en particular y poder

adoptar las medidas necesarias para corregir situaciones o mejorar los resultados.

En un primer caso para averiguar la eficacia, intensidad y calidad de los servicios que ofrece el puerto a sus usuarios, es útil la aplicación de unos sencillos índices primarios. Posteriormente se podrán aplicar unos índices secundarios relacionados aritméticamente con los anteriores, dejando éstos para la planificación del puerto.

Indicadores Primarios

- I. Movimiento de la mercancía en el puesto de atraque (con el se trata de examinar los rendimientos y el grado de utilización de las instalaciones de atraque, midiéndose por el tonelaje manipulado por el puesto de atraque y el tonelaje manipulado por metro lineal del muelle).
- II. Estadía del buque (su aplicación de una idea de la calidad del servicio ofrecido al buque)
- III. Ocupación de los puestos de atraque (se expresa mediante la tasa bruta de ocupación del puesto de atraque, que es la relación entre el número total de horas en que el puesto de atraque estuvo ocupado por un buque y el número total de horas).
- IV. Productividad de los buques (se obtiene una idea clara de la eficiencia de los puestos de atraque en la manipulación de la carga, se mide en toneladas manipuladas por hora de trabajo y buque).
- V. Productividad de la mano de obra (intervienen los recursos del personal utilizados para alcanzar una productividad determinada, se valora por medio del costo de la mano de obra por tonelada, incluyendo las cuadrillas de a bordo, en muelles y tinglados).

Para la aplicación de estos índices deberá fraccionarse previamente al puerto en unidades homogéneas (tipo de mercancía, muelles similares, etc..), y ser estudiadas por separado. De otro modo los resultados pueden estar influidos por rendimientos parciales extremos que alteran el carácter fundamental que poseen y que no es otro que mostrar valores medios.

Operaciones Ordinarias (carga general suelta)

Las operaciones de carga y descarga comprenden las maniobras que se realizan en tierra y las que se llevan a cabo a bordo (**Ver Figura 5.188**)

- a) Operación a bordo: Comprende las operaciones de estiba, desestiba y transbordo. A su vez, tanto la estiba como la desestiba comprenden dos fases: el enganche o desenganche del medio de izado y la colocación o remoción de la bodega.
- b) Operación en tierra: Incluye todas las maniobras que se efectúan en tierra, desde que la carga es recibida en el puerto hasta que se carga en el barco o viceversa, se dividen en las siguientes fases: carga o descarga, almacenamiento, traslado y evacuación.

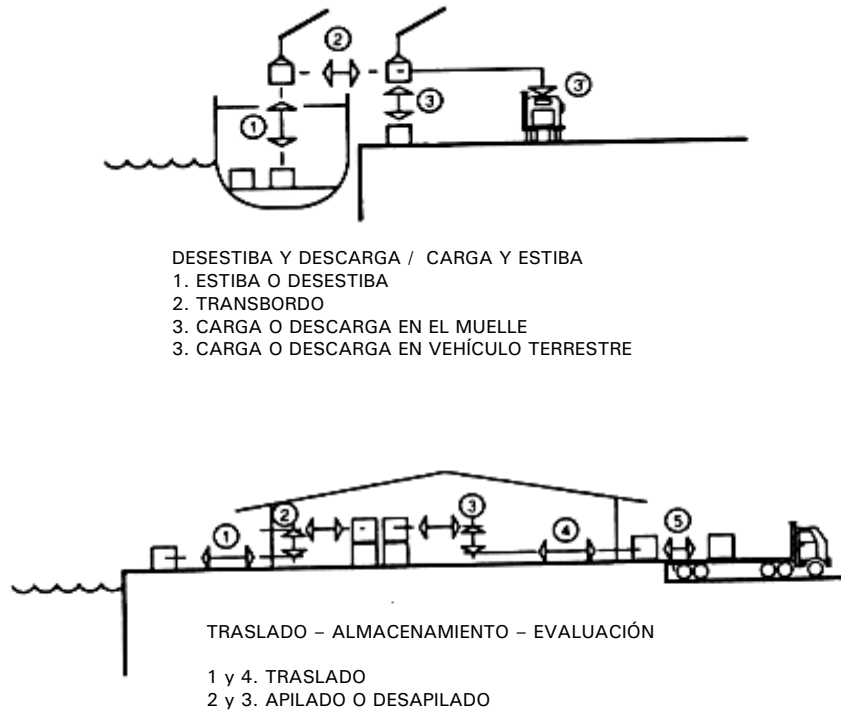


Figura 5.188 Operaciones Ordinarias

Se incluyen en este grupo todas aquellas que se realizan en muelles generales con equipos universales, aunque se utilicen dispositivos adecuados para el manejo de la carga. Se excluyen por lo tanto las mercancías que se manipulan con instalaciones especiales, ya sean graneles, sólidos, líquidos, contenedores, etc.

Como conclusión mencionaremos que por la multitud de factores que intervienen, y las diferentes circunstancias que existen pueden originarse muchos tipos de operaciones, pero es preferible agruparlas en tipos similares con sus características diferentes discernidas, y analizar sus necesidades y modalidades de trabajo.

"Cada operación organizada de una forma adecuada, requerirá de un equipo

idóneo de acuerdo a sus características, por lo que su rendimiento y costo será una consecuencia directa de la organización".

Almacenamiento y Expedición

Las vías indirecta y semidirecta en cuanto exigencias de almacenaje, recepción, control y expedición de la mercancía, se explicarán en este apartado.

Los principios básicos que deben regir la estancia de la mercancía en almacenaje son los siguientes:

- » Distribuir la superficie de almacenaje en forma que la mercancía pueda evacuarse con rapidez y seguridad.

- › Separar adecuadamente los tipos de carga para facilitar la identificación, recuento, inspección y desalojo, evitando manipulaciones adicionales.
- › Separar las mercancías peligrosas, contaminantes y de alto riesgo.
- › Apilar en forma correcta para evitar deterioros o sobrecargas tanto a la mercancía como a la superficie de carga, pero tendiendo a utilizar el menor espacio.

Por las características y requerimientos de la mercancía, es difícil enclavar en un encuadre normalizado los tipos de almacenaje, pero es posible de realizarse en sólo tres tipos:

1. Bodegas. Cubierto a la intemperie
2. Cobertizos. Bajo techo
3. Patios. Al aire libre

De aquí solo falta considerar los servicios necesarios para que la carga no sufra deterioros o desperfectos durante su estancia en el puerto. En cada caso debe tenerse presente el tipo de mercancía y su forma de presentación.

Recomendaciones Generales de Almacenamiento

Para la carga general fraccionada, se requiere almacenamiento cubierto (bodegas). Estos almacenamientos suelen disponerse en primera línea si la estancia es breve (bodegas de tránsito), y en segunda línea cuando la estancia es más prolongada (bodegas estacionarias).

Para la carga paletizada y unitizada suele aplicarse igual tratamiento, pero con mayor facilidad.

En el caso de contenedores, salvo el caso de llenarlos o vaciarlos en puerto (bodega de consolidación), el almacenaje obedecerá a consideraciones de clasificación y distribución complicados a cielo abierto.

En el caso de contenedores refrigerados existen tomas eléctricas.

Para los graneles se utilizan generalmente depósitos fijos, cerrados y especialmente acondicionados para cada producto, siendo la expedición de los mismos por tuberías o bandas. Estos depósitos debido a la facilidad de enlace con el puerto, pueden estar alejados de los muelles. Para los graneles sólidos puede ser conveniente algún cubrimiento superficial a efectos de evitar la contaminación del medio ambiente externo.

Los grandes depósitos de graneles exigen por lo general, elementos de manipulación especiales, adecuada ubicación y un efectivo enlace (transportadores), entre el buque y el depósito, aunque en realidad están limitados por alcances tecnológicos. Es frecuente el uso de furgones de ferrocarril cuando se manejan grandes volúmenes de recepción o entrega en el puerto.

Los productos líquidos no revisten dificultad alguna en su operación de almacenamiento, esta mercancía puede considerarse como graneles sólidos con una manipulación de sus características

debido a su carácter de fluido. La principal de ella es la independencia de mano de obra y el ritmo continuo de las operaciones a través de sistemas de bombeo. Se deben considerar como elementos fundamentales de almacenaje:

- › La clasificación de los productos líquidos
- › Conducción por medio de tuberías desde el puerto de atraque hasta la planta, incluyendo el sistema de bombeo
- › Planta de almacenamiento

Recepción Entrega

Para el caso de mercancías en general, reviste la gran importancia administrativa por suponer un cambio de responsabilidad, según el tipo de contrato de venta y transporte, pero en todo caso el trámite aduanero obliga a este control. En el caso de graneles, la operación resulta mucho más sencilla.

Una vez realizada la operación de descarga a la llegada de la mercancía al puerto, y en la que el transportista puede no tener ninguna responsabilidad, se procede a la clasificación y recuento de la mercancía en estrecha relación con el apilado o estiba previa a la entrega o recepción. El recuento subsiguiente y la entrega admite observaciones y reclamos por escrito del **"Conocimiento de Embarque"**, documento esencial del transporte marítimo.

Para la salida de la mercancía del puerto, esta operación suele ser más fácil pues

el traslado de menor unidad de carga facilita la operación de recuento.

Actualmente la carga general transita en contenedores o unitizada, especialmente en grandes volúmenes regulares y simplifican el problema en todos los sentidos, pudiéndose recurrir al procesamiento de información a través de computadoras y sistemas electrónicos.

La entrega se relaciona con los accesos para el transporte terrestre y deben ser planeados para el transporte terrestre y un movimiento sin obstrucción de los vehículos que entran y salen, ya sea vacíos o cargados, sin interferencia para las operaciones de manejo de carga y sin intersecciones con los patios de almacenamiento al descubierto, debiendo existir un fácil acceso a las cargas almacenadas a la intemperie.

Los accesos terrestres del puerto estarán conectados a las redes de carreteras y ferrocarriles, de tal forma que no existan congestionamientos que provoquen un cuello de botella en el flujo de mercancías en la recepción y entrega.

Equipo Portuario

El trabajo en los puertos estuvo tradicionalmente marcado por el empleo masivo de mano de obra, y unido a la heterogeneidad de la mercancía hacia las operaciones onerosas y lentas.

El hacer unitarias las cargas aunado a la mecanización, ha conducido a obtener efectos favorables como:

- › Menor estadía del buque por su pronto despacho.
- › Abaratamiento de operaciones
- › Especialización de la mano de obra
- › Reducción del esfuerzo humano y accidentes.

La tendencia a la mecanización es cada vez más irreversible y está en línea la modernización y especialización de los medios de transporte; su escalonamiento o puesta en marcha debe tomarse cuidadosamente por los efectos sociales que provoca.

Criterios de Elección de Maquinaria

Existen principios básicos que forman criterios sólidos para la selección de maquinaria, como son:

- › La maquinaria seleccionada debe ser la aproximada para la tarea a realizar, en calidad y rendimiento.
- › Que sea amortizada a precios de reposición durante su vida útil
- › Que su economía supere los costos de mantenimiento
- › Que sea rentable en su trabajo y atraiga nuevas operaciones

La realidad es que las condiciones existentes, suponen un reto al momento de afrontar la compra de un parque de maquinaria y que éste no quede rápidamente obsoleto por los progresos tecnológicos.

La maquinaria es costosa de adquirir, mantener, reponer y aunado a lo anterior las deficiencias de operación pueden ser los obstáculos decisivos al progreso de mecanización. No todo es tan sencillo como para que pueda resolverse con la compra de equipo nuevo.

5.3.6.1 Clasificación de Equipo y Descripción Técnica Básica

El equipamiento portuario, como se especificó en el capítulo 4, podrá ser partícipe dentro del sistema de transporte multimodal y se le designó como **Equipo de Transbordo**, para el caso del puerto.

Clasificación de	Equipo
Elevación (vertical)	Cargador Frontal Bulldozer Grúa Hidráulica Grúa Mecánica Montacargas Grúa de Barco Grúa de Patio Grúa de Muelle (grúa pórtico o semipórtico) Succionadoras
Traslación (horizontal)	Tractores de Arrastre Tractores de patio Ferroviario Industrial
Plataformas Chasis Bandas Transportadoras Ductos, Cargadores, etc.	
Aparejos de Izar	Eslingas, Ganchos, Redes, Barras y Rodillos Almejas, Aparejos de

Sujeción

Pallets

Tolvas

Spreaders

Garzas, etc.

A continuación se presentan una serie de tablas con características generales de dimensiones de los equipos utilizados.

Instrumentos de Medición

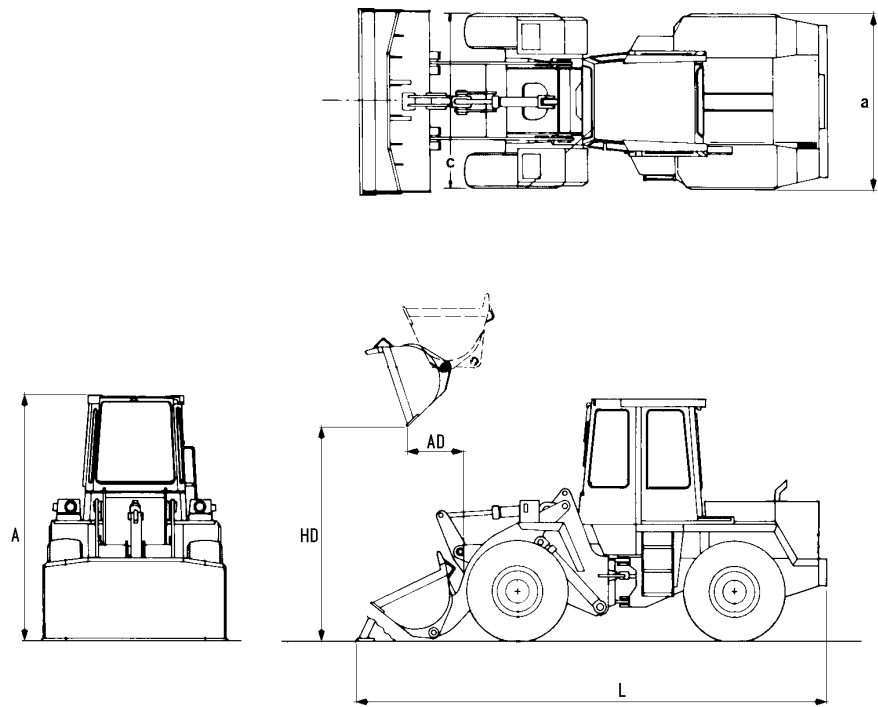
Básculas

Manómetros

Termómetros, etc.

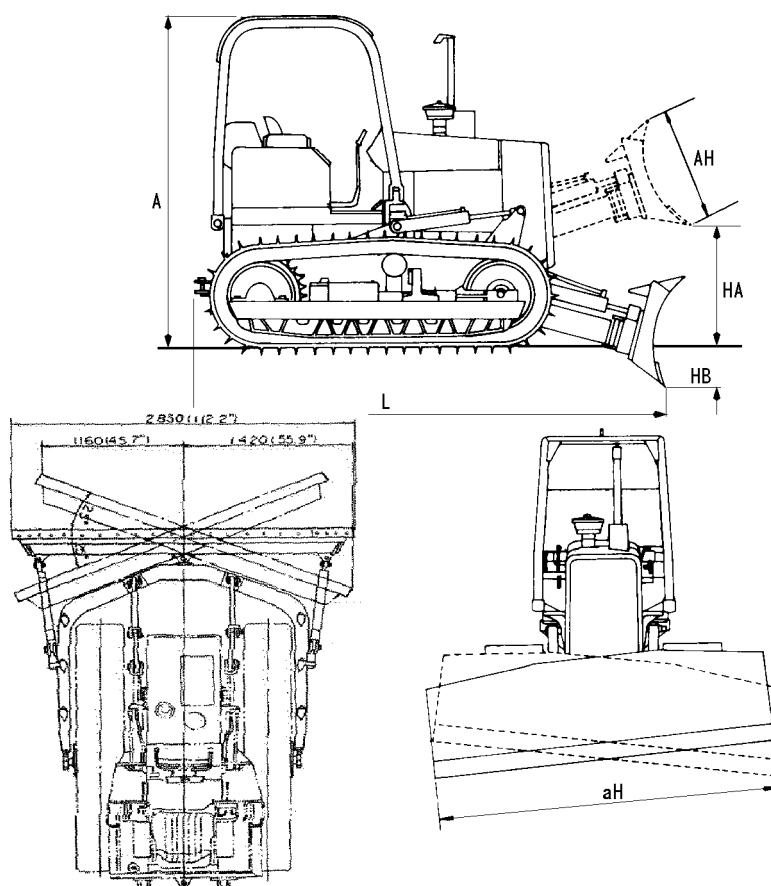
TABLA 5.25

CARACTERÍSTICAS DE CARGADOR FRONTAL



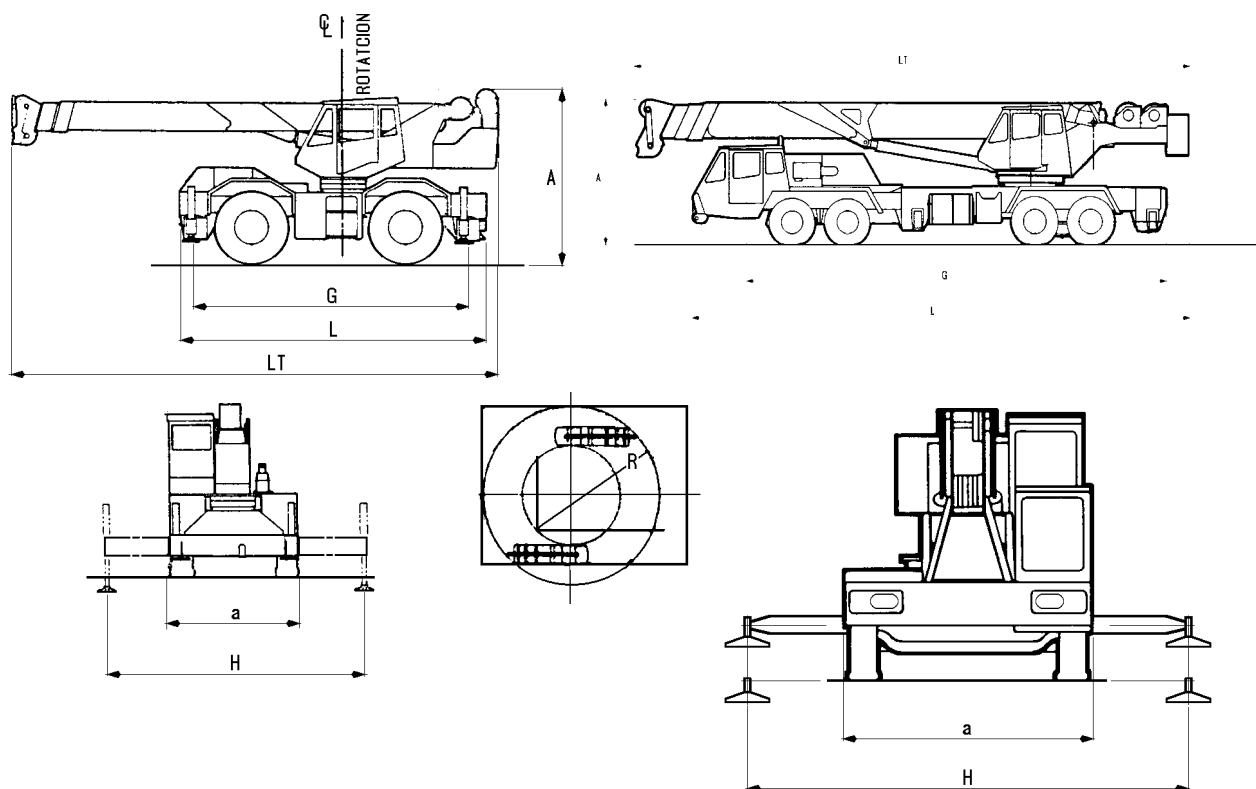
Largo L (m)	Alto A (m)	Ancho a (m)	Alcance de Descarga AD (m)	Altura de Descarga HD (m³)	Capac. de cucharón (m³)	Radio de giro (m)	Peso vehic. de operación (Kg)	Carga a alt.max. (Kg)	Carga a nivel del suelo max (Kg)	Velocidad (kph)
4.64	2.90	2.00	0.85	2.32	1.00	4.05	5,130	2,200	3,100	28.00
5.60	2.78	1.99	0.76	2.81	0.70	4.74	5,940	2,174	4,594	35.00
6.33	3.21	2.34	0.96	2.76	1.50	5.45	9,100	5,550	8,450	34.00
6.88	3.14	2.42	0.85	2.79	1.60	5.91	10,881	5,302	10,757	39.00
7.17	3.03	2.49	1.05	2.81	2.10	5.37	12,910	6,465	16,535	40.00
7.24	3.22		1.04	3.90	2.40					

TABLA 5.26
CARACTERÍSTICAS DE BULLDOZERES



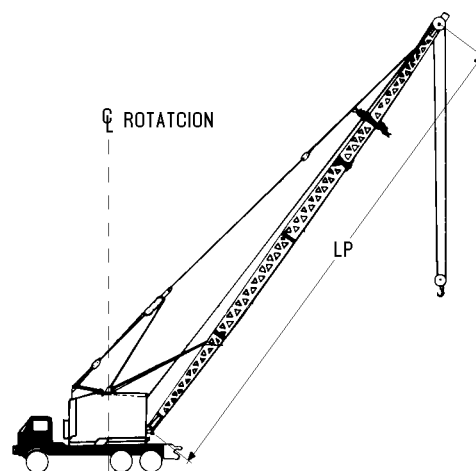
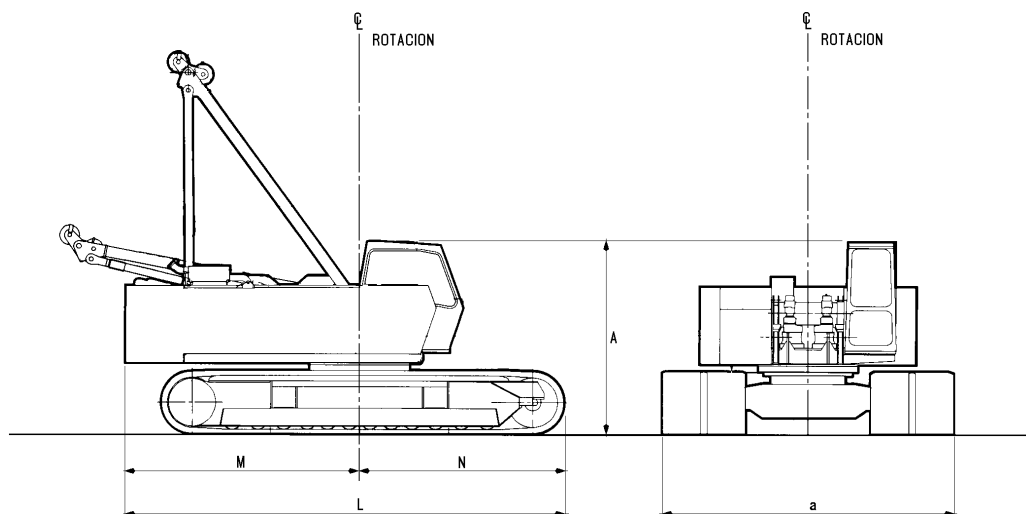
Largo de la hoja (m)	Largo L (m)	Ancho A (m)	Alto de hoja aH (m)	Ancho de hoja aH (m)	Peso vehic. de velocidad (Kg)	Potencia de motor (hp)	Alzado de hoja HA (m)	Bajado de hoja HB (m)	Velocidad máxima (Km/hr)
3.86	2.56	1.32	0.81	2.29	6,615	70	0.95	0.32	10.40
5.00	3.05	1.88	0.97	3.35	15,422	120	1.07	0.57	10.50
4.92	3.20	1.88	1.02	3.86	16,610	165	0.97	0.54	10.50

TABLA 5.27
CARACTERÍSTICAS DE GRÚAS HIDRÁULICAS
Autopropulsadas y Montadas sobre Camión



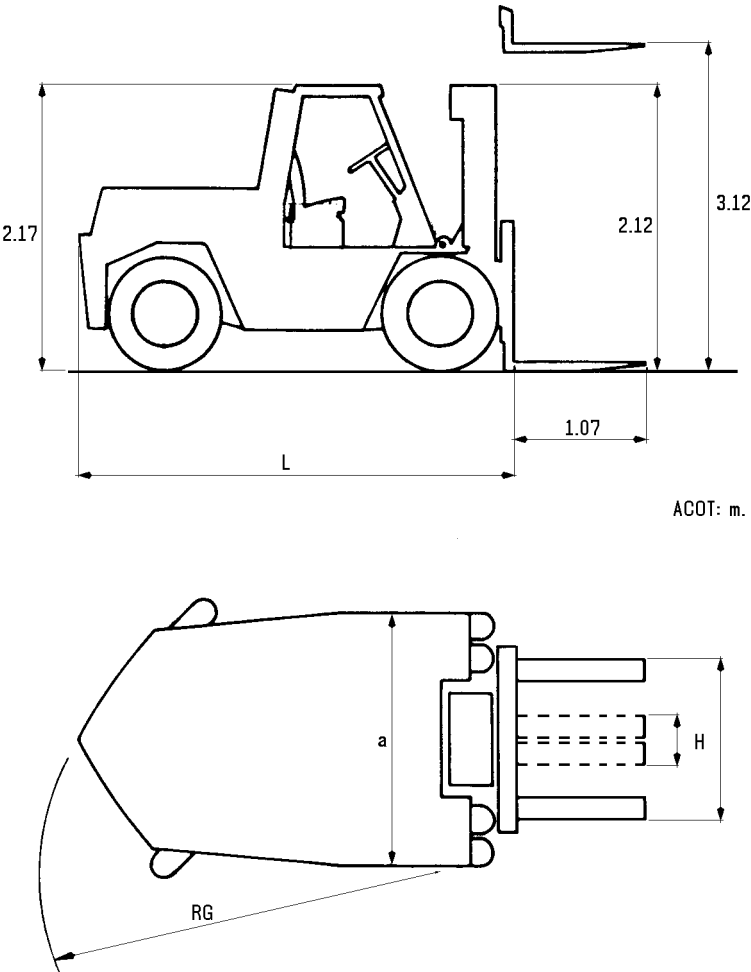
Largo de carro L (m)	Alto A (m)	Ancho a (m)	Largo total LT (m)	Base de apoyo GXH (m)	Radio de giro R (m)	Peso vehic. de operac. (Kg)	Capacidad de carga (ton)	Alt max. de operación (m)	Velocidad máxima (Km/hr)
5.93	3.27	2.44	9.68	5.02 x 5.26	18.80	17,722	18	31.10	42.30
6.59	3.48	2.44	11.81	5.43 x 5.87	21.15	24,160	35	40.80	43.40
7.68	3.55	2.98	12.33	7.69 x 6.91	24.28	33,648	45	52.10	38.60
9.40	3.94	3.50	14.40	7.50 x 8.80	14.70	60,350	100	61.30	30.00
10.84	3.29	2.44	10.84	5.36 x ---	—	22,138	28	41.80	77.00
11.69	3.41	3.00	13.63	7.01 x 5.83	32.21	37,405	66	57.60	81.00
12.17	4.23	3.40							

TABLA 5.28
CARACTERÍSTICAS DE GRÚAS MECÁNICAS
Pluma de Celosia, Operación sobre Tracción



Largo L (m)	Alto A (m)	Ancho a (m)	M (m)	N (m)	Largo de pluma LP (m)	Radio de giro (m)	Peso vehic. de operac (Kg)	Cap. de carga (Kg)	Cap. nominal de carga (Ton)	Tracción	Velocidad máxima (Km/hr)
12.16	4.23	3.40							56.40	Ruedas	
9.58	3.81	3.15	6.5	3.08	39.65	17.83	40,900	28,150	50.00	Ruedas	71.60
7.96	3.53	2.74	2.55	5.41	33.55	12.17	31,200	25,350	35	Ruedas	65.10
7.42	3.27	4.95	3.45	3.97	33.55	18.00	67,701	24,000	88	Orugas	1.60
4.57	-	4.00	-	-	30.48	-	-	37,900	45	Orugas	-

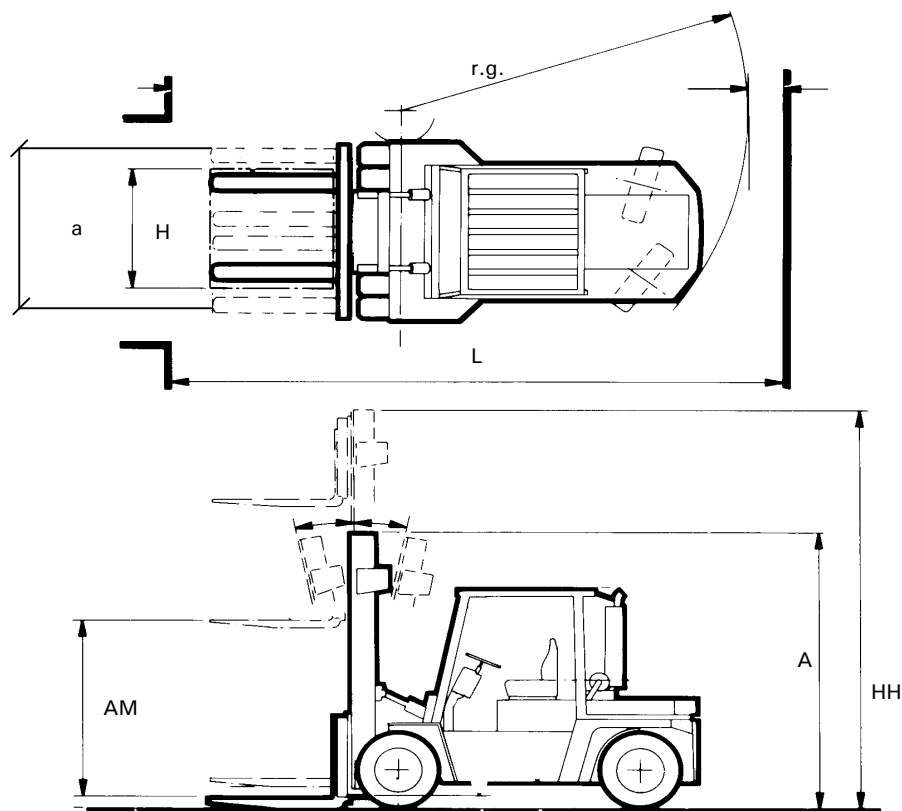
TABLA 5.29
CARACTERÍSTICAS DE MONTACARGAS ELÉCTRICOS
Ruedas Neumáticas, Equipo Estándar



ACOT: m.

Largo L (m)	Ancho a (m)	Ajuste de horquillas H (m)	Radio de giro RG (m)	Peso vehicular de operación (Kg)	Capacidad de carga (Kg)	Velocidad de traslado (Km/hr) Vacío- cargado	Velocidad de Elevación (mm/seg) Vacío-cargado
2.04	1.07	0.20 – 0.90	1.83	3,860	(1,750) 3,500	11.3 – 10.3	
2.04	1.07	0.20 – 0.90	1.84	4,200	(2,500) 5,000	11.1 – 9.7	
2.10	1.10	0.20 – 1.00	1.89	4,690	(3,000) 6,000	10.8 – 9.3	
2.47	1.15	0.25 – 1.025	2.16			19.0 – --	500 – 480

TABLA 5.30
CARACTERÍSTICAS DE MONTACARGAS
Ruedas Neumáticas y Motor de Gasolina

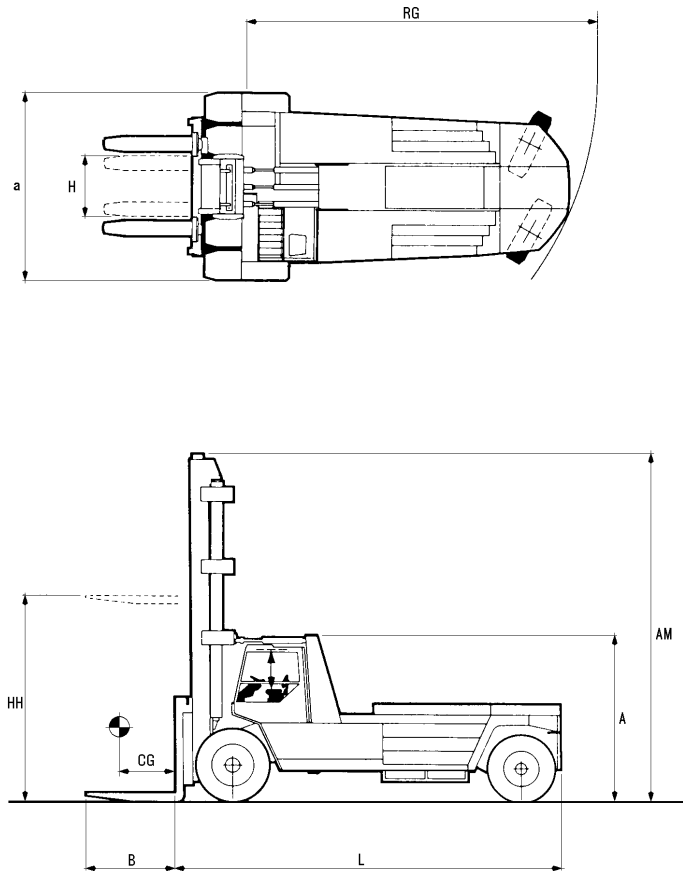


Largo L (m)	Alto A (m)	Ancho a (m)	Altura de mástil AM (m)	Ajuste de horquilla H (m)	Radio de giro r.g. (m)	Peso vehicular de operac. (Kg)	Capacidad de carga (Kg)	Velocidad de traslado (kph) Vacío - cargado	Pendiente vencida % Vacío - cargado	Alt. max. horquilla HH (m)
2.09	2.02	1.05	1.97	0.20 - 0.92	1.88	2,240	(1,000) 2,200	19.0 - 18.5	26 - 42	3.00
2.17	2.02	1.07	2.00	0.20 - 0.92	1.96	2,610	(1,500) 3,300	19.0 - 18.5	21 - 33	3.00
2.56	2.09	1.15	2.17	0.20 - 1.31	2.20	3,700	(2,500) 5,000	19.5 - 19.5	27 - 22	3.30
2.68	2.11	1.24	2.02	0.25 - 1.07	2.40	4,410	(3,000) 6,600	19.0 - 18.5	20 - 21	3.00
2.91	2.22	1.38	2.32	0.30 - 1.17	2.87	5,810	(3,625) 8,000	21.4 - 19.5	25 - 31	4.26
3.18	2.22	1.43	2.32	0.30 - 1.17	2.87	6,750	(4,535) 10,000	21.9 - 20.6	27 - 35	4.26

TABLA 5.31

CARACTERÍSTICAS DE MONTACARGAS

Ruedas Neumáticas y Motor de Combustión



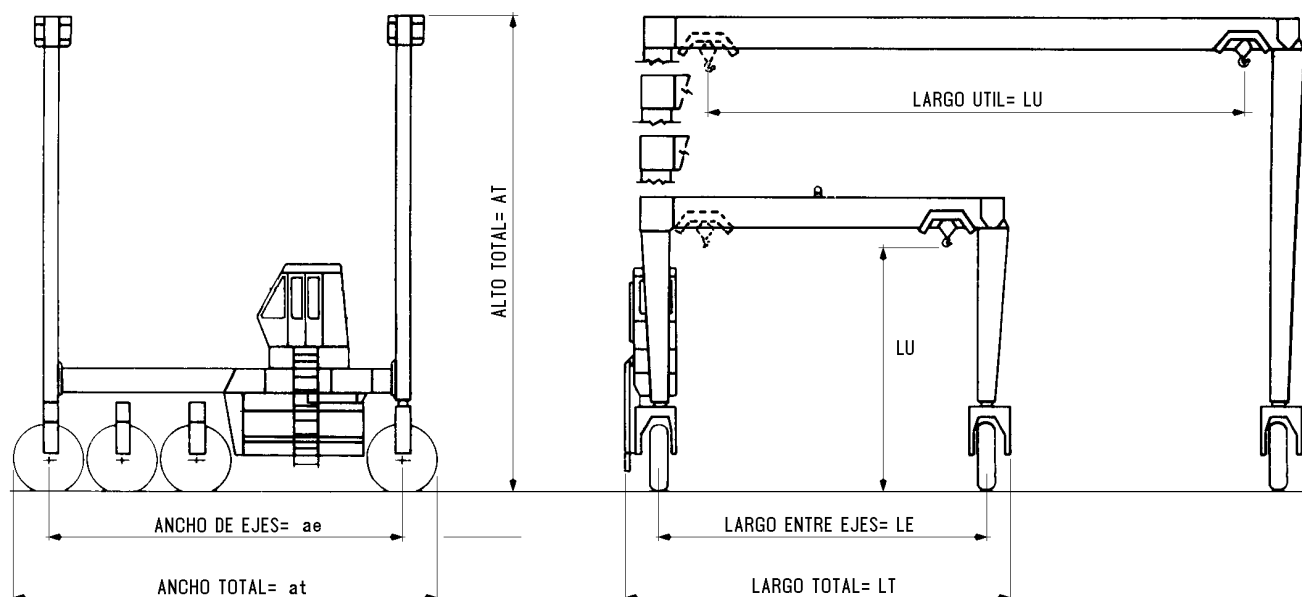
Largo L (m)	Alto A (m)	Ancho a (m)	Altura de mástil AM (m)	Largo de horquilla B (m)	Ajuste de horquilla H (m)	Radio de giro r.g. (m)	Peso vehic. de operac. (Kg)	Capacidad de carga LB (Kg)	Distancia al centro de carga CG (m)	Velocidad de traslado (kph) Vacío – cargado	Pendiente vencida % Vacío – cargado	Alt. max. horquill a HH (m)
¹ 3.35	2.25	1.78	2.73	1.20	0.30- 1.67	3.16	8,750	(7,000) 15,500	0.60	25-23	21-31	3.50
¹ 4.50	2.69	2.44	2.84	1.22	0.77- 2.03	4.25	12,200	(9,000) 20,000	0.60	24-23	33-60	3.10
¹ 5.00	3.05	2.90	3.90	2.10	0.95- 2.54	4.65	19,000	(1,500) 33,000	0.60	28-22	34.29	4.24
² 8.96	3.62	3.42	5.15	2.44	2.31- 821	5.88	39,500	(22,500) 50,000	1.22	25-22	26-20	8.21
² 1.27	5.10	4.10	6.40	2.44	2.31- 9.21	8.00	69,000	(40,000) 88,000	1.22	23-20	30-24	9.31
² 9.34	3.68	4.54	5.15	2.20	1.14- 2.60	10.10	71,180	(40,800) 90,000	1.50	30-24	28-33	6.50

NOTA: Altura máxima (AM) y mínima (A) de Spreader, respectivamente

1) Específico para manejo de semiremolques "Piggy Back"

2) Especifico para manejo de Contenedores

TABLA 5.32
CARACTERÍSTICAS DE GRÚA DE PATIO
Móvil de Ruedas Neumáticas

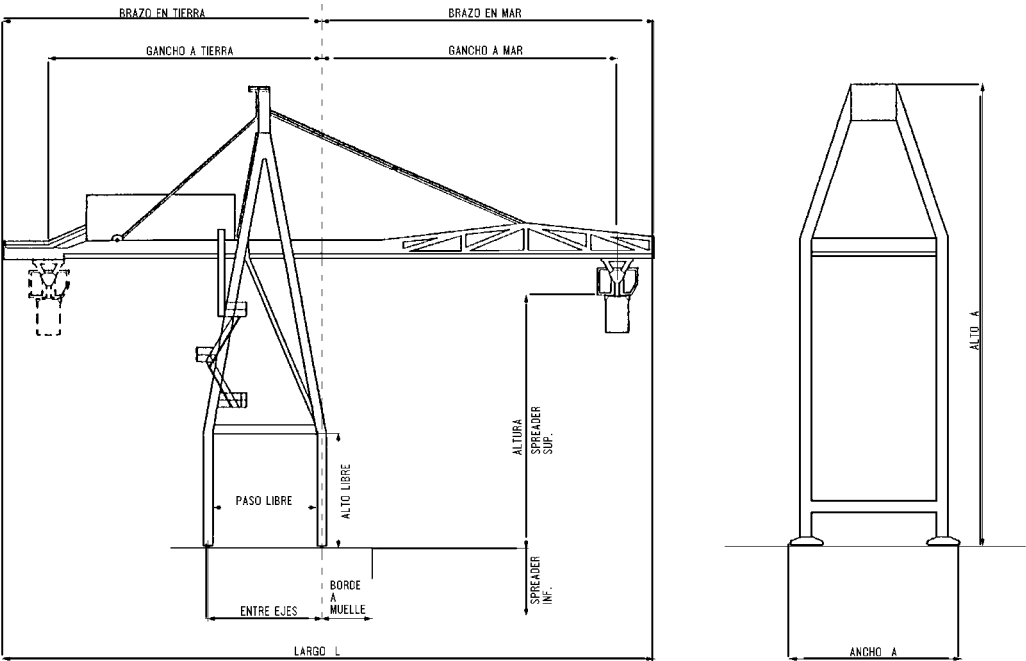


Largo total LT (m)	Alto total AT (m)	Ancho AT = total AE = (m) ejes	Largo entre ejes LE (m)	Largo útil LU (m)	Alto útil AU (m)	Radio de giro (m)	Paso vehicular de operación (Kg)	Capacidad de carga (Kg) LB	Pendiente vencida (%)	Velocidad máxima (kph)
6.27	5.72	5.89 4.57	5.16	3.58	4.85	7.29	13,585	(16,330) 36,000	15.0	12.40
12.34	10.59	7.42 6.10	11.25	9.68	9.73	13.21	17,373	(16,330) 36,000	11.5	12.40
23.50	11.50	6.50 —	23.47	12.00	15.24	24.84	—	(40,000) 88,100	—	8.00
26.00	21.45	10.40 7.50	23.47	18.34	14.80	—	—	(35,500) 78,200	—	8.00
28.60	16.80	— 9.00	25.80	21.50	9.90	—	—	(35,500) 78,200	—	2.70

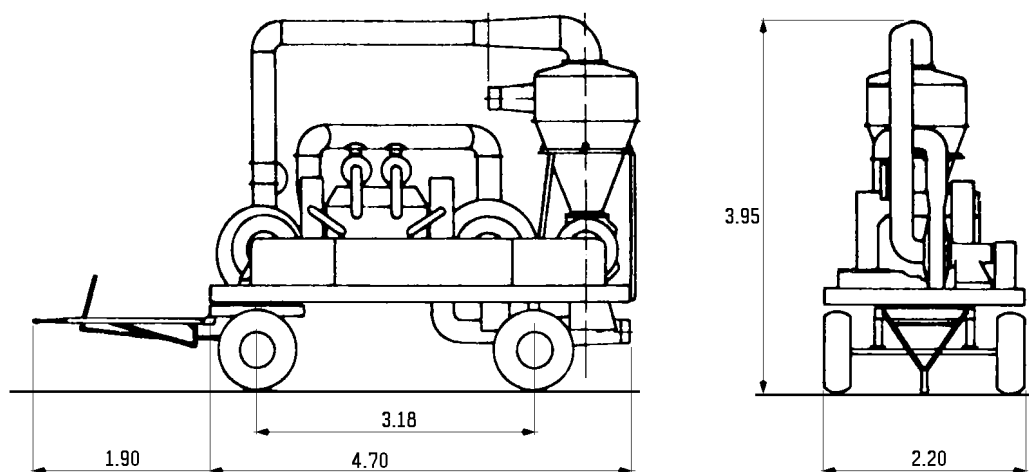
TABLA 5.33

CARACTERÍSTICAS DE GRÚA DE MUELLE

Sobre Rieles



Largo L (m)	Alto A (m)	Ancho a (m)	Paso libre Alto libre (m)	Entre ejes (m)	Borde a muelle (m)	Altura sup/inf (m)	Capac. de carga (ton)	Brazo en mar (m)	Brazo en tierra (m)	Gancho a mar (m)	Gancho a tierra (m)
91.88	52.70	28.70	29.00 13.00	30.48	2.80	25.601 17.10	36	41.83	50.05	38.18	41.15
93.25	50.00	30.40	18.00 12.00	20.00	6.53	28.00 15.00	36	46.00	47.25	39.00	34.00
100.00	62.42	31.68	— —	23.80	4.00	29.00 28.00	50	47.00	53.00	42.00	43.80



CAPACIDAD: 100 – 200 TON/HR
PESO: 3,950 – 4,370 Kg

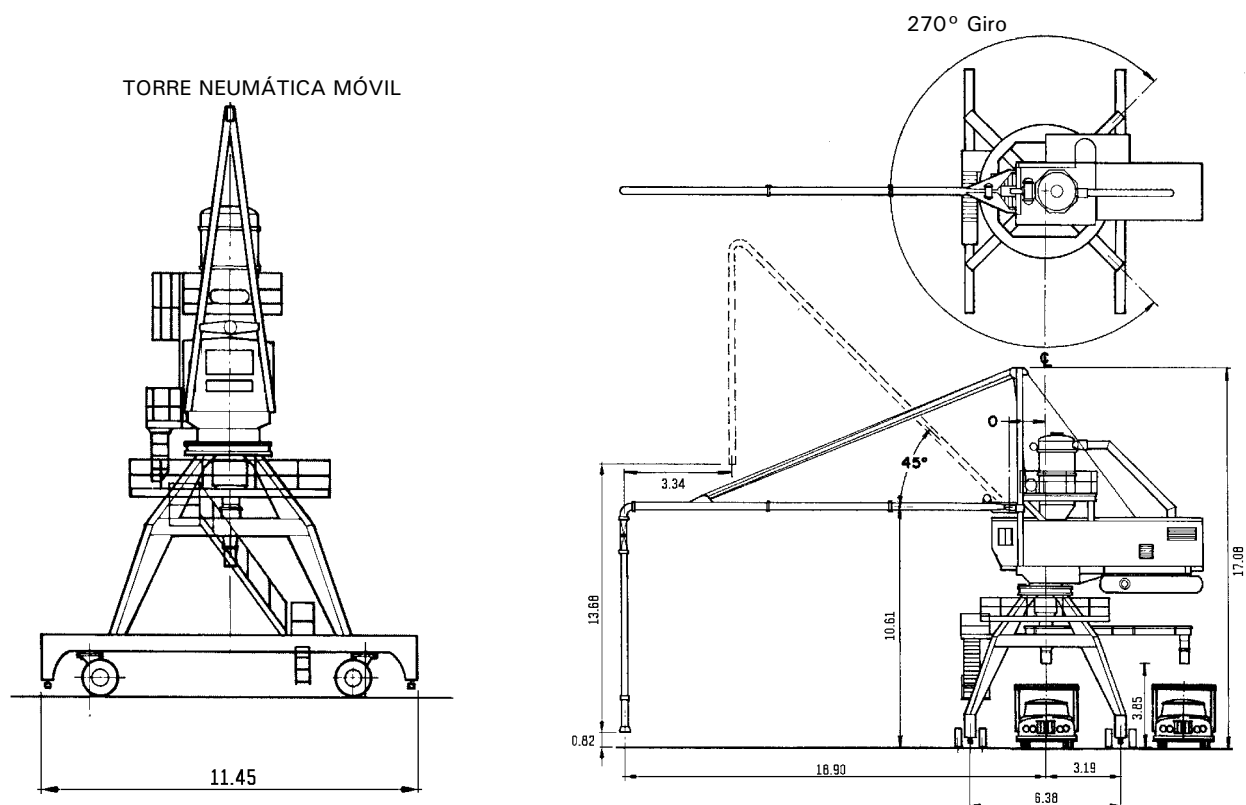
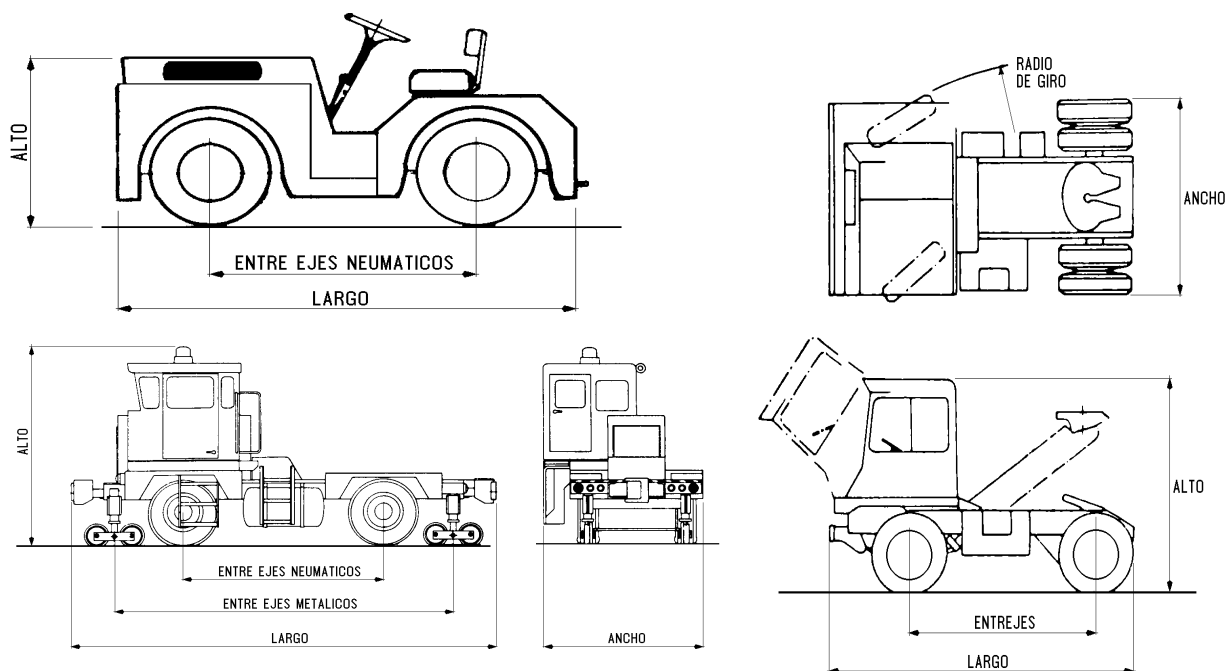


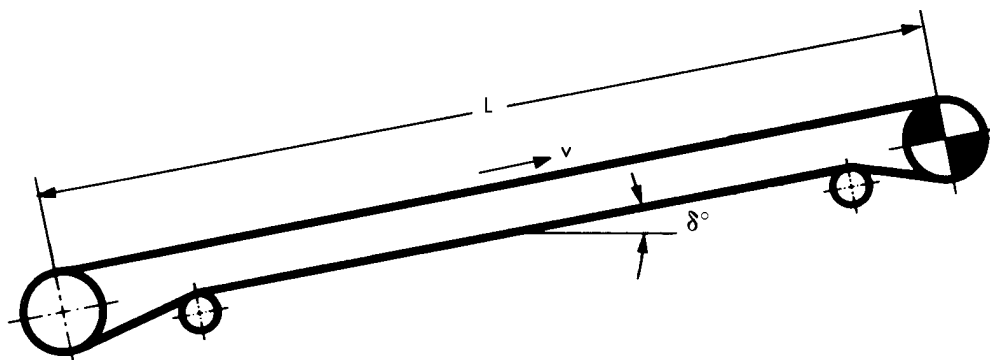
Figura 5.189 *Succionadoras (acot: m)*

TABLA 5.34
CARACTERÍSTICAS DE TRACTORES DE ARRASTRE
De Patio, Industriales y Ferroviarios



Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)	Distancia entre ejes neum (m)	Distancia entre ejes metal (m)	Tipo	Radio de giro (m)	Peso vehicular de operac. (Kg)	Capacidad de carga (Kg)	Velocidad máx. en rieles (kph)	Velocidad máxima (Km/h)
6.48	3.15	2.44	3.05	5.16	Ferroviario	–	15,876	Tiro 22,000 lbs	37.0	37.0
4.78	3.68	3.07	3.05	3.51	Ferroviario	–	19,051	Tiro 30,000 lbs	35.8	12.9
5.68	2.77	2.41	2.64	5.37	Patio/ Ferroviario	–	7,269	– 43,600	22.5	46.7
4.57	2.77	2.43	2.79	–	Patio	7.01	6,396	– 19,000	–	24.0
4.25	2.84	2.44	2.79	–	Patio	6.40	6,270	– 19,000	–	24.0
3.05	1.22	1.78	1.78	–	Industrial	4.14	4,900	Tiro 8,000 lbs	–	25.0

TABLA 5.35
CARACTERÍSTICAS DE BANDAS TRANSPORTADORAS



RESISTENCIA DE TRABAJO (POR CAPAS) DE FÁBRICA Kp/cm			EQUIVALENCIA DE TENSIÓN DE TRABAJO POR CAPA		
3	4	5	INDY Kp/cm	RMA lb/in	ISO Kg/cm
315	400	500	100	50	40
400	500	615	125	60	50
500	630	800	160	70	65
630	800	1,000	200	90	80
800	1,000	1,250	250	120	80
-	1,250	1,600	315	155	80
-	1,600	2,000	400	195	100
-	2,000	2,500	500	240	100
-	2,500	3,150	630	-	100

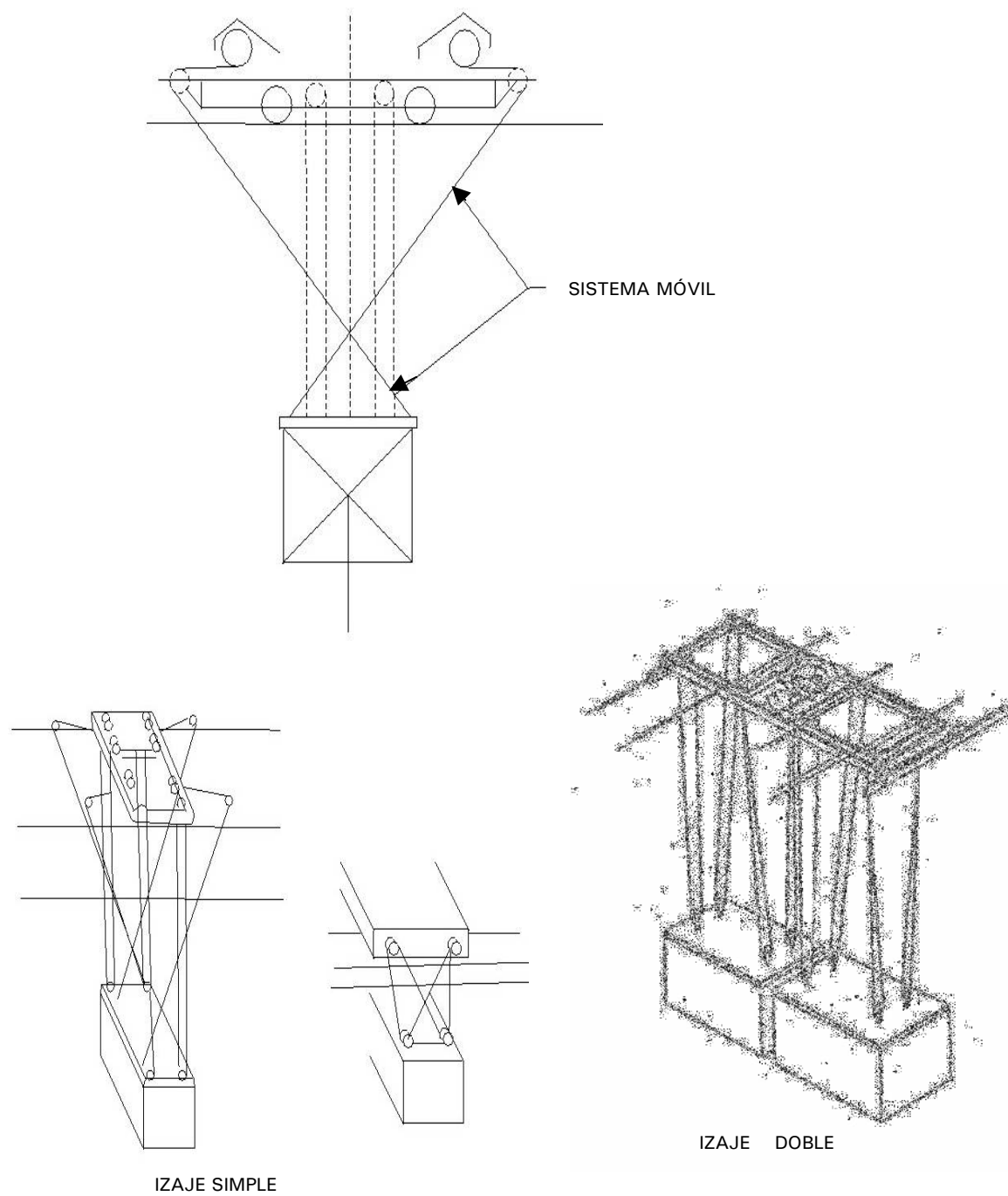
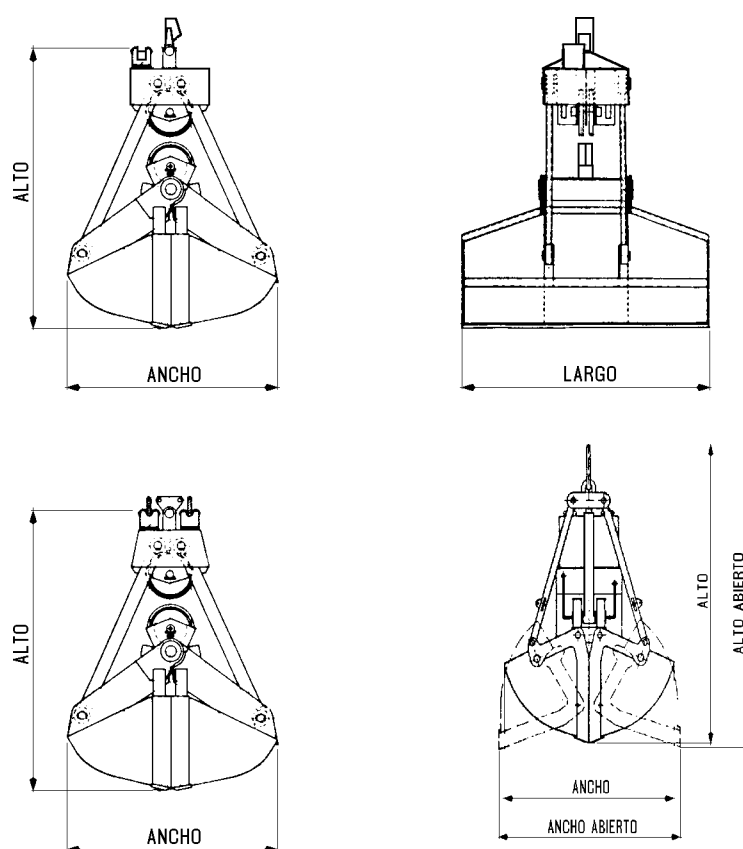


Figura 5.190 Elementos de Izaje

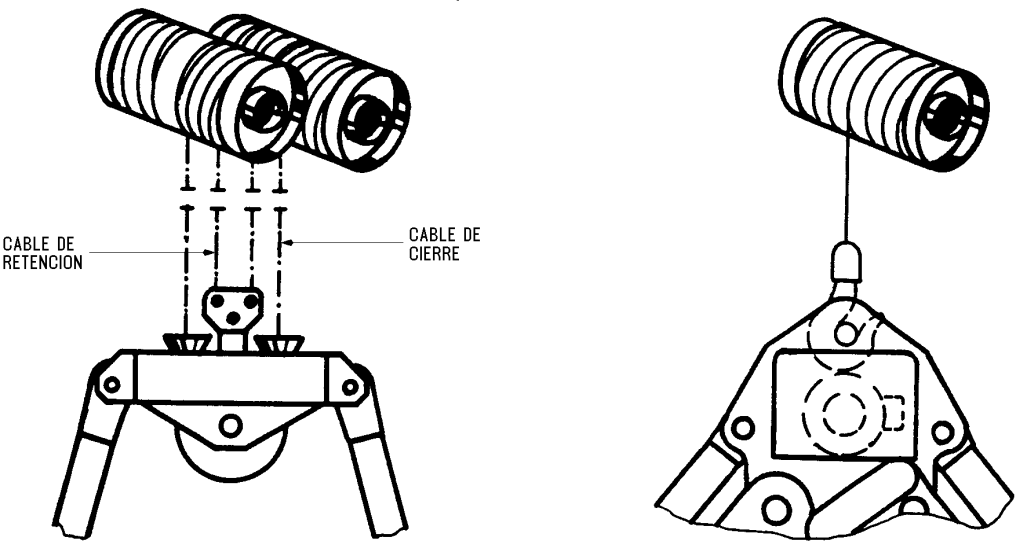
TABLA 5.36
CARACTERÍSTICAS DE ALMEJAS

Mecánicas de 2 y 4 Cables y Electrohidráulicas para Manejar Granel hasta una Densidad de 1 ton/m³



Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)	Alto abierto (m)	Ancho abierto (m)	Peso (Kg)	Capacidad de carga (m ³)
2 Cables						
1.65	2.72	1.82	2.88	2.75	1,220	2
2.30	3.65	2.50	3.87	3.77	3,000	5
2.90	4.65	3.08	4.96	2.90	6,000	10
4 Cables						
1.96	2.85	2.14	3.06	3.18	1,800	3
2.95	4.25	3.15	4.60	4.68	6,000	10
3.96	6.20	4.25	6.67	6.40	14,700	25
De motor						
1.25	2.20	1.76	2.17	1.86	1,500	2
3.20	3.58	3.32	3.35	3.65	5,500	10
3.60	4.40	3.75	3.95	4.00	9,400	15

TABLA 5.37
CARACTERÍSTICAS DE ALMEJAS
Mecánicas de 2 y 4 Cables y de Motor Electrohidráulica para Manejar Granel hasta una
Densidad de 2.5 ton/m³



Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)	Alto abierto (m)	Ancho abierto (m)	Peso (Kg)	Capacidad de carga (m³)
2 Cables						
1.25	2.20	1.50	2.43	1.79	1,155	0.8
1.69	2.95	2.04	3.27	2.45	2,885	2
2.15	3.82	2.59	4.27	3.06	5,750	4
4 Cables						
1.70	2.75	2.05	3.10	2.48	2,880	2
2.30	3.85	2.75	4.30	3.30	7,220	5
2.90	5.05	3.45	5.70	4.15	14,450	10
De motor						
1.15	2.35	1.76	2.39	1.90	1,600	1
1.78	2.95	2.41	3.00	2.65	3,700	3
2.30	3.52	2.96	3.40	3.40	6,650	6

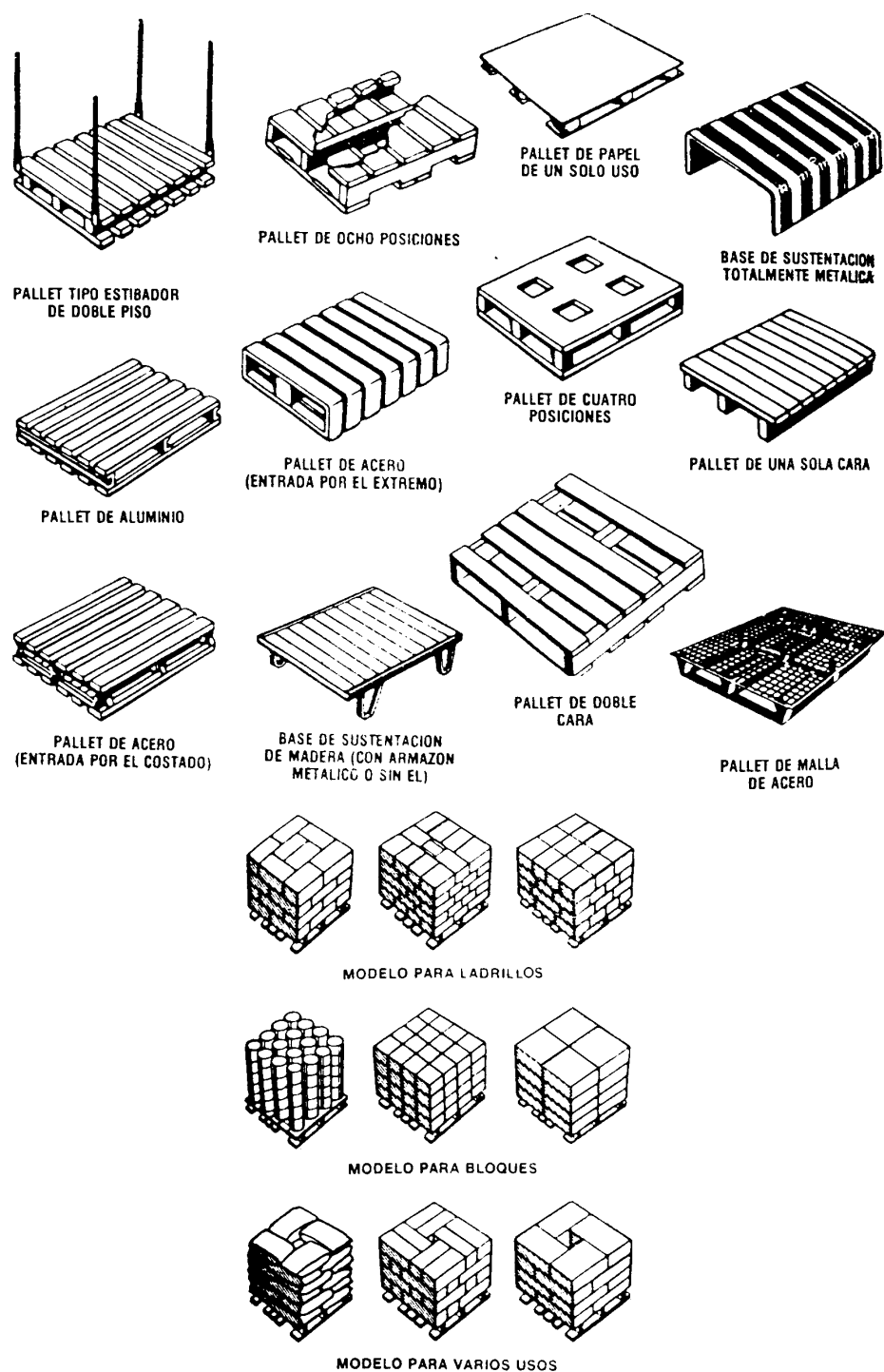


Figura 5.191 Aparejos de Izaje de Carga (Pallets)

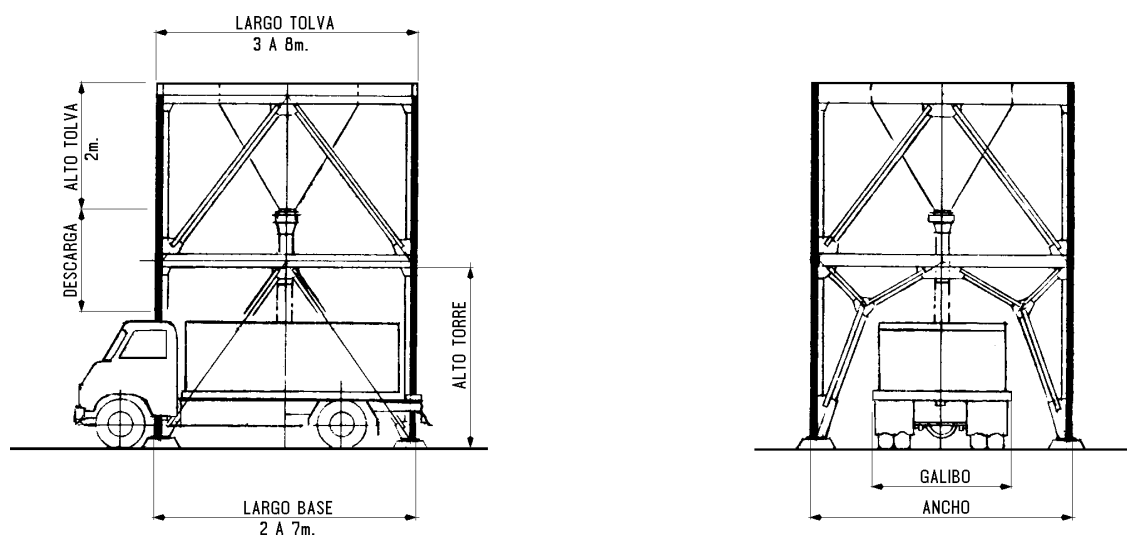
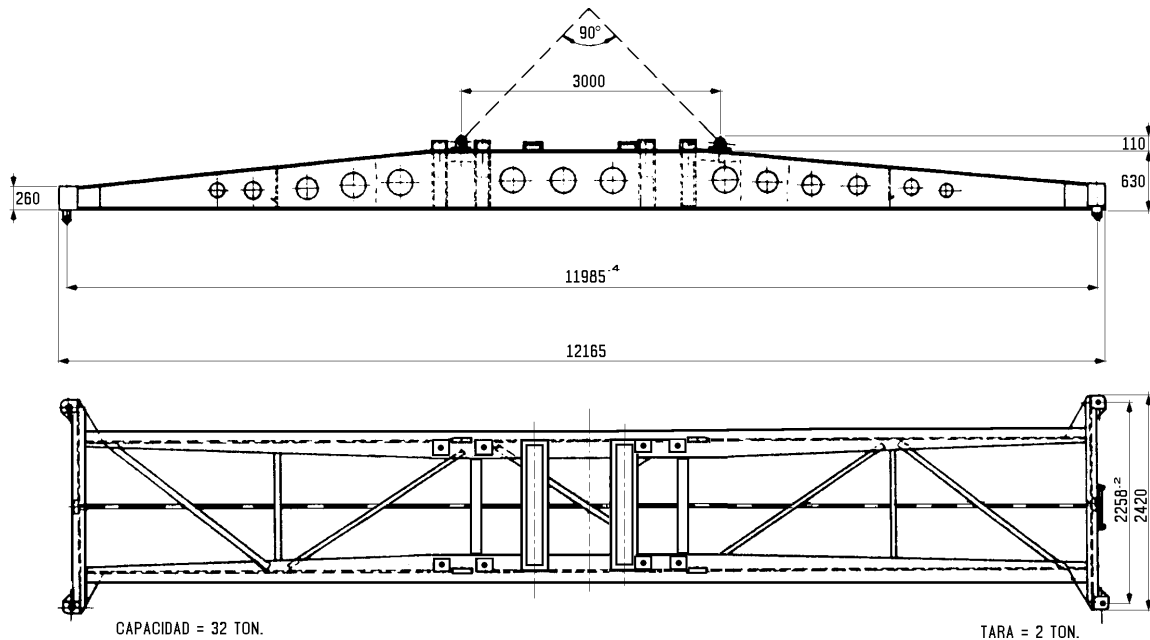
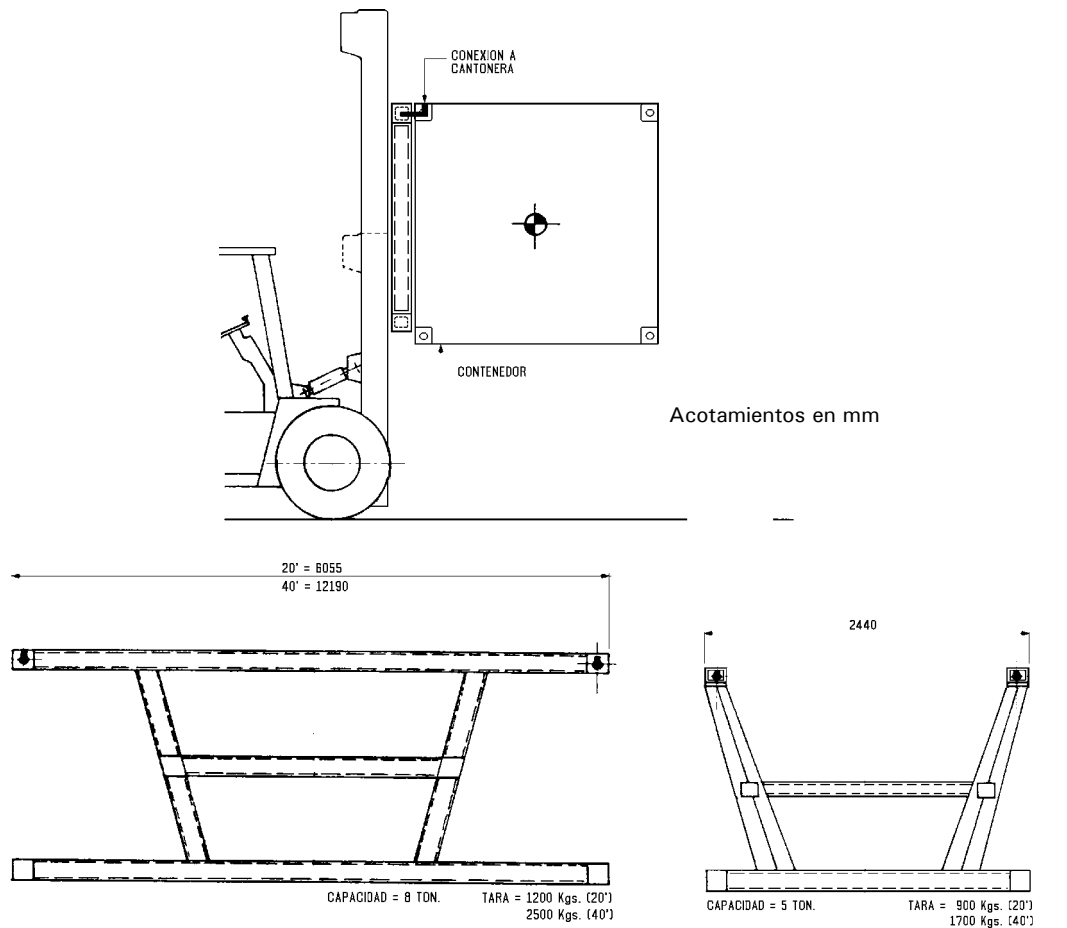


Figura 5.192 Aparejos de Izar; Tolvas



De marco para traslado de contenedores con agarre superior a 40'

Figura 5.193 Aparejos de Izar. Spreaders



Para Transporte de contenedores vacíos
con agarre lateral

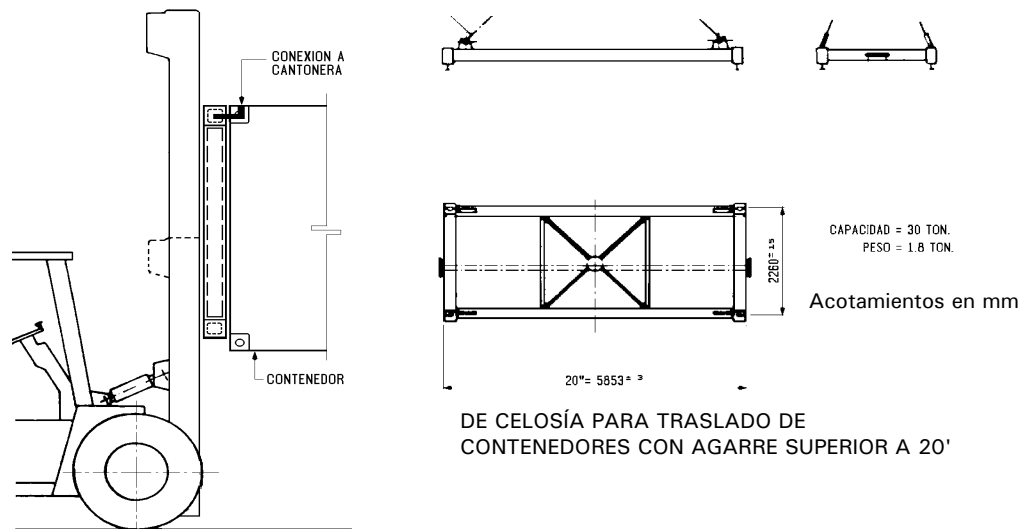


Figura 5.194 Spreaders acot: mm

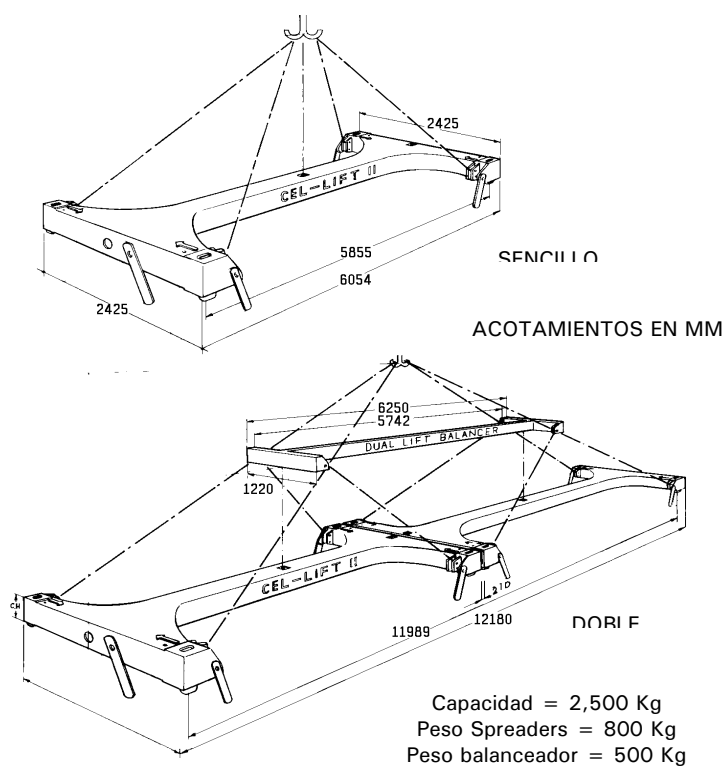


Figura 5.195 Modulares para Traslado Horizontal de Contenedores de 20' y 40'

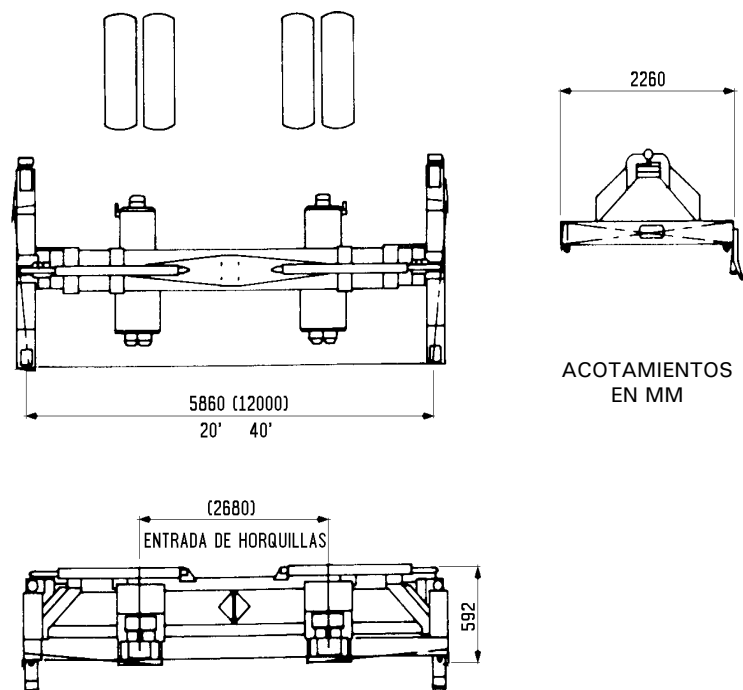


Figura 5.196 Spreader Telescópico para Traslado Horizontal de Contenedores de 20' y 40' acot.

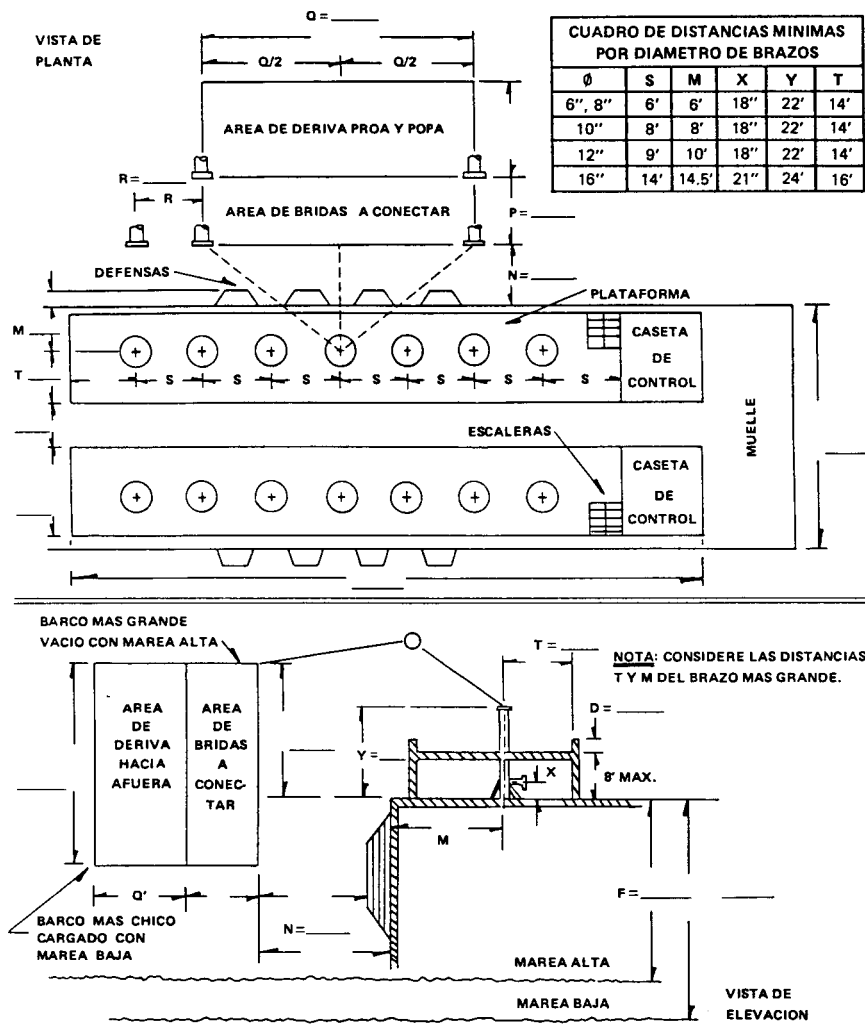
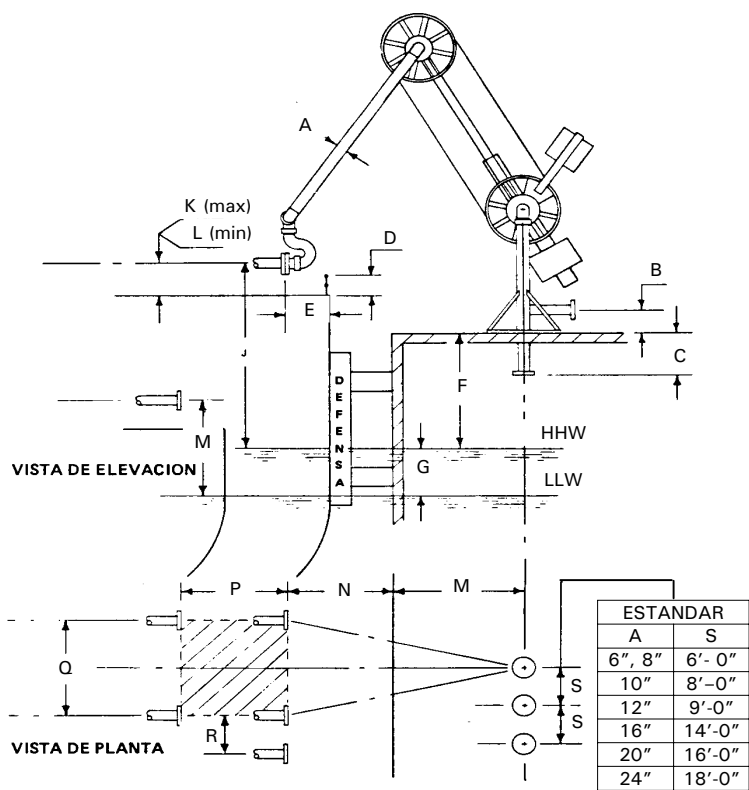


Figura 5.197 Ubicación de las Garzas y Areas de Trabajo en el Muelle

TABLA 5.38
CARACTERÍSTICAS DE LAS GARZAS
(Brazos de Carga Marinos)



A = Diámetro del Brazo S = Espacio entre brazos recomendado

	Pies/Pulg.	Metros	Datos de Diseño
B			Distancia de la superficie del muelle a la línea de centros de la brida del Riser. (para entrada por arriba del Muelle) (Diseño estándar) Diámetro de bridas: # R. F.
C			(Opcional) Distancia de la superficie del muelle a la línea de centros de la brida del Riser. (Para entrada por abajo del Muelle). (Diseño Especial) Diámetro de bridas: # R. F.
D			Altura de la Barandilla del Barco, ¿es removible? ☐ si ☐ no
E			Distancia de la cara de la brida del Barco más cercana al costado del Barco
E'			Distancia de la cara de la brida del Barco más lejana al costado del Barco
F			Distancia de la superficie del muelle al nivel más alto del agua (Marea alta) (HHW)
G			Variación máxima en niveles de agua (entre marea alta y marea baja)
H			Distancia de la línea de centros de la brida del Barco más chico estando cargado al nivel más bajo de agua (Marea Baja)
J			Distancia de la línea de centros de la brida del Barco más chico estando cargado al nivel más alto de agua (Marea Alta)

	Pies/Pulg.	Metros	Datos de Diseño
K			Distancia máxima de C la brida del Barco a la cubierta del barco
L			Distancia mínima de C la brida del Barco a la cubierta del barco
M	••	••	Distancia de la línea de centros del Riser o base elevada a la cara del muelle
N			Distancia de la cara del muelle a la cara de la brida del barco más cercana al muelle
O			Distancia de la cara del muelle a la cara de la brida del barco más lejana al muelle
P			Rango de operación (deriva lateral más variaciones de bridas a conectar)
Q			Deriva total a proa y popa
Q'			Deriva lateral (hacia afuera del muelle)
R			Separación mínima entre las líneas de centros de las bridas del barco Diámetro de bridas: # R. F.
S	••	••	Separación entre C de Riser's en el muelle (ver tabla para estándar)
T			Número de "Bancos" de brazos (Banco N° Brazos) (Banco N° Brazos)
U			Número de brazos adyacentes que se conectarán al barco simultáneamente (Brazos N°)
V	Sistema de operación de los Brazos ☐ Manual ☐ Semiautomática Volts Hz, 3 fases		
W	Km/hr max.	Km/hr ráfagas	Cargas de vientos a considerar (brazos en reposo)
Y			Número de zona sísmica a considerar (brazo en reposo)
Z	☐ si ☐ no	Accesorios a considerar	En el muelle: ☐ Caseta de Control ☐ Plataforma sobre el Muelle
			En el brazo: ☐ Conector rápido ☐ Manual o ☐ Hidráulico
			☐ Válvula de mariposa en el extremo final o válvula de bola
••			Estas dimensiones serán especificadas por el fabricante, de acuerdo a su diseño

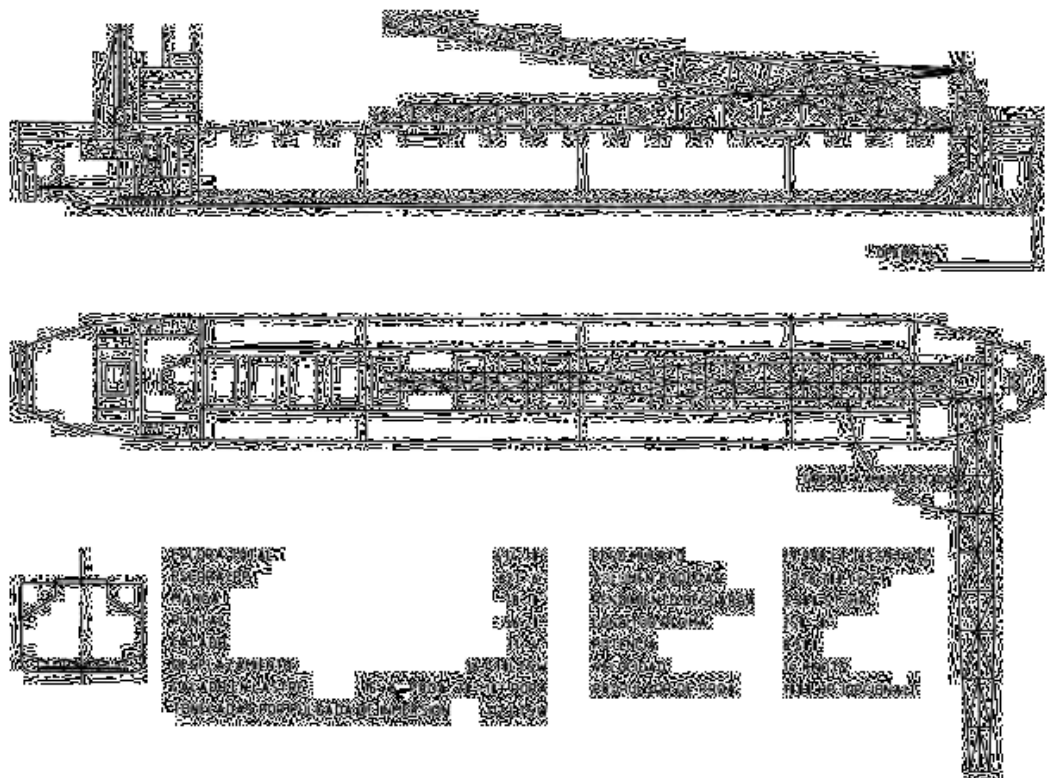
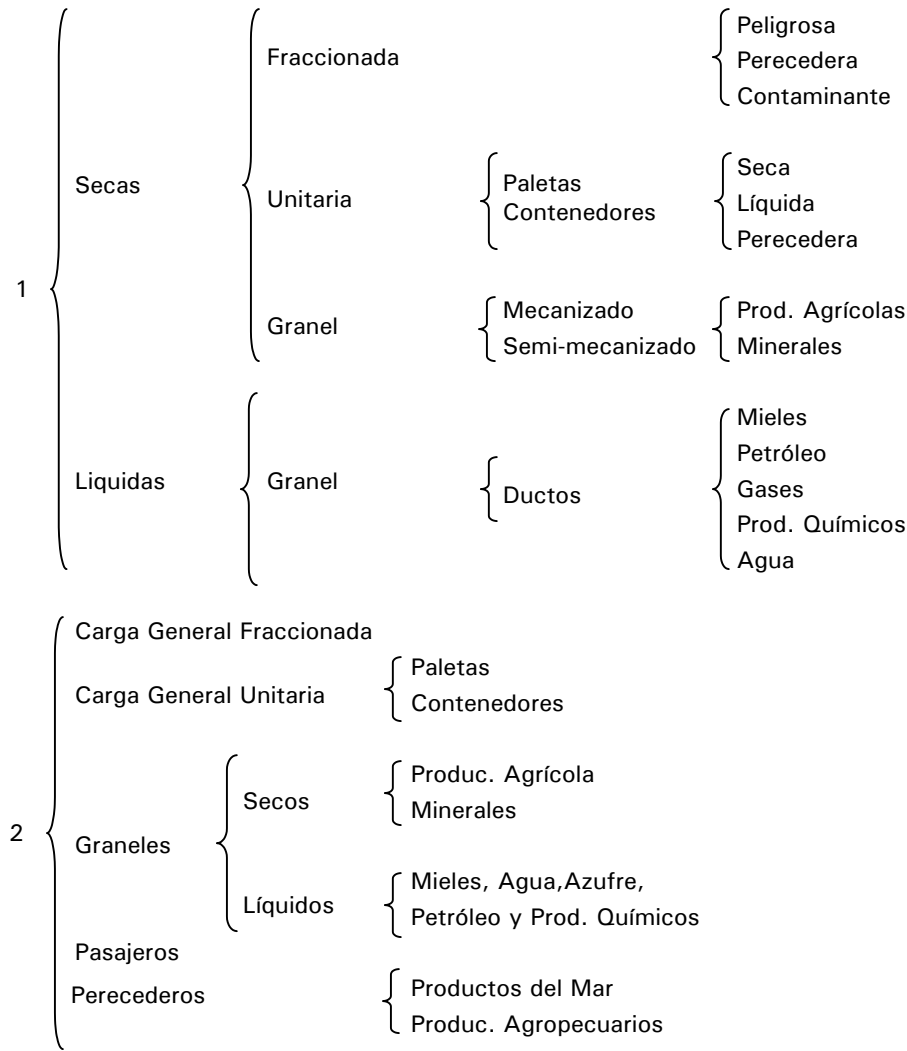


Figura 5.198 Graneles Autodescargables

5.3.6.2 Estándares Nacionales de Rendimiento

Las mercancías por su diversidad pueden clasificarse de muchas maneras pero,

para fines de análisis de control y estadística en los puertos, se puede hacer genéricamente en los siguientes grupos:



Nota: 1. Clasificación de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD)
2. Clasificación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.)

Figura 5.199 Clasificación de Cargas

A su vez, cada uno de esos grupos puede contener una infinidad de productos distintos, embalados para su manipulación.

Como información se presenta en la **Tabla 5.39**, un resumen de la estadística portuaria nacional por grupo de productos que se movieron durante el año 2000.

TABLA 5.39
MOVIMIENTO NACIONAL DE CARGA
(2000)

TIPO DE CARGA TOTAL	TOTAL (Ton)
General suelta	13,937,396
General contenerizada	9,967,192
Granel agrícola	11,857,487
Granel mineral	56,412,762
Fluidos ²	5,536,754
Total	97,711,591

² No petroleros

Por otra parte, se presentan una serie de **tablas (5.40 a 5.47)**, que indican los rendimientos nacionales en los principales puertos del país, de los grupos y productos enlistados por THBO (toneladas hora buque en operación) y CHBO (cajas hora buque en operación), según el tipo de mercancía; y que se estima son un indicativo de los estándares nacionales de productividad portuaria

TABLA 5.40
MERCANCÍA: CARGA GENERAL FRACCIONADA
THBO (TONELADAS-HORA-BUQUE EN OPERACIÓN)

PUERTO	A Ñ O S						
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Lázaro Cárdenas	37.0	32.0	57.0	37.0	40.0	44.0	47.0
Progreso	50.0	53.0	35.0	53.3	60.6	47.7	81.3
Tampico	54.0	61.0	62.0	77.0	90.0	107.0	108.5

TABLA 5.41
MERCANCÍA: CARGA GENERAL UNITARIA
THBO (TONELADAS-HORA-BUQUE EN OPERACIÓN)

PUERTO	A Ñ O S						
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Progreso	62.0	61.0	76.0	88.0	111.0	156.8	128.0
Veracruz	146.1	133.0	125.9	133.0	161.1	140.7	199.0
Salina Cruz	58.0	60.0	110.0	135.0	161.0	170.0	143.7

TABLA 5.42
MERCANCÍA: GRANEL AGRÍCOLA MECANIZADO
THBO (TONELADAS-HORA-BUQUE EN OPERACIÓN)

PUERTO	A Ñ O S						
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Veracruz	216.5	211.8	238.6	245.9	274.6	345.8	346.3
Guaymas	770.0	713.0	660.0	740.8	846.1	859.5	753.8

TABLA 5.43
MERCANCÍA: GRANEL AGRÍCOLA SEMI-MECANIZADO
THBO (TONELADAS-HORA-BUQUE EN OPERACIÓN)

PUERTO	A Ñ O S						
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Progreso	194.0	218.0	227.0	238.0	253.0	245.9	289.4
Veracruz	144.0	186.3	199.3	199.3	202.2	224.1	209.3
Tampico	175.0	170.0	173.0	191.0	210.0	239.0	171.0

TABLA 5.44
MERCANCÍA: GRANEL MINERAL -MECANIZADO
THBO (TONELADAS-HORA-BUQUE EN OPERACIÓN)

PUERTO	A Ñ O S						
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Coatzacoalcos	138.0	138.0	142.0	170.0	192.0	209.0	189.5
Manzanillo	600.0	550.0	409.0	435.0	660.0	616.0	581.0
Lázaro Cárdenas	805.0	819.0	919.0	875.0	1,021.0	1,222.0	1,203.5

TABLA 5.45
MERCANCÍA: GRANEL MINERAL SEMI-MECANIZADO
THBO (TONELADAS-HORA-BUQUE EN OPERACIÓN)

PUERTO	A Ñ O S						
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Lázaro Cárdenas	123.0	126.0	152.0	257.0	260.0	251.0	315.5
Tampico	149.0	157.0	232.0	213.0	237.0	214.0	200.5
Topolobampo	142.0	126.3	110.6	135.1	131.6	139.0	216.0

TABLA 5.46
MERCANCÍA: CONTENEDORES TERMINAL ESPECIALIZADA
CHBO (CAJAS-HORA-BUQUE EN OPERACIÓN)

PUERTO	A Ñ O S						
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Veracruz	52.6	54.0	72.0	71.0	75.0	86.4	79.4
Manzanillo	54.0	54.0	43.0	55.0	56.0	61.0	60.5
Altamira	30.2	30.8	29.0	27.3	35.3	39.0	37.6

TABLA 5.45
MERCANCÍA: CONTENEDORES TERMINAL SEMI-ESPECIALIZADA
CHBO (CAJAS-HORA-BUQUE EN OPERACIÓN)

PUERTO	A Ñ O S						
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Ensenada	15.0	12.3	18.0	11.0	19.8	34.0	36.0
Tampico	9.6	10.7	12.3	14.0	15.0	14.2	14.7
Progreso	16.0	16.0	16.0	9.7	11.4	17.5	18.3

De acuerdo a lo anterior, y a título de ejemplo, se presentan en la **Tabla 5.48** los rendimientos promedios que se observan en los puertos de México. Es práctica común en ellos que las

Administraciones Portuarias Integrales (APIS), revisen y acuerden anualmente dichos rendimientos con los distintos maniobristas y operadores de terminales públicas y privadas.

TABLA 5.48
ESTÁNDARES DE RENDIMIENTO PORTUARIO

TIPO DE CARGA	(ton/hr Buque en Operación)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Carga general suelta (CGF)	55	70	120
Carga general unitizada (CGU)	120	155	200
Contenedores ¹ (CONT)	18	25	35
Granel mineral mecanizado (GMM)	360	475	570
Granel mineral semi-mecanizado (GMS)	135	160	260
Granel agrícola mecanizado (GAM)	270	400	650
Granel agrícola semi-mecanizado (GAS)	120	250	300
Fluidos ²	195	400	1,100

NOTA: ¹ Cajas/hr

² No petrolero

Consideraciones

CGF Se incluye una gran diversidad de productos, pero lo que es significativo es el empaque que varían desde cajas de madera, de cartón, bidones, sacos, etc. Los ganchos en operación varías de 3 a 4.

CGU En este caso, se consideran los pallets, maquinaria, laminados y productos integrados que incrementan notablemente los rendimientos por ganchos. Los ganchos en operación también varías de 3 a 4.

CONT Los indicadores se estiman para una grúa portacontenedores y si como se prevé, para los puertos mexicanos se atiende al buque con dos grúas, el indicador desde

luego podrá alcanzar entre 50 y 70 contenedores por hora.

GMM Se indica un promedio aceptable manejado en los puertos que cuentan con instalaciones especializadas, las que podrán alcanzar ritmos verdaderamente altos, dependiendo de la capacidad de diseño.

GMS El sistema de trabajo incluye preferentemente el manejo de bandas y almejas.

GAM Como en el caso de granel mineral mecanizado, el ritmo alcanzado dependerá de la capacidad de diseño de la terminal y por otro lado, de que si el movimiento es de carga o descarga. El máximo indicado corresponde a la Terminal de

Guaymas, en movimiento de carga.

GAS Tiene gran influencia el sistema de manejo de grano, si se utilizan almejas, chinquillos o maquinaria de succión, siempre y cuando el soporte de transporte terrestre sea suficiente, así como también las características y condiciones físicas de los buques.

FLUIDOS: Interviene desde luego la densidad del producto y la capacidad de bombeo a la instalación

5.3.6.3 Esquemas Operativos y Carga Asociada

Los esquemas operativos que a continuación se presentan, se han generalizado para una serie de productos que cambian de características de manipulación por su embalaje, no así para el esquema de operación, que son el conjunto de actividades organizadas, estructuras y complementarias, realizadas por personas o grupos de personas y que contribuyen al logro de los objetivos funcionales del puerto. Las actividades más importantes que constituyen los esquemas operativos se pueden clasificar en tres grupos principales:

- › Los destinados a atender el barco
- › Los realizados en la frontera tierra – mar
- › Los ejecutados en tierra

Al primer grupo pertenecen todos aquellos esquemas operativos relacionados con el servicio destinado a la atención del barco, y comprende desde las ayudas que requiere el barco a su llegada al puerto, hasta que sale de él, una vez realizadas las maniobras de carga y descarga y otras relacionadas con sus movimientos dentro del puerto.

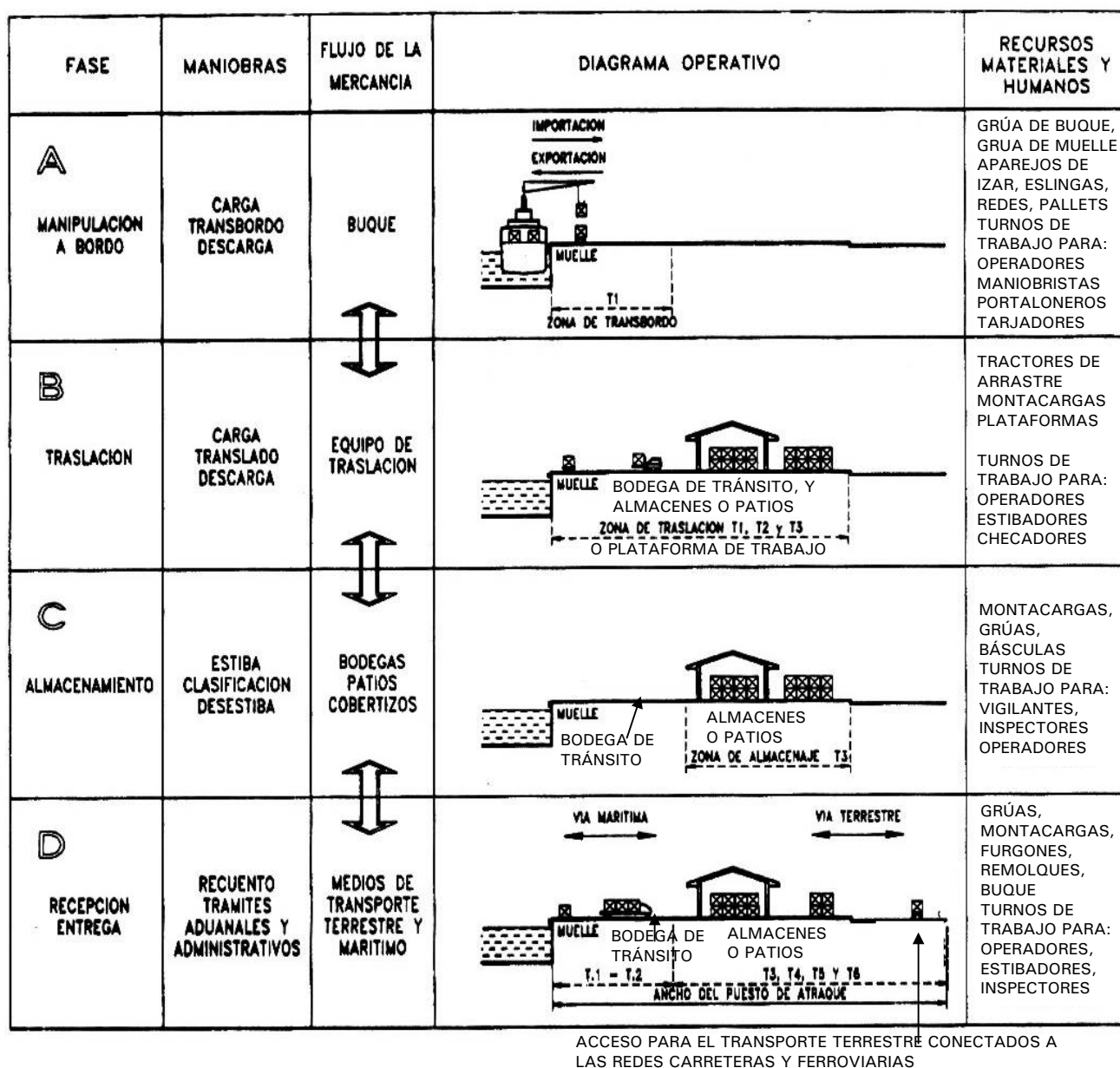
Las segundas se refieren fundamentalmente a la transferencia de carga de tierra a mar o viceversa, en tanto que las terceras comprenden una serie de operaciones básicas como el almacenamiento y otras complementarias, llamadas actualmente como de valor agregado, incluyendo la consolidación y desconsolidación de contenedores.

Dependiendo de la modalidad operativa que tenga el puerto, se procede a hacer la asignación del equipo y personal, sea que los servicios estén a cargo del puerto o de operadores privados. Los siguientes esquemas operativos están basados en los presentados en el documento de equipamiento portuario nacional de la ya desaparecida Coordinadora de Puertos.

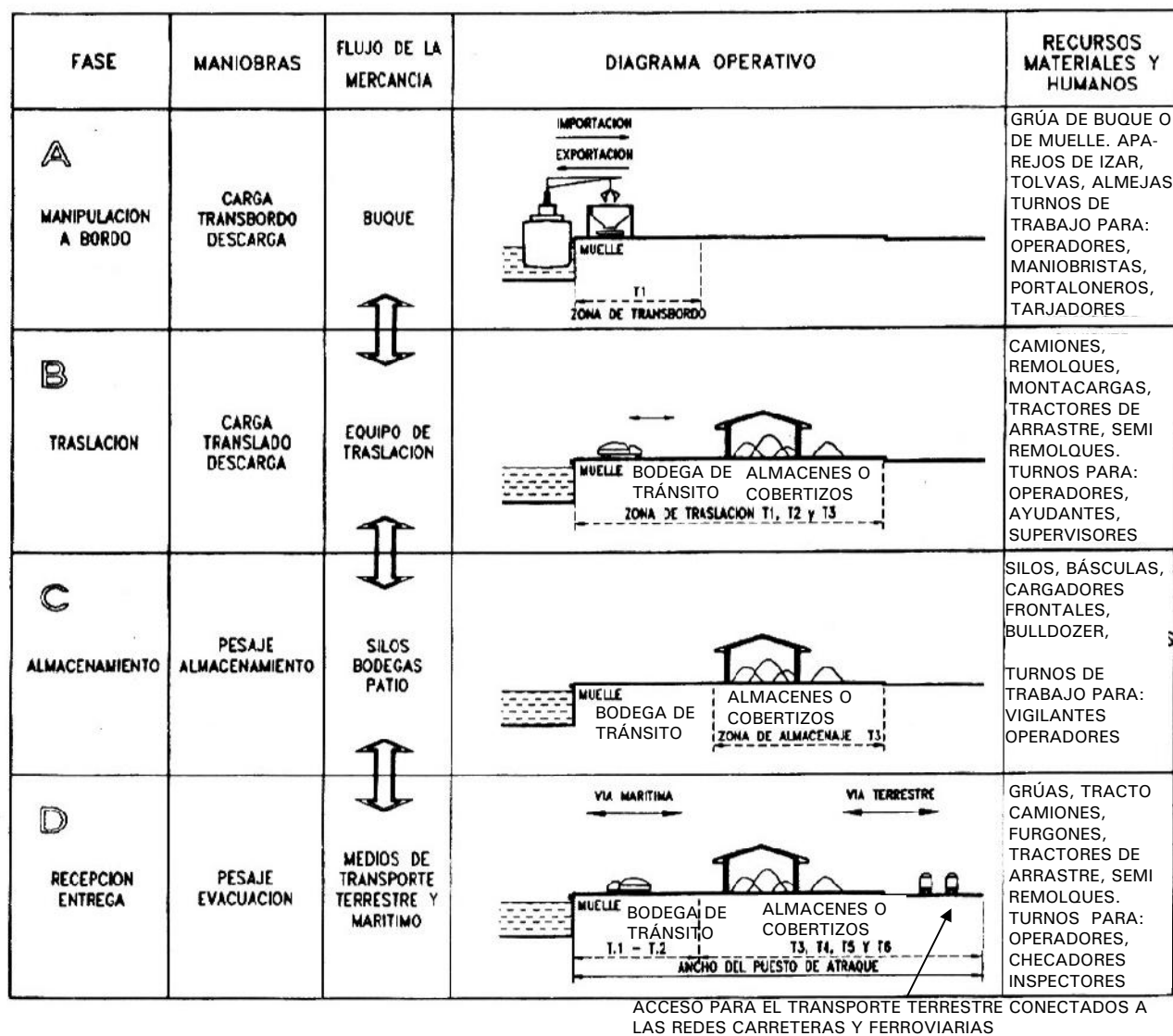
Los esquemas incluyen la vía que sigue la carga a través del puerto y sus zonas de acción, así como los recursos humanos y materiales propuestos para cada fase, las maniobras y el flujo que sigue la mercancía para el transbordo mar – tierra.

Los esquemas son los siguientes y su carga asociada es la descrita en los grupos de estándares nacionales (apartado 5.3.6.2).

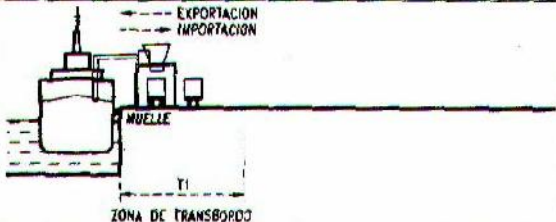
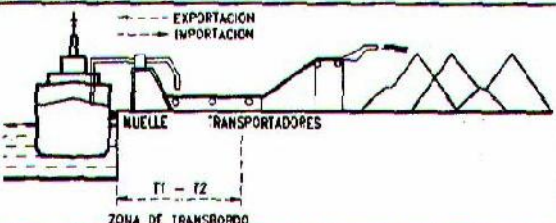
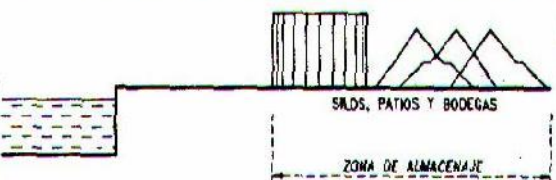
- › **Carga General:** Fraccionada
- › **Graneles Secos:** Manipulación mecanizada
- › **Graneles Secos:** Manipulación semi-mecanizada
- › **Fluidos:**



**Figura 5.200 Esquema Operativo Carga General Fraccionada.
Vía Indirecta**



**Figura 5.201 Esquema Operativo Graneles Secos, Semi-mecanizado
Vía Indirecta**

FASE	MANIOBRAS	FLUJO DE LA MERCANCIA	DIAGRAMA OPERATIVO	RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS
A MANIPULACION A BORDO	SUCCION	BUQUE		SUCCIONADORA TORRES MÓVILES, ACCESORIOS DE TUBERÍAS, BULLDOZER TURNOS PARA: OPERADORES TARJADORES VIGILANTES,
D RECEPCION ENTREGA	ACCESO/SALIDA DE TRANSPORTE TERRESTRE Y CONTROL	TRANSPORTE TERRESTRE		AUTO TRANSPORTE, FERROCARRIL, BÁSCULAS TURNOS DE TRABAJO PARA: OPERADORES SUPERVISORES
A MANIPULACION A BORDO	SUCCION Y TRASLACION	BUQUE		SUCCIONADORA TRANSPORTADO RES, BULLDOZER CARGADOR FRONTAL, BÁSCULAS TURNOS PARA: OPERADORES SUPERVISORES
D RECEPCION ENTREGA	ALMACENAJE	PATIOS SILOS		SUPERVISORES

**Figura 5.202 Esquema Operativo Graneles Secos, Mecanizado
Vía Directa**

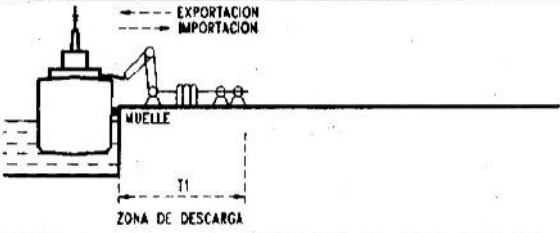
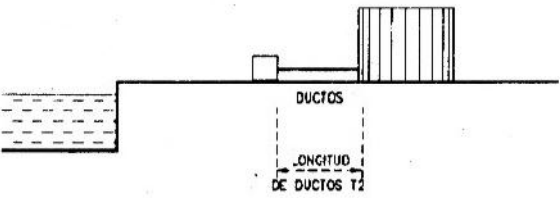
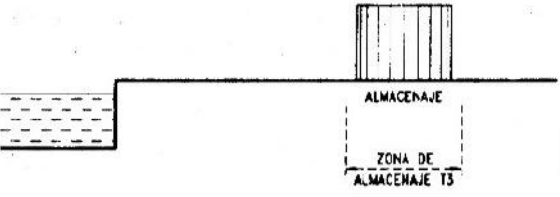
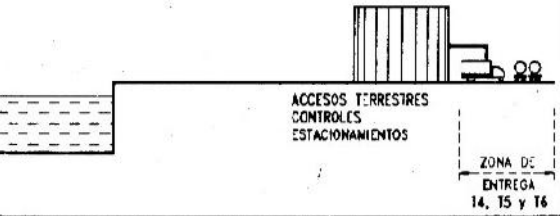
FASE	MANIOBRAS	FLUJO DE LA MERCANCIA	DIAGRAMA OPERATIVO	RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS
A MANIPULACION A BORDO	CONEXION DE TOMAS	BUQUE 		BOMBAS, GARZAS Y CONECTORES, MANGUERAS, CARRETES, LABORATORIOS VIGILANTES MANIOBRISTAS MUESTRISTAS
B TRASLACION	BOMBEO	DUCTOS 		BOMBAS CASETAS DE VIGILANCIA VIGILANTES SUPERVISORES
C ALMACENAMIENTO	REGULACION	TANQUES 		TANQUES VIGILANTES
D RECEPCION ENTREGA	DISTRIBUCION O RECEPCION	DISTRIBUCION 		TRANSPORTE TERRESTRE TOMAS OPERADORES VIGILANTES CHECADORES

Figura 5.203 Esquema Operativo Fluidos
Vía Directa

5.3.6.4 Contenedores Estándares ISO y Procesos Operativos

- › Definición de la Organización Internacional para Estandarización (ISO)

La ISO define un contenedor como:

Un artículo de equipo de transporte de un carácter permanente y en conformidad con suficiente resistencia para su uso repetido, diseñado especialmente para facilitar la carga de mercancía de uno o más tipos de transporte sin recarga intermedia, equipado con dispositivos, permitiendo su manejo ágil y particularmente en intercambio de un tipo de transporte a otro, diseñado para facilitar llenado y vaciado y que contenga un volumen interior de 1.0 m³ (35.3 pies cúbicos), o más.

Además del propósito general, el contenedor de carga se define como:

"Un contenedor de carga de forma rectangular, a prueba de mal tiempo para transportar y almacenar un número de unidades y cargas, paquetes o bultos, que encierre y proteja los contenidos de pérdida o daño; que puede ser separado de los medios de transporte, manejado como unidad de carga y trasladado sin remanipulación del contenido" (Ver Figura 5.204)

Las recomendaciones de la ISO (Organización Internacional de Estandarización), tratan principalmente de los contenedores de uso general y

especiales, ya que frecuentemente son cargados por los mismos modos de transporte y manipulados por el mismo equipo, de los cuales se demanda compatibilidad al emplearse con los contenedores.

Las características de los contenedores, se muestran en la **Tabla 5.49**.

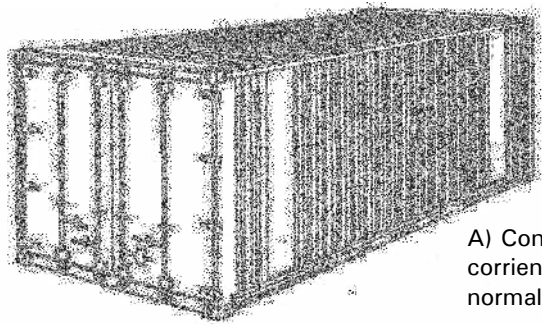
Dimensiones:

- › Altura, ancho y longitud medidos paralelamente a cada una de sus caras.
- › Las dimensiones exteriores totales máximas, se toman incluido cualquier accesorio permanente.
- › Las dimensiones interiores libre, se toman al inscribirse un paralelepípedo rectangular libre, con un mínimo de 1.0 m³

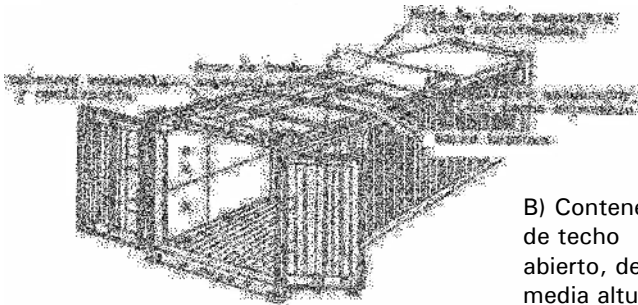
Definiciones:

- › Capacidad: Es el volumen interior total
- › Peso bruto máximo: Es el peso total máximo autorizado del contenedor con su respectiva carga.
- › Tara: Es el peso del contenedor vacío, con su equipo auxiliar permanente, si lo tiene.
- › Carga útil máxima: Es el peso máximo menos la tara.

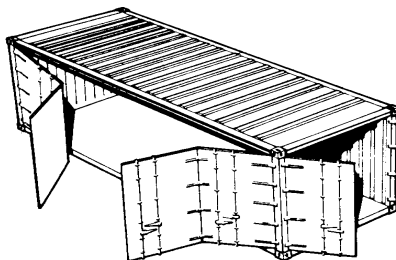
- › **Peso bruto real:** Es el peso total del contenedor con su carga.
- › **Carga útil real:** Es el peso bruto real menos la tara.
- › **Contenedor no plegable:** Es de construcción rígida con sus elementos de modo permanente.
- › **Contenedor plegable:** Es de construcción rígida, cuyos elementos constitutivos pueden ser plegados o desmontados y vueltos a su posición original nuevamente, con facilidad relativa.



A) Contenedor corriente de uso normal (acero)



B) Contenedor de techo abierto, de media altura



C) Contenedor de paredes laterales abiertas

Figura 5.204 Tipos de Grandes Contenedores

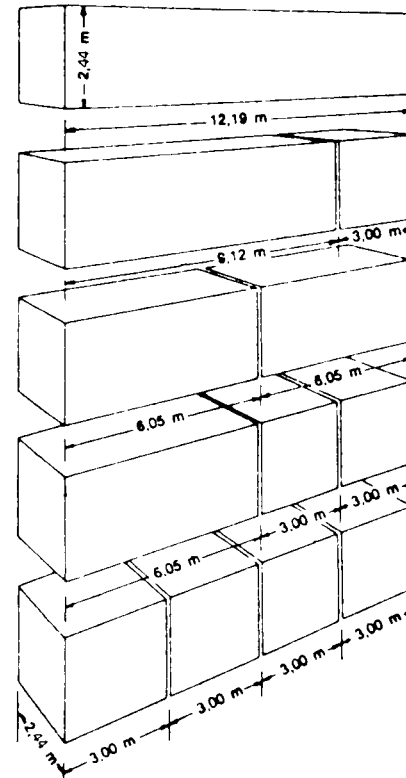


Figura 5.205 Sistema Modular de Contenedores de la ISO

Recomendaciones de la ISO

Los contenedores de la serie 1 (A, AA, B y C) en la **Tabla 5.49**, son los de uso muy extendido en el comercio mundial, transportan pesos relativamente importantes y cuentan con mucha capacidad.

Los contenedores de la serie 2 no se les considera contenedores normalizados, por lo que no se volverá a referir a ellos.

Todos los contenedores de la serie 1 tienen la misma anchura y altura, excepto los AA. Las longitudes se ajustan a un sistema modular que permite tomar diferentes combinaciones

de longitudes equivalentes. **(Ver figura 5.205).**

Contenedores Especiales

Los contenedores especiales se han diseñado con la finalidad de transportar ciertos tipos de productos alimenticios, polvos, líquidos refrigerados o congelados. Por regla general las características son idénticas a las correspondientes para cargas secas de la serie 1, ejemplos:

» Contenedor térmico. Está diseñado para carga que requiere almacenaje refrigerado o aislado, cubierto totalmente con material aislante térmico como la espuma de poliestireno y está clasificado en tres categorías.

a) Contenedor refrigerado. Construido para alimentos refrigerados o fríos como fruta, carne, pescado, vegetales, etc. aquellos equipados con unidades refrigerantes internas son llamados tipos incorporados **(ver Figura 5.206.a)**, los otros son tipo pinza **(ver Figura 5.206.b)**, los cuales no tienen unidades refrigerantes pero son provistos de aire frío a través de orificios de entrada y salida en la unidad frontal de la planta refrigeradora y ductos fijos separados a bordo del buque.

b) Contenedor aislado. Es para frutas, vegetales, etc., con

estructura aislante efectiva, suficiente para prevenir el incremento excesivo de temperatura, así como para conservar la frescura del contenido. Usualmente se emplea el hielo seco como medio enfriador.

c) Contenedor ventilado. Permite el paso del aire por medio de aberturas laterales o terminales para carga que requieren transpiración, como fruta, vegetales, etc. **(Ver Figura 5.206.c)**

» Contenedor tanque. Es para carga líquida, licores, químicos, etc. El contenido es cargado a través de un pozo de registro en la parte superior y descargado, ya sea por una válvula de desagüe por gravedad o por el pozo de registro superior por succión. Los usos para este tipo son para líquidos peligrosos o para líquidos de alta presión, pudiendo agregarles mecanismos térmicos y refrigerantes, como sea necesario, **(Ver Figura 5.206.d)**.

» Contenedor a granel. Está equipado con características para acomodar granos, fertilizantes, productos químicos a granel, etc. La carga es llenada a través de dos o tres escotillas superiores y descargarla por gravedad a través de la escotilla de la puerta. **(Ver Figura 5.206.e)**.

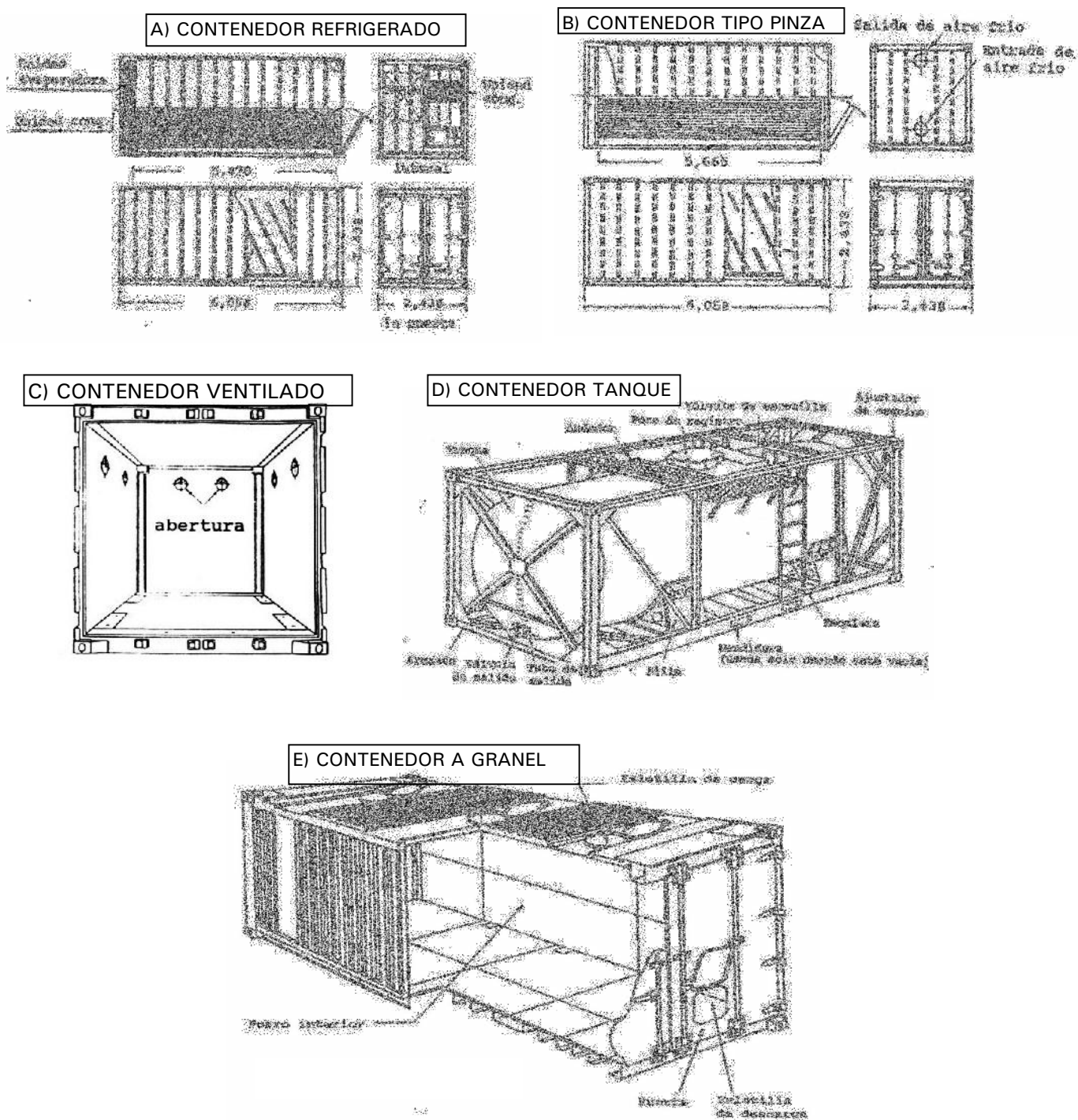


Figura 5.206 Contenedores Especiales

Los contenedores no están diseñados de un solo material, sino están hechos en combinación de dos o más de los cuatro materiales básicos, a saber: aleación de aluminio, acero (incluyendo acero inoxidable), madera (incluyendo madera contra chapada), y FRP (plásticos de fibra de vidrio reforzados).

Sin embargo, los contenedores están clasificados por el principal material, que constituye la mayoría de los componentes de sus lados, paredes, extremos y cubiertas. Actualmente los contenedores usados en todo el mundo se ubican dentro de las siguientes categorías:

- › Contenedor de acero
- › Contenedor de aluminio
- › Contenedor de FRP (madera chapada)

Los contenedores se nombran normalmente por las equivalencias de TEU'S (Twenty equivalent units: unidades equivalentes de 20 pies), por lo que se anexa la siguiente lista de conversiones:

TEU'S	LARGO (mm)	SERIE
20'	6,096	1C
30'	9,144	1B
40'	12,192	1A, 1AA

TABLA 5.49
DIMENSIONES EXTERIORES DE CONTENEDORES Y PESOS BRUTOS MÁXIMOS

Designación del Contenedor	Altura (mm)	Tolerancia (mm)	Anchura (mm)	Tolerancia (mm)	Longitud (mm)	Tolerancia (mm)	Peso Bruto Máx. (ton. larg)
1 A	2,438	+0.0 -5.0	2,438	+0.0 -5.0	12,192	+0.0 -10.0	30.0
1AA	2,591	+0.0 -5.0	2,438	+0.0 -5.0	12,192	+0.0 -10.0	30.0
1B	2,438	+0.0 -5.0	2,438	+0.0 -5.0	9,125	+0.0 -10.0	25.0
1C	2,438	+0.0 -5.0	2,438	+0.0 -5.0	6,058	+0.0 -6.0	20.0
1D	2,438	+0.0 -5.0	2,438	+0.0 -5.0	2,991	+0.0 -5.0	10.0
1E	2,438	+0.0 -5.0	2,438	+0.0 -5.0	1,968	+0.0 -5.0	7.0
1F	2,438	+0.0 -5.0	2,438	+0.0 -5.0	1,460	+0.0 -5.0	5.0
2 A	2,100	+0.0 -5.0	2,300	+0.0 -5.0	2,920	+0.0 -5.0	7.0
2B	2,100	+0.0 -5.0	2,100	+0.0 -5.0	2,400	+0.0 -5.0	7.0
2C	2,100	+0.0 -5.0	2,300	+0.0 -5.0	1,450	+0.0 -5.0	7.0

Planificación de Terminales de Contenedores

Determinar las dimensiones de una terminal de contenedores y seleccionar la relación más conveniente entre servicios y equipos, puede ser objeto de un verdadero juego de simulación. Este proceso buscará establecer una oferta para satisfacer una demanda.

El proceso se ubicará dentro de los límites que marcan los esquemas operativos de dicha terminal, teniendo en cuenta:

1. Flujo de Carga. Actividades de la Terminal

- › Carga – descarga de contenedores
- › Recepción y despacho de contenedores vía transporte terrestre
- › Almacenamiento en patio
- › Consolidación y desconsolidación de contenedores
- › Mantenimiento y conservación de contenedores, vehículos y equipos de manipulación de carga

En la **Figura 5.207**, se muestra el flujo de la carga en una terminal.

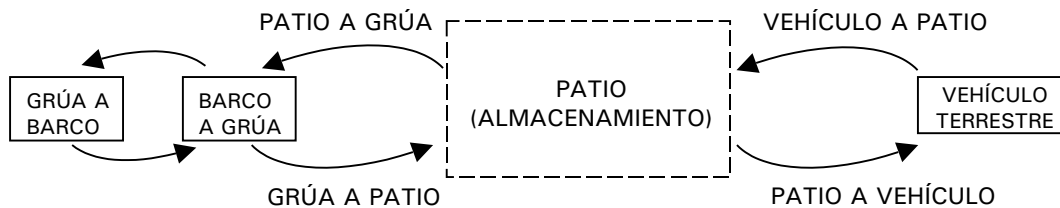


Figura 5.207 Flujo de Carga

Las **Figuras 5.208 y 5.209** siguientes muestran las líneas de flujo de contenedores de exportación y de importación

Nº	CONCEPTO	Consignatario	Bodega de Consolidación	Patio	Barco
1	Descarga			○ ← ○	○
2	Entrega	○ ← ○			
3	Regreso Contenedor Vacío	○ → Vacío		○ → ○	
4	Traslado Contenedor Cargado		○ ← ○		
5	Regreso Contenedor Vacío		○ → Vacío		
6	Traslado por Cuarentena	○ ← ○			
7				○ → ○	○
8	Reubicación de carga			○ → ○	○

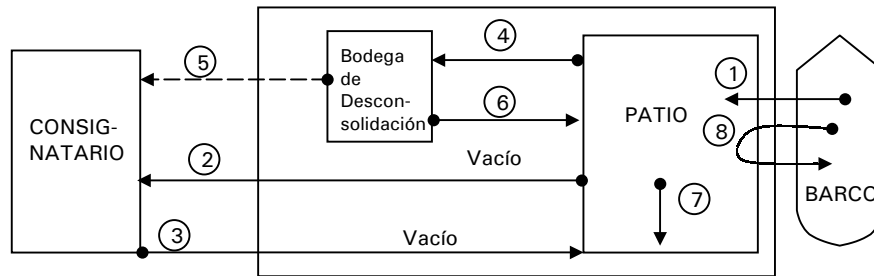


Figura 5.208 Flujo de Importación de Contenedores

Nº	CONCEPTO	Consignatario	Bodega de Consolidación	Patio	Barco
1	Envío de contenedor vacío	○ ← ○			
2	Recepción con carga	○ → ○			
3	Recepción en bodega	○ → ○			
4	A bodega de consolidación		○ ← Vacío		
5	Recepción en patio		○ → ○		
6	Carga			○ → ○	○

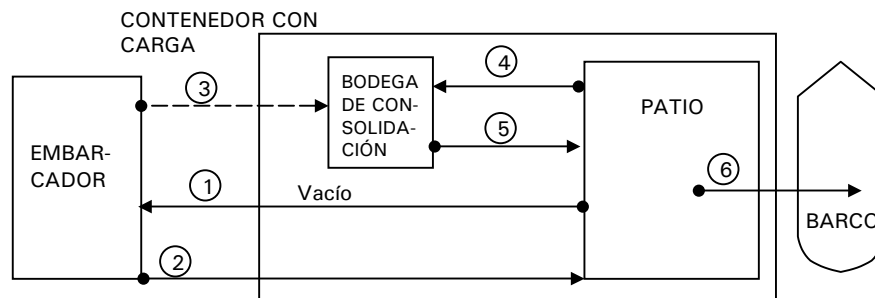


Figura 5.209 Flujo de Contenedores de Exportación

2. Naturaleza del almacenaje: tránsito o estacionario. Se dispondrán de amplias zonas de almacenamiento, dotadas de accesos carreteros y ferroviarios.
3. Método operativo, que está en función de dos factores esenciales: el apilado de contenedores y los sistemas a tierra (traslación). La terminal se planteará de tal manera que los barcos portacontenedores no tengan estadías prolongadas en espera de muelle; y que las operaciones de carga-descarga se puedan efectuar las 24 horas del día y durante todo el año.

La combinación de estos condicionantes da lugar a varios prototipos de terminal:

- A. Terminal de gran superficie con escasa maquinaria aparte de las grúas de muelle (aproximadamente 1 Km de fondo).
- B. Terminal de superficie media con diversos sistemas operativos, según el equipo; (cuando se inician operaciones en una terminal con manejo de hasta 20,000 TEU, de 300 a 500 m de fondo).
- C. Terminal de superficie marina con operación supermecanizada para realizar todas las manipulaciones (apenas 100 m de fondo).
- D. Terminal cuando existe un gran movimiento de contenedores vacíos; las experiencias en otras partes del mundo fija en 600 m el ancho del patio.

Ya analizada y valorada la demanda, se entra a la oferta de los servicios mencionados: número de grúas, tiempos de reparación y mantenimiento, variaciones del ciclo de grúa en el transbordo buque – muelle, eficiencia real, etc.

El equipo de una terminal de contenedores es muy complejo y costoso, para asegurarse de la elección correcta, deben estudiarse los existentes en el mercado y simular su operación en la terminal. Se debe pensar que un costo bajo inicial puede significar un alto costo de mantenimiento y que la sofisticación, conduce a la contratación de personal altamente calificado para su conservación.

Descripción de las Principales Técnicas de Contenedores

Para la manipulación de los contenedores, se utilizan en la actualidad cuatro sistemas principales en el punto de transbordo mar – tierra.

- a) Carga fraccionada corriente. La manipulación de los contenedores por este sistema, presenta las siguientes características:
 1. Transporte en cargueros de línea corriente.
 2. Movimiento de contenedores limitado hasta de 70 contenedores por buque.
 3. Uso de equipo e instalaciones mínimas del puerto

4. Transbordo con equipo propio del buque o del muelle, sin necesidad de usar equipo especial de manipulación.

5. Transbordo posible directo a transporte terrestre (autotransporte o ferrocarril)

6. Consolidación y desconsolidación posible en puerto.

b) Sistema de transbordo por elevación. Los contenedores se manejan bajo las siguientes características:

1. Buques especialmente diseñados para este servicio.

2. Movimiento regular y considerable de contenedores (más de cien contenedores)-

3. Grúas de gran potencia instaladas a bordo del buque o muelle.

4. Métodos integrados para la manipulación, transbordo y traslado con equipos modernos.

5. Transbordo a vehículos terrestres que exigen instalaciones muy completas.

c) Sistemas de Transbordo por Rodadura. Se caracteriza el transbordo por:

1. Buques especialmente diseñados para el acceso directo al buque del equipo de transbordo.

2. Transbordo directo del buque a los vehículos terrestres, generalmente con el mínimo equipo de descarga que accede al buque.

3. Mayor flexibilidad en los elementos de equipo de transporte de la carga, como contenedores, semiremolques, autotransporte, etc.

4. Los buques precisan de muelles como los requeridos para los transbordadores, generalmente menos onerosos que los necesarios para el transbordo por elevación.

d) Sistema de Transbordo por flotación.

Mientras el total de los buques portacontenedores cargan solo contenedores, los buques porta barcasas usualmente en forma de cajón y cada una cargando de 100 a 500 T.P.M. por medio de grúas especiales instaladas a bordo del barco. Las porta barcasas pueden ser remolcadas muy adentro de estrechos canales y muelles, donde buques nodriza no pueden entrar, y la carga es tomada y descargada en porta barcasas en tales lugares.

Cada porta barcaza ya cargada y remolcada por medio de un barco remolcador llega hasta el costado del barco, es izada por la grúa del mismo y estibada sobre el barco. Desde que las porta barcasas son cargadas hacia el interior de las bodegas del barco con la carga intacta, las facilidades de manejo de la carga del puerto y hasta los muelles, pueden deshacerse de ellas.

Un puerto con boya puede echar amarras con seguridad a las porta barcazas y mantenerlas bajo este sistema.

Los siguientes tipos son generalmente conocidos como buque porta barcaza.

- › Buque porta barcaza de embarque (Lash ship)
- › Buque abeja de mar (Sea bee ship)
- › Barcaza ligera de mar (Sea barge clipper)
- › Barcaza europea de carga (Europe barge carrier)
- › Barcaza de remolque (Barge on board)

La diferencia entre estos buques y los buques portacontenedores, es el equipo utilizado. En lugar de contenedores aquel utiliza porta barcazas en forma de cajón, las cuales son cargadas dentro de las bodegas de los barcos, por medio de las grúas de los barcos con su carga y transportadas a sus destinos.

Las mayores características de este sistema pueden ser enumeradas como sigue:

1. Libre de la congestión del puerto
2. Capacidad de terminar el trabajo dentro de un corto período de tiempo

3. Puede usar vías fluviales como ríos o canales, a través de los cuales la carga es entregada al consignatario directamente en el interior, sin remanipulación de carga en el camino.

4. Más fácil habilitación, clasificación y alta eficiencia en almacenes, mientras la carga pueda ser clasificada por grupo de porta barcazas.

A continuación se presentan 3 esquemas operativos prototipos, que consideran principalmente el grado de mecanización requerido y los servicios asociados al contenedor. En ellos los modos de traslación de los contenedores en tierra (**Sistemas en Tierra**) pueden ser de 6 tipos:

- › Uso de tractores de arrastre en chasis o plataformas
- › Uso de transportador de caballete (Straddle carrier) exclusivamente
- › Uso por tramos de tractores y carretillas
- › Uso de tractores de arrastre y grúas de patio (gantry crane)
- › Uso exclusivo de montacargas
- › Combinación de los anteriores.

SISTEMAS EN TIERRA:

1. TRACTOR - CHASIS (ROLL ON - ROLL OFF)
2. DIRECTO - CON CARRETILLAS DE PATIO
3. TRACTOR - CHASIS / CARRETILLAS DE PATIO
4. GRUAS DE PATIO / TRACTOR CHASIS
5. MONTACARGAS Y COMBINADO

Figura 5.210 Esquema Operativo Contenedores Consolidados en el Puerto

FASE	MANIOBRAS	FLUJO DE LA MERCANCIA	DIAGRAMA OPERATIVO	RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS
A MANIPULACION A BORDO	CARGA TRANSBORDO DESCARGA	BUQUE ⇕		GRUA DE MUELLE SPREADERS OPERADORES PORTALONEROS TARJADORES MANICERISTAS
B TRASLACION	CARGA TRASLACION DESCARGA	EQUIPO DE TRASLACION ⇕		GRUAS DE PATIO PLATAFORMAS CARRETILLAS TRACTORES DE ARRASTRE OPERADORES SUPERVISORES
C ALMACENAMIENTO	CLASIFICACION ESTIBA ALMACENAMIENTO	PATIOS ⇕		GRÚAS DE PATIO, TRANSTAINER, PLATAFORMAS CARRETILLAS TRACTORES DE ARRASTRE OPERADORES SUPERVISORES
D RECEPCION ENTREGA	EXPEDICION	MEDIOS DE TRANSPORTE TERRESTRE Y ⇕		CARRETILLAS MONTACARGAS BASCULAS OPERADORES MANIOBRISTAS CHECADORES

EL SISTEMA DE TRANSBORDO POR FLOTACION ES SIMILAR A ESTE, CON LA VARIANTE DE QUE NO ARRIBA UN BUQUE AL PUERTO SINO UN GRUPO DE PORTACABARRAS QUE INFLUYEN SOBRE EL TRAFICO DE BUQUES EN LAS AREAS DE AGUA.

Figura 5.211 Esquema Operativo Contenedores, Transbordo por Elevación

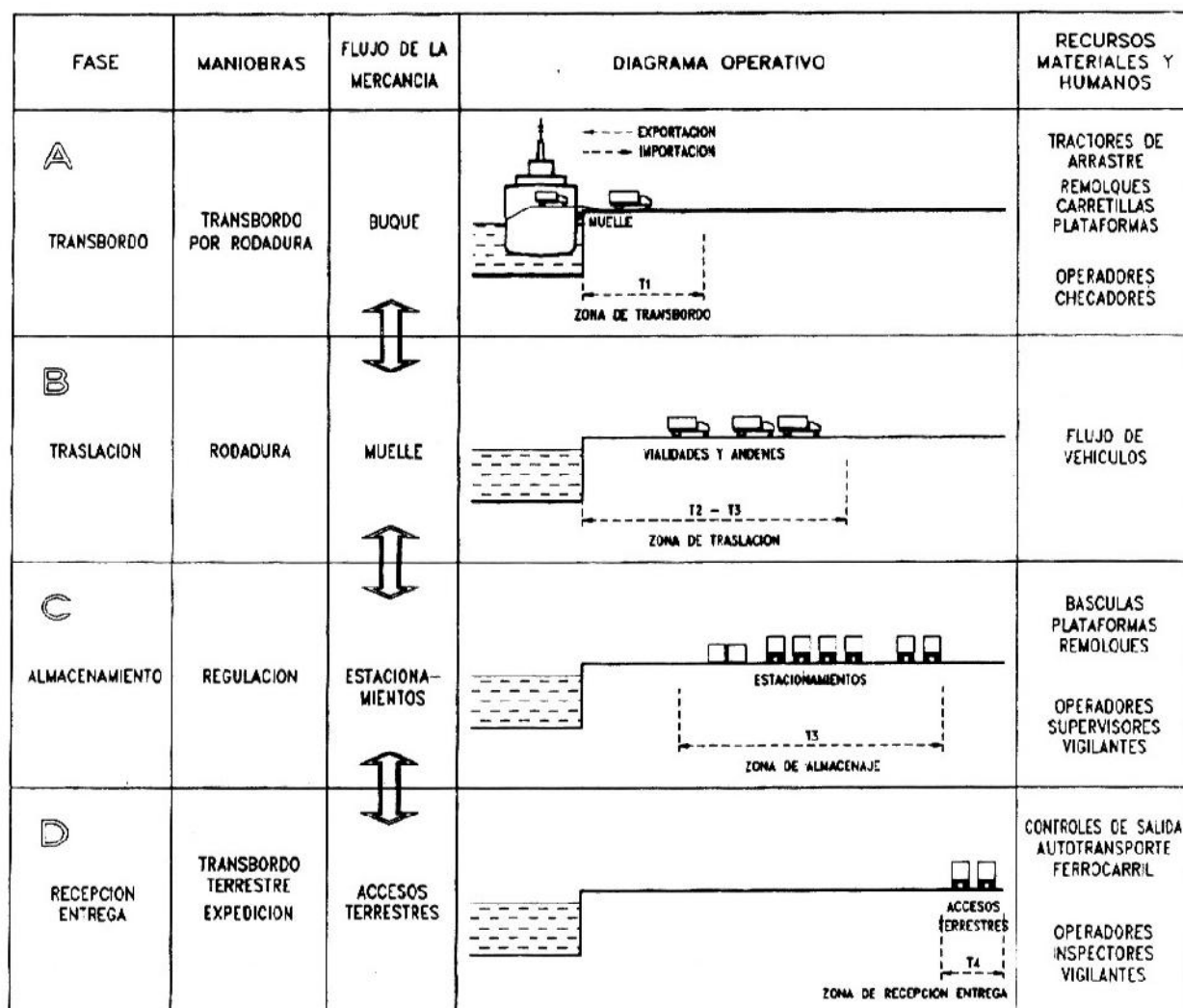


Figura 5.212 Esquema Operativo Contenedores, Transbordo por Rodadura

Sistemas Modernos Auxiliares para el Manejo de Contenedores

Dentro de la operación portuaria actualmente se emplean en forma generalizada los llamados Sistemas

Electrónicos, ya que en la mayor parte de los puertos y/o terminales especializadas modernas, cuentan con el sistema denominado EDI (Electronic Data Interchange), cuya implementación ha generado reducción en los costos de

operación, al hacer posible la eliminación de papeleo y personal dedicado a las transacciones y movimientos que ahora se registran electrónicamente en una central computarizada del puerto y/o compiladores de datos en radios móviles conectados a dicha central.

Un ejemplo claro de la aplicación de este procedimiento se encuentra en las terminales especializadas de contenedores, donde existen implementados sistemas operativos EDI más complejos, los cuales rastrean la carga durante el movimiento de contenedores en los patios de almacenamiento, dan asistencia al barco en las operaciones de carga – descarga, son auxiliares básicos en la planificación previa a la colocación de los contenedores en las líneas de patio, apoyan las labores para la salida o entrada expedita de los contenedores del o hacia la terminal, y se interrelacionan a y con los sistemas de control de todas las negociantes y transacciones en la terminal. Además, ayudan a optimizar la asignación y distribución de equipo en lo patios, para hacer competentes sus tareas de movimiento de contenedores, reduciendo la demanda de equipo adicional.

Existen otros sistemas derivados de los electrónicos, que aplican además la tecnología de satélite (DGPS) descrito en el Capítulo 7 (Señalamiento); dentro de éstas se pueden mencionar los siguientes:

- › AEI (Automatic Equipment Identification), cuya utilización se limita en la actualidad a algunas líneas navieras, que emplean un sistema de radiotransponder colocado en los equipos que mueven la carga dentro del puerto (grúas, tractores de patio, straddle carrier, etc...), mismos que registran automáticamente la identificación del contenedor movido, generándose una correlación de identificación entre el equipo – contenedor, que alimenta a la fuente de datos de la computadora central de la terminal para establecer su salida en el barco o del puerto y su sitio de colocación en el patio.
- › ELT (Equipment Location Tracking) es una tecnología en desarrollo ya adaptada en terminales especializadas de contenedores con aplicación directa del DGPS, que se utiliza para rastrear y localizar el equipo operativo del puerto, aunque no necesariamente provee la ubicación precisa de los contenedores. En algunas terminales fuera de E.U.A. (por convenios laborales), se han combinado los sistemas AEI y ELT para registrar automáticamente el lugar exacto donde se encuentra un contenedor. Este sistema o su combinación con el AEI es muy recomendable cuando se requieren niveles muy altos de eficiencia en el manejo de grandes volúmenes de carga, pues el registro y rastreo automático de localización de contenedores permite optimizar el manejo y utilización del equipo de operación de la terminal.

5.4 Servicios Generales y
Especiales

Debe proporcionar un servicio de agua con capacidad suficiente para permitir llenar los tanques de la embarcación, en un tiempo tal que evite retrasos en la operación de la nave. Las recomendaciones de diseño se muestran en la **Tabla 5.50**

5.4.1 Servicios Generales

5.4.1.1 Suministro de Agua Potable

a) Servicio en Muelles

TABLA 5.50
REQUERIMIENTOS DE AGUA POTABLE PARA EMBARCACIONES

PORTE BRUTO (ton)	REQUERIMIENTO DE AGUA SUMINISTRADA (m³)	TIEMPO DE SUMINISTRO (hrs)	ESPACIO ENTRE HIDRANTES (m)	NUMERO DE HIDRANTES POR MUELLE	VOLUMEN DE SUMINISTRO DE AGUA POR HIDRANTE (m³/hr)
500	40	5	30	2	4
1,000	80	5	30-40	2	8
3,000	250-300	5	40-50	3-4	16
5,000	500	5	40-50	4	18
10,000	800	5	40-50	4	28

La localización del número de hidrantes por muelle, se indica en la **Figura 5.213**.

b) Separación entre toma y toma de 30 a 50 m, según el tipo de embarcación.

a) A la mitad del barco sobre la longitud de atraque del muelle y en la proa y popa

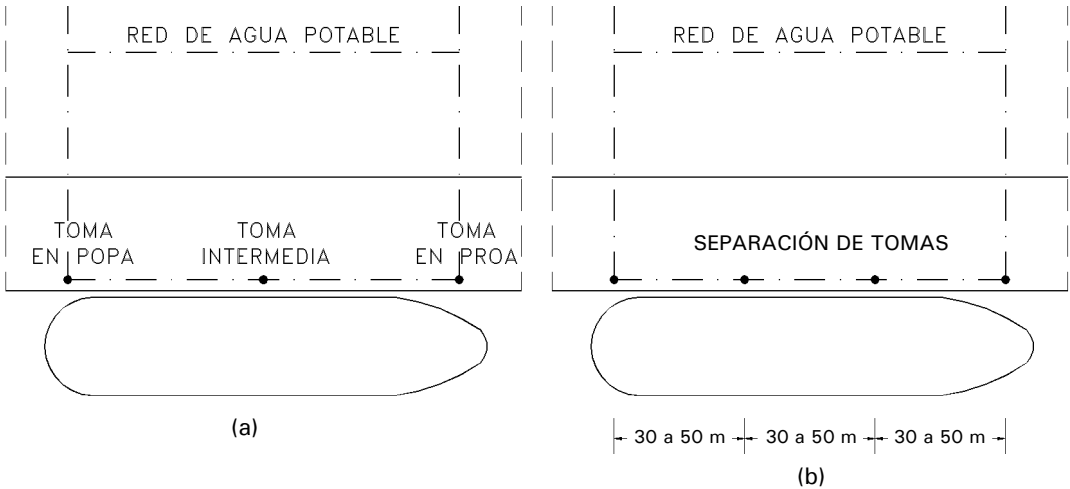
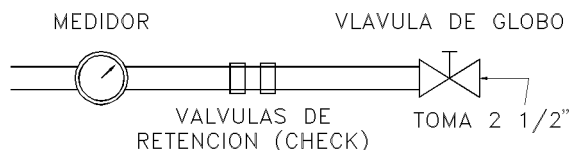


Figura 5.213 Distribución de las Tomas de Agua Potable en el Muelle

En muelles cubiertos, la tubería de conducción de agua se encuentra normalmente oculta dentro del cobertizo y de ella se derivan conexiones para manguera a través de las paredes. En caso de que las mangueras al ser tendidas sobre la plataforma interfieran con las operaciones del muelle, es preferible colocar las conexiones para manguera sobre el lado exterior de la plataforma.

Las tuberías de conducción de agua en muelles abiertos, pueden estar soportadas ya sea por arriba o por debajo de la cubierta, según el tipo de muelle. Cuando la expansión térmica es un problema, debe instalarse la tubería de conducción con las adecuadas juntas y rizados de expansión.

Los suministros de agua a las embarcaciones, generalmente se controlan y se efectúa un cargo por el agua suministrada a bordo. En las conexiones de servicio (tomas de 2 1/2" ϕ), el gasto se regula mediante una válvula de globo situada a continuación de dos válvulas de retención (check). Los medidores deben estar accesibles para su fácil lectura por parte de los oficiales de la terminal y de los barcos y, en consecuencia deben localizarse en forma conveniente en el muelle.



En muelles abiertos, los medidores se localizan bajo la cubierta de los registros

con tapas a prueba de intemperie y se adecuan para que no interfieran con el tráfico de peatones y vehículos. En muelles cubiertos los medidores estarán colocados en el interior de los cobertizos. (Figura 5.214)

b) Servicios a Areas Terrestres

Dentro de las terminales se debe de suministrar agua potable para uso del personal que labora en la misma, dicho gasto se calculará en base a una dotación de 150 lt/hab/día.

En caso de que se instalen industrias que requieran de este servicio, el cálculo se llevará a cabo en base a los requerimientos de las mismas.

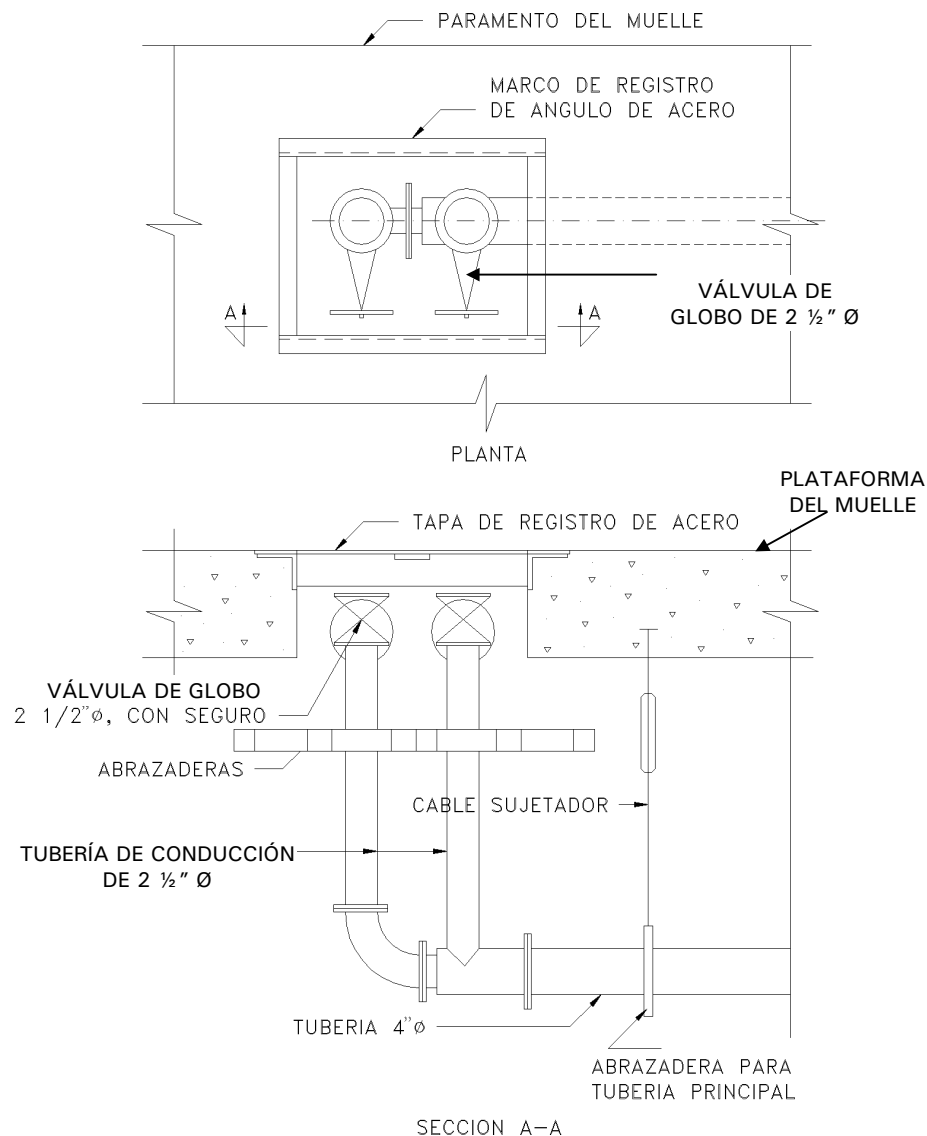


Figura 5.214 Red de Agua Potable y Registro en la Cubierta del Muelle

5.4.1.2 Suministro de Energía Eléctrica y de Iluminación

Energía Eléctrica

a) Servicio en Muelles

El suministro de energía eléctrica a los barcos constituye un servicio más que puede brindar el puerto, dependiendo del tipo de embarcaciones que arriben a éste. Normalmente se recomienda lo siguiente:

- › La corriente alterna puede ser de dos tipos: monofásica y trifásica
- › El voltaje requerido varía según los requerimientos entre 120 y 480 volts.
- › Colocar la corriente y voltaje requeridos en receptáculos a prueba de intemperie sobre el lado exterior de la plataforma.

b) Servicio en Areas Terrestres

Las terminales por lo general son abastecidas por uno o más alimentadores, procedentes de una subestación eléctrica cercana.

En terminales donde la demanda de suministro de energía es grande, por requerirse maquinaria y alumbrado en un área considerable, se utiliza normalmente un alimentador primario de 2,400 volts trifásico.

Cuando la energía sólo se requiere para alumbrado y equipo menor, es suficiente con un alimentador de 440 volts trifásico.

Para circuitos de áreas pequeñas donde la demanda es baja, es suficiente con un alimentador de 208 volts trifásico.

Se deben de instalar transformadores reductores cuando sea necesario, dependiendo de las características de energía que requiera el equipo y/o la iluminación.

Cuando la demanda no es satisfecha por una subestación o red pública, es necesario incluir en el servicio de áreas terrestres plantas generadoras, que usualmente comprenden dos o más generadores de energía eléctrica que varían de 50 a 500 Kw cada uno.

Cuando se manejan materiales explosivos o combustibles, debe usarse equipo eléctrico especialmente diseñado dentro de áreas señaladas como peligrosas, tal como lo indican las especificaciones en vigor para estos casos, tanto para arrancadores, transformadores, así como para iluminación y localización de los receptáculos. Este tipo de equipo eléctrico descrito generalmente como "**a prueba de explosión**", es necesario cuando las terminales manejan gasolina, bencina, alcohol u otros líquidos volátiles e inflamables.

Iluminación

Las terminales de navegación tienen normalmente necesidad de trabajar 3 turnos, por lo que debe suministrarse una iluminación satisfactoria para el trabajo nocturno. En la **Tabla 5.51** se indica la intensidad de iluminación estándar empleada en alumbrado interior; en la **Tabla 5.52**, las recomendaciones para seleccionar el sistema de iluminación en el alumbrado exterior; y en la **Tabla 5.53**, las características de las lámparas de uso común.

TABLA 5.51
INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN ESTÁNDAR EN ALUMBRADO INTERIOR

LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN (Luxes)
Terminal de Pasajeros	Salas de espera	300
	Pasillos de pasajeros y puentes para abordar	100
Cobertizos y Almacenes	Patios de distribución de carga para botes de pesca	200
	Estación de contenedores y cobertizos de tránsito utilizados solamente por vehículos	100
	Cobertizos y almacenes usados para trabajos simples de manejo de carga	70
	Otros cobertizos y almacenes	50

TABLA 5.52
RECOMENDACIONES PARA LA ILUMINACIÓN DEL ALUMBRADO EXTERIOR

Nivel de Eficiencia	Valor Medio Ra	Tipo de Lámpara	Uso
1	$80 \leq Ra$ Muy buena	Lámpara incandescente	Trabajos que requieren la selección de contrastes.
2	$60 \leq Ra < 80$ Buena	Lámpara fluorescente	
		Lámpara metálica de emisión difusa	
		Lámpara de vapor de sodio de alta temperatura (alto grado de claridad)	
3	$40 \leq Ra < 60$ Relativamente buena	Lámpara de mercurio	Trabajos ordinarios
4	$20 \leq Ra < 40$ Aceptable	Lámpara de vapor de sodio de alta presión	Trabajos ordinarios
No recomendable	$Ra < 20$	Lámpara de vapor de sodio de baja presión	No adecuada para trabajos que impliquen selección de colores.

Ra = Valor para evaluar la claridad de diferentes tipos de lámparas

TABLA 5.53
CARACTERÍSTICAS DE LAS LÁMPARAS DE ILUMINACIÓN

Tipo de Lámpara/ Características	Eficiencia de la lámpara lm/w	Color de la luz (k)	Valor Medio Ra	Vida de Servicio (hrs)	Estabilidad contra la influencia de la Temperatura Ambiente	Activación	Reactivación	Variación de la Intensidad de la Iluminación
Lámpara incandescente	15 a 20	Naranja 2,800	100 Buena	Corta 1,000 a 2,000	Estable	Instantánea	Instantánea	Fácil
Lámpara halógena	17 a 22	Naranja 3,000 a 3,200	100 Buena	Corta 1,000 a 2,000	Estable	Instantánea	Instantánea	Fácil
Lámpara fluorescente (blanca)	Intermedia 80 a 100	Blanca 3,000 a 4,000	50 a 95 Relativamente Buena	6,000 a 12,000	Inestable	Rápida (2 a 3 seg)	Rápida (2 a 3 seg)	Intermedia
Lámpara de sodio de baja presión	100 a 180	Naranja 1,700	Mala	Intermedia 9,000	Estable	20 min.	Relativamente rápida (10 seg)	Difícil
Lámpara de vapor de mercurio	40 a 60	3,500 a 4,000	40 a 50 Intermedia	Larga 9,000 a 12,000	Estable	8 min a temperatura normal	Relativamente baja (10 min)	Más del 50%

Tipo de Lámpara/ Características	Eficiencia de la lámpara lm/w	Color de la luz (k)	Valor Medio Ra	Vida de Servicio (hrs)	Estabilidad contra la influencia de la Temperatura Ambiente	Activación	Reactivación	Variación de la Intensidad de la Iluminación
Lámpara de metal	Intermedia 70 – 80	Blanca 4,000 a 5,000	70 a 90 Buena	Intermedia 6,000 a 9,000	Influencia de las condiciones exteriores	5 min a temperatura normal	Relativamente baja (10 min)	Difícil
Lámpara de vapor de sodio de alta presión	Intermedia 60 a 120	Naranja 2,100	Intermedia	Larga 9,000 a 12,000	Estable	5 a 10 minutos	Relativamente rápida (1 a 5 min.)	Más del 50%

NOTA: lm/w (Lumenes/Watts)

La selección adecuada de las luminarias, debe hacerse en función de las necesidades de iluminación, características del local y de las restricciones impuestas por la clasificación de áreas mostradas en las tablas anteriores.

El alumbrado general exterior en vialidades y zonas de comunicación, se realiza por medio de luminarias tipo poste (Ver Figura 5.215), o en su caso, a base de reflectores apoyados sobre postes de concreto y crucetas. (Ver Figura 5.216)

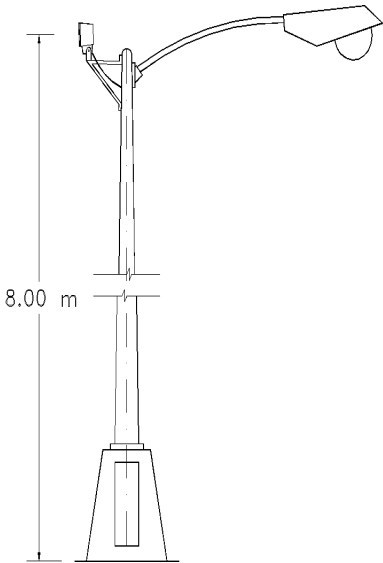


Figura 5.215 Alumbrado General a Base de Luminarias

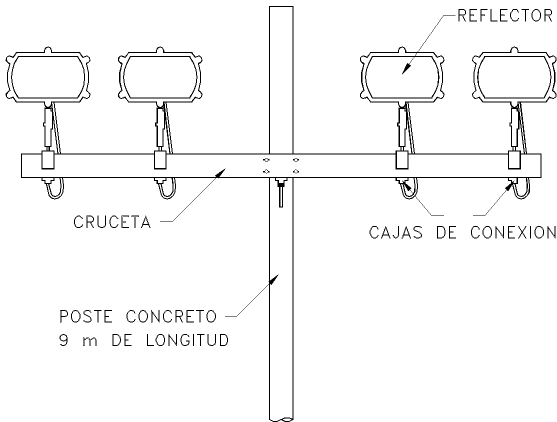


Figura 5.216 Alumbrado General de Intemperie a Base de Reflectores.

5.4.1.3 Suministro de Combustible

puede proporcionar por diversos sistemas de acuerdo a la **Tabla 5.54**:

En cualquier tipo de puerto, se recomendable que exista el suministro de combustible. El abastecimiento se

TABLA 5.54
SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE A EMBARCACIONES

SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
En el propio muelle	Reabastecimiento de combustible durante el tiempo de operación	Peligro de accidente en el área de operación Costo elevado de construcción y conservación
En Muelle Especial	Seguridad al cargar combustible en una zona alejada de la zona comercial del puerto	Aumenta el número de movimientos del barco dentro del puerto Queda impedido de hacer otra operación Las condiciones anteriores aumentan el costo de estadía del barco en el muelle
Por medio de Chalanes Nodriza	Facilidad para cargar combustible cuando realiza sus operaciones en cualquier sitio Evitan instalaciones especiales Reducción del tiempo de estadía Se elimina todo peligro	Necesidad de una estación de carga para los chalanes Costo de los chalanes o flete de los mismos

Según la clase de tráfico previstas, puede ser necesario abastecer a los barcos con aceite, gasolina, diesel y productos intermedios. No es necesario facilitar estos combustibles en todos los puestos de atraque, como ya se vio en la tabla anterior, pero deberían proporcionarse en emplazamiento tomas convenientes de combustible, alimentadas por tuberías subterráneas.

5.4.1.4 Drenaje Sanitario y Pluvial

Existen tres tipos de drenajes en los puertos, y son:

- › Químico, industrial y aceitoso
- › Pluvial
- › Sanitario

Los materiales empleados para los diferentes tipos de drenaje pueden ser: Fierro fundido, asbesto cemento, concreto simple, concreto armado, barro vitrificado, PVC; o materiales especiales resistentes a la corrosión, según sean las necesidades de cada caso.

Los tubos para los diferentes tipos de drenajes, deberán cumplir con los

requisitos de calidad especificados en las normas correspondientes en vigor.

DISPOSICIÓN DE LAS REDES

- a) Inicialmente se parte de la localización de parteaguas de acuerdo a la clasificación de las diferentes áreas mencionadas.

Los parteaguas deberán limitar rectángulos de losas con relación largo-ancho no mayor de 1.25 y de preferencia, éstos deberán ser iguales en todo el conjunto, excepto en la liga del pavimento con edificios, diques, vías, etc.

- b) Los ramales se dispondrán en forma de peine, orientados hacia los colectores.
- c) El diámetro mínimo que tendrán las tuberías de drenaje pluvial será de 204 mm (8").
- d) Los registros se proyectarán a una distancia, entre ellos equivalente en metros a los centímetros que tenga el diámetro nominal de los tubos, pero nunca mayor de 50 m.
- e) Se deberá de contar con plantas de tratamiento de aguas para el drenaje químico y aceitoso.

5.4.1.5 Comunicaciones

Teléfono

Por lo general se dejarán colocados registros y ductos para línea telefónica, de tal forma que la compañía telefónica

proporcione e instale los cables y receptáculos. Los registros construidos deberán ser a prueba de intemperie.

Para la conexión de estas instalaciones es recomendable que se coloquen cerca de un extremo del muelle para que estén situadas convenientemente en relación a la superestructura del buque.

Telégrafo y Correo

Se recomienda que exista una oficina de telégrafos y correo cercana al puerto, ya que ésta no debe encontrarse dentro del recinto portuario.

5.4.1.6 Manejo de Desechos

La principal fuente de desechos en los puertos proviene de las embarcaciones, y están conformados como sigue:

ORIGEN	CAUSAS	TIPO DE DESECHOS
Embarcaciones	Accidentes	Hidrocarburos
		Productos Químicos
		Sustancias sólidas
	Operación	Petróleos y Lastre
		Materiales fecales
		Basura sólida
	Descargas	Desechos Industriales

Se tienen que contemplar medidas preventivas para su control como son:

- Los sistemas de recolección, tratamiento y disposición de residuos sólidos.

- › Cada área e industria dentro del puerto deberá de contar con contenedores de recolección, divididos en: recolectores orgánicos, de metales y vidrio y de plásticos.
- › Zonas de concentración de desechos y/o transbordos, tratamientos conjuntos, industrialización de basuras o rellenos sanitarios.
- › En un muelle abierto, la protección contra incendios puede proporcionarse instalando una línea principal del sistema contra incendios, con ramificaciones en puntos estratégicos, la cual conducirá el gasto predeterminado para dicho fin.
- › Se dejarán salidas verticales a lo largo de la tubería, en forma estratégica las cuales tendrán un par de válvulas de 2 ½" para conexión de mangueras, a una altura de 60 cm, sobre N. P. T.

Métodos Operativos en los Buques

Los problemas de vertido y limpieza de los residuos y basuras generados por la operación en la descarga y por la tripulación del buque, pueden ser tratados de diversas formas. En la práctica pueden concretarse en las siguientes:

- › Tanques de almacenamiento dotados o no de compactador.
- › Maceración de las basuras acompañadas de una posterior aceleración.
- › Incineración de los residuos sólidos.
- › De ser posible, se dejarán aberturas o pasos en la cubierta con tapas removibles que permitan usar neblina extintora para combatir incendios que ocurran bajo el muelle.
- › Se colocarán extinguidores de mano en todos los accesos al muelle.
- › Como medida auxiliar, se recomienda disponer de embarcaciones equipadas con bombas de presión para combatir incendios (tomar el agua directamente del mar).
- › En el caso de manejo de productos petroquímicos, se debe de instalar equipo que usa espuma.
- › En los muelles cubiertos, dependiendo del carácter de la construcción y su contenido, puede usarse un sistema de rociadores, una estación de mangueras o extintores químicos manuales.

5.4.1.7 Equipo Contra Incendio

Es de especial atención ya que adquiere una importancia relevante el hecho de proteger las instalaciones portuarias y las mercancías que ahí se manejan, por tanto todos los puertos deben adoptar un sistema para prevenir y combatir posibles incendios.

a) Servicio en Muelles

b) Servicio en Areas Terrestres

La protección contra incendios para las áreas en tierra, no es diferente de

cualquier otra instalación que proporcione servicios similares, pero en general se recomienda lo siguiente:

- › Debe instalarse un sistema de distribución de agua que se adapte a la forma en que estén trazados los caminos y los edificios, para garantizar la continuidad del servicio.
- › Se recomienda usar agua dulce no potable para combatir incendios o de no ser posible, se utilizará agua de mar.
- › El gasto necesario promedio es de 126 lts/seg durante 4 hr, el cual puede dividirse en 63 lts/seg, para alimentar rociadores y 63 lts/seg para mangueras.
- › La presión mínima de la red debe de ser de 7 Kg/cm²
- › La tubería debe enterrarse a una profundidad suficiente para evitar daños debido al tráfico.
- › Se dispondrá de hidrantes comunes contra incendios, con conexión para bomberos de 4 ½" de diámetro y 16 lts/seg para 2 ½", con presión residual a la salida de 10 a 15 lb/pulg².
- › Los hidrantes deben localizarse a una distancia mínima absoluta de las construcciones más próximas, de 8 m pero es preferible de 15 m o más.
- › Dada la irregularidad del trazo de las terminales, es difícil definir el

espaciamiento entre hidrantes, por ello se recomienda localizar éstos, de manera que cualquier incendio potencial pueda ser alcanzado por dos hidrantes al menos, alimentando cada uno a manguera de 90 m de largo máximo, o bien, una separación entre hidrantes de 15 m.

- › Para zonas de almacenes, se recomienda disponer de 4 hidrantes accesibles, dos a cada lado, o bien un sistema de rociadores.
- › En terminales petroquímicas se instalará un sistema de espuma, generada por el método que se desee, el agua que se use en el proceso, debe de llegar con una presión de 125 lb/pulg².

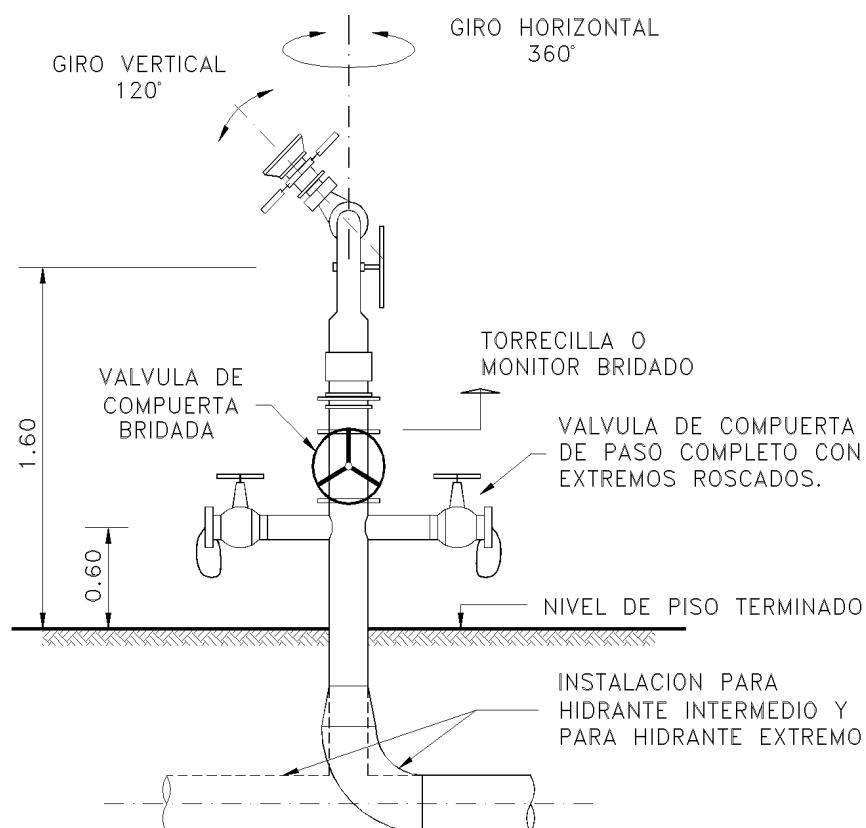


Figura 5.217 Hidrante de Dos Tomas con Monitor

5.4.1.8 Sanitarios y Médico de Urgencia

Sanitarios

El puerto deberá contar con este servicio para el personal que labora en el mismo;

el cálculo y ubicación de los sanitarios se efectúa en base a las condiciones de trabajo de cada área de la terminal, tomando en cuenta lo siguiente:

MUEBLES	CANTIDAD	ESPACIO MÍNIMO REQ.	
		ANCHO (m)	LARGO (m)
W. C.	1 c /20-25 hombres	0.70	2.00
	1 c /10-15 mujeres	0.70	2.00
Mingitorio	1 c/20-25 hombres	0.60	1.80 o colectivo
Lavabo	1 c/7 operadores	0.60	– o colectivo
Regadera	1 c/20-25 operadores	0.90	0.90
Bebadero	1 c /60 operadores	var.	var.

Médicos de Urgencia

La administración del puerto debe de contemplar la instalación de servicios médicos de urgencia, los cuales contarán con personal especializado y equipo requerido para atender y/o controlar cualquier incidente causado dentro del puerto, por accidentes.

Este servicio generalmente se encuentra dentro del edificio administrativo (**Ver Figura 5.218**), además se dispondrá de un botiquín de urgencia en las distintas áreas del puerto, distribuidos a cada 100 o 150 m.

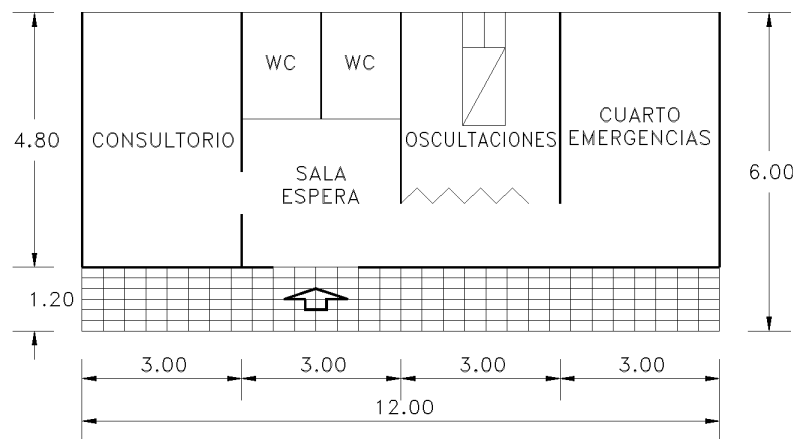


Figura 5.218 Servicio Médico

5.4.1.9 Avituallamiento

Se refiere al suministro de todos aquellos insumos que requiere la embarcación y sus tripulantes, para la realización de sus viajes. Los más importantes son:

Alimentos:

- › Bebidas alcohólicas
- › Comestibles

Enseres y Herramientas:

- › Piezas de recambio, herramienta menor

Otros:

- › Latería

- › Hielo

5.4.2 Servicios Especiales

5.4.2.1 Conservación y Mantenimiento de Embarcaciones y de Areas de Agua

Embarcaciones

Actualmente, la reparación de embarcaciones tiene lugar en los varaderos y en los diques. Estas instalaciones permiten poner al barco en seco y difieren en esencia en cuanto a su capacidad para recibir embarcaciones, de acuerdo a lo siguiente:

TIPO DE INSTALACIÓN	TIPO DE EMBARCACIÓN
Varadero	Embarcaciones chicas
Dique flotante	Embarcaciones medianas
Dique seco	Grandes naves

Las instalaciones dedicadas al mantenimiento o construcción de embarcaciones, se localizan en áreas donde no interfieran con el movimiento de trenes y vehículos en cuanto a la circulación, pero se les dota de accesos amplios que los comunica con la red vial interior.

Se debe de contar con talleres especializados como son en forma de ejemplo:

- › De pintura
- › Eléctrico y electrónico
- › De soldadura
- › Carpintería
- › Instalaciones hidráulicas – tubería
- › Mecánico, etc.

Además se debe de contar con un almacén de materiales y piezas de repuesto, así como una oficina de control y administración independiente de los movimientos portuarios.

En la **Tabla 5.55** se detalla la lista de instalaciones con que debe contar un astillero y en la **Figura 5.219**, se muestra el esquema general del mismo.

TABLA 5.55
ÁREAS DE TRABAJO EN UN ASTILLERO

LOCAL	AREAS	LOCAL	AREAS
	TALLERES DE ACERO		SISTEMAS
1	Taller de elaboración de acero	27	Sistemas de ferrocarril
2	Taller de ensamble	28	Sistemas de redes eléctricas
3	Taller de tratamiento de bloques	29	Sistemas de redes neumáticas, hidráulicas de oxígeno y gas natural
	TALLER DE AISLAMIENTO	30	Sistemas de intercomunicación interna y externa
4	Taller de módulo		
5	Taller de tubería		ALMACENES
6	Taller de acero de aislamiento y chapa fina	31	Parque de acero y línea de tratamiento
7	Taller de maquinado de madera, ebanistería y carpintería de ribera	32	Almacén general
8	Taller eléctrico	33	Almacén auxiliar
9	Taller de montaje mecánico	34	Almacenes diversos:
10	Taller de maquinado		a) Almacén de pinturas
11	Taller de marinería y maniobras		b) Almacén de madera
13	Taller de limpieza mecánica de tuberías		c) Almacén de andamiaje, puntales y picaderos
14	Talleres auxiliares de aislamiento		d) Almacén de seguridad industrial
			e) Almacén de combustible
	TALLERES VARIOS		f) Almacén central de herramientas
15	Taller de mantenimiento y parque de vehículos		g) Almacenes auxiliares de herramientas
16	Taller de subcontratistas		h) Almacén de chatarra
			i) Parque de materiales de aislamiento
	DIQUE		j) Areas externas de almacenamiento
17	Dique seco N° 1		k) Almacén de tubos
18	Dique seco N° 2		
19	Dique seco de construcción		PATIOS Y EXPLANADAS
20	Dique flotante, muelles de acero y duques de alba	35	Calzadas y patios
		36	Area de premontaje de bloques
		37	Area de premontaje de superestructura
	MUELLES	38	Area de reserva para el taller de maquinaria pesada
21	Muelle marginal Este		

LOCAL	AREAS	LOCAL	AREAS
22	Muelle marginal central Este		INSTALACIONES OFICINA Y SERVICIOS
23	Muelle marginal central Oeste	39	Oficina y Servicios
24	Muelle marginal Oeste		
25	Muelle espigón de aislamiento		
26	Muelle espigón de reparaciones		

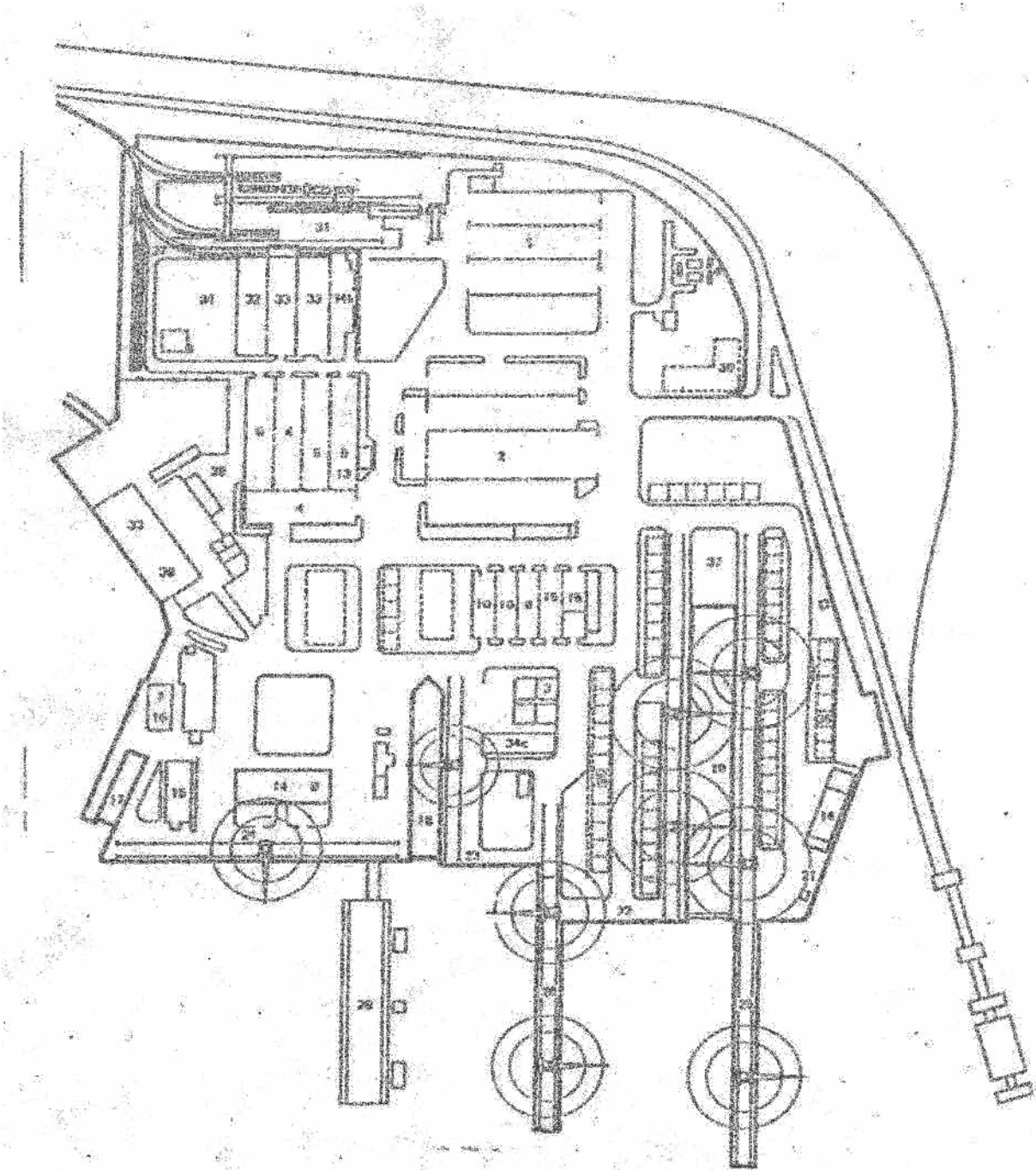


Figura 5.219 Esquema General de un Astillero

Áreas de Agua

Las áreas de agua del puerto deben de contar con un servicio periódico de dragado con el fin de que se mantengan los calados oficiales.

Se debe de contar con una oficina de control con comunicación a la oficina central del puerto, además deberá de contar con espacio suficiente para el personal de guardas y contar también con servicio de baños y vestidores.

5.4.2.2 Pilotaje - Remolcadores

Cualquier barco que arriba a un puerto extranjero puede requerir tomar los servicios de un piloto o práctico del puerto, o bien arribar con ayuda de remolcadores.

Los remolcadores deben de contar con un atracadero especial para ellos, localizado inmediato a los frentes de atraque o muelles y cerca del acceso marítimo.

5.4.2.3 Capacitación y Laborales

Para la capacitación y alfabetización del personal al servicio del puerto, se requiere de un aula para 40 personas como máximo y contar con servicios de proyectores de ser posible. Lo anterior en un área de 50 m², además deberá contar con un local para guardar material y equipo (12 m²), y otros 50 m² para acceso, descanso, oficina de administración y sanitarios. (Ver Figura 5.220).

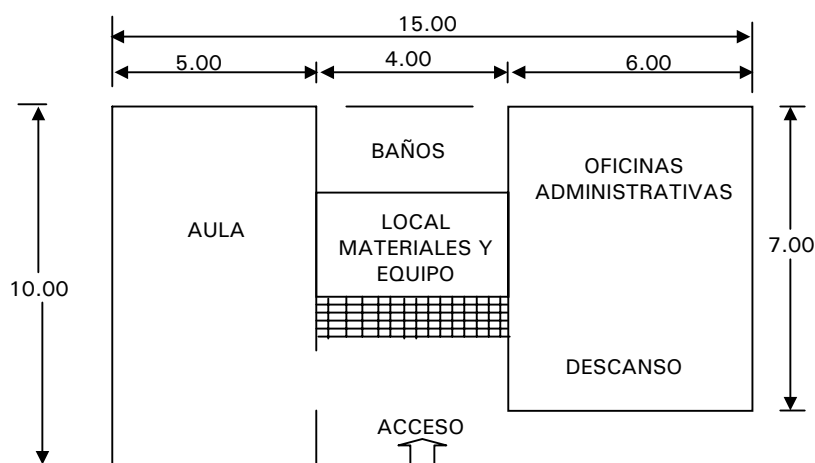


Figura 5.220 Local de Capacitación Laboral

Instalaciones Laborales

Otras instalaciones deben contar con pórtico y oficina de concentración, comedores y locales comerciales de servicio, baños y vestidores, local de organización sindical, locales auxiliares (Centro de Asistencia Juvenil) y estancia de descanso, como requerimientos mínimos.

5.4.2.4 Comerciales y Bursátiles

Se debe de tener especial cuidado en reservar áreas de terreno para que todos los interesados edifiquen sus instalaciones, la ubicación será fuera del recinto portuario, pero inmediato y anexo a él. Las dimensiones varían de acuerdo al tipo de puerto, pero empíricamente se recomienda un área mínima de 10 ha para uso de estos servicios en un puerto de altura. Las oficinas y almacenes, contarán con los siguientes servicios:

Oficinas:

- › Agencia de importaciones, exportaciones
- › Agencias aduanales
- › Bancos y casas financieras
- › Oficinas privadas
- › Restaurante, cafeterías, áreas de reunión, etc.

Almacenes:

- › Refacciones
- › Avituallamiento
- › Vehículos automotores

5.4.2.5 Oficinas de Autoridades

Se deben de localizar dentro del recinto portuario y cerca de los accesos terrestres, y deberán contar con una buena coordinación en todas las actividades que se desarrollan en el puerto y son las siguientes:

Autoridades:

- › S.C.T. Coordinación General de Puertos y Marina Mercante, Dirección General de Puertos, Dirección General de Marina Mercante y Dirección General de Capitanías; Policía de Caminos y Puertos, Agencia del Ministerio Público.
- › A.P.I. Administración Portuaria Integral
- › S.R.E. Pasaporte (Migración)
- › S.A.R.H. Sanidad vegetal y animal
- › S.H.C.P. Aduanas
- › S.S.A. Sanidad Internacional
- › S. de M. Armada de México
- › SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
- › SECTUR Marinas y Cruceros
- › Entidades Operativas. Empresa de Servicios Portuarios

Las dimensiones de los edificios son variables, según el puerto y la localidad, se recomienda dejar un área mínima de 3 Has para este fin, en puertos de altura.