



Investigación para la complementación de los estudios Fase II (Factibilidad)
para la navegabilidad del río Atrato



INVESTIGACIÓN PARA LA COMPLEMENTACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD (FASE II) PARA LA NAVEGABILIDAD DEL RIO ATRATO

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO 2141 de 2011

VOLUMEN X

COMPLEMENTACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA EMBARCACION PARA EL MODO FLUVIAL DEL SISTEMA

FEBRERO DE 2013

QUIBDÓ – CHOCÓ

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE CUDAROS	2
LISTA DE FIGURAS	2
CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCE	4
1.1 OBJETIVO.	4
1.2 ALCANCE	5
CAPITULO 2. DESCRIPCION DE LOS ESTUDIOS DE LA CONSULTORIA.....	7
2.1 DIMENSIONES DE LAS EMBARCACIONES TIPO	7
2.1.1 LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA EMBARCACIÓN TIPO.	7
2.2 CONDICIONES OPERACIONALES Y DE MANIOBRA DEL BUQUE TIPO	8
2.2.1 Radio de giro. (Ref. TEORIA DEL BUQUE)	8
2.2.2 Propulsión y Sistema de Gobierno de Buque tipo.	11
2.2.3 Características de las Líneas de Agua.	12
2.2.4 Características de las Embarcaciones y Configuración de Convoyes.	12
2.2.5 Características de Maniobrabilidad y desempeño de las Embarcaciones Tipo.	12
2.3 EL CONVOY TIPO	14
2.3.1 DIMENSIONES DEL CONVOY TIPO	14
2.3.2 LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CONVOY	14
2.4 CONDICIONES OPERACIONALES Y DE MANIOBRA DEL CONVOY TIPO	15
2.4.1 Radio de giro. (Ref. TEORIA DEL BUQUE, Antonio Bonilla de Lacorte-1979).	15
2.4.2 Propulsión y Sistema de Gobierno del Convoy tipo.....	18
2.4.3 Características de las Líneas de Agua.	18
2.4.4 Características de las Embarcaciones y Configuración de Convoyes.	18
2.4.5 Características de Maniobrabilidad y desempeño de las Embarcaciones Tipo.	19
CAPITULO 3. SIMULACION OPERATIVA Y DE MANIOBRAS	20
CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	21
ILUSTRACIONES DE LAS EMBARCACIONES TIPO	21
MEMORIAS DE CALCULO.....	25

LISTA DE CUDAROS

Cuadro No 1. Calculo Dimensional para Buque tipo de bajo calado.	8
Cuadro No 2. Calculo dimensional para bongo de bajo calado.	15

LISTA DE FIGURAS

Figura No 1. Curva de Evolución del Buque Tipo.....	11
Figura No 2. Curva de Evolución del Convoy Tipo	17
Figura No 3. BUQUE TIPO	21
Figura No 4. BUQUE TIPO	22
Figura No 5. BUQUE TIPO	22
Figura No 6. BUQUE TIPO	23

Figura No 7. BUQUE TIPO	23
Figura No 8. CONVOY TIPO	24
Figura No 9. CONVOY TIPO	24



CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCE

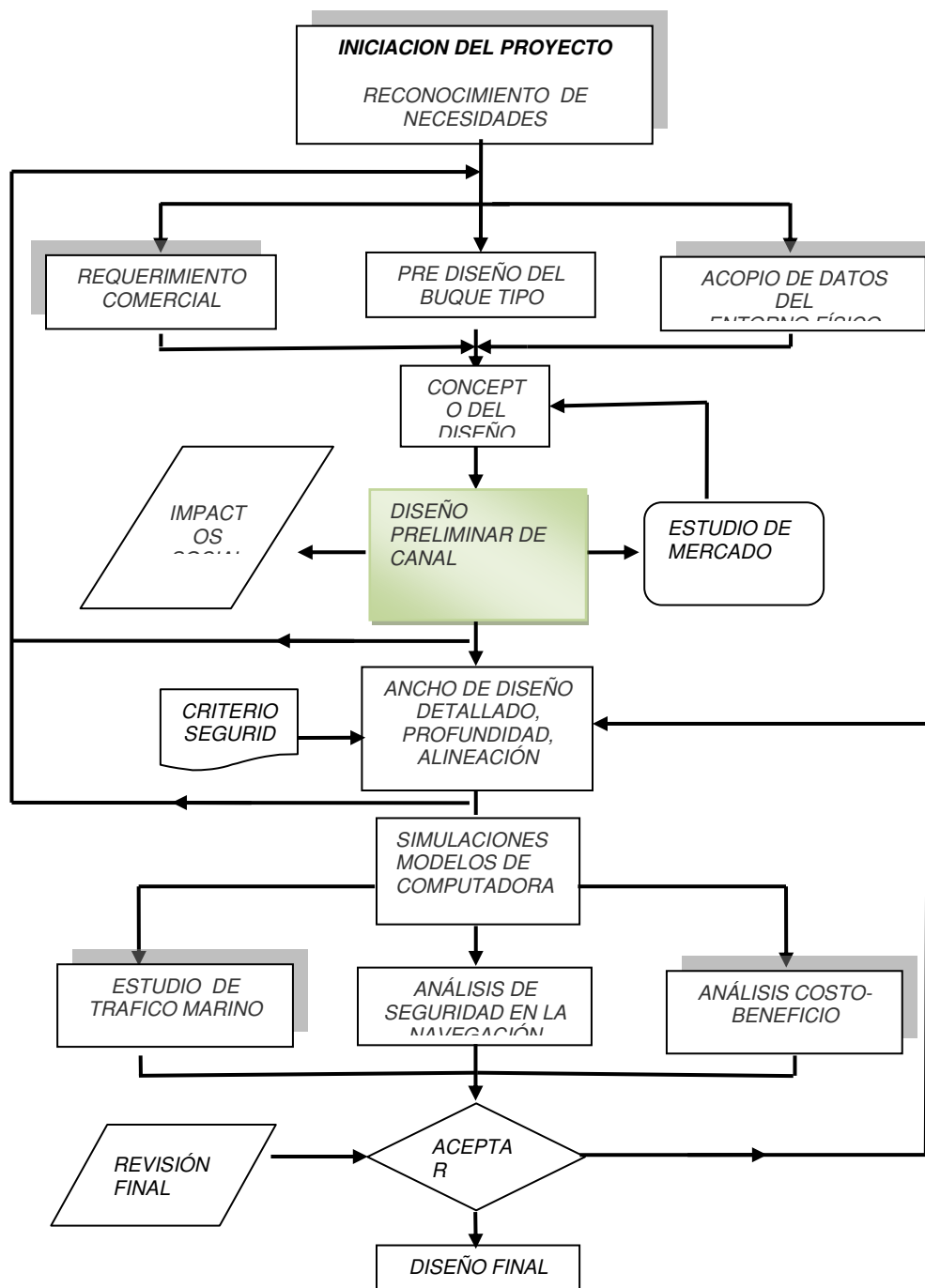
1.1 OBJETIVO.

El primer objetivo de este volumen es el de establecer las características de la embarcación tipo, para las condiciones fluviales actuales y determinar así el tipo de Embarcación requerida para la Reactivación de la navegación por el Río Atrato.

Un segundo objetivo será el de establecer la embarcación requerida para satisfacer las necesidades creadas por el volumen de carga proyectada, para el nuevo puerto de Quibdó y establecer la dimensión requerida del canal navegable.

1.2 ALCANCE

La teoría y los expertos recomiendan, para el diseño de un canal, acometer una metodología que se resumen en el siguiente diagrama de flujo



En el diagrama de flujo encontramos que para acometer el diseño del canal debe determinarse el Pre diseño del buque tipo, posterior o paralelamente a los requerimientos del mercado y al reconocimiento de las condiciones reales del medio y a medida que el proyecto avance ir revisando el Buque Tipo

En el caso de este estudio hemos analizado que al existir históricamente, una navegación por el Río Atrato, es importante considerar como primer objetivo la reactivación de esta navegación en las condiciones del Río y las necesidades actuales del mercado, recuperando el comercio entre la costa Atlántica y las poblaciones riveraños del Atrato desde su desembocadura en el Golfo de Urabá hasta la capital del Chocó, la ciudad de Quibdó.

En la caracterización de un buque tipo, realmente lo que se determina es el TIPO DE CASCO y su Capacidad de Carga a un determinado Calado, que cumpla con todas las normas de navegabilidad, estabilidad y maniobrabilidad, en la navegación Fluvial y en los medios que se determinen.

Su aplicación como; Buque de pasajeros, Carga general, Líquidos, Contenedores o Carbonero lo determina el Usuario o Armador de la Embarcación según su oportunidad comercial o el Estudio de Mercado final del Proyecto en General

Con el propósito de cumplir con las especificaciones para el consultor, se ha diseñado un buque multipropósito con bodegas y compartimentos para el manejo de carga contener izada, tipo de empaque que se ha desarrollado en el transporte de carga general, mercancías y productos perecederos a nivel Mundial, por su maniobrabilidad en cualquier tipo de transporte; marítimo, fluvial, terrestre, ferroviario y últimamente transporte aéreo

Como segundo Objetivo la consultoría, ha elaborado el diseño de una Embarcación Tipo Convoy, para desarrollar el transporte de mayor volumen de: Contenedores, carga líquida, carga seca, que permita el comercio de Carga General, Combustibles y Carbón, por el Río Atrato.

En la caracterización de un convoy tipo, se pre diseña un bongo (barcaza no autopropulsada) y un remolcador con capacidad de empujar o halar uno o varios bongos, se determina su capacidad de carga a un determinado Calado, que cumpla con todas las normas de navegabilidad, estabilidad y maniobrabilidad, en la navegación Fluvial y en los canales que se determinen.

Su aplicación como transporte de: Carga General, Líquidos, Contenedores o Carbonero lo determina el Usuario o Armador de la Embarcación según su

oportunidad comercial o el Estudio de Mercado de Mercado final del Proyecto en General y su diseño final se adecúa a la carga requerida.

Con el propósito de aumentar la capacidad de carga y su frecuencia, se ha diseñado un convoy multipropósito con bongos de doble fondo y con capacidad de transporte de combustibles en sus tanques y carga general o contenedores sobre cubierta

CAPITULO 2. DESCRIPCION DE LOS ESTUDIOS DE LA CONSULTORIA

2.1 DIMENSIONES DE LAS EMBARCACIONES TIPO

Analizando las condiciones actuales del Río Atrato encontramos que por profundidad es navegable en un 80% de su recorrido a calados mayores de 1,8 m en cualquier época del año, con la excepción de puntos que en verano se disminuye a 0,80 m.

En su recorrido el Río tiene curvas que considerando la eslora y manga, pueden presentar alguna dificultad a la maniobrabilidad del Buque Tipo, por eso hemos calculado una embarcación y remolcador con tres Propulsores, que dan las siguientes ventajas:

- Maniobrabilidad en las curvas utilizando dos motores adelante y uno con marcha atrás según selección del piloto.
- Mayor Potencia en las zonas de mayor pendiente del Río
- Economía de combustible navegando en el sentido de la Corriente con un solo motor.

2.1.1 LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA EMBARCACIÓN TIPO.

La embarcación se ha pre calculado para una Capacidad de Carga de 800 ton y capacidad cubica de 40 contenedores en bodega y a un calado máximo de 1,80 m. Estas variables nos permiten determinar las características del Buque Tipo que a continuación detallamos en el cuadro No 1.

Cuadro No 1. Calculo Dimensional para Buque tipo de bajo calado.

Calculo dimensional para Buque de bajo calado Río Atrato	
Capacidad de Carga	800 ton
Desplazamiento en rosca	280 ton
Desplazamiento Total	1080 ton
Calado máximo	1,80
Cb	0,90
manga máxima	14,09 m
eslora máxima	47,33 m
Puntal máximo	5,00 m
Calado en rosca	0,47 m
Volumen mínimo de flotabilidad	233 m ³
Desplazamiento final máximo	1020 ton
Propulsión; 3 Motores de 350 HP	1050 HP
TRN	647,13 ton
TRB	437,86 ton
DWT	800 ton

Con estas características procederemos a determinar los parámetros de ancho y profundidad de la vía Fluvial mínima requerida por la Embarcación Tipo que se ha presupuestado inicialmente.

2.2 CONDICIONES OPERACIONALES Y DE MANIOBRA DEL BUQUE TIPO

2.2.1 Radio de giro. (Ref. TEORIA DEL BUQUE)

Al meter el timón del barco a una banda, el movimiento de su centro de gravedad describe una curva llamada de Evolución, dada por otros dos movimientos.

- Un movimiento lineal sobre el plano tangente a la curva a una velocidad (v)

- b) Un movimiento angular en el plano diametral del buque a una velocidad angular (w).

Estos dos movimientos a) y b) instantáneamente dan un movimiento rotacional alrededor de un punto “O” que marca la trayectoria del centro de gravedad del buque describiendo una curva llamada “Curva de Evolución”

La trayectoria de giro del buque pasa por tres fases:

1. Fase de maniobra. Corresponde a la del momento que se mete la caña del timón hasta que la proa llega al ángulo del rumbo deseado.
2. Fase variable. Corresponde a la posición en que la línea de crujía está formando 90 grados con el rumbo original del buque, permanece constante el ángulo de caña, pero no se ha restablecido su equilibrio dinámico de las fuerzas que intervienen en la evolución del buque.
3. Fase uniforme. Se establece el equilibrio dinámico de las fuerzas y el movimiento del buque se convierte en circular (la caña del timón permanece metida) y la velocidad del buque baja en un 60%.

Características de la curva: La curva tiene tres características que se han determinado en laboratorio y que han sido verificada posteriormente en la práctica dando muy poca diferencia entre los resultados.

Estos son dependientes del número de máquinas y timones del buque, las formas del casco, la eslora, manga, calado y el coeficiente de bloque, por eso es importante que los datos teóricos desarrollados con el Buque Tipo sean confirmados en la práctica con el método de triangulación a tierra, en el momento de determinar el Angulo de giro real del buque.

- ✓ Avance. Es la distancia entre el momento de meter el timón hasta que el rumbo forma 90° con el rumbo primitivo, aproximadamente son entre cuatro a seis esloras el recorrido del buque y es el espacio que se necesita para esquivar un obstáculo por la proa.
- ✓ Diámetro táctico. Es la distancia diametral entre la posición del centro de gravedad del buque con un rumbo de 180° al rumbo primitivo y es la distancia que requiere el buque para cambiar su rumbo en 180°. Su valor dependiendo del tipo de buque esta entre seis y diez esloras.
- ✓ Traslados laterales del buque en la curva de evolución. Es la distancia que se desplaza el buque en el plano lateral para llegar a tener un rumbo de 90° y 180° con respecto a su rumbo primitivo, estas distancias varían entre tres y cinco esloras cada una (la suma equivale al Diámetro Táctico)

2.2.1.1 Radio de Giro del Buque Tipo.

Para el Buque Tipo del Río Atrato y de acuerdo a sus características hemos determinado el ángulo de giro de la siguiente forma.

El buque tipo para el Río Atrato, fue diseñado con 3 motores de 150 HP cada uno y tres timones hidráulicos, lo que permite una mayor maniobrabilidad del buque y menores radios de giro.

Teóricamente (ver TEORIA DEL BUQUE) al tener más de una máquina y un timón las distancias de recorrido en su curva de evolución se reducen en un 60% y su velocidad de avance entre 70% al 80%.

Para los cálculos de nuestro buque hemos tomado como distancia base las mayores indicadas disminuidas en un 60% ya que estas distancias son teóricas para buques que cuentan de dos timones y dos máquinas que es utilizada con marcha atrás al costado del giro lo que permite que caiga la proa más rápidamente y acortando las distancias de la curva. Las cifras resultantes son:

Características del Buque Tipo	
Calado máximo	1,80 m
Cb	0,9
manga máxima	14,09 m
eslora máxima	47,33 m
Puntal máximo	5,00 m
Área de palas de timón	2,40 m ²
Distancias de la curva evolutiva	
Avance	99,2 m
Diámetro Táctico	170,4 m
Traslado lateral a 90°	85,2 m
Traslado lateral a 180°	170,4 m
Rabeo	15,8 m

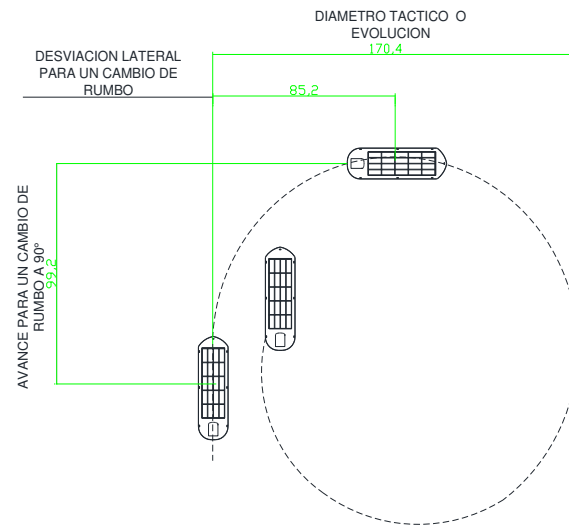


Figura No 1. Curva de Evolución del Buque Tipo

2.2.2 Propulsión y Sistema de Gobierno de Buque tipo.

2.2.2.1 Propulsión.

El Buque tipo tiene un desplazamiento total de 1080 ton y un calado de 1,80 m esto nos da una área de la Obra viva (área del casco que está sumergida) de 611 m² factor importante para determinar la potencia de los motores, en forma práctica podemos determinar que la potencia requerida es de 360 HP lo que en el caso de tres motores debe ser de 120 HP cada uno, hemos calculado tres motores de 180 HP con un factor de teniendo en cuenta la velocidad relativa resultado a la fuerza de la corriente en el trayecto de subida o de retorno a Quibdó del Buque Tipo.

Cada motor estará acoplado con una caja de transmisión de relación 1:4 a un eje de 4" de acero que portará una propela de cuatro aspas 40x36" de diámetro y paso que tendrá un avance de 12 millas/hora (6,5 k/h) de avance por hora en aguas calmas.

2.2.2.2 Sistema de Gobierno.

Al colocar tres motores cada motor debe tener su sistema de timón que permitirá maniobrar en forma integrada o individual de acuerdo a la necesidad del timonel. Este sistema deberá ser hidráulico con mando integrado o individual. El cálculo del sistema hidráulico depende de la construcción de los barones y palas de los timones y su sistema de aseguramiento.

El área del timón debe tener una área de 2.4 m² su construcción depende del tipo de túnel y distancia al casco.

2.2.3 Características de las Líneas de Agua.

Las líneas de agua se refieren al calado del buque de acuerdo a su carga, por eso también se llaman las líneas de carga, las líneas de agua nos da los Atributos de la superficies de cada línea de flotación, las cuales son la base de la elaboración de la Cartilla de Estabilidad nosotros calculamos cinco líneas de agua a partir del Franco Bordo calculado.

2.2.4 Características de las Embarcaciones y Configuración de Convoyes.

Las características principales de la Embarcación Tipo están definidas en el estudio adjunto y se adjuntan las memorias de cálculo.

Se ha considerado un convoy formado por tres Bongos (barcazas no autopropulsadas) y un Remolcador que se analizarán en detalle más adelante.

2.2.5 Características de Maniobrabilidad y desempeño de las Embarcaciones Tipo.

En este aparte contando con los parámetros dados por las características del Buque Tipo se calculará, en forma expedita, los requerimientos de la vía fluvial en lo que respecta al ancho y profundidad que se requiere para el tránsito y maniobrabilidad del Buque Tipo con seguridad.

Estas condiciones se determinarán utilizando las herramientas e investigaciones del tema, recomendadas por la Asociación Mundial Para la Infraestructura del Transporte Acuático, “PIANC”, estudiadas para canales intervenidos o previamente diseñados.

2.2.5.1 Profundidad.-

PIANC recomienda para el cálculo expeditivo de la profundidad, utilizar la relación Profundidad/Calado (h/Cm) también denominada el factor Squat, esta relación debe tener un margen de 1 a 1,5 dependiendo de la calidad del canal y el tipo de fondo del mismo, para el caso del Río Atrato hemos querido utilizar el valor máximo, 1,5.

Donde tenemos que:

h (profundidad)=1,5 x1,8 m (calado medio)= 2,70 m.

Esto nos indica que podemos determinar que la mínima profundidad requerida para la maniobrabilidad del Buque Tipo es de 2,7 m

2.2.5.2 Ancho.

PIANC determina para el ancho de canal, tres consideraciones para determinarlo en forma expedita que depende de:

- a) Buena experiencia y capacidad del Timonel,
- b) Rápida repuesta del Timón,
- c) Modernos equipos de navegación y
- d) Excelente visibilidad.

Dependiendo de la calidad de estos aspectos se categoriza la maniobrabilidad en Buena, Moderada y Pobre.

Considerando que el Buque Tipo será diseñado y construido con las normas técnicas de construcción consideradas por LA TEORÍA DEL BUQUE y las exigidas por casas clasificadoras especializadas como la American Boreau Shipping “ABS” y su tripulación, será capacitada y calificada para operar el buque con eficiencia podremos determinar que la calidad de maniobrabilidad será buena.

Lo que concluimos es que el ancho mínimo y expedito de la vía navegable debe ser no menor a 18,32 metros, teniendo en cuenta que el buque tipo tiene una manga de 14,09 metros.

Maniobrabilidad		
Buena	Moderada	Pobre
1,3xB	1,5xB	1,8xB
Ancho de Canal		
18,32	21,135	25,362

A partir de estas dos requisiciones de canal, su diseñador debe establecer el ancho y profundidad final del canal, incrementándolo en los factores que la PIANC recomienda en consideración de la velocidad del Buque, vientos, corrientes, tipo de fondo, tipo de carga y el tipo de terreno de la rivera, etc.

2.3 EL CONVOY TIPO

2.3.1 DIMENSIONES DEL CONVOY TIPO

En su recorrido el Río tiene curvas que considerando la eslora y manga, pueden presentar alguna dificultad a la maniobrabilidad, por eso hemos calculado un remolcador con tres Propulsores, que dan las siguientes ventajas:

- Maniobrabilidad en las curvas utilizando dos motores avante y uno con marcha atrás según selección del piloto.
- Mayor Potencia en las zonas de mayor pendiente del Río
- Economía de combustible navegando en el sentido de la Corriente con un solo motor.

2.3.2 LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CONVOY.

El convoy se diseñó compuesto por tres bingos de 800 ton con capacidad de 5000 barriles de combustible y 40 TEU'S cada uno, lo que nos da un transporte de 2400 ton, 15000 barriles de combustible o 120 TEU'S.

Cuadro No 2. Calculo dimensional para bongo de bajo calado.

Calculo dimensional para bongo de bajo calado Río Atrato	
Cantidad de Contenedores	40 TEUS
Capacidad de Carga	800 ton
Desplazamiento en rosca	280 ton
Desplazamiento Total	1080 ton
Calado máximo	1,80
manga máxima	15,03 m
eslora máxima	44,35 m
Puntal máximo	2,50 m
Calado en rosca	0,47 m
Volumen mínimo de flotabilidad	233 m3
Desplazamiento final máximo	1080 ton
Calado full	1,80 m

Con estas características procederemos a determinar los parámetros de ancho y profundidad de la vía Fluvial mínima requerida por la Embarcación Tipo que se ha presupuestado inicialmente.

2.4 CONDICIONES OPERACIONALES Y DE MANIOBRA DEL CONVOY TIPO

2.4.1 Radio de giro. (Ref. TEORIA DEL BUQUE, Antonio Bonilla de Lacorte-1979)

En este aparte se tendrá en cuenta el convoy (tres bongos un Remolcador) como una sola embarcación que tiene las siguientes características generales.

Características de Convoy	
Eslora	88,70 m
Manga	39,40 m
Puntal	2,50 m
Cm	1,80 m

Al meter el timón del remolcador a una banda el movimiento del centro de gravedad del convoy describe una curva llamada de Evolución, dada por otros dos movimientos.

- Un movimiento lineal sobre el plano tangente a la curva a una velocidad (v)

- b. Un movimiento angular en el plano diametral del convoy a una velocidad angular (w).

Estos dos movimientos a) y b) instantáneamente dan un movimiento rotacional alrededor de un punto “O” que marca la trayectoria del centro de gravedad del convoy describiendo una curva llamada “Curva de Evolución”

La trayectoria de giro del convoy pasa por fases.

1. Fase de maniobra. Corresponde a la del momento que se mete la caña del timón hasta que la proa llega al ángulo del rumbo deseado.
2. Fase variable. Corresponde a la posición en que la línea de crujía del remolcador, está formando 90 grados con el rumbo original del convoy, permanece constante el ángulo de caña, pero no se ha restablecido su equilibrio dinámico de las fuerzas que intervienen en la evolución del convoy.
3. Fase uniforme. Se establece el equilibrio dinámico de las fuerzas y el movimiento del convoy se convierte en circular (la caña del timón permanece metida) y la velocidad del buque baja en un 60%.

Características de la curva. La curva tiene tres características que se ha determinado en laboratorio (en base a un buque pues no se conocen pruebas para un convoy) y que han sido verificada posteriormente en la práctica dando muy poca diferencia entre los resultados.

Estos son dependientes de: el número de máquinas y timones del remolcador, las formas del casco, la eslora, manga, calado y el coeficiente de bloque de los componentes del convoy, por eso es importante que los datos teóricos desarrollados con el convoy Tipo sean confirmados en la práctica con el método de triangulación a tierra, en el momento de determinar el Angulo de giro real del convoy.

- ✓ Avance. Es la distancia entre el momento de meter el timón hasta que el rumbo forma 90° con el rumbo primitivo, aproximadamente son entre cuatro a seis esloras el recorrido del convoy y es el espacio que se necesita para esquivar un obstáculo por la proa.
- ✓ Diámetro táctico. Es la distancia diametral entre la posición del centro de gravedad del convoy con un rumbo de 180° al rumbo primitivo y es la distancia que requiere el convoy para cambiar su rumbo en 180° . Su valor dependiendo del tipo de convoy esta entre seis y diez esloras.
- ✓ Traslados laterales del buque en la curva de evolución. Es la distancia que se desplaza el buque en el plano lateral para llegar a tener un rumbo de 90° y 180° con respecto a su rumbo primitivo, estas distancias varían entre tres y cinco esloras cada una (la suma equivale al Diámetro Táctico)

2.4.1.1 Radio de Giro del convoy Tipo.

Para el convoy Tipo del Río Atrato y de acuerdo a sus características hemos determinado el ángulo de giro de la siguiente forma.

El remolcador tipo para el Río Atrato, fue diseñado con 3 motores de 350 HP cada uno y tres timones hidráulicos, lo que permite una mayor maniobrabilidad del remolcador y menores radios de giro.

Teóricamente (ver TEORIA DEL BUQUE) al tener más de una máquina y un timón las distancias de recorrido en su curva de evolución se reduce en hasta un 60% y su velocidad de avance entre 70% al 80%.

Para los cálculos de nuestro convoy hemos tomado como distancia base las mayores indicadas disminuidas en un 60% ya que estas distancias son teóricas para remolcadores que cuentan con dos timones y dos máquinas que es utilizada con marcha atrás al costado del giro lo que permite que caiga la proa más rápidamente y acortando las distancias de la curva. Las cifras resultantes son:

Curva de Evolución			
Remolcador con un solo timón		Más de un timón (-60%)	
Avance	6 *L	532,20 m	212,88 m
Diámetro Táctico	10 *L	887,00 m	354,80 m
Traslado lateral	5 *L	443,50 m	177,40 m

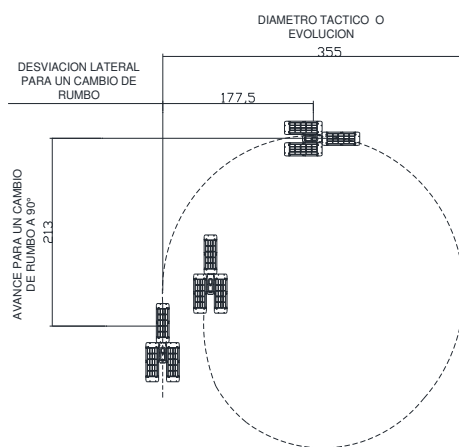


Figura No 2. Curva de Evolución del Convoy Tipo

2.4.2 Propulsión y Sistema de Gobierno del Convoy tipo.

2.4.2.1 Propulsión.

El Convoy Tipo tiene un desplazamiento total de 2600 ton y un calado de 1,80 m esto nos da una área de la Obra viva (área del casco que está sumergida) de 1320 m², factor importante para determinar la potencia de los motores, en forma práctica podemos determinar que la potencia requerida para el convoy de 900 HP lo que en el caso de tres motores debe ser de 300 HP cada uno, hemos calculado tres motores de 350 HP con un factor adicional del 15% teniendo en cuenta la velocidad relativa resultado a la fuerza de la corriente en el trayecto de subida o de retorno a Quibdó del Convoy Tipo.

Cada motor estará acoplado con una caja de transmisión de relación 1:4 a un eje de 4" de acero que portará una propela de cuatro aspas 40x36" de diámetro y paso que tendrá un avance de 12 millas/hora (6,5 k/h) de avance por hora en aguas calmas.

2.4.2.2 Sistema de Gobierno.

Al colocar tres motores cada motor debe tener su sistema de timón que permitirá maniobrar en forma integrada o individual de acuerdo a la necesidad del timonel. Este sistema deberá ser hidráulico con mando integrado o individual. El cálculo del sistema hidráulico depende de la construcción de los barones y palas de los timones y su sistema de aseguramiento.

El área del timón debe tener una área de 2.4 m² su construcción depende del tipo de túnel y distancia al casco.

2.4.3 Características de las Líneas de Agua.

Las líneas de agua se refieren al calado del buque de acuerdo a su carga, por eso también se llaman las líneas de carga, las líneas de agua nos da los Atributos de la superficie de cada línea de flotación, las cuales son la base de la elaboración de la Cartilla de Estabilidad nosotros calculamos cinco líneas de agua a partir del Franco Bordo calculado.

2.4.4 Características de las Embarcaciones y Configuración de Convoyes.

Las características principales del Convoy Tipo están definidas en el estudio adjunto y se adjuntan las memorias de cálculo.

Se ha considerado un convoy formado por tres Bongos (barcazas no autopropulsadas) y un Remolcador que se han analizado en detalle.

2.4.5 Características de Maniobrabilidad y desempeño de las Embarcaciones Tipo.

En este aparte contando con los parámetros dados por las características del Buque Tipo se calculará, en forma expedita, los requerimientos de la vía fluvial en lo que respecta a al ancho y profundidad que se requiere para el tránsito y maniobrabilidad del Buque Tipo con seguridad.

Estas condiciones se determinarán utilizando las herramientas e investigaciones del tema, recomendadas por la Asociación Mundial Para la Infraestructura del Transporte Acuático, “PIANC”, estudiadas para canales intervenidos o previamente diseñados.

2.4.5.1 Profundidad.-

PIANC recomienda para el cálculo expeditivo de la profundidad utilizar la relación Profundidad/Calado (h/Cm) también denominada el factor Squat, esta relación debe tener un margen de 1 a 1,5 dependiendo de la calidad del canal y el tipo de fondo del mismo, para el caso del Río Atrato hemos querido utilizar el valor máximo, 1,5.

Donde tenemos que:

$$h (\text{profundidad}) = 1,5 \times 1,8 \text{ m (calado medio)} = 2,70 \text{ m.}$$

Esto nos indica que podemos determinar que la mínima profundidad requerida para la maniobrabilidad del Convoy Tipo es de 2,7 m

2.4.5.2 Ancho.

PIANC determina para el ancho de canal tres consideraciones para determinarlo en forma expedita que depende de:

- e) Buena experiencia y capacidad del Timonel,
- f) Rápida repuesta del Timón,
- g) Modernos equipos de navegación y
- h) Excelente visibilidad.

Dependiendo de la calidad de estos aspectos se categoriza la maniobrabilidad en Buena, Moderada y Pobre.

A pesar que el Convoy Tipo será diseñado y construido con las normas técnicas de construcción consideradas por LA TEORÍA DEL BUQUE y las exigidas por casas clasificadoras especializadas como la American Bureau Shipping “ABS” y su tripulación será capacitada y calificada para operar el Convoy, consideramos que tiene una moderada capacidad de maniobra debido a su conformación.

Lo que concluimos que el ancho mínimo y expedito de la vía navegable debe ser no menor a 59,1 metros, teniendo en cuenta que el convoy tipo tiene una manga de 39,4 metros.

Maniobrabilidad		
Buena	Moderada	Pobre
1,3xB	1,5xB	1,8xB
Ancho de Canal		
51,22	59,1	70,92

A partir de estas dos requisiciones de canal su diseñador debe establecer el ancho y profundidad final del canal, incrementándolo en los factores que la PIANC recomienda en consideración de la velocidad del convoy, vientos, corrientes, tipo de fondo, tipo de carga y el tipo de terreno de la rivera, etc.

CAPITULO 3. SIMULACION OPERATIVA Y DE MANIOBRAS

Esta fase del estudio no es aplicable en este capítulo; ya que no se cuenta en el país con programas diseñados para las condiciones ambientales de la zona ni aplicados a las características del Río Atrato y menos con laboratorios que permitan que con modelos a escala podamos crear las condiciones de operación y maniobrabilidad que encontrará el Buque o el Convoy en la zonas donde cubrirá su ruta de trabajo.

CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El Buque Tipo y el Convoy tipo aquí prediseñados son de características requeridas para lograr una primera fase para la recuperación de la navegabilidad del Río Atrato en su estado actual.

Todas las cualidades operativas y de maniobrabilidad analizadas en este estudio deben ser revisadas y aprobadas por las autoridades fluviales encargadas de autorizar su operación.

Los diseños definitivos del Buque y el Convoy, sistemas y planos de construcción deberán ser materia de la fase III (Diseños definitivos), previa a la construcción y realizada por un profesional de la Ingeniería Naval.

Su construcción y supervisión debe ser realizada por profesionales autorizados según la ley que reglamenta la Ingeniería Naval en Colombia.

ILUSTRACIONES DE LAS EMBARCACIONES TIPO



Figura No 3. BUQUE TIPO



Figura No 4. BUQUE TIPO

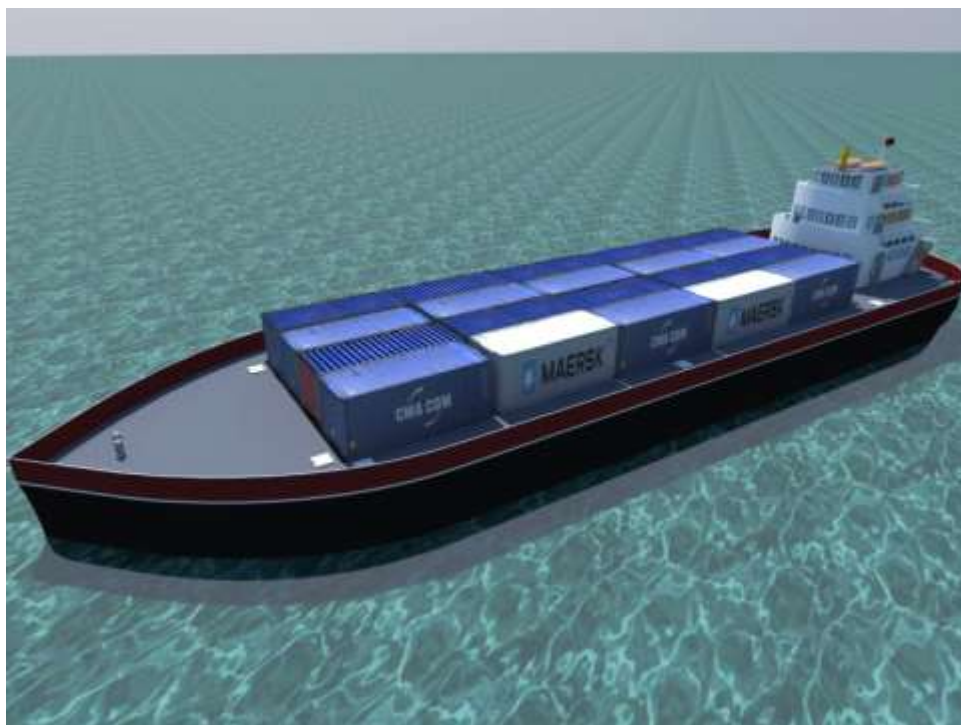


Figura No 5. BUQUE TIPO



Figura No 6. BUQUE TIPO



Figura No 7. BUQUE TIPO



Figura No 8. CONVOY TIPO



Figura No 9. CONVOY TIPO

MEMORIAS DE CALCULO

Bongo de 800 toneladas.

Calculo dimensional para bongo de bajo calado Río Atrato	
Cantidad de Contenedores	40 TEUS
Capacidad de Carga	800 ton
Desplazamiento en rosca	280 ton
Desplazamiento Total	1080 ton
Calado máximo	1,80
manga máxima	15,03 m
eslora máxima	44,35 m
Puntal máximo	2,50 m
Calado en rosca	0,47 m
Volumen mínimo de flotabilidad	233 m ³
Desplazamiento final máximo	1080 ton
Calado full	1,80 m
Áreas	
Cubierta	666,67
Fondo	633,33
Costados	199,56
Proa y popa	67,65
Estructura	548,52
Total	4231,47
Obra viva	601,83
Obra muerta	298,71

Calculo Capacidad Remolcadora

REMOLCADOR "RIO ATRATO 2600"		
L=	Eslora=	22,95 m
M=	Manga=	7,80 m
P=	Puntal	1,66 m
	Francobordo=	0,45 m
	Puntal útil=	1,21 m
	Calado vacío=	0,45 m
	Desplazamiento vacío=	72,50 ton
	Despl total=	114,39 ton
HP=	Potencia de los motor #1=	350,00 hp

	Potencia de los motor #2=	350,00 hp
	Potencia de los motor #3=	350,00 hp
C=	Calado máximo=	1,80 m
Propulsión del remolcador con tres motores		
Ep=	Esfuerzo propulsor en kg.	
HP=	Potencia de los motores=	1050hp
Chp=	Coeficiente de rendimiento motor=	0,45
Vst=	Velocidad relativa=	14 km/h
Ep=	$\frac{75 \times HP \times Chp}{0,277 \times Vst}$	=9138 kg
Resistencia del Remolcador, por su casco, a la propulsión		
Rcr=	Resistencia del casco en kg	
As=	Área mojada del casco en mts ² =	140,9 m ²
Cp=	Coeficiente de resistencia=	0,018
Rcr=	$Cp \times As \times Vst^2$	=497 kg
HP equivalente a la resistencia del remolcador		
HPcr=	$\frac{Rcr \times 0,277 \times Vst}{75 \times Chp}$	=57,12hp
R1=	$\Delta = (\text{Desplazamiento total})$ HPcr=(equivalente a la resistencia del remolcador)	=2,00
Esfuerzo propulsor remanente		
Epr=	$Ep - Rcr$	=8641 kg
HPrc=	$\frac{Epr \times 0,277 \times Vst}{75 \times Chp}$	=993hp
HPt=	$HPcr + HPrc$	=1050hp
Área mojada del remolque		
Asr=	$\frac{Epr}{Cp \times Vst^2}$	=2449m ²
Capacidad remolcadora útil		
T=	$Asr \times Rt$	=2204,33ton

R2=	T	=2,10 Ton/HP
	HP	

Resistencia del Bongo 1, por su casco, a la propulsión		
Rcr=	Resistencia del casco a la propulsión en kg	
As=	Área mojada del casco en m2=	590,9 m2
Vst=	Velocidad relativa de la embarcación=	14 km/h
Cp=	Coeficiente de resistencia a la propulsión=	0,018
Rcr=	$C_p \times A_s \times V_{st}^2$	=2085 kg
HP equivalente a la resistencia del Bongo		
HPcr=	$R_{cr} \times 0,277 \times V_{st}$	=240hp
	75Chp	
Resistencia del Bongo 2, por su casco, a la propulsión		
Rcr=	Resistencia del casco a la propulsión en kg	
As=	Área mojada del casco en m2=	590,9 m2
Vst=	Velocidad relativa de la embarcación=	14 km/h
Cp=	Coeficiente de resistencia a la propulsión=	0,018
Rcr=	$C_p \times A_s \times V_{st}^2$	=2085 kg
HP equivalente a la resistencia del remolcador		
HPcr=	$R_{cr} \times 0,277 \times V_{st}$	=240hp
	75Chp	
Resistencia del Bongo 3, por su casco, a la propulsión		
Rcr=	Resistencia del casco a la propulsión en kg	
As=	Área mojada del casco en m2=	590,9 m2
Vst=	Velocidad relativa de la embarcación=	14 km/h
Cp=	Coeficiente de resistencia a la propulsión=	0,018

Rcr=	$C_{px} A_{sx} V_{st}^2$	=2085 kg
HP equivalente a la resistencia del remolcador		
HPcr=	$\frac{R_{cr} \times 0,277 \times V_{st}}{75 C_{hp}}$	=240hp
Rrt=	Resistencia total de remolque	=6751 kg
HPmr=	$\frac{E_{pr} \times 0,277 \times V_{st}}{75 C_{hp}}$	=776hp

Conclusión: La capacidad requerida para el Convoy es de 776 hp en condiciones de corriente del Río Atrato. Se ha calculado con base en un remolcador con 3 motores de 350 hp cada uno