

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**ALTERNATIVA DE REUBICAR EL PUERTO DE SALAVERRY
DISEÑO DE LAS AREAS DE ALMACENAMIENTO PARA
CONTENEDORES EN EL TERMINAL PORTUARIO**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JORGE JESÚS CARRASCO SAMANIEGO

Lima- Perú

2011

Agradezco a mi familia, en especial a mi madre Gloria Alicia Samaniego Ordoñez, mi padre Jesús Carrasco Malpica, mis hermanos por la confianza depositada y apoyo extraordinario.

INDICE	1
LISTA DE CUADROS	3
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	6
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO	9
1.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO	9
1.2. DIAGNOSTICO	10
1.3. OBJETIVO DEL PROYECTO	11
1.3.1. Objetivo Principal.	11
1.3.2. Objetivo Específicos.	12
1.4. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	12
1.5. COSTOS Y PRESUPUESTOS	13
CAPÍTULO II: PARAMETROS DE DISEÑO EN ÁREAS DE ALMACENAMIENTO	15
2.1. CRITERIOS DE DISEÑO MARÍTIMO.	15
2.2. METODOLOGÍAS PARA LA PLANIFICACIÓN DE TERMINALES DE CONTENEDORES.	17
2.2.1. Diagrama de planificación de la UNCTAD.	18
2.2.2. Uso de fórmulas matemáticas.	22
2.3. DEMANDA DE CARGA Y OPERATIVIDAD DEL PUERTO.	25
2.4. CÁLCULO, DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS DE ALMACENAMIENTO	28
2.4.1. Cálculo del área de almacenamiento de contenedores.	28
2.4.2. Cálculo del área de la estación de contenedores (EC).	30
2.4.3. Área total del área de almacenamiento.	32
2.4.4. Diseño y distribución del área de almacenamiento.	32
2.4.5. Diseño de Losa de Área de Almacenamiento.	33

2.5.	PLANEAMIENTO Y EQUIPAMIENTO DE LAS ÁREAS DE ALMACENAMIENTO	42
	CAPÍTULO III: EXPEDIENTE TÉCNICO	51
3.1.	MEMORIA DESCRIPTIVA	51
3.2.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	51
3.2.1.	Trabajos Preliminares	52
3.2.2.	Movimiento de Tierras	52
3.2.3.	Concreto Simple y Concreto Armado	53
3.2.4.	Acero de Refuerzo	57
3.2.5.	Encofrado y desencofrado	58
3.2.6.	Estructuras Metálicas	59
3.3.	COSTOS Y PRESUPUESTOS	60
3.4.	PROGRAMACIÓN	62
3.5.	PLANOS	63
	CONCLUSIONES	64
	RECOMENDACIONES	65
	BIBLIOGRAFÍA	66
	ANEXOS	

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1.01 Costo de inversión del presente proyecto.	13
Cuadro N° 2.02 Datos del medio ambiente	15
Cuadro N° 2.03 Dimensiones y características de un contenedor de 20 pies	16
Cuadro N° 2.04 Tiempos más frecuentes de demora de los contenedores	17
Cuadro N° 2.05 Superficie necesaria por TEU en función del equipo utilizado para almacenar los contenedores.	20
Cuadro N° 2.06 Area requerida/TEU.	24
Cuadro N° 2.07 Datos estadísticos de movimiento de carga, Puerto de Salaverry.	25
Cuadro N° 2.08 Proyecciones de carga en 20 años.	27
Cuadro N° 2.09 Dimensiones y características de la nave PANAMAX.	28
Cuadro N° 2.10 Cuadro de áreas.	33
Cuadro N° 2.11 Capacidad de contenedores en el área de almacenamiento diseñada.	33
Cuadro N° 2.12 Carga de ruedas en equipamiento de patio.	34
Cuadro N° 2.13 Valores de carga de los contenedores sobre el patio de almacenamiento.	38
Cuadro N° 2.14 Valores de carga de tractores y remolques sobre el patio de almacenamiento.	38
Cuadro N° 2.15: Resumen de las características, ventajas y desventajas de las familias de los sistemas de apilamiento (grúas).	47
Cuadro N° 3.16: Costo de inversión del presente proyecto.	61
Cuadro N° 3.17: Programación de ejecución de obra.	62

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.01 Ubicación de la reubicación del Puerto de Salaverry.	10
Figura N° 2.02 Contenedor Estándar 20 pies (1TEU).	16
Figura N° 2.03 Almacenamiento de puerto con camión-remolque, grúa RTG y STS.	17
Figura N° 2.04 Diagrama de Planificación I: Zona de almacenamiento de contenedores.	19
Figura N° 2.05 Diagrama de Planificación II: superficie de la estación de contenedores.	21
Figura N° 2.06 Sección transversal de una estación de contenedores.	22
Figura N° 2.07 Uso del diagrama de Planificación I: Patio de almacenamiento de contenedores en la reubicación del Puerto de Salaverry	29
Figura N° 2.08 Uso del diagrama de Planificación II: superficie de la estación de contenedores en la reubicación del Puerto de Salaverry.	31
Figura N° 2.09 Sección Transversal de la Estación de Contenedores (Techo metálico).	31
Figura N° 2.10 Vigas de concreto armado (PCCR) en la misma elevación para grúas RTG.	35
Figura N° 2.11 Dimensiones y cuantía de la viga RTG.	36
Figura N° 2.12 Detalle de la cimentación de las vigas RTG.	37
Figura N° 2.13 Primeros cálculos del programa "Window PAVER AASHTO".	40
Figura N° 2.14 Últimos cálculos del programa "Window PAVER AASHTO".	40
Figura N° 2.15 Detalle del pavimento adoquinado en el patio de almacenamiento.	41
Figura N° 2.16 Detalle de la colocación del adoquinado en el patio de almacenamiento.	42

Figura N° 2.17 Rediseño de un puerto antiguo a un puerto de contenedores.	44
Figura N° 2.18 Pilas de contenedores con gruas de patio.	46
Figura N° 2.19 Grúa de patio RTG (Rubber tire gantry crane).	48
Figura N° 2.20 Terminal Truck.	49
Figura N° 2.21 Estructuras metálicas (Reefers) para almacenar contenedores refrigerados.	50

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

ENAPU:	Empresa Nacional de puertos S.A.
PANAMAX:	Son aquellas naves diseñadas para ajustarse a las dimensiones máximas permitidas para el tránsito por el Canal de Panamá. El tamaño máximo está determinado por la dimensión de las cámaras de las esclusas y su calado.
Ha.:	Hectárea, unidad de medida de área.
TEU:	Twenty - feet Equivalent Unit, unidad equivalente a un contenedor de 20 pies de longitud.
TM:	Tonelada métrica.
EC:	Estación de contenedores.
RTG:	Rubber Tyred Gantry - Grúas de patio de almacenamiento.
UNCTAD:	United Nations Conference on Trade and Development - Conferencia de las Naciones Unidas sobre comercio y desarrollo.
JPCC:	Pavimento rígido con juntas (Jointed Portland cement concrete).
STACKER:	Apilador de contenedores de 6 llantas.
PCCR:	Pavimento de concreto con armado estructural en la misma elevación.
REEFERS:	Estructura metálica para almacenamiento de contenedores refrigerados.
STS:	Ship to Shore - grúa STS es una grúa pórtico montada sobre carriles, diseñada para realizar las maniobras de carga y descarga de contenedores de barco a muelle y viceversa

RESUMEN

El actual Puerto de Salaverry presenta restricciones de navegación por la disminución de la profundidad (bajo calado) y la aparición de zonas críticas por acumulación de sedimentos que requieren ser dragadas. En tal sentido se hace necesario reubicarlo, además actualmente el comercio marítimo mueve gran cantidad de mercancías transportadas en contenedores (TEU) que requieren de suficientes áreas e infraestructura adecuada para su manipuleo y transporte.

Es por eso que, el presente informe de suficiencia tiene el propósito de presentar el diseño de las áreas de almacenamiento para atender de manera rápida, ordenada y eficiente el proceso de apilamiento de contenedores en la nueva ubicación del Puerto de Salaverry.

La elaboración del estudio, reubicación del Puerto de Salaverry, parte del cálculo del área disponible para almacenamiento de contenedores, de acuerdo a la demanda del movimiento de carga en 20 años, el tiempo de estadía de los contenedores en el área de almacenamiento y la definición del equipamiento a usar en el traslado y apilamiento de contenedores, se obtendrá el valor del área de almacenamiento requerida.

Se implementa un equipamiento de apilado de contenedores con grúas de patio RTG y camiones-remolque para el traslado de los contenedores del muelle al patio de almacenamiento y viceversa, dando seguridad, operatividad y eficiencia en comparación con otros equipamientos de almacenaje.

Del diseño de las áreas de almacenamiento de contenedores, en la reubicación del Puerto de Salaverry, se obtiene 24.08 Ha., con disponibilidad de 20 Ha. para ampliaciones, con un costo de inversión de US \$ 73'117,174.38, para almacenamiento amplio, ordenado, con buenas estructuras y equipamiento moderno en el servicio de almacenaje de contenedores.

INTRODUCCIÓN

Se ha verificado que el litoral de Salaverry está perdiendo costa debido a la ubicación actual de su puerto, con áreas de almacenamiento insuficientes a las demandas actuales. El comercio marítimo mueve gran cantidad de mercancías transportadas en contenedores llamados TEUs, que requieren de suficiente área e infraestructura para su manipuleo y transporte. Estas áreas corresponden a almacenes de contenedores, patios de maniobras y accesos adecuados dentro del puerto, que hacen necesario la reubicación del Puerto de Salaverry y el diseño de estas nuevas áreas.

El objetivo del diseño de las áreas de almacenamiento de contenedores en la reubicación del Puerto de Salaverry, es atender de manera rápida, ordenada y eficiente el proceso de traslado y apilamiento de contenedores.

El presente informe comprende los siguientes capítulos:

En el Capítulo I, se describe el perfil del proyecto en estudio, realizando una inspección y evaluación de operación del puerto, identificando el problema en campo. Se detalla los problemas actuales del Puerto de Salaverry y la propuesta de alternativa de solución, especificando el objetivo del informe, la nueva ubicación de las áreas de almacenamiento y el costo de inversión.

En el Capítulo II, se describe los parámetros de diseño en áreas de almacenamiento presentando nomogramas de cálculo y fórmulas matemáticas que ayudan a la determinación de este valor, proyectando a 20 años la demanda del movimiento carga, calculando así el área de almacenamiento y su respectiva distribución de áreas en función del planeamiento y equipamiento del sistema de almacenaje definido (grúas de patio RTG).

Finalmente en el Capítulo III, se detalla el presupuesto de la obra, para lo cual se describe las partidas a ejecutar señalando la cuantificación de éstas. Así mismo, se presenta la programación de trabajo y planos que reflejan la ubicación y distribución de las áreas de almacenamiento en la reubicación del Puerto de Salaverry.

CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO

Durante el desarrollo del curso de titulación se elaboró el estudio del perfil titulado “Alternativa de reubicar el puerto de Salaverry – Diseño de las áreas de almacenamiento para contenedores en el terminal portuario”, recopilando información pertinente para su elaboración, así mismo, se realizó una inspección y evaluación de la operación del puerto, identificándose el problema en campo.

La reubicación del puerto marítimo implica mejorar sus servicios, especializando la atención a carga y descarga de contenedores, atendiendo la demanda de carga en 20 años, que tiene un incremento anual del 5%. Por esta razón, se plantea conseguir 14 m de calado en el nuevo muelle, para atender naves de gran capacidad de carga (naves PANAMAX), proponiendo un muelle tipo espigón de 300 m de largo, a 2500 m del litoral mar adentro, comunicándose hasta la nueva ubicación del área de almacenamiento con un puente (2500 m de largo) en el mar y una vía de acceso (570 m de largo). Obteniendo como resumen los siguientes resultados:

1.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

La reubicación del Puerto de Salaverry estará en el distrito de Salaverry, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, adyacente por el lado sur del terminal marítimo existente, tal como se puede apreciar en la figura N° 1.01.

Región Geográfica	:	Costa		
Altitud	:	5 m.s.n.m.		
Localización	:	Longitud (Greenwich):	78° 58' 55"	W
		Latitud (Ecuador):	08° 13' 54"	S
Coordenadas UTM	:	722400 E		
		9089550 N		

El área de influencia esta al sur de la ubicación actual del puerto de Salaverry, abarcando una superficie de 24.08 ha., con 22 Ha. para ampliaciones.



Figura N° 1.01 Reubicación del Puerto de Salaverry.

Fuente: Google Earth – fecha de la imagen 25 de Noviembre 2009.

Las vías de comunicación del proyecto tendrán una infraestructura vía terrestre, aérea y marítima.

- Por carretera desde Trujillo: 14 Kilómetros.
- Por carretera desde Chimbote: 125 Kilómetros.
- Por carretera desde Lima: 550 Kilómetros.
- Por mar desde el Callao: 258 Millas Náuticas (Una Milla Náutica equivale a 1.852 km)
- Vía aérea - Aeropuerto de Trujillo: distante a 20 Kilómetros.

1.2. DIAGNÓSTICO

El transporte marítimo en el Perú no ha logrado alcanzar un adecuado nivel de desarrollo. Realizar operaciones portuarias de gran escala, económicas y seguras, es un reto para nuestro país.

El Puerto de Salaverry presenta restricciones a la navegación, por la disminución de la profundidad (bajo calado) y la aparición de zonas críticas por acumulación de sedimentos, que requieren ser dragadas, en tal sentido se hace necesario reubicarlo para eliminar estas restricciones, aumentando el calado a 14 m y dotar a la vía marítima de infraestructura y equipos necesarios, a fin de poder mejorar las condiciones de navegabilidad los 365 días del año.

Las áreas de almacenamiento resultan ser insuficientes a las demandas actuales. El comercio marítimo mueve gran cantidad de mercancías transportadas en contenedores llamados TEUs, que requieren de suficiente área e infraestructura para su manipuleo y transporte. Estas áreas corresponden a almacenes de contenedores, patios de maniobras y accesos adecuados dentro del puerto, que hacen necesario el diseño de estas nuevas áreas, en la reubicación del Puerto de Salaverry.

Para lograr una mejora en la atención de las naves y desarrollar una correcta logística de manipuleo y operación dentro del nuevo puerto, es necesario tener suficientes áreas de almacenamiento de contenedores, con equipos especializados para apilar, que trabajen en conjunto con camiones de carga del muelle al área de almacenamiento, y destinando la mercancía al exterior del puerto, abaratando costos mientras estos sean más especializados.

1.3. OBJETIVO DEL PROYECTO

1.3.1. Objetivo principal:

Elaborar el diseño de las áreas de almacenamiento para atender de manera rápida, ordenada y eficiente el proceso de apilamiento de contenedores. Recalcando que la eficiencia de un puerto depende fundamentalmente en la rapidez de carga y descarga de la mercancía.

1.3.2. Objetivos específicos:

- Calcular el área de almacenamiento de contenedores (refrigerados, secos) llenos y vacíos, que cumpla con almacenar la demanda en 20 años.
- Distribuir el área de almacenamiento con una apropiada clasificación de contenedores, incluyendo un área de estación de contenedores (EC), para el vaciado y llenado de contenedores, que agilice las revisiones por entidades del Gobierno.
- Diseñar vías accesibles, para el libre tránsito del equipamiento de almacenaje, y los vehículos transportadores de contenedores dentro y fuera del área de almacenamiento.
- Implementar una infraestructura moderna en el área de almacenamiento, con equipamiento de fácil operatividad y buen rendimiento.

1.4. ALTERNATIVA DE SOLUCION

El área de almacenamiento será de 24.08 Ha., con una capacidad de 7,272 contenedores de 20 pies (TEU), cumpliendo así la demanda de carga en 20 años (6,856 TEUs), teniendo espacio suficiente para la circulación y maniobra del equipamiento de almacenaje, a fin de permitir el movimiento rápido y seguro de los contenedores, entre el muelle y la zona de almacenamiento. La infraestructura del almacenamiento presenta la siguiente distribución de áreas:

- Patio de almacenamiento de contenedores secos y refrigerados (llenos y vacíos)
- una estación de contenedores (EC), para el vaciado y llenado de carga, que agilice las revisiones por entidades del Gobierno,
- área para almacén de mercancías peligrosas,
- oficinas y edificios administrativos (ENAPU S.A., aduanas, etc.),
- talleres de mantenimiento y reparación,
- estaciones de lavado y áreas para aparcamiento de camiones y remolques,
- almacén de combustible,
- y subestaciones para control y seguridad dentro del puerto.

El equipamiento para apilar contenedores en el patio de almacenamiento, será con grúas pórtico (RTG) de 16 neumáticos, y camión – remolque (terminal truck) para el traslado de contenedores del muelle al área de almacenamiento y viceversa. Teniendo vías de circulación de fácil transitividad dentro del puerto, amplios estacionamientos, señalización y buena iluminación.

La pavimentación del área de almacenamiento será de dos tipos:

- Pavimento adoquinado en el patio de contenedores y las vías de circulación dentro del puerto.
- Pavimento de concreto de armado estructural en el carril donde circularan las grúas de patio RTG.

1.5. COSTOS Y PRESUPUESTOS

El costo de inversión de la construcción y equipamiento del área de almacenamiento es de \$. 70'551,954.38 (costo a diciembre del 2010), tal como se muestra en el siguiente cuadro (Nº 1.01):

Cuadro Nº 1.01 Costo de inversión del presente proyecto.

DESCRIPCIÓN	ALMACENAMIENTO CON PAVIMENTACION ADOQUINADA Y VIGAS RTG					
	UND	METRADO			COSTO (US\$/.)	PARCIAL (US\$/.)
		Cant.	Longitud	Área		
COSTO DE INVERSIÓN						70,551,954.38
1. Presupuesto de Obra						63,882,655.92
CONSTRUCCIÓN:						26,841,435.92
Pavimento Adoquinado	m2	1	-	209851.99	100.00	20,985,198.80
Pavimento de Concreto Armado	m2	1	-	12276.00	170.00	2,086,920.00
Techo Metálico	m2	1	-	8008	200.00	1,601,600.00
Oficinas y edificaciones	m2	1		3200.00	250.00	800,000.00
Taller de Mantenimiento	m2	1		2000.00	120.00	240,000.00
Instalaciones de Lavado	m2	1		1000.00	100.00	100,000.00
Almacén de mercancías peligrosas y combustible	m2	1		6456.01	100.00	645,601.20
Puertas de Ingreso	und	2			10,844.46	21,688.93
Balanza	und	1			192,426.99	192,426.99
Muro perimetral	ml	1	2100	-	80.00	168,000.00

Fuente: Elaboración propia

Continúa cuadro N° 1.01:

DESCRIPCIÓN	ALMACENAMIENTO CON PAVIMENTACION ADOQUINADA Y VIGAS RTG					
	UND	METRADO			COSTO	PARCIAL
		Cant.	Longitud	Área	(US\$/.)	(US\$/.)
EQUIPAMIENTO:						37,041,220.00
Grúas Pórticos de patio RTG	und	20	-	-	1,575,000.00	31,500,000.00
Terminal Truck	und	20	-	-	128,261.00	2,565,220.00
Apiladora de contenedores llenos (Reach Stacker)	und	2	-	-	580,000.00	1,160,000.00
Apiladora de contenedores vacíos	und	2	-	-	425,000.00	850,000.00
Separadores para carga sobredimensionada	und	3	-	-	60,000.00	180,000.00
Estructura metálica para refrigerar	und	20			16,000.00	320,000.00
Jaula de seguridad para trabajos en altura	und	3	-	-	22,000.00	66,000.00
Tráiler cisterna	und	1	-	-	50,000.00	50,000.00
Barredora	und	1	-	-	100,000.00	100,000.00
Cisterna	und	2	-	-	100,000.00	200,000.00
Vehículo de emergencia	und	1	-	-	50,000.00	50,000.00
2. Ingeniería						4,001,579.08
Estudios de factibilidad	glb	1	-	-	2,000,789.54	2,000,789.54
Supervisión	glb	1	-	-	2,000,789.54	2,000,789.54
3. Impacto Ambiental						2,667,719.39
Estudios de EIA's	glb	1	-	-	2,667,719.39	2,667,719.39

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II: PARAMETROS DE DISEÑO EN ÁREAS DE ALMACENAMIENTO

El diseño de las áreas de almacenamiento para contenedores, del nuevo puerto de Salaverry, considera criterios marítimos que se usan en el cálculo de la demanda de carga, el área requerida, y la definición del equipamiento a usar en el traslado y apilamiento de contenedores, buscando la operatividad del puerto durante todo el año.

2.1. CRITERIOS DE DISEÑO MARITIMO:

- Vida útil y periodos de mantenimiento:

Concreto armado: Vida útil de 50 años con mantenimiento incidental

Estructuras de acero: Vida útil de 30 años con 15 años como periodo mínimo de mantenimiento

Pavimentos del terminal: Vida útil de 20 años con mantenimiento incidental

- Datos del medio ambiente: Se muestran en el cuadro N° 2.02.

Cuadro N° 2.02 Datos del medio ambiente

Descripción	Valores
Temperatura máxima (Febrero):	22.9°C
Temperatura mínima (Setiembre):	15.7 °C
Temperatura promedio:	19.3 °C
Humedad registrada:	83 – 90 %
El nivel de precipitación anual:	5.2 mm (muy bajo).

Fuente: Instituto geofísico del Perú.

- Contenedor de diseño:

El nuevo puerto de Salaverry atenderá a contenedores de 20 y 40 pies de largo, siendo los de 20 pies (TEU) los más usados en el transporte marítimo, por tal motivo, será este el contenedor de diseño. Las características, dimensiones, y capacidad de carga se pueden apreciar en la figura N° 2.02 y el cuadro N° 2.03.



Figura N° 2.02 Contenedor Estándar 20 pies (1 TEU).

Fuente: <http://www.herdkp.com.pe/adds/Ezines/contenedores.htm>

Cuadro N° 2.03 Dimensiones y características de un contenedor de 20 pies

Largo (pies)	Ancho (pies)	Alto (pies)	Peso (Kg.)	Volumen (m3)	Capacidad (Kg)
20	8	8.6	2400	32.8	21000

Fuente: Tema de presentación "Carga-Volúmenes", profesor UNI Ing. Domínguez.

- Área de almacenamiento:

El área de almacenamiento, fue analizado como cualquier tramo de la costa, buscando donde, el desarrollo del puerto puede ser posible, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Disposición de una superficie suficiente
- Posibilidad de ampliación en el futuro.
- Disposición de conexiones con el interior.
- La accesibilidad y distancia del mar.
- La naturaleza del subsuelo y el riesgo de los asentamientos o problemas geotécnicos.
- Terremoto en peligro
- La evaluación ambiental.

Así mismo, los tiempos más frecuentes de demora de los contenedores en el terminal, según datos recogidos de diversas terminales, son:

Cuadro N° 2.04 Tiempos más frecuentes de demora de los contenedores.

	Días
Contenedores con carga de importación	7
Contenedores con carga de exportación	5
Contenedores vacíos	20

Fuente: Secretaría de la UNCTAD, "Desarrollo Portuario – Manual de Planificación para los países en desarrollo".

- **Sistemas de manipulación de contenedores:**

El equipo más utilizado hoy en día en los sistemas de manipulación para apilar los contenedores son los siguientes:

- El Fork-lift (tenedor elevador) y el sistema Reach-stacker
- El sistema Straddle-carrier.
- El pórtico de 16 neumáticos de caucho (RTG) y/o sobre rieles (RMG). Usado en este proyecto (figura N° 2.03).
- Una combinación de los sistemas anteriores.

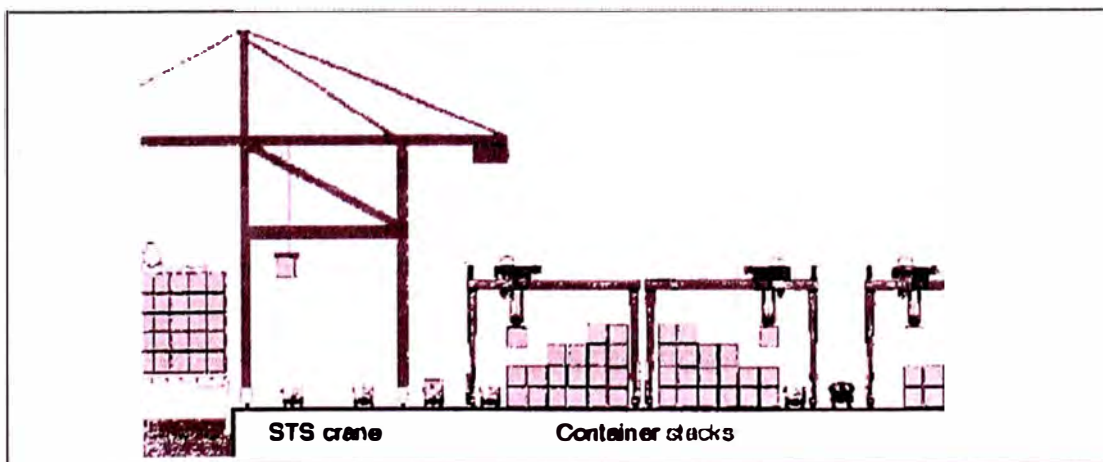


Figura N° 2.03 Almacenamiento de puerto con camión-remolque, grúa RTG y STS.

Fuente: Thoresen Carl A., "Manual de diseño Puertos: recomendaciones y directrices"

2.2. METODOLOGÍAS PARA LA PLANIFICACIÓN DE TERMINALES DE CONTENEDORES

Dentro de las metodologías más importantes para el cálculo del área de almacenamiento existen dos que sobresalen, las cuales son:

2.2.1. Diagramas de planificación de la UNCTAD.

Estos diagramas dividen el área de almacenamiento en: patio de almacenamiento, estación de contenedores (EC) y una superficie adicional por puestos de atraque. Los diagramas son los siguientes:

Diagrama de planificación I, publicado por la Secretaria de la UNCTAD “Desarrollo Portuario – Manual de Planificación para los países en desarrollo”, se utiliza para el cálculo del patio de contenedores, en función del movimiento de carga anual, la altura de apilamiento y los tiempos de estadía del contenedor en el área de almacenamiento (Figura N° 2.04).

El patio de almacenamiento de contenedores, es la dimensión más importante de un terminal portuario. El uso del diagrama de planificación I, se inicia con inscribir el número de unidades equivalentes a un contenedor de 20 pies, que pasaran por el muelle cada año. Luego se hace descender verticalmente una línea, hasta el punto de inflexión en el que esta línea, corta la línea que representa, el tiempo medio que el contenedor pasa en tránsito en el terminal. Continuando, la línea sigue horizontalmente hacia la izquierda, hasta el próximo punto de inflexión, determinado por la horizontal y la línea correspondiente a la superficie necesaria por TEU.

La superficie necesaria por TEU, depende del tipo de equipo utilizado para manipular los contenedores, y de los requisitos consiguientes en cuanto a acceso y altura máxima de apilamiento. Generalmente, las superficies necesarias son las mostradas en el cuadro N° 2.05.

Luego, se hace descender nuevamente la línea, hasta que corte la línea que representa, la relación entre la altura media y la altura máxima de apilamiento de contenedores. La altura media, indica el nivel al que puede considerarse, que prácticamente la zona de almacenamiento de contenedores está llena. Por ejemplo, aunque una carretilla-pórtico puede apilar los contenedores en tres capas, no sería práctico apilar así los contenedores en toda la zona, ya que entonces resultaría imposible retirar contenedores individualmente. Así pues, hay que aplicar un factor de ajuste para tener en cuenta este hecho. A continuación,

se desplaza horizontalmente hacia la derecha, hasta cortar la línea que representa el factor de seguridad de reserva de capacidad, factor que permitirá al parque hacer frente a las puntas de la demanda.

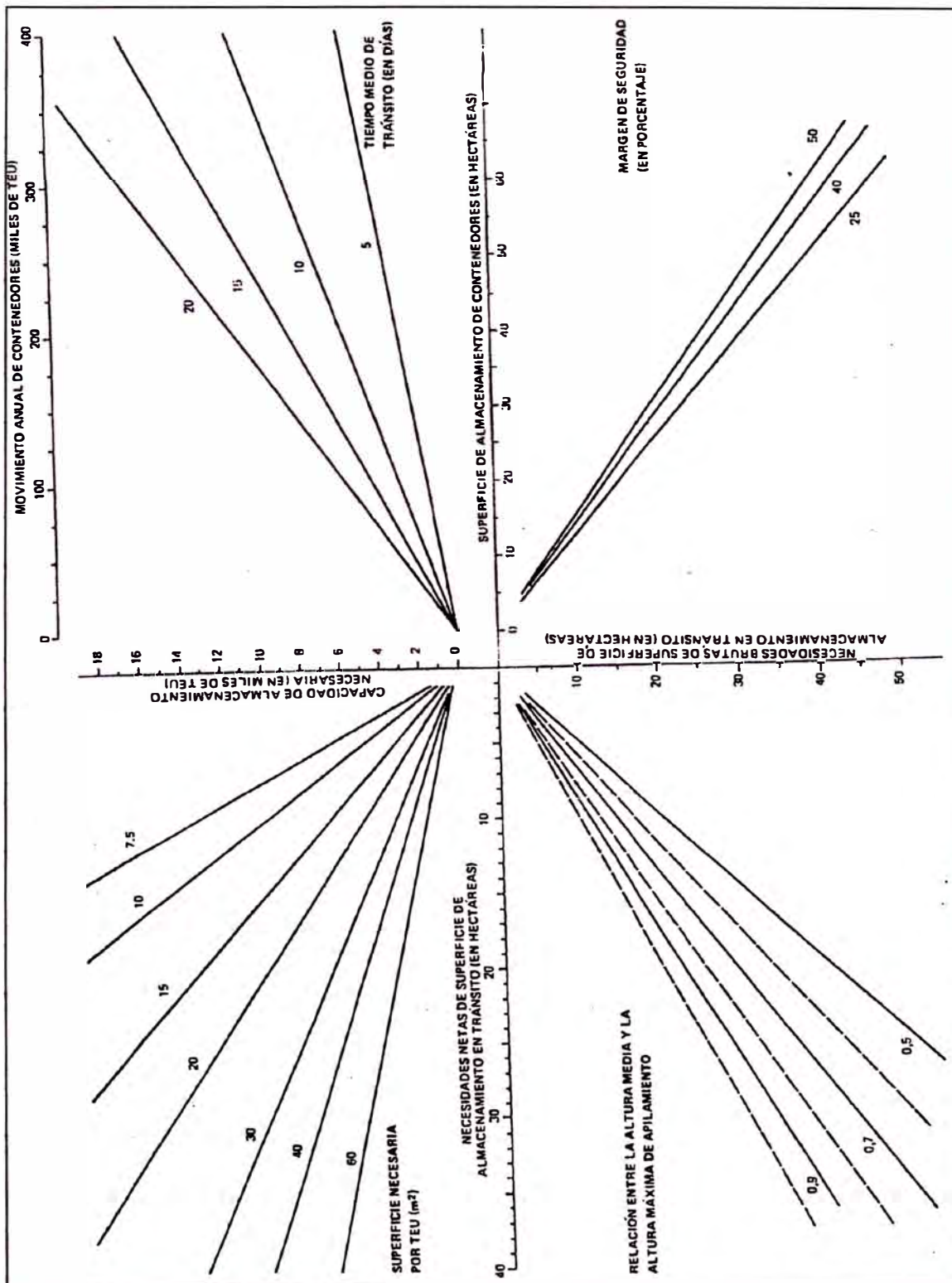


Figura Nº 2.04 Diagrama de Planificación I: Zona de almacenamiento de contenedores.

Fuente: Secretaría de la UNCTAD, "Desarrollo Portuario – Manual de Planificación para los países en desarrollo".

Cuadro N° 2.05 Superficie necesaria por TEU, en función del equipo utilizado para almacenar los contenedores.

	Altura de apilamiento (número de contenedores)	Metros cuadrados por TEU	
		Contenedor de 20 pies	Contenedor de 40 pies
Remolque.....	1	60	45
Carretilla elevadora.....	1	60	80
	2	30	40
	3	20	27
Carretilla - pórtico.....	1	30	
	2	15	
	3	10	
Grúa - pórtico.....	2	15	
	3	10	
	4	7.5	

Fuente: Secretaria de la UNCTAD, "Desarrollo Portuario – Manual de Planificación para los países en desarrollo".

Finalmente, la línea sigue verticalmente hacia arriba, hasta cortar la línea que representa la superficie necesaria para el almacenamiento de contenedores. Las intersecciones de la trayectoria y de los ejes, dan la información siguiente: capacidad necesaria en TEU, superficie neta y bruta de almacenamiento necesaria en tránsito, y superficie para almacenamiento de contenedores. El diagrama se puede utilizar repetidamente, para determinar las necesidades de superficie, según se utilicen diferentes tipos de equipo de patio, a fin de encontrar la solución más económica dada las condiciones locales.

- Diagrama de planificación II, publicado por la Secretaria de la UNCTAD "Desarrollo Portuario – Manual de Planificación para los países en desarrollo" (Figura N° 2.05), se utiliza para el cálculo del área de la estación de contenedores (EC), en función del tiempo medio de tránsito de los contenedores en la EC, altura media de apilamiento en la EC y un coeficiente de accesos.

La estación de contenedores (EC) se utiliza para llenar, vaciar, consolidar y clasificar los envíos de contenedores en la zona portuaria. Sabiendo, que cada TEU que pasa por la EC necesita un volumen de 32.8 m³, se puede determinar

la superficie de almacenamiento de la EC, con un margen de seguridad de capacidad de reserva, para los periodos de demanda punta.

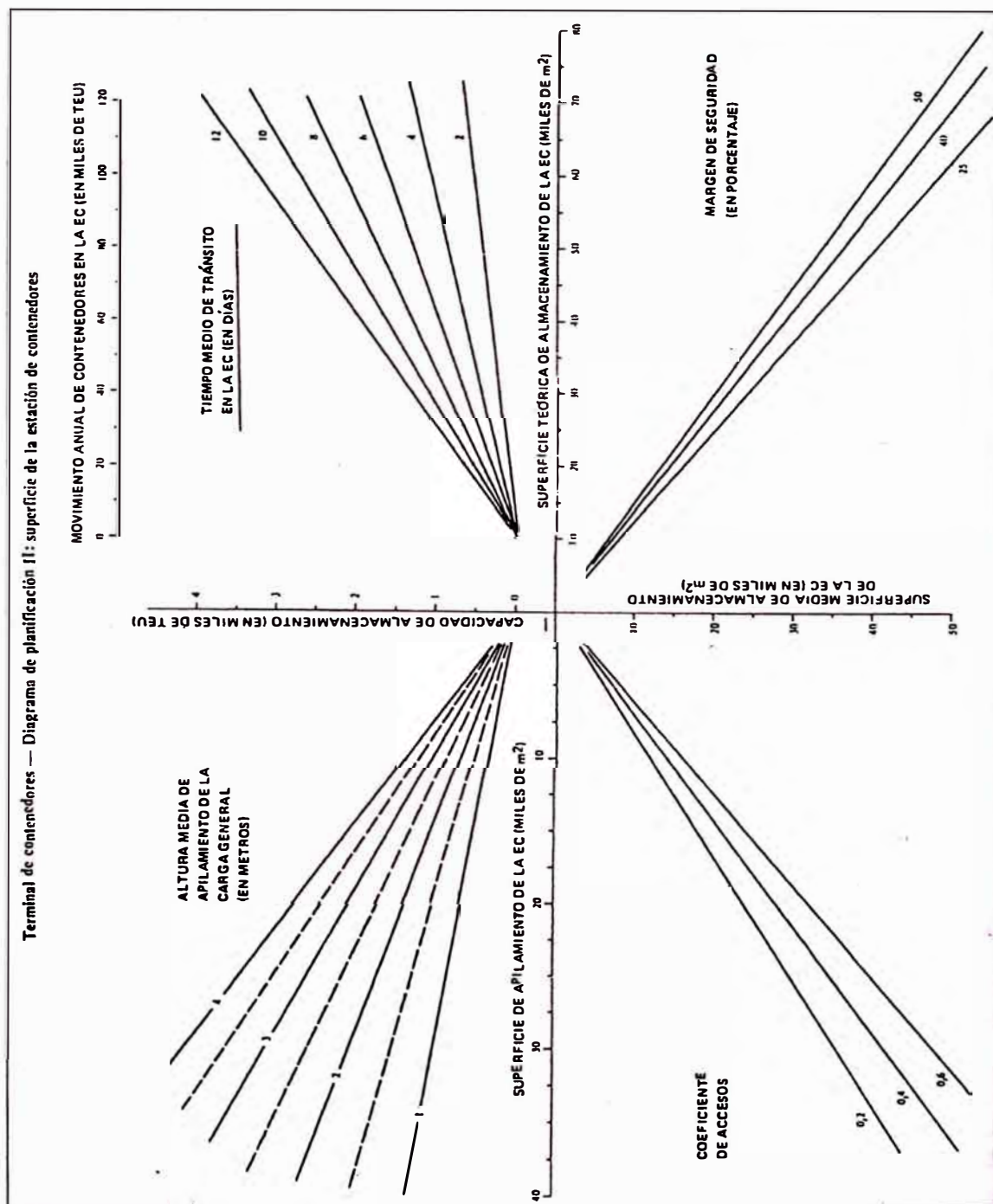


Figura N° 2.05 Diagrama de Planificación II: superficie de la estación de contenedores.

Fuente: Secretaría de la UNCTAD, "Desarrollo Portuario – Manual de Planificación para los países en desarrollo".

Así mismo, la estructura (EC) deberá tener un techo metálico con un alero ancho, que ofrezca protección contra la intemperie en los andenes de carga de contenedores, tal como se muestra en la figura N° 2.06.

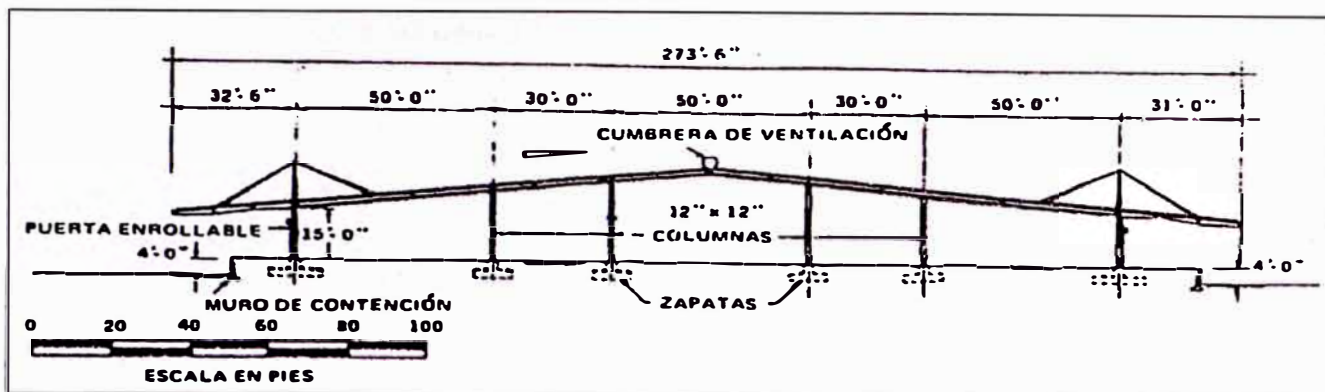


Figura N° 2.06 Sección transversal de una estación de contenedores.

Fuente: Secretaria de la UNCTAD, "Desarrollo Portuario – Manual de Planificación para los países en desarrollo",

- Superficie adicional por puesto de atraque, es el área que el terminal necesita para las zonas de clasificación, el aparcamiento de vehículos, los accesos para vigas RTG y carretera, las ADUANAS, los contenedores estropeados, el personal, la administración, el almacenamiento de mercancías peligrosas y los servicios de mantenimiento.

Corrientemente, puede ser de 20,000 a 30,000 m² [7].

2.2.2. Uso de fórmulas matemáticas:

Entre las fórmulas matemáticas que se usan para calcular el área de almacenamiento, están las publicadas por Thoresen Carl A. en el "Manual de diseño Puertos: recomendaciones y directrices" [5], que se usan en estudios de pre-ingeniería, las cuales ofrecen una precisión suficiente para determinar las áreas terminales y las capacidades necesarias. Se recomienda que para un diseño detallado y evaluaciones de la logística de contenedores, es necesario un programa de simulaciones avanzadas.

El cálculo del área de almacenamiento, se inicia con determinar la capacidad anual del terminal, expresado en unidades equivalentes a contenedores de 20 pies (TEU). El movimiento anual de contenedores TEU será:

$$\text{CTEU / año} = \frac{A_T \times 365 \times H \times N \times L \times S}{A_{\text{TEU}} \times D \times (1 + B_f)}$$

De donde, el área total de patio necesario será:

$$\begin{aligned}
 A_T &= \frac{C_{TEU} \times D \times A_{TEU} \times (1 + B_f)}{365 \times H \times N \times L \times S} \\
 &= \frac{C_{TEU} \times D \times A_{TEU} \times (1 + B_f)}{365 \times H} \times \frac{1}{N \times L \times S} \\
 &= \frac{A_N}{N \times L \times S}
 \end{aligned}$$

Las variables usadas son:

C_{TEU} = Movimiento anual de contenedores.

A_T = Área total de patio necesaria.

A_N = Área neta de apilamiento.

H = Relación entre la altura media y máxima de apilamiento de los contenedores, las cuales varían generalmente entre 0.5 a 0.8. De este factor dependerá el desplazamiento y apilamiento de contenedores en el área de almacenamiento, y la necesidad de que estén separados por destino.

A_{TEU} = Área requerida por TEU dependiendo del sistema de apilamiento como se muestra en el cuadro N° 2.06.

D = Tiempo de permanencia o el promedio de días que el contenedor permanece en zona de apilamiento en tránsito. Si no hay información disponible, se puede utilizar de 7 días para contenedores de importación y 5 días para contenedores de exportación. Para los recipientes vacíos el promedio es 20 días de estancia en un terminal.

B_f = Factor de almacenamiento, depende del área de almacenamiento o apilamiento, está entre 0.05 - 0.1.

N = Área de oficinas o zona de apilamiento de contenedores en comparación con el total del área de patio, por lo general oscilan entre 0.6 – 0.75 de la zona del patio de total.

L = Factor de diseño debido a la forma de la zona del terminal, por lo general varían entre 0.7 para la forma del área triangular a 1.0 para la forma rectangular del área.

S = Factor de segregación, debido a destinos diferentes de contenedores, la CMS, procedimientos, etc. por lo general varían entre 0.8 a 1.0.

El requisito de A_{TEU} en m^2/TEU depende el sistema interno (camino de acceso), altura máxima de apilamiento, sistema de manipulación de contenedores, densidad de apilamiento, disposición de diseño interior, y el tipo de equipo utilizado para el apilamiento de contenedores.

También dependerá del tamaño de las dimensiones en tierra del TEU, que por lo general varía entre aproximadamente de 15 a 20 m^2 por TEU, en función del equipo de manipulación de contenedores y la estiba.

El movimiento de contenedores al año (C_{TEU}) y almacenamiento de contenedores en la zona de apilamiento (A_{CP}), sin el efecto de factores N, S y L, se muestra en el siguiente cuadro (Nº 2.06):

Cuadro Nº 2.06 Area requerida/TEU.

Handling equipment and method	Stacking height of container	Approximately area requirement A_{TEU} in m^2/TEU including internal roads with the following breadth or line of containers				
		1	2	5	7	9
Chassis	1	65				
FLT — front-lift truck/ RS — reach stackers	1	72	72			
	2		36			
	3		24			
	4		18			
SC — straddle carriers	1 over 1	30				
	1 over 2	16				
	1 over 3	12				
RTG — rubber-tyre gantries/ RMG — rail-mounted gantries	1 over 2			21	18	15
	1 over 3			14	12	10
	1 over 4			11	9	8
	1 over 5			8	7	6

Fuente: Thoresen Carl A., "Manual de diseño Puertos: recomendaciones y directrices"

El número total de contenedores S_L (franjas horarias en la zona de apilamiento) será:

$$S_L = \frac{A_T \times N}{A_{TEU}}$$

Donde los parámetros, para determinar el número total de franjas de contenedores, son:

S_L = Número total de franjas de contenedores en la zona de apilamiento.

A_T = Área total de patio.

N = Área de oficinas o zona de apilamiento de contenedores en comparación con la superficie total de patio.

A_{TEU} = Requisito de área/TEU, según el sistema de manipulación de contenedores.

2.3. DEMANDA DE CARGA Y OPERATIVIDAD DEL PUERTO.

Requerimiento operativo:

Uno de los objetivos específicos, es diseñar el área de almacenamiento de contenedores, capaz de atender la demanda de carga en 20 años.

Demanda de carga:

Para el cálculo de la máxima demanda de carga en el área de almacenamiento, se parte de datos estadísticos de movimiento de carga entre los años 2000 y 2009, obtenidos de ENAPU S.A. (Empresa Administradora Actual del Puerto de Salaverry), los cuales son:

Cuadro N° 2.07 Datos estadísticos de movimiento de carga, puerto de Salaverry.

Año	Naves (Unidades)		Carga (TM)	TEU
	Alto Bordo	Menores		
2000	133	0	792017	28
2001	144	0	871250	352
2002	118	1	853643	8
2003	141	0	961426	100
2004	125	0	989370	82
2005	159	680	1074536	9381
2006	176	347	1204505	17565
2007	191	333	1362233	16955
2008	199	140	1267160	13112
2009	189	3	1544603	2043

Fuente: ENAPU S.A.

Transformando a TEUs la columna con datos de carga en TM se tiene:

Considerando que: Carga promedio <> Carga máxima

Carga promedio: 1'544,603 TM, lo que transformaremos a unidades TEUs.

Considerando que toda la carga es cereales y granos:

Peso específico de maíz, trigo y azúcar = 0.75 t/m³

Entonces: 1'544,603 TM <> 62,789 TEU

Considerando que toda la carga es harina de pescado:

Peso específico de harina de pescado = 0.80 t/m³

Entonces: 1'544,603 TM <> 58,864 TEU

Considerando que toda la carga es fertilizantes:

Peso específico de fertilizantes = 1.20 t/m³

Entonces: 1'544,603 TM <> 39,243 TEU

Promediando los tres resultados anteriores se obtiene: 63,593 TEU..... (1)

Si transformamos la carga en TEU en función de la capacidad máxima del contenedor:

$$\begin{aligned} 1 \text{ TEU} &<> 21 \text{ TM} \\ X \text{ TEU} &<> 1'544,603 \text{ TM} \end{aligned}$$

De aquí obtenemos: 73,553 TEU..... (2)

Promediando el valor (1) y (2) se obtiene:

1'544,603 TM <> 63,593 TEU (Valor en TEU de columna de carga en TM).

Movimiento de carga máximo el 2009:	Carga en TM:	63,593 TEU
	Carga en TEU:	15,565 TEU

Total de TEU anual el 2009 (año cero para el diseño): 81,158 TEU

Calculando el volumen de carga en un horizonte de 20 años con un crecimiento lineal del 5 % anual, se tendrá:

Cuadro N° 2.08 Proyecciones de carga en 20 años.

AÑO	TEU
2009	81,158
2010	85,216
2011	89,274
2012	93,332
2013	97,390
2014	101,448
2015	105,505
2016	109,563
2017	113,621
2018	117,679
2019	121,737
2020	125,795
2021	129,853
2022	133,911
2023	137,969
2024	142,027
2025	146,084
2026	150,142
2027	154,200
2028	158,258
2029	162,316
2030	166,374

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro N° 2.08 se tiene que la proyección de movimiento de carga anual para el 2030 será: 166,374 TEU

Considerando que el puerto estará operativo 360 días al año, el movimiento de carga proyectado semanalmente el 2030 será: 3,236 TEU

Buscando su similitud con la capacidad de carga de alguna nave, se tiene que la nave PANAMAX (cuadro N° 2.09) transporta 3428 TEU (valor cercano al calculado), lo cual concluye que el movimiento de carga a atender será una Nave PANAMAX semanalmente.

Cuadro N° 2.09 Dimensiones y características de la nave PANAMAX.

Eslora	Manga	Calado	T.R.B.	T.E.U.
269.67	32.2	11.6	53,240	3,428

Fuente: Tema de presentación "Carga-Volúmenes", profesor UNI Ing. Domínguez.

Entonces: Carga semanal a atender: 3,428 TEU.
 Carga anual a atender: 176,400 TEU (360 días del año).

2.4. CÁLCULO, DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS DE ALMACENAMIENTO

El área de almacenamiento debe cubrir el doble de la capacidad de la nave de diseño [*]. Por lo tanto, el movimiento de carga anual será:

Movimiento de carga anual de diseño: $2 \times 176400 \text{ TEUs} = 352800 \text{ TEUs}$.

2.4.1. Cálculo del área de almacenamiento de contenedores:

Con el uso de los dos métodos descritos en el ítem 2.2, se tiene:

- Con el uso del diagrama de planificación I [7], los parámetros a ingresar son:

Carga anual a atender: 352,800 TEU.

Tiempo medio de tránsito: 10 días

Superficie necesaria: 7.5 (cuadro N° 2.05)

Relación entre la altura media y la altura máxima de apilamiento: 0.5 (altura media: 2, altura máxima 4)

Margen de seguridad: 25 %

Obteniendo como resultado (Figura 2.07):

Superficie de almacenamiento de contenedores: 200,000 m²..... (1)

[*] Criterio expuesto en clase de puertos por el Ing. Luis Domínguez, docente de la UNI.

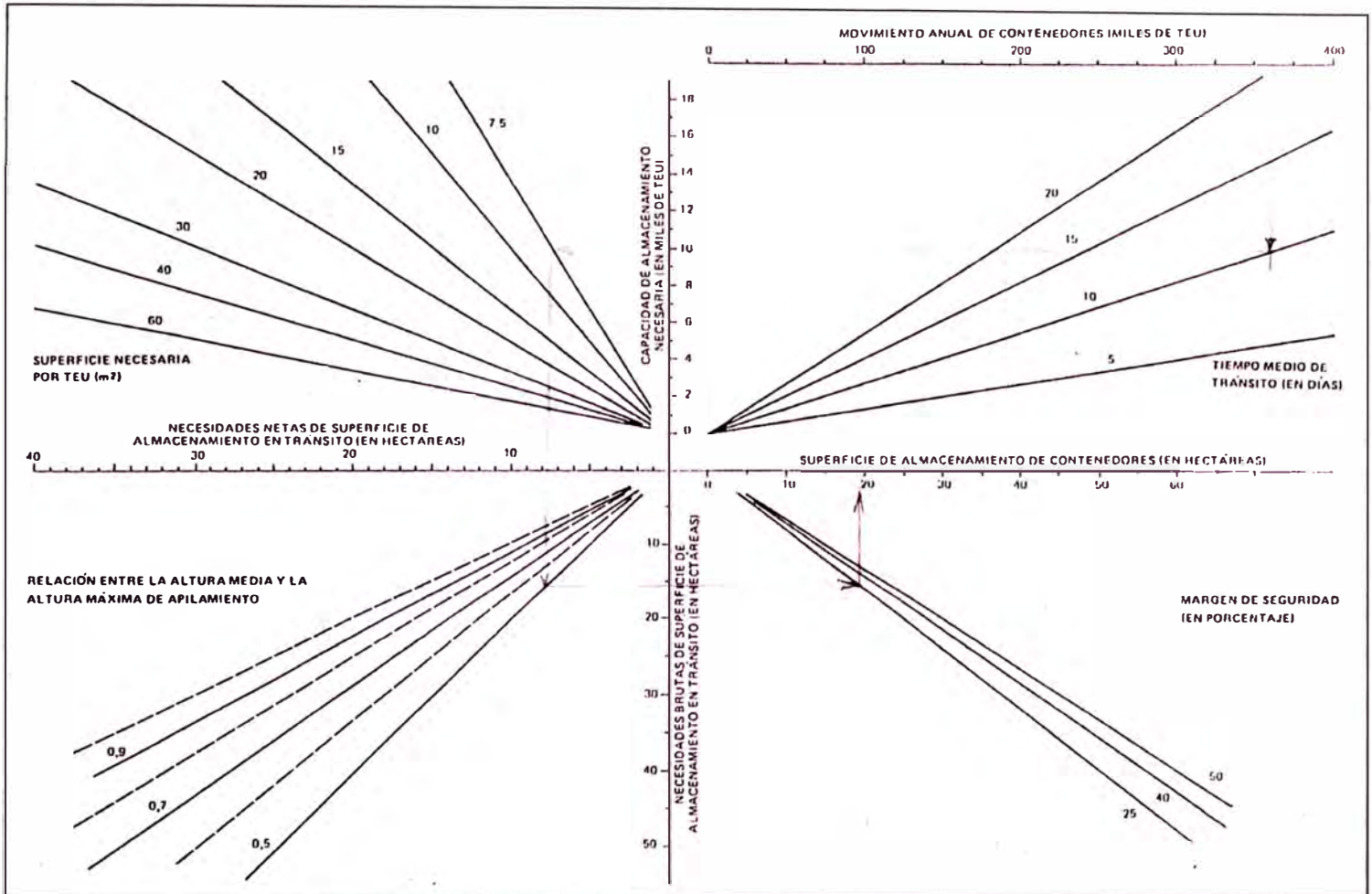


Figura Nº 2.07 Uso del diagrama de Planificación I: Patio de almacenamiento de contenedores en la reubicación del Puerto de Salaverry.

Fuente: Secretaria de la UNCTAD, "Desarrollo Portuario – Manual de Planificación para los países en desarrollo" [7].

- Con el uso de fórmulas matemáticas para el cálculo del área de almacenamiento, se tiene:

Para el movimiento de carga de nuestro proyecto usando el cuadro Nº 06 con C_{TEU} de 357,492 TEU movimiento / año y con un tiempo de permanencia promedio de 7 días en tránsito, la capacidad de retención necesarios es 1800 TEU. Con un promedio de A_{TEU} de 20 m²/TEU, la zona de tránsito de almacenamiento neto será 36,000 m². Con una media máxima de apilamiento altura H de 0.8 y un área de más de tránsito a capacidad de 25 por ciento, la red requiere un área de apilamiento que necesitan ser incluidos para la futura expansión sería de aproximadamente 56,250 m².

Si la zona de apilamiento de contenedores en comparación con el área de terminales de contenedores N total es 0,64, el factor de diseño L es de 0.9, el factor de segregación S es 0.9 y factor B_f es de 0,05; el patio total A_T es de aproximadamente 281,204 m².

El valor del área de almacenamiento resulta 28.12 Ha., el cual es muy cercano al obtenido con los diagramas de planificación (24 Ha.), pág. 32.

De los dos métodos utilizados, concluimos que el área de almacenamiento será el obtenido con el diagrama de planificación I, por considerar mayores parámetros de análisis y limitarse solo al cálculo del patio de contenedores.

2.4.2. Cálculo del área de la estación de contenedores (EC):

Con el uso del diagrama de planificación II, se tiene:

Capacidad de almacenamiento necesaria:	10,000 TEU (Figura N° 2.07).
Tiempo medio de tránsito en la EC:	10 días
Altura media de apilamiento de la carga general:	2 m
Coefficiente de accesos:	0.4
Margen de seguridad:	25 %

Se obtiene como resultado (figura N° 2.08):

Superficie teórica de la EC: 7,300 m². (2)

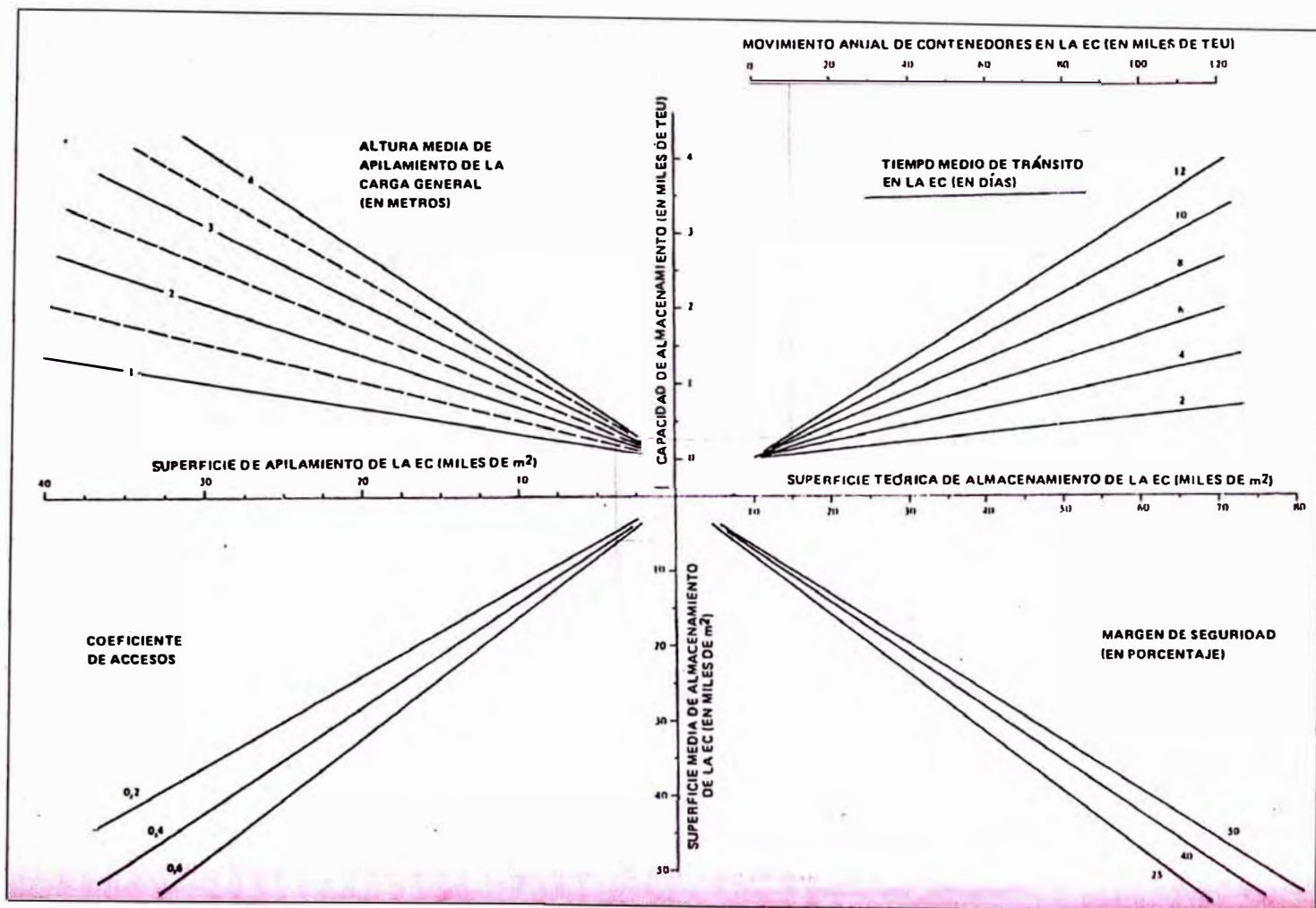


Figura N° 2.08 Uso del diagrama de Planificación II: superficie de la estación de contenedores en la reubicación del Puerto de Salaverry.

Fuente: Secretaria de la UNCTAD, "Desarrollo Portuario – Manual de Planificación para los países en desarrollo".

La estructura (EC) tendrá un techo metálico, con un alero ancho que ofrecerá protección contra la intemperie en los andenes de carga de contenedores, tal como se muestra en la figura N° 2.09.

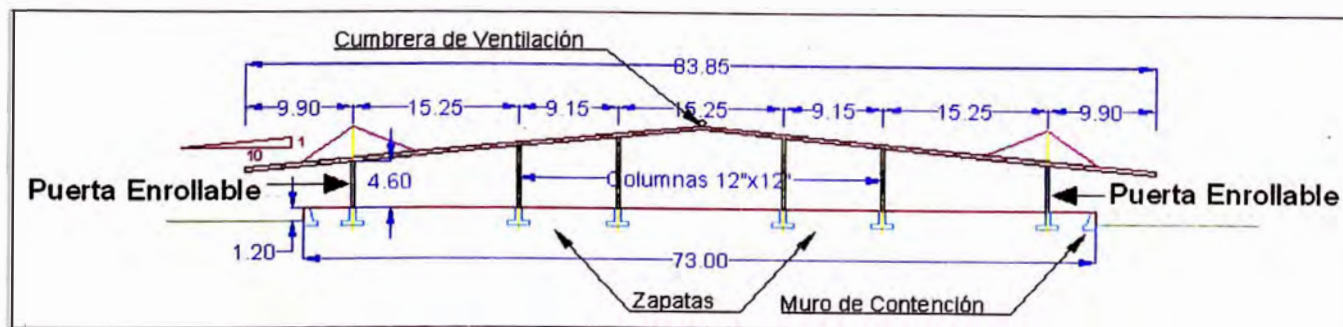


Figura N° 2.09 Sección Transversal de la Estación de Contenedores (Techo metálico).

Fuente: Secretaria de la UNCTAD, "Desarrollo Portuario – Manual de Planificación para los países en desarrollo".

2.4.3. Área total del área de almacenamiento:

Considerando para el diseño, la utilización de los diagramas de planificación I y II [7] (figura N° 2.07 y N° 2.08), se obtiene:

Superficie de almacenamiento de contenedores: 200,000 m²..... (1)
Superficie teórica de almacenamiento de la EC: 7,300 m²..... (2)
Superficie adicional por puesto de atraque: 30,000 m² (Cap. 2.2.1 Pág. 33)
Sumando:
Superficie total de almacenamiento de contenedores: 237,300 m² (23.73 Ha.).

Área total necesaria: 24 Ha.

Área propuesta en diseño: 24.08 Ha.

El área de almacenamiento de contenedores obtenido (24 Ha.), es menor al área disponible en el nuevo puerto de Salaverry (40 Ha.), proponiendo entonces un área de almacenamiento de 24.08 Ha.

2.4.4. Diseño y distribución del área de almacenamiento:

El diseño y la distribución de las áreas de almacenamiento, dependen del equipamiento e infraestructura para almacenaje y traslado de los contenedores.

La distribución de las áreas de almacenamiento y la trazabilidad de los accesos interiores y exteriores se presentan en el plano N° 01 (Anexos), extrayendo los valores de áreas en el cuadro N° 2.10:

En este proyecto, el apilamiento y traslado de contenedores en el patio, será con grúas pórtico RTG, que son equipos que se pueden manipular en las 3 direcciones. El movimiento de estos pórticos es longitudinalmente sobre pistas de rodadura llamadas vigas RTG, entre las cuales se distribuirán los contenedores, en agrupaciones de 6 por 6 TEUs (largo y ancho) con una altura máxima de hasta 4 contenedores. La capacidad del patio de almacenamiento se muestra en el cuadro N° 2.11.

Cuadro N° 2.10 Cuadro de Áreas

Descripción	Cantidad	Longitud	Ancho	Área (m ²)	
	und	m	m	Parcial	Total
Vigas RTG	10	284.50	1.80	5121.00	12276.00
	10	397.50	1.80	7155.00	
Patio de Almacenamiento:	1			128859.74	128859.74
Vías de Transito interiores	1			73692.25	73692.25
Estación de Contenedores	1	100.00	73.00	7300.00	7300.00
Otras Áreas:					18672.01
Almacén para Mercancías Peligrosas	1	77.50	80.00	6200.00	
Oficinas	1			2200.00	
Subestación	2			256.01	
Planta de aguas servidas	1			200.00	
Almacén de Propano	1			1000.00	
Instalaciones de Lavado	1			1000.00	
Taller de mantenimiento	1			2000.00	
Edificio Administrativo	1			1000.00	
Áreas Verdes (2% A _T)	1			4816.00	
Área Total:					240800.00

Fuente: Elaboración propia (plano N° 01 (Anexos))

Cuadro N° 2.11 Capacidad de contenedores en el área de almacenamiento diseñada.

Descripción	Cantidad (TEUs)	
	100%	60%
Contenedores Refrigerados llenos	1920	1152
Contenedores Refrigerados vacíos	1032	600
Contenedores de carga seca llenos	7320	4320
Contenedores de carga seca vacíos	2064	1200

Capacidad Ofertada:	7272
Capacidad Demandada:	6856

Fuente: Elaboración propia (plano N° 01 (Anexos)).

2.4.5. Diseño de la losa del área de almacenamiento:

El área de almacenamiento será sobre un depósito de arena marina (CBR = 3), producto de la descarga del mar, las cargas de diseño asociados a los diferentes equipos se reportan con o sin carga como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 2.12 Carga de ruedas en equipamiento de patio.

Axle	Load				
	Yard Tractor (tonnes)	Empty Handler (tonnes)	Reach Stacker (tonnes)	RTG	
				Transiting (tonnes)	Operating (tonnes)
Front	7.9/20.0 *	46.1 (24.4)	100.0 (30.0)	23.0	37.2
Back	37.0**	(12.7)	(29.0)	-	-

Fuente: Diseño de Patio de Contenedores en Puerto de Balboa – Panamá.

Las cargas de la esquina del contenedor variarán de acuerdo a la altura de almacenamiento, se recomienda adoptar las pautas de la Asociación de Puertos Británico (1996) que resume lo siguiente:

Las cargas de esquina para contenedores de 20 y 40 pies, influirán en el diseño de la base de estos contenedores, para cuestión de diseño de este proyecto (TEU) se está tomando el caso más desfavorable, contenedores de 40 pies, entonces valores de carga asociadas con un contenedor de 40 pies (30 toneladas de carga nominal) serán, respectivamente, 75, 135, 180, 210, 225, 265 kN (1kN = 0.225 kips) para apilar 1, 2, 3, 4, 5 y 6 en alto. Para los valores de almacenaje más alto, se incluye un coeficiente de reducción [4].

El diseño del pavimento de patio de contenedores dependerá del servicio que brindara en el puerto, teniendo los siguientes tipos de pavimentación:

- Vigas RTG: pavimento de concreto armado en la misma elevación (PCCR), lugar donde circularan las grúas de patio RTG.
- Pavimento adoquinado para base de contenedores.
- Pavimento adoquinado para base de estación de contenedores (EC).
- Pavimento adoquinado para vías de circulación dentro de patio de almacenamiento.
- Pavimento adoquinado para vías de circulación dentro del área de almacenamiento, pero fuera del patio de contenedores.

La elección del tipo de pavimento, también dependerá del costo de ejecución y mantenimiento, buscando siempre la mayor rentabilidad del área de almacenamiento.

Resumiendo, el tipo de pavimentación del área de almacenamiento en el nuevo puerto de Salaverry, será:

- Pavimento de vigas de concreto armado (vigas RTG), para circulación de las grúas de patio RTG.
- Pavimento adoquinado en todas las áreas de circulación restantes, dentro del área de almacenamiento.

Diseño de vigas de concreto armado (PCCR):

La pavimentación con vigas de concreto armado (figura N° 2.10), tendrán la misma elevación y será donde circularán las grúas de patio RTG, ya que sus aplicaciones se dan en:

- Vialidades de tráfico intenso
- Áreas Sujetas a derramamiento de combustibles
- Áreas de tráfico pesado (puertos, terminales)
- Pisos industriales
- Aeropuertos
- Túneles y viaductos

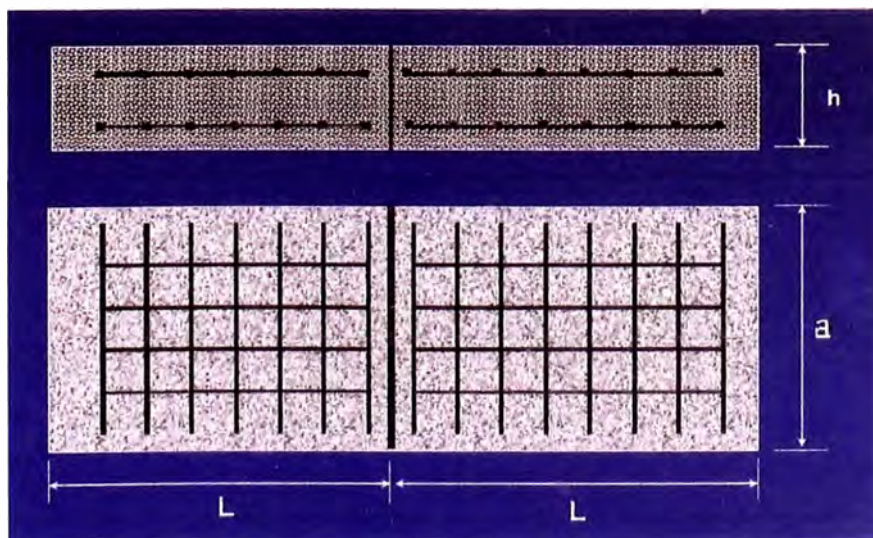


Figura N° 2.10 Vigas de concreto armado (PCCR) en la misma elevación para grúas RTG.

Fuente: Curso Internacional IMCYC – ACI-PERU.

En el desarrollo del presente informe, presentamos como diseño del pavimento de concreto armado, el diseño obtenido del proyecto "Nuevo Terminal de Contenedores del Callao: Muelle Sur", ya que las condiciones de carga son similares y el tipo de terreno del nivel de fondo (afirmado), es el mismo que proponemos en el nuevo puerto de Salaverry. Las dimensiones, cuantía de acero y características obtenidas en dicho proyecto, se muestran en la figura N° 2.11 y el plano N° 02 de los anexos.

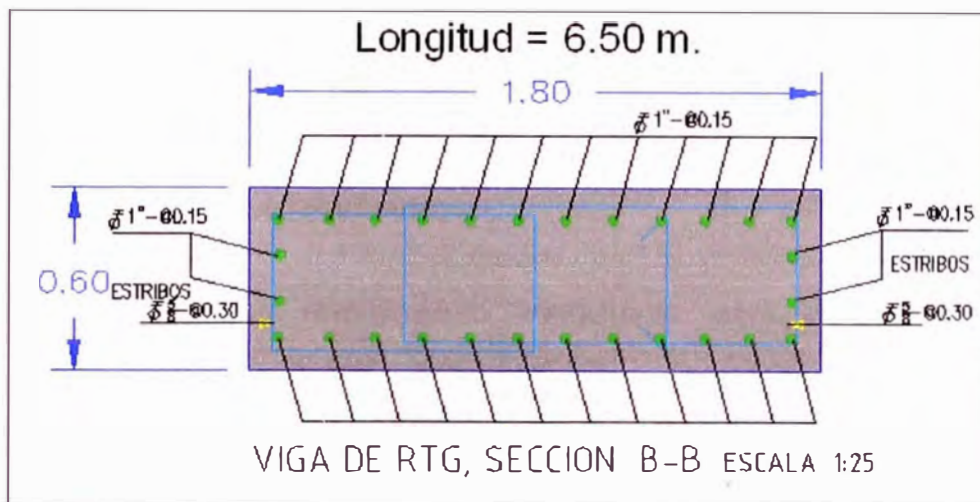


Figura N° 2.11 Dimensiones y cuantía de la viga RTG.

Fuente: Proyecto "Nuevo Terminal de Contenedores del Callao: Muelle Sur"

El cemento para el concreto y solado será tipo V, con alta resistencia a los sulfatos, los vaciados de concreto serán en tramos de 6.50 m, traslapados con acero de 0.40 m de longitud y colocando juntas de dilatación entre vigas continuas, tal como se muestra en el plano N° 02. El concreto será de resistencia a la compresión: $f'c = 420 \text{ Kg/cm}^2$, cuya dosificación será 0.45 agua-cemento.

El solado de las vigas RTG serán de 10 cm de espesor, sobre las capas granulares, cuya cota de fondo (+ 3.25 m) estará por debajo de la cota de fondo del pavimento adoquinado (+ 3.83 m), tal como se muestra en la figura N° 2.12.

En el presente proyecto se tendrá 20 filas de vigas RTG, de longitud 397.50 m (10 filas) y 284.50 m (10 filas), tal como se puede apreciar en el plano N° 01.

El diseño de las capas granulares, se presentan en el diseño del pavimento adoquinado (pagina N° 41).

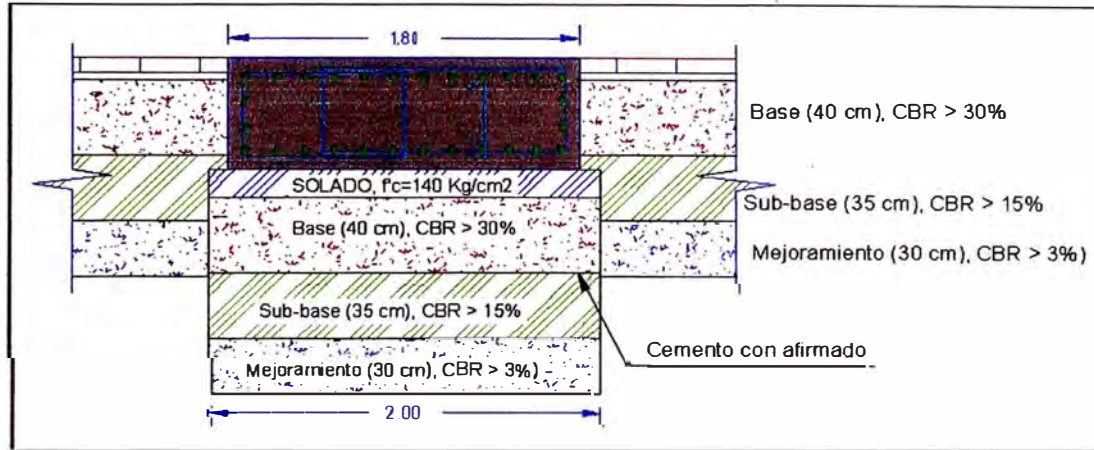


Figura N° 2.12 Detalle de la cimentación de las vigas RTG.

Fuente: Proyecto "Nuevo Terminal de Contenedores del Callao: Muelle Sur"

Diseño de pavimento adoquinado:

La pavimentación con revestimiento adoquinado, será en las áreas de apilamiento de contenedores, vías interiores de acceso y estación de contenedores, tal como se detalla a continuación:

- Patio de almacenamiento de contenedores llenos, para cargas secas y refrigeradas.
- Patio de almacenamiento de contenedores vacíos.
- Patio de Estación de contenedores.
- Vía de circulación de tráiler en patio de contenedores llenos (ancho = 5 m), un solo sentido.
- Vía de circulación de tráiler en patio de contenedores vacíos (ancho = 5 m), un solo sentido.
- Vía de circulación interior dentro del patio, dos sentidos (ancho y largo variable).
- Vía de circulación interior fuera del patio, dos sentidos (ancho y largo variable).

El diseño del pavimento adoquinado dependerá de los siguientes factores:

- a) Tipo de carga que soportaran;
- b) los vehículos que circularan y;
- c) el tráfico que soportara.

El valor de la carga sobre el pavimento, depende de la función que cumple en el funcionamiento del puerto, así se tendrá:

- En la zona donde estarán apilados los contenedores, dependerá del rango de pesos de los contenedores que se manipulen, las consideraciones de carga a tener en cuenta serán las siguientes:

Cuadro N° 2.13 Valores de carga de los contenedores sobre el patio de almacenamiento.

Altura de la Pila	Reducción en Peso Bruto	Tensión de Contacto [N/mm ²]	Carga sobre el Pavimento [kN] para cada disposición de apilamiento		
			Singly	Rows	Blocks
1	0	2.59	76.2	152.4	304.8
2	10%	4.67	137.2	274.3	548.6
3	20%	6.23	182.9	365.8	731.5
4	30%	7.27	213.4	426.7	853.4
5	40%	7.78	228.6	457.2	914.4

Fuente: Manual de Diseño de Tráfico Pesado (Heavy Duty Design Manual), tabla 6.

- En la zona de tránsito de vehículos y tractores–remolques (terminal truck), dentro y fuera del patio de almacenamiento, los valores de carga de diseño serán:

Cuadro N° 2.14 Valores de carga de tractores y remolques sobre el patio de almacenamiento.

	Tractor 1 eje [kN]	Por llanta [kN]	Tractor 2 ejes [kN]	Por llanta [kN]	Remolque [kN]	Por llanta [kN]
Vacío	60	30	30	7.5	2 x 36	9
Cargado (máx. 550 kN)	90	45	200	50	380	47.5

Fuente: [*] Tema de presentación "Diseño de Pavimento Portuario", profesor UNI Ing. Eddy Scipión.

Así mismo, la presión en el suelo será de la siguiente manera [*]:

Tractor: Presión en el suelo 0.9 N/ mm²

Remolque: Presión en el suelo 0.9 - 1.0 N/ mm²

En el presente informe, el diseño del pavimento adoquinado en el área de almacenamiento, será considerando las condiciones de carga más crítica, esta se dará cuando circule el camión-remolque (terminal truck) cargado.

Utilizando el método AASHTO para el diseño del pavimento adoquinado, tenemos:

Configuración regional: el T3S3, $FD = 4.733$

Índice medio diario de camiones (IMD): si son 3428 contenedores los que trae la nave PANAMAX y debe cargar y descargar en aproximadamente una semana, entonces $IMD = 3428 \cdot 2 / (7 \cdot 2) = 486$

CBR (terreno arenoso) = 3 %

Tasa de Crecimiento de los vehículos (i) = 0.5

Años de vida útil (n): 20

DD (Factor de distribución direccional) = 0.5

DL (Factor de carril) = 0.9

$EAL (8.2 \text{ Tn.}) = 365 \cdot (IMD_{T\&S} \times FD_{T\&S}) \cdot \frac{(1 + i)^n - 1}{n}$

$W_{18} = D_D \times D_L \times EAL$

De todas las variables anteriores, para el cálculo de los espesores de la capa granular, se pueden usar nomogramas y gráficos del método AASHTO, pero para rapidez en el diseño se utilizara el programa "Window PAVER AASHTO" del Ing. Mora (docente del área de Suelos y Transportes en la Universidad de Ingeniería – Lima), el programa utiliza un adoquín PAVER de 550 Kg/cm², obteniendo los resultados mostrados en la figura N° 2.13.

De donde obtenemos: $EAL (8.2 \text{ Ton}) = 8.32 \times 10^6$

$W (18) = 3.74 \times 10^6$

Índice de Tráfico = 11.6

Luego se ingresa estos valores en la siguiente hoja de cálculo, obteniendo los valores mostrados en la figura N° 2.14.

Mediante Fórmula

IMD(2E) = 0

IMD(3E) = 0

IMD(TyST) = 486

FD(2E) = 0 (0-3)

FD(3E) = 0 (0-3)

FD(TyST) = 4.733 (0-3)

i (%) = 1 (1-3)

n (años) = 20 (10-30)

DD = 0.5 (0.3-1)

DL = 0.9 (0.5-1)

Valores Recomendados

EAL = 8.31909 x 10⁶

IT = 11.6

CALCULAR

Limpiar

Regresar

Figura N° 2.13 Primeros cálculos del programa "Window PAVER AASHTO".

Fuente: Programa de cálculo del Ing. Mora "Window PAVER AASHTO".

PAVER AASHTO

Del Catálogo y Gráficos de AASHTO modificado por el Prof. Ing. Samuel Mora

PAVER AASHTO

FIG-UNI

"DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ADOQUINADO"

Entrada de Datos

Resistencia del terreno de fundación

CBR [3-20] = 3 (%)

Recomendación Guía AASHTO: [3] Recomendación de Porter: [3]

Tráfico

EALs [0-30] = 8.31909 (10⁶)

Recomendación Guía AASHTO: [8.31909] Mediante Fórmula: [8.31909]

índice de Tráfico: 11.6

Ligero Mediano Pesado

Tipo de Firme a Utilizar

[ESTABILIZADO CON CEMENTO]

Salida de Resultados

Espesor de Firme a Conservar: 400 mm

Usar solo capa de Firme Seleccionado

f'c = 550 (kg/cm²)

ADOQUINES: 80 mm

ARENA: 40 mm

FIRME: 538 mm

TERRENO DE FUNDACIÓN

Usar sólo Firme

Adicionar capa de Cimiento

f'c = 550 (kg/cm²)

ADOQUINES: 80 mm

ARENA: 40 mm

FIRME SELECCIONADO: 400 mm

CIMIENTO: 345 mm

TERRENO DE FUNDACIÓN

Adicionar Cimiento

Desarrollado por:
Prof. Ing. Samuel Mora Q.
Victor Contreras Martínez

BORRAR VALORES CONSIDERACIONES CERRAR

Figura N° 2.14 Últimos cálculos del programa "Window PAVER AASHTO".

Fuente: Programa de cálculo del Ing. Mora "Window PAVER AASHTO".

Describiendo los resultados obtenidos (figura N° 2.15), se tiene:

Adoquín: Es el revestimiento del pavimento, cuyo concreto será de resistencia $f'c=550 \text{ Kg/cm}^2$ y altura igual a 4 cm.

Arena: Es una capa de 4 cm de espesor, donde se apoyara el adoquín.

Firme granular: Es la capa base granular, de 0.40 m de espesor, compuesta por 3 capas de 13.4 cm, de una mezcla de afirmado-cemento en la proporción de 1-10 y compactado al 100 % del ensayo Proctor Modificado.

Cimiento: Es la capa sub-base granular, de 0.35 m de espesor, compuesta por material seleccionado comúnmente llamado "afirmado" y compactado al 95 % del ensayo de Proctor Modificado.

Terreno de fundación: Es la capa de mejoramiento del terreno, que por recomendación bibliográfica [4], para un suelo arenoso será de 0.30 m de espesor, compuesta de material anguloso de cantera que permita el drenaje sin ser susceptible a la licuefacción, con un porcentaje máximo de finos de 5 %, y un ángulo de fricción interna de esfuerzo cortante igual a 40° .

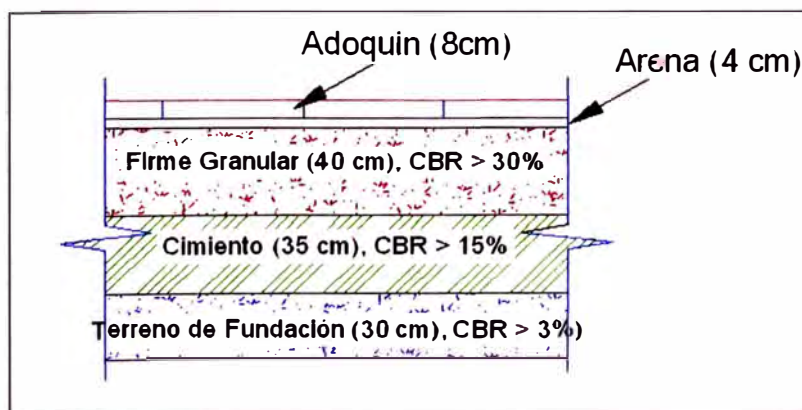


Figura N° 2.15 Detalle del pavimento adoquinado en el patio de almacenamiento.

Fuente: Programa de cálculo del Ing. Mora "Window PAVER AASHTO".

Proceso constructivo:

1. Explotación de cantera para la extracción del material de relleno.
2. Relleno con material para terreno de fundación sobre el terreno de Salaverry.

3. Conformación del cimiento de material afirmado (sub-base).
4. Conformación del firme granular de afirmado-cemento (base).
5. Construcción de las vigas RTG (solado) ó
6. Tendido de la cama de apoyo de arena fina y colocación de los adoquines de concreto.

El patrón de colocación será “espina de pescado”, el cual podrá seguir de manera continua sin necesidad de alterar su rubro al doblar esquinas o seguir trazados curvos, tal como se muestra en la figura N° 2.16.

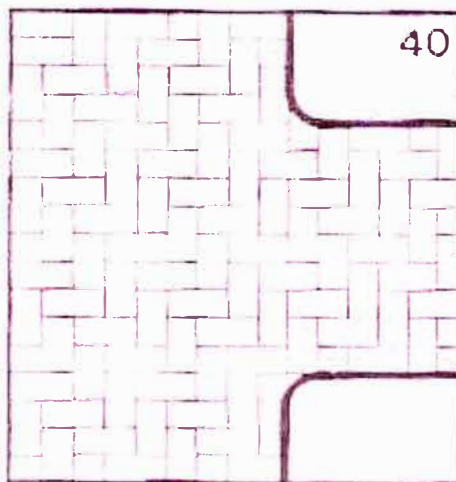


Figura N° 2.16 Detalle de la colocación del adoquinado en el patio de almacenamiento.

Fuente: Tema de presentación "Pavimentos adoquinados", profesor UNI Ing. Mora.

En el proyecto en estudio, se da énfasis en considerar esta alternativa como una buena solución.

2.5. PLANEAMIENTO Y EQUIPAMIENTO DE LAS ÁREAS DE ALMACENAMIENTO

PLANEAMIENTO:

La planificación del terminal de contenedores y la evaluación es una tarea muy compleja. Se debe aprovechar al máximo los recursos locales disponibles para alcanzar el nivel necesario de productividad, al tratar de alcanzar un equilibrio, entre las necesidades de las autoridades portuarias, operadores portuarios, las empresas de estiba y líneas de embalaje. La capacidad de un puerto

comúnmente se expresa por la cantidad de movimiento de mercancías y la eficiencia por su capacidad para manejar carga o contenedores con un costo mínimo.

Desde el momento en que un contenedor llega al puerto, ya sea en la puerta de un puerto o en el lado del muelle, deben ser registrados en un sistema computarizado que puede realizar un seguimiento del contenedor a través de cada etapa de su tránsito, a través de la terminal de contenedores. De esta manera los clientes pueden conocer el estado de su contenedor en cualquier momento.

A veces muy importantes mejoras se pueden hacer por la reorganización y mejora de los sistemas de gestión, por ejemplo mediante el establecimiento de un operador de la terminal. Por lo tanto la mejora de las instalaciones portuarias y la organización, junto con las mejoras de diseño, en la mayoría de los casos, da lugar a un manejo más eficiente del almacenamiento de la carga.

Dimensionado de un terminal especializado:

Es un subconjunto del conjunto de planificación, deben considerarse las cuestiones que pueden surgir antes o durante la solución de los problemas, estos son: qué hacer, por qué hacerlo, cómo hacerlo, cuándo hacerlo, dónde hacerlo, con qué hacerlo. Por lo tanto la planificación envuelve un proceso racional de decisiones sucesivas, no siempre con límites bien definidos y se integra en las siguientes fases: estudio, ejecución, controles, evaluaciones y retroalimentación.

Algunos principios básicos de planificación en la elaboración del dimensionado [6] a tener en cuenta, son:

- a) Universalidad. La planificación debe abordar todos los aspectos del problema y predecir, hasta donde sea posible, todas sus consecuencias.
- b) Unidad. Todas las partes de una planificación deben formar, reunidas, un conjunto integrado.

- c) Objetividad. Toda la planificación debe desarrollarse sin perder de vista el objetivo que la origino, dentro de la realidad.
- d) Economía de medios. Toda la planificación es orientada por la preocupación de conseguir el máximo rendimiento, a través del empleo eficiente, racional y juicioso de los medios necesarios y disponibles.
- e) Seguridad. Toda la planificación debe efectuar el máximo en las acciones previstas, a través de la utilización de informaciones objetivas que aseguren un acompañamiento de las circunstancias internas y externas del emprendimiento que está siendo planificado.
- f) Coordinación. Toda la planificación busca la máxima cooperación entre todos los participantes, exigiendo una permanente coordinación que les es inherente, capaz de integrar en él todos los esfuerzos de cada parte.
- g) Disciplina Intelectual. Toda la planificación debe ser conducida de forma de asegurar la flexibilidad necesaria para atender a las contingencias, asegurando la continuidad y la supervivencia del emprendimiento.

Las áreas existentes:

La capacidad de las instalaciones de atraque y las zonas portuarias debe ser evaluada. Los nuevos métodos de carga y descarga por lo general tienen el resultado de que el cuello de botella para la eficiencia de los puertos ya no es una falta de capacidad de atraque sino la falta de áreas e instalaciones en tierra.

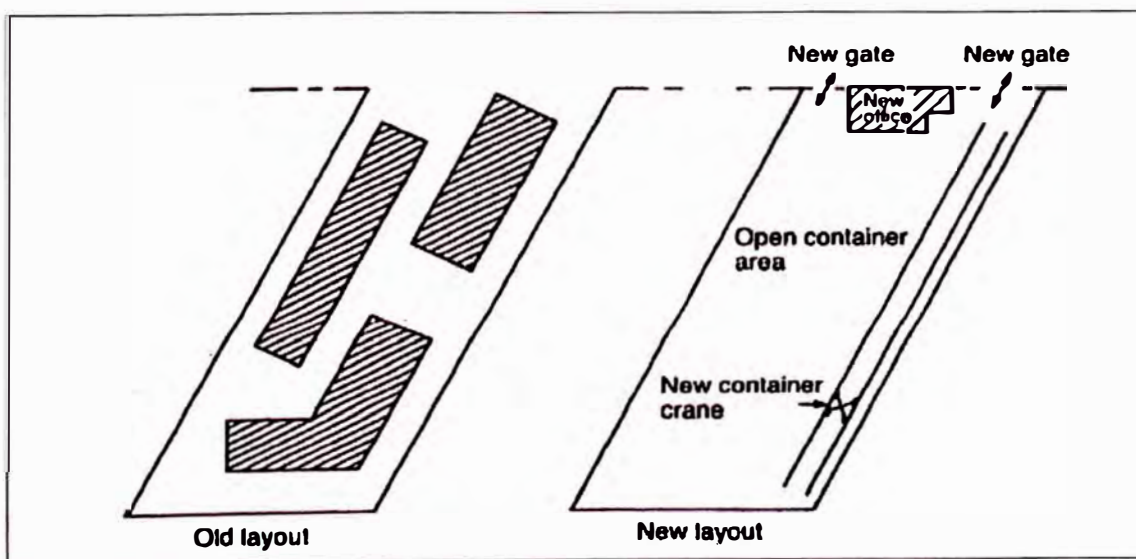


Figura N° 2.17 Rediseño de un puerto antiguo a un puerto de contenedores.

Fuente: Thoresen Carl A., "Manual de diseño Puertos: recomendaciones y directrices".

En muchas terminales portuarias no hay espacios abiertos para el manejo y almacenamiento de contenedores y grandes unidades de carga. Por lo tanto hay que evaluar si las deslocalizaciones dentro de la zona portuaria existente pueden aumentar la producción de puerto, a un puerto de contenedores modernos, como se muestra en la figura N° 2.17, la cual muestra una posible forma de solución de un muelle viejo de carga general, que se ha convertido en una moderna terminal de contenedores.

Al evaluar la potencia efectiva de las zonas portuarias existentes, el punto debe considerar lo siguiente:

- a) Nivel técnico.
- b) Nivel de Operación.
- c) La capacidad de almacenamiento.
- d) Manual de diseño de puertos.
- e) Posibilidad de reubicación de las instalaciones existentes.
- f) Las consideraciones ambientales

A través de las extensiones de la mejora de la superficie detrás del puerto de atraque, la capacidad portuaria se podría aumentar. Esto significa que la capacidad de un puerto es hoy más dependiente de una gestión eficiente y el espacio disponible en tierra, que en la longitud del frente de atraque en sí.

Patio de Almacenamiento:

Los contenedores permanecen en las áreas de almacenamiento al aire libre durante unos días hasta que se remiten al mar o al transporte terrestre. Valores indicativos promedio de tiempo de espera para los contenedores importados es más o menos 6 días y 4 días para los envases destinados a la exportación, mientras que los contenedores vacíos por lo general permanece en el puerto de 10 a 20 días. La zona de contenedores de almacenamiento necesario depende del método de almacenamiento y los equipos disponibles, considerando el área requerida por el envase, incluido el espacio para el acceso a los equipos de manipulación correspondiente, ver figura N° 2.18.

Los carriles de acceso de vehículos en la terminal de contenedores deben tener un ancho de 3.5 – 5 m para camiones o remolques, en curvas de 90° los anchos se convierten en 6 a 7.5 m, respectivamente. El rendimiento del transporte y diversos equipos de apilamiento puede ser calculado por el tiempo que toma pone a la pila (o eliminar) un contenedor.



Figura N° 2.18 Pilas de contenedores con gruas de patio.

Fuente: Tsinker Gregory P., "Ingeniería portuaria: planificación, construcción, mantenimiento y seguridad"

Por lo general, un indicador clave de rendimiento para una terminal de contenedores es el número de TEUs manipulados por año y por metro lineal de muelle. Basados en datos de importancia internacional para terminales de contenedores, un diseño de 1,000 TEU por año y por metro lineal de muelle se puede utilizar para la planificación inicial de las instalaciones bien equipadas.

EQUIPAMIENTO:

Una de las cuestiones más importantes en lo que respecta al terminal de contenedores, es como una gran zona de terreno se requiere para dar cabida a una cantidad conocida o previsto de TEU entrante y saliente. La respuesta está íntimamente relacionada con el equipo utilizado para el transporte desde y hacia

el patio, para apilar y para la entrega, y recepción en el sector de patio. Este último es llamado equipos para el patio de almacenamiento.

Los siguientes sistemas de equipos para el patio de almacenamiento, que predominan en la actualidad en grandes terminales de contenedores, y que utilizaremos son:

- a) Grúas pórtico de patio sobre ruedas de goma (RTG), normalmente en combinación con el transporte tractor-remolque entre plataforma y el patio. Los contenedores se apilan tres hasta cinco de alto. En la figura N° 2.19 se muestra una grúa típica RTG.
- b) Grúas pórtico de patio sobre rieles, también se combina con el transporte tractor-remolque. Los contenedores son apilados entre cuatro y cinco de alto;

Un resumen de las características, de ventajas y desventajas de las familias de los sistemas de apilamiento con grúas se presentan en el siguiente cuadro (N° 2.15):

Cuadro N° 2.15: Resumen de las características, ventajas y desventajas de las familias de los sistemas de apilamiento (grúas).

Tipo	Altura de apilamiento y ancho medidos en contenedores	Consideraciones operativas	Costos y vida útil	Flexibilidad en uso	Disponibilidad
Grúas pórtico de patio sobre ruedas de goma (RTG)	Tres hasta cinco de alto. Seis de ancho	Aumenta el promedio del número de movimientos por contenedor, para el acceso a entrega, en función de la altura de pila. Buen historial de seguridad.	Los costos de mantenimiento son relativamente bajos. Vida relativamente larga	Se trasladan en vigas fijas, no (rápidamente) se traslada a otras vigas.	Relativamente Buena con un mantenimiento adecuado.
Grúas pórtico de patio sobre rieles	Cuatro hasta cinco de alto. Seis de ancho	Igual que arriba, con más exactitud en posicionamiento horizontal.	Igual que arriba	Solo se ejecuta en dos rieles, no se puede ejecutar en otra parte.	Igual que arriba.

Fuente: Michael McNicholas, "Seguridad Marítima",



Fig. N° 2.19 Grúa de patio RTG (Rubber tire gantry crane).

Fuente: Michael McNicholas, "Seguridad Marítima"

Para el transporte con grúas RTG y STS se tienen las siguientes características:

- a) Uso de grúas RTG y grúas STS, dependiendo la cantidad de la distancia entre el muelle y la zona de apilamiento.
- b) Buena densidad de apilamiento con cerca de 800 TEU/ha, con apilamiento de contenedores de 4 de altura.
- c) Buena productividad de la grúa STS y de la zona de influencia de estas.
- d) Poca mano de obra, pero alto capital a medio funcionamiento.
- e) El control de los camiones autorizados en la zona de apilamiento, y el eficiente flujo del tráfico es fácil de organizar. Algunos camiones no están permitidos en la zona de apilamiento, es necesario aumentar el número de compañías de transporte para esto.

PLANEAMIENTO Y EQUIPAMIENTO EN ESTE PROYECTO:

El apilamiento y traslado de contenedores en el patio, será con grúas pórtico RTG, que son equipos que se pueden manipular en las 3 direcciones. El movimiento de estos pórticos es longitudinalmente sobre pistas de rodadura llamadas vigas RTG, donde 2 filas de vigas RTG encerrarán una fila de

contenedores, agrupándolos de 6 por 6 TEUs (largo y ancho), con una altura máxima de 4 TEUs.

La capacidad del área de almacenamiento, será de 7272 contenedores (secos, refrigerados, llenos y vacíos), distribuidos en 10 filas de contenedores, donde cada fila tendrá 2 grúas de patio RTG, obteniendo un total de 20 grúas de patio RTG.

Describiendo el equipamiento, tenemos:

- Grúas de patio RTG, esta grúa se utilizara para cambiar los contenedores dentro de la pila, y para levantar contenedores dentro o fuera de un camión-remolque (terminal truck) y colocarlos en la pila.
- Terminal Truck, estos vehículos servirán para transportar como máximo 2 contenedores, considerando un camión-remolque por grúa RTG, obtenemos que se necesitaran 20 camiones-remolque (terminal truck), ver figura N° 2.20.



Figura N° 2.20 Terminal Truck.

Fuente: Michael McNicholas, "Seguridad Marítima"

- Estructuras metálicas Reefers, para mantener contenedores refrigerados, el patio de almacenamiento tendrá una fila con 20 Reefers, dando capacidad a 1,152 TEUs (figura N° 2.21).



Figura 2.21 Estructuras metálicas (Reefers) para almacenar contenedores refrigerados.

Fuente: Proyecto "Nuevo Terminal de Contenedores del Callao: Muelle Sur"

CAPÍTULO III: EXPEDIENTE TÉCNICO

3.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

El estudio del proyecto está ubicado en el distrito de Salaverry, provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad – Perú.

El diseño de las áreas de almacenamiento permite atender de manera rápida, ordenada y eficiente el proceso de apilamiento de contenedores.

El diseño del área de almacenamiento tiene un área de 24.08 Ha. con capacidad de almacenar 7,272 TEUs (contenedores llenos, vacíos y refrigerados), a la vez de tener un área de 22 Ha. para ampliaciones a futuro.

La duración de construcción del patio de almacenamiento será de 10 meses.

El equipamiento de almacenaje será con grúas pórtico RTG, que recorrerán carriles de 397.50 m (5 filas) y 284.50 m (5 filas). Considerando 2 grúas RTG por fila, obtenemos un total de 20 grúas RTG, además poniendo al servicio de 1 terminal truck por grúa RTG, se obtiene 20 terminal truck para el transporte del contenedor dentro del área de almacenamiento, y para traslado del muelle al área de almacenamiento y viceversa.

La capacidad del área de almacenamiento, será de 7272 TEUs (secos, refrigerados, llenos y vacíos), agrupados en 51 grupos de 6 por 6 TEUs (largo y ancho) por fila, con una altura máxima de 4 TEUs.

El nivel del piso terminado en el área de almacenamiento es de + 5.00 m.s.n.m., variando en función de este nivel la cota de las demás edificaciones.

3.2 ESPECIFICACIONES TECNICAS

Las especificaciones técnicas, detalla la descripción de las principales actividades y materiales, involucrados en la construcción y equipamiento de las áreas de almacenamiento del nuevo Puerto de Salaverry.

3.2.1. Trabajos Preliminares

Movilización de desmovilización (gl):

Comprende la ejecución, por parte del Contratista, de todas las actividades necesarias para suministrar, reunir y transportar al lugar de la obra su personal, materiales, equipos, herramientas y en general todo lo necesario para instalar su organización de obra y proceder al inicio de los trabajos.

También se incluye el costo de la desmovilización al finalizar los trabajos, debiendo retirarse del lugar de la obra todos los elementos aportados y transportados a ella.

Construcción e instalaciones provisionales (gl):

Comprende todas las construcciones de carácter temporal, tales como cercos, casetas de vigilancia, oficinas, almacén, talleres, comedor de obreros, servicios higiénicos, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas y en general todas las facilidades que se requerirán para el servicio de la Organización de Obra durante la ejecución de los trabajos de la construcción. El Contratista presentará un plano en detalle de las mismas.

Trazo y Replanteo (m²):

El replanteo consiste en materializar sobre el terreno, en determinación precisa y exacta, tanto cuanto sea posible, los ejes de la construcción, las dimensiones de algunos de sus elementos y sus niveles: así como definir sus linderos y establecer marcas y señales fijas de referencia, con carácter permanente unas, y otros auxiliares con carácter temporal. El contratista someterá los replanteos a la aprobación del Inspector antes de dar comienzo a los trabajos.

3.2.2. Movimiento de Tierras

Excavación en Terreno Normal (m³):

El movimiento de tierras comprende las secuencias de excavación, acarreo y transporte del material, para eliminación del material excedente hasta alcanzar los niveles indicados en los planos.

Excavación (m³):

Es el trabajo que se ejecutará por debajo del nivel medio del terreno natural, ya sea por medio de maquinarias o con herramientas. Para los efectos de llevar a cabo este trabajo, se tendrá en cuenta el establecer las medidas de seguridad y protección tanto para los trabajadores de la construcción, como para el personal en general. De igual manera precaver las posibles perturbaciones que puedan presentarse durante las faenas de trabajo cotidiano.

Eliminación de Material Excedente (m³):

Después de haber ejecutado la excavación para cimientos, si el material extraído no va a ser utilizado en rellenos, debe ser eliminado, al igual de todo el desmonte obtenido en el proceso constructivo

3.2.3. Concreto simple y concreto armado

Generalidades:

La presente especificación forma parte del proyecto para la construcción de las estructuras de concreto simple y concreto armado de las edificaciones administrativas y de las vigas RTG para almacenamiento de contenedores.

Clases:

Se emplearán las clases de concreto definidas por su resistencia a la compresión (f_c) medida en cilindros estándar ASTM a los 28 días y por el tamaño máximo de agregado grueso para:

- Lograr la trabajabilidad y consistencia que permitan que el concreto sea colocado fácilmente en los encofrados y alrededor del refuerzo bajo las condiciones de colocación a ser empleadas, sin segregación o exudación excesivas, y sin pérdida de uniformidad en la mezcla.
- Lograr resistencia a las condiciones especiales de exposición a que pueda estar sometido el concreto durante su vida.
- Cumplir con los requisitos especificados para la resistencia en compresión u otras propiedades del concreto en estado endurecido.

Concreto simple (m3):

Se define como concreto simple al producto resultante de la mezcla de cemento, arena, agregado grueso y agua en las proporciones indicadas por el diseño de mezclas, de manera de obtener las resistencias especificadas en los planos.

El concreto simple puede ser elaborado con hormigón en lugar de los agregados fino y grueso. La resistencia mínima a la compresión del concreto simple, medida en cilindros estandar ASTM a los 28 días, será 210 kg/cm².

Concreto armado:

El concreto armado es el concreto simple reforzado con varillas de acero.

Cemento:

El cemento empleado en la preparación del concreto será Tipo V ser el terreno arenoso y presentar la existencia de sulfatos.

Agregado fino:

El agregado fino será arena natural, limpia que tenga granos limpios, resistentes, fuertes y duros, libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, esquistos, álcalis, ácidos, cloruros, materia orgánica, greda u otras sustancias dañinas. Estará dentro de los límites indicados en la Norma ASTM C-33 ó ITINTEC 400.037 y su fuente será aprobada por el Inspector.

Agregado grueso:

El agregado grueso será grava o piedra ya sea en su estado natural, triturada o partida, de grano compacto y de calidad dura. Debe ser limpio, libre de polvo, materia orgánica, cloruros, greda u otras sustancias perjudiciales y no contendrá piedra desintegrada, mica o cal libre. Estará bien graduado desde la malla 1/4" hasta el tamaño máximo especificado en el Cuadro 1. Estará dentro de los límites indicados en la Norma ASTM C-33 ó ITINTEC 400.037 y su fuente será aprobada por el Inspector.

Hormigón:

Es una mezcla natural de agregado fino y grueso. Deberá ser bien graduado entre la malla No. 100 y la malla 2" y estar libre de polvo, sustancias deletéreas y

materia orgánica. El Inspector lo probará en laboratorio para determinar su uso específico.

Aditivos:

Sólo se admitirá el uso de aditivos aprobados por el inspector que cumplan con la Norma ASTM C-494 ó ITINTEC 339.086, lo que deberá usarse de acuerdo a las instrucciones del fabricante. No se aceptará el uso de cloruro de calcio.

Agua:

El agua para la preparación del concreto será fresca, limpia y bebible. Se podrá usar agua no bebible sólo cuando, mediante pruebas previas a su uso, se establezca que los cubos de mortero hechos con ella de acuerdo a las recomendaciones de la Norma ASTM C-109 ó ITINTEC 334.051 alcancen resistencias iguales o mayores al 90% de la resistencia de cubos similares elaborados con agua potable. La fuente de agua será aprobada por el Inspector.

El contenido de cloruros, sulfatos y otras sales en el agua deberá conciliarse con el contenido total de estos en la mezcla de manera de no exceder en conjunto los contenidos máximos permitidos indicados en el Building Code Requirements for Reinforced Concrete ACI 318-89.

Almacenaje de materiales:

El cemento será almacenado en un lugar seco, aislado del suelo protegido de la humedad. Los agregados de diferente granulometría serán almacenados separadamente, libres de alteración en su contenido de humedad, contenido de arcilla y materia orgánica, y cubiertos para evitar su contaminación por vientos y material de superficie de la zona.

Mezclado:

Todo el concreto será preparado en mezcladores mecánicas. En el caso de emplearse concreto premezclado éste será mezclado y transportado de acuerdo a la norma ASTM C-94. En el caso de emplearse mezcladoras de pie de obra ellas serán usadas en estricto acuerdo con su capacidad máxima y a la velocidad especificada por el fabricante, manteniéndose un tiempo de mezclado mínimo de dos minutos. No se permitirá el remezclado del concreto que ha endurecido. El concreto se preparará lo más cerca posible de su destino final. El

Comité ACI 304 contiene las recomendaciones aplicables al mezclado de concreto en obra.

Transporte:

El concreto será transportado de la mezcladora a los puntos de vaciado tan rápidamente como sea posible y de manera que no ocurra segregación o pérdida de los componentes. No se admitirá la colocación de concreto segregado. El Comité ACI 304 contiene las recomendaciones aplicables al transporte de concreto en Obra.

Colocación:

Antes de vaciar el concreto se eliminará toda suciedad y materia extraña del espacio que va a ser ocupado por el mismo. El concreto deberá ser vaciado continuamente o en capas de un espesor tal que no se llene concreto sobre otro que haya endurecido. La altura máxima de colocación del concreto por caída libre será de 2.50 m si no hay obstrucciones, tales como armadura o arriostres de encofrado, y de 1.50 m si existen éstas. Por encima de estas alturas deberá usarse chutes para depositar el concreto. La consolidación se efectuará siempre con vibradores de inmersión. Se dispondrá de 2 vibradores como mínimo. Los Comités ACI 304 y 309 contienen las recomendaciones aplicables a la colocación y consolidación del concreto en obra.

Curado:

Todo el concreto será curado por vía húmeda. El curado deberá iniciarse tan pronto como sea posible sin dañar la superficie y prolongarse ininterrumpidamente por un mínimo de siete días. En el caso de superficies verticales, columnas, muros y placas, el curado deberá efectuarse aplicando una membrana selladora desvanecente. El comité ACI 308 contiene normas para esta parte del proceso.

Pruebas:

La resistencia del concreto será comprobada periódicamente. Con este fin se tomarán testigos cilíndricos de acuerdo a la Norma ASTM C 31 ó ITINTEC 339.033 en la cantidad mínima de dos testigos por cada 30 m³ de concreto colocado, pero no menos de dos testigos por día para cada clase de concreto.

En cualquier caso cada clase de concreto será comprobada al menos por cinco "pruebas". La "prueba" consistirá en romper dos testigos de la misma edad y clase de acuerdo a lo indicado en las Normas ASTM C-31, C-39, C-172 ó ITINTEC 339.033, 339.034 y 339.036. Se llamará resultado de la "prueba" al promedio de los dos valores. El resultado de la "prueba" será considerado satisfactorio si el promedio de tres resultados consecutivos cualesquiera es igual o mayor que el $f'c$ requerido y cuando ningún resultado individual está 35 kg/cm^2 por debajo del $f'c$ requerido.

Juntas de Construcción:

Las juntas no indicadas en los planos serán ubicadas de tal manera de no reducir la resistencia de la estructura. Cuando debe hacerse una junta deberá obtenerse la aprobación del Inspector. En cualquier caso la junta será tratada de modo tal de recuperar el monolitismo del concreto. Para este fin, en todas las juntas verticales, se dejarán llaves de dimensión igual a un tercio del espesor del elemento con una profundidad de 25 mm en todo el ancho o largo del mismo. Adicionalmente, en todas las juntas horizontales, inclinadas o verticales, se tratará la superficie del concreto hasta dejar descubierto el agregado grueso e inmediatamente antes de colocar el concreto fresco se rociará la superficie con pasta de cemento.

Losas de Piso:

Sera con adoquines de concreto de $F'c=520 \text{ kg/cm}^2$ en el patio de almacenamiento, encima de una capa de arena de 4 cm, que estará en una capa de base de 40 cm, sub base de 35 cm y mejoramiento de 30 cm.

3.2.4. Acero de Refuerzo

Material:

El acero está especificado en los planos en base a su esfuerzo de fluencia (f_y) y deberá ceñirse además a lo especificado para barras de acero con resaltes para concreto armado en la Norma ASTM A-615 ó ITINTEC 341.031.

Fabricación:

Toda la armadura deberá ser cortada a la medida y fabricada estrictamente como se indica en los detalles y dimensiones mostrados en los Planos. La tolerancia de fabricación en cualquier dimensión será de 10 mm.

Almacenaje y limpieza:

El acero se almacenará en un lugar seco, aislado de suelo y protegido de la humedad; manteniéndose libre de tierra, suciedad, aceite y grasa. Antes de su instalación el acero se limpiará, quitándose las escamas de laminado, escamas de óxido y cualquier sustancia extraña. La oxidación superficial es aceptable no requiriendo limpieza.

3.2.5. Encofrado y desencofrado

Encofrado:

Los andamiajes y encofrados tendrán una resistencia adecuada para resistir con seguridad y sin deformaciones apreciables las cargas impuestas por su peso propio, el peso o empuje del concreto y una sobrecarga no inferior a 200 kg/m². Los encofrados serán herméticos a fin de evitar la pérdida de pasta de concreto y serán adecuadamente arriostrados y unidos entre sí a fin de mantener su posición y forma. Los encofrados serán debidamente alineados y nivelados de tal manera que formen elementos en la ubicación y de las dimensiones indicadas en los Planos. El Comité ACI-347 contiene las recomendaciones relativas a la construcción de formas y encofrados.

Desencofrado:

Los plazos de desencofrados mínimos, serán los siguientes:

a. Encofrados verticales de muros, columnas y vigas	12 horas
b. Vigas:	
Encofrados laterales y fondo	2 días
Puntales	4 días
c. Fondo de losas de techo	7 días

Es conveniente buscar la simetría del proyecto en ambos sentidos, para que las cargas actuantes en los elementos estructurales se distribuyan uniformemente y no exista elementos sobre esforzados que puedan comprometer al proyecto integral y que estas requieran un tratamiento especial, lo que nos conlleva a un proyecto antieconómico y poco ingenieril.

El método empleado por factores de carga y resistencia, para el diseño de estructuras de acero han sido el de LRDF, el cual está basado en el concepto de probabilidades con la combinación de cargas a considerarse, para el cual debe adoptar la combinación de cargas que origine los mayores resultados. Este método es usado con el fin de buscar la seguridad para los esfuerzos permisibles de la posible ocurrencia del tipo de carga esperado, durante la vida útil de la estructura.

Para estructuras muy rígidas que descansan sobre suelos blandos al producirse una vibración se lograra un efecto beneficioso por la disipación de energía.

En caso de tener suelos de alta resistencia pero al aplicarle las cargas actuantes, se pueden producir asentamientos diferenciales excesivos, por lo que se deberá diseñar la cimentación para los asentamientos diferenciales permisibles por las normas.

3.2.6. Estructuras Metálicas

Perfiles

Los perfiles laminados y planchas serán de acero al carbono, calidad estructural, conforme a la Norma ASTM A36.

Los perfiles formados en frío se fabricarán a partir de flejes de acero al carbono, calidad estructural, conforme a la Norma ASTM A570, Gr.36.

Las propiedades mecánicas mínimas de estos aceros se indican a continuación:

Propiedad	A36	A570
- Esfuerzo de Fluencia (Kg/mm ²)	25	25
- Resistencia en tensión (Kg/mm ²)	41-56	37
- Alargamiento de rotura (%)	23%	17-22%

Las propiedades dimensionales de los perfiles serán las indicadas en las Tablas de Perfiles de la Norma ASTM A6: "Standard Specification for General Requirements for Rolled Steel Plates, Shapes, Sheet Piling, and Bars for Structural Use". Cualquier variación de estas propiedades deberá limitarse a las tolerancias establecidas en la misma Norma.

La soldadura será de arco eléctrico y/o alambre tubular. El material de los electrodos será del tipo E60 ó E70 con una resistencia mínima a la tensión (Fu) de 4,200 kg/cm² y 4,900 kg/cm² respectivamente. El material de soldadura deberá cumplir con los requerimientos prescritos en las Normas AWS A5.1 ó AWS A5.17 de la American Welding Society, dependiendo de si la soldadura se efectúa por el método de arco metálico protegido ó por el método de arco sumergido, respectivamente.

3.3. COSTOS Y PRESUPUESTOS

El presente Informe de Suficiencia desarrolla el presupuesto para las actividades de construcción de las partidas a realizarse en el patio de almacenamiento de contenedores en la reubicación del Terminal Portuario de Salaverry.

El costo de inversión total (construcción y equipamiento) obtenido asciende a US \$ 70'551,954.38 incluido IGV (costos a diciembre del 2010), tal como se describe en el cuadro N° 3.16.

Cuadro N° 3.16: Costo de inversión del presente proyecto.

DESCRIPCIÓN	ALMACENAMIENTO CON PAVIMENTACION ADOQUINADA Y VIGAS RTG					
	UND	METRADO			COSTO	PARCIAL
		Cant.	Longitud	Area	(US\$/.)	(US\$/.)
COSTO DE INVERSION						70,551,954.38
1. Presupuesto de Obra						63,882,655.92
CONSTRUCCIÓN:						26,841,435.92
Pavimento Adoquinado	m2	1	-	209851.99	100.00	20,985,198.80
Pavimento de Concreto de Armado Estructural	m2	1	-	12276.00	170.00	2,086,920.00
Techo Metálico	m2	1	-	8008	200.00	1,601,600.00
Oficinas y edificaciones	m2	1		3200.00	250.00	800,000.00
Taller de Mantenimiento	m2	1		2000.00	120.00	240,000.00
Instalaciones de Lavado	m2	1		1000.00	100.00	100,000.00
Almacén de mercancías peligrosas y combustible	m2	1		6456.01	100.00	645,601.20
Puertas de Ingreso	und	2			10,844.46	21,688.93
Balanza	und	1			192,426.99	192,426.99
Muro perimetral	ml	1	2100	-	80.00	168,000.00
EQUIPAMIENTO:						37,041,220.00
Grúas Pórticos de patio RTG	und	20	-	-	1,575,000.00	31,500,000.00
Terminal Truck	und	20	-	-	128,261.00	2,565,220.00
Apiladora de contenedores llenos (Reach Stacker)	und	2	-	-	580,000.00	1,160,000.00
Apiladora de contenedores vacíos	und	2	-	-	425,000.00	850,000.00
Separadores para carga sobredimensionada	und	3	-	-	60,000.00	180,000.00
Estructura metálica para refrigerar	und	20			16,000.00	320,000.00
Jaula de seguridad para trabajos en altura	und	3	-	-	22,000.00	66,000.00
Tráiler cistema	und	1	-	-	50,000.00	50,000.00
Barredora	und	1	-	-	100,000.00	100,000.00
Cistema	und	2	-	-	100,000.00	200,000.00
Vehículo de emergencia	und	1	-	-	50,000.00	50,000.00
2. Ingeniería						4,001,579.08
Estudios de factibilidad	glb	1	-	-	2,000,789.54	2,000,789.54
Supervisión	glb	1	-	-	2,000,789.54	2,000,789.54
3. Impacto Ambiental						2,667,719.39
Estudios de EIA's	glb	1	-	-	2,667,719.39	2,667,719.39

Fuente: Elaboración propia.

3.4. PROGRAMACIÓN

En la programación de los trabajos de construcción del patio de almacenamiento se muestran los tiempos de duración, inicio y término de cada una de las actividades (operaciones), las cuales están en armonía con los recursos disponibles, a continuación se presenta el cronograma general del proyecto en estudio (cuadro N° 3.17).

Cuadro N° 3.17: Programación de ejecución de obra.

CRONOGRAMA GENERAL

ITEM	DESCRIPCIÓN	MESES									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
01	Pavimento Adoquinado										
02	Pavimento de Concreto de Armado Estructural										
03	Techo Metálico										
04	Oficinas y edificaciones										
05	Taller de Mantenimiento										
06	Instalaciones de Lavado										
07	Almacén de mercancías peligrosas y combustible										
08	Puertas de Ingreso										
09	Balanza										
10	Muro perimetral										
11	EQUIPAMIENTO:										
12	Grúas Pórticos de patio RTG										
13	Terminal Truck										
14	Apiladora de contenedores llenos (Reach Stacker)										
15	Apiladora de contenedores vacíos										
16	Separadores para carga sobredimensionada										
17	Estructura metálica para refrigerar										
18	Jaula de seguridad para trabajos en altura										
19	Tráiler cisterna										
20	Barredora										
21	Cisterna										
22	Vehículo de emergencia										

Fuente: Elaboración propia.

3.5. PLANOS

Los planos se adjuntan en la hoja de anexos, estos son:

Plano 01: Distribución general del puerto: plano en el que se detalla la ubicación y distribución del área de almacenamiento de contenedores.

Plano 02: Detalle de la viga carril de la grúa RTG.

CONCLUSIONES

Luego del diseño de las áreas de almacenamiento de contenedores en la reubicación del Puerto de Salaverry se concluye lo siguiente:

- El área de almacenamiento será de 24.08 Ha. y 22 Ha. para ampliaciones, con capacidad para almacenar 7,272 TEUs (secos, refrigerados, llenos y vacíos). Además, el costo de inversión es de US \$ 70'551,954.38 incluido IGV (costos a diciembre 2010), detallando que los costos de equipamiento y construcción es de US \$. 37'041,220.00 y 33'510,734.38, respectivamente.
- El área de almacenamiento tendrá espacio suficiente para la circulación y maniobra, a fin de permitir el movimiento rápido y seguro de los contenedores en transportes interiores, y entre el muelle y la zona de almacenamiento. Teniendo áreas para aparcamiento de camiones y remolques, talleres de mantenimiento y edificios administrativos.
- La reubicación del puerto de Salaverry con un área de almacenamiento para contenedores cumplirá las necesidades actuales del transporte marítimo de contenedores en el mundo, que con el aumento del tamaño de las naves y la concentración de los puertos de trasbordo, dan lugar a la expansión de los terminales en todo el mundo.
- El apilamiento y traslado de contenedores en el patio de almacenamiento, será con grúas pórtico RTG y camiones-remolque (terminal truck), los cuales trabajaran en conjunto durante la operatividad del área de almacenamiento, dando mayor rendimiento a bajo costo y con menos personal, aumentando las utilidades o en todo caso disminuyendo los costos de almacenaje.
- Habrá 20 filas de vigas RTG, de longitud 397.50 m (10 filas) y 284.50 m (10 filas), donde cada dos filas encerrarán una fila de contenedores, con 6 grupos de contenedores en promedio. Cada grupo tendrá 6 TEUs a lo largo y ancho respectivamente, y una altura máxima de 4 TEUs, obteniendo 144 TEUs como máximo, por grupo de apilado de contenedores.

RECOMENDACIONES

Luego del diseño de las áreas de almacenamiento de contenedores en la reubicación del Puerto de Salaverry, se recomienda lo siguiente:

- Si se van apilar los contenedores, no suponer que siempre se puede conseguir la altura de apilamiento máxima. En la práctica la altura media de apilamiento es mucho menor, y depende de la frecuencia con que se cambien de posición los contenedores en la zona de almacenamiento y de la necesidad de clasificar y separar los contenedores según su destino, clase de peso, sentido en que se mueven llegada o salida, a veces según su tipo, y con frecuencia según la compañía o servicio marítimo.
- Según datos recogidos de diversos terminales, es un error creer que los contenedores pasan menos tiempo en la terminal que la carga fraccionada. En realidad, las mismas dificultades que detienen la carga fraccionada en el puerto (revisión de ADUANAS y otras entidades del gobierno, trámites documentarios, mal almacenaje, etc.) tendrán con frecuencia un efecto similar sobre la carga en contenedores. En el diseño del área de almacenamiento se está considerando que los contenedores pasan 10 días en el terminal.
- La naturaleza del subsuelo (arena) y el riesgo de los asentamientos o problemas geotécnicos en el área de almacenamiento influyen en la necesidad de revisar y monitorear constantemente los niveles del patio de almacenamiento, para reparaciones y soluciones ante estas eventualidades.
- Hay que dejar espacio suficiente para las zonas de circulación y de maniobra, a fin de permitir el movimiento de los contenedores entre el buque y el muelle, entre la zona de almacenamiento y los transportes interiores, y para el estacionamiento de vehículos, los talleres de mantenimiento y los edificios administrativos.
- La estación de contenedores (EC) deberá contar con equipos modernos a fin de agilizar las revisiones de carga de los contenedores.

BIBLIOGRAFIA

1. ENAPU S.A. (Empresa nacional de puertos), "Puertos del Perú", Publicación del sector transportes, comunicaciones, vivienda y construcción, Callao – Perú, 1993.
2. Marí Sagarra Ricard, "El transporte de contenedores: terminales, operatividad y casuística", Editorial Ediciones UPC, España, 2003.
3. McNicholas Michael, "Seguridad Marítima", Editorial Pamela Chester, Oxford, USA, 2008.
4. Ospina Carlos E. y Jorge Puente, "Diseño de patio de contenedores en el puerto de Balboa – Panamá", Publicación de Compañía de Puertos de Panamá, Balboa – Panamá, 2010.
5. Thoresen Carl A., "Manual de diseño Puertos: recomendaciones y directrices", Editorial Thomas Telford Publishing, Londres - Inglaterra, 2007.
6. Tsinker Gregory P., "Ingeniería portuaria: planificación, construcción, mantenimiento y seguridad", Editorial John Wiley & Sons, New Jersey - USA, 2004.
7. UNCTAD, "Desarrollo Portuario – Manual de Planificación para los países en desarrollo", Publicación de la secretaria de la UNCTAD, Nueva York - USA, 1984.
8. Páginas de Internet:
www.enapu.com.pe

ANEXOS

Anexo 01: Tendido de afirmado con motoniveladora y compactación con rodillo vibratorio Tandem en el puerto del Callao.

Anexo 02: Colocación del cemento con camión esparcidor sobre el afirmado en el puerto del Callao.

Anexo 03: Mezcla del afirmado – cemento con el equipo estabilizador de suelos.

Anexo 04: Plano 01: Distribución general del puerto, plano en el que se detalla la ubicación y distribución del área de almacenamiento de contenedores.

Anexo 05: Plano 02, detalles de la viga carril de la grúa F.TG.

Anexo 01: Tendido de afirmado con motoniveladora y compactación con rodillo vibratorio Tandem en el puerto del Callao.



Fuente: Proyecto "Nuevo Terminal de Contenedores del Callao: Muelle Sur"

Anexo 02: Colocación del cemento con camión esparcidor sobre el afirmado en el puerto del Callao.

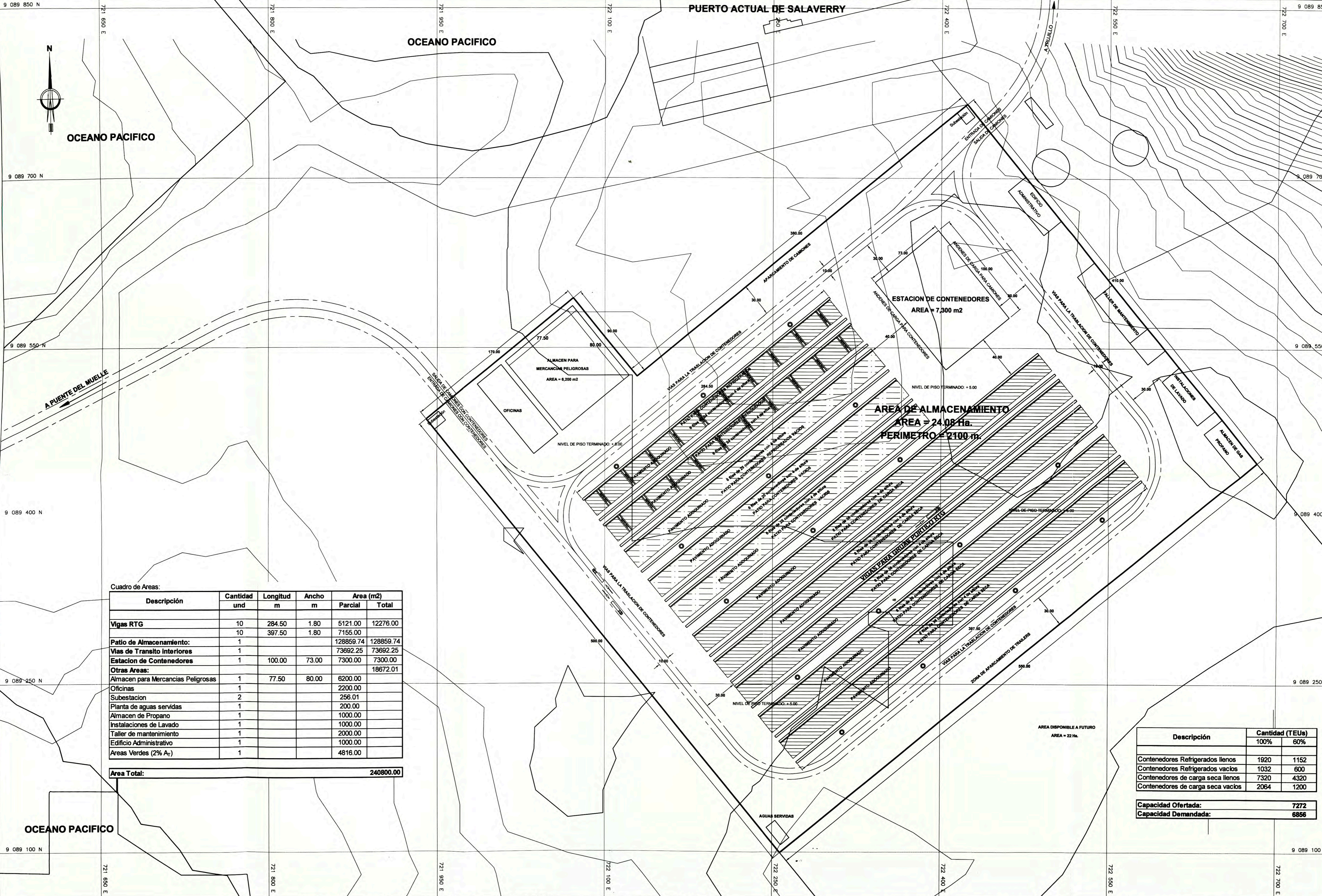


Fuente: Proyecto "Nuevo Terminal de Contenedores del Callao: Muelle Sur"

Anexo 03: Mezcla del afirmado – cemento con el equipo estabilizador de suelos.



Fuente: Proyecto "Nuevo Terminal de Contenedores del Callao: Muelle Sur"

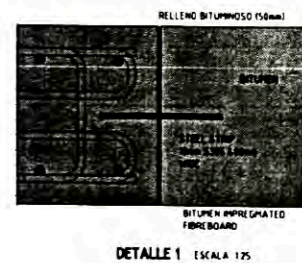


Cuadro de Areas:

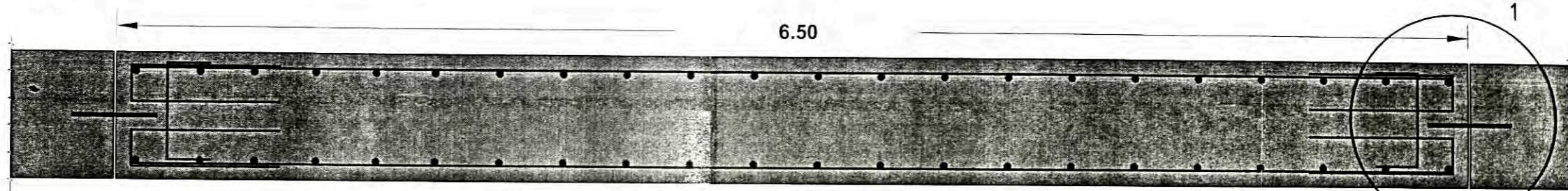
Descripción	Cantidad und	Longitud m	Ancho m	Area (m2)	
				Parcial	Total
Vigas RTG	10	284.50	1.80	5121.00	12276.00
	10	397.50	1.80	7155.00	
Patio de Almacenamiento:	1			128859.74	128859.74
Vias de Tránsito interiores	1			73692.25	73692.25
Estacion de Contenedores	1	100.00	73.00	7300.00	7300.00
Otras Areas:					18672.01
Almacen para Mercancias Peligrosas	1	77.50	80.00	6200.00	
Oficinas	1			2200.00	
Subestacion	2			256.01	
Planta de aguas servidas	1			200.00	
Almacen de Propano	1			1000.00	
Instalaciones de Lavado	1			1000.00	
Taller de mantenimiento	1			2000.00	
Edificio Administrativo	1			1000.00	
Areas Verdes (2% A _r)	1			4816.00	
Area Total:					240800.00

Descripción	Cantidad (TEUs)	
	100%	60%
Contenedores Refrigerados llenos	1920	1152
Contenedores Refrigerados vacíos	1032	600
Contenedores de carga seca llenos	7320	4320
Contenedores de carga seca vacíos	2064	1200

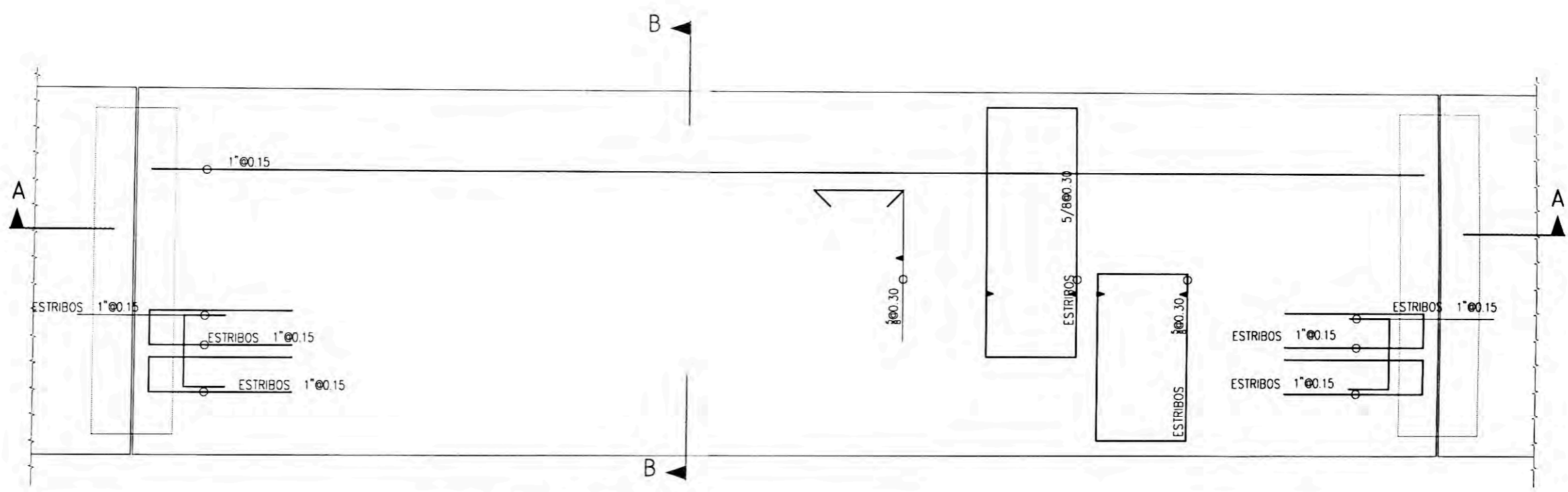
Capacidad Ofertada:	7272
Capacidad Demandada:	6856



STEEL STRIP
T=10mm S355 400mm
WIDE



VIGA DE RTG, SECCION A-A ESCALA 1:25



VIGA DE RTG, PLANTA ESCALA 1:25

REVISIONES	
N°	FECHA