

**ALTERNATIVA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ACTUAL DE PUERTOS Y
EMBARCADEROS DEL CAMPO CANTAGALLO DE ECOPETROL SA.**

**ING. JULIO ENRIQUE GORDILLO CARREÑO
ING. JUAN SEBASTIÁN REYES BAUTISTA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES
BUCARAMANGA
2011**

**ALTERNATIVA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ACTUAL DE PUERTOS Y
EMBARCADEROS DEL CAMPO CANTAGALLO DE ECOPETROL SA.**

**ING. JULIO ENRIQUE GORDILLO CARREÑO
ING. JUAN SEBASTIÁN REYES BAUTISTA**

**Monografía como requisito para optar al título de especialistas en gerencia e
interventoría de obras civiles**

**Director
Claudia Patricia Retamoso Llamas
MIC. Ingeniera civil**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES
BUCARAMANGA
2011**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga, Enero de 2011

*Al apoyo constante de mi familia, de mis padres Julio y Gladys,
y a la colaboración y comprensión de mi futura esposa Gicela.*

Julio Enrique Gordillo Carreño

*Al arduo trabajo y constancia que hicieron posible alcanzar mis metas, que no hubiesen sido posible lograrlas sin la constante fuerza, sabiduría, sacrificios y empeño de mi madre **Amparo Bautista Cáceres**, de mi padre **Jorge Manuel Reyes Pérez**, de mis hermanos **Manuel Andrés Reyes Bautista** y **Carlos Daniel Reyes Bautista**, de mi primo **Mario Fernando Pérez Flórez**, que más que un primo es otro hermano, de mis amigos **Elicer Beltrán Castillo**, **Víctor Hugo Ortiz Ariza**, **Daniel Abraham Fontalvo Varón**, **Cristian Pinzón Restrepo**, **Yamid Alonso Rodríguez Pineda**, **Oscar Mauricio Rojas Camargo**, **Aldo Farid Londoño**, **Dairo Cuadro Benítez**, **Jaime Robles Rojas**, **Giovanny Rey Nariño**, **Miguel Ángel Rey Becerra**, **Carlos Puentes Leal**, de mis parientes y compañeros.*

*Doy gracias a Dios por haber encontrado en mi camino de formación profesional a mi colega y amigo, Ingeniero **Julio Enrique Gordillo Carreño**, que con sus ideas, conocimientos, aportes, experiencia y amistad, hemos logrado nuestra meta que espero no sea la última a alcanzar.*

*Creo que todos los que creemos en Él siempre recibimos lo mejor, es por eso que doy un millón de gracias a **Dios**, por darme una vida saludable y amena, que hizo posible el no caer y desvanecer en el camino de este sueño, ese sueño que aunque inmenso es otro escalón a una vida llena de frutos y bienestar.*

“A la gente buena, cosas buenas le pasan”

Juan Sebastián Reyes Bautista

AGRADECIMIENTO

A nuestra Alma Mater, Universidad Pontificia Bolivariana.

A nuestra directora de trabajo de grado, mentora, amiga y de quien recibimos apoyo constante, la MIC. Claudia Patricia Retamoso Llamas, que con su carisma, simpatía, inteligencia, empeño y experiencia facilitó la realización de esta monografía para optar al título de especialistas en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles.

De igual forma agradecemos a la PhD María Fernanda Serrano Guzmán, Directora de Investigación, que con sus consejos, aportes técnicos e investigativos, ayudo de manera directa a la elaboración teórica y metodológica de este proyecto.

A ECOPETROL SA., Empresa Colombiana de Petróleos, que es la dueña del Campo Cantagallo donde pudimos desarrollar nuestra monografía para optar al título de especialistas.

Por último, a todos los que indirectamente colaboraron con su apoyo. A todos, gracias totales.

Los Autores

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. OBJETIVOS	15
1.1 OBJETIVO GENERAL	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2. MARCO TEÓRICO	16
2.1 PUERTOS	16
2.2 EMBARCADEROS	19
2.3 TRANSBORDADOR FLUVIAL (TRF-329)	21
2.3.1 Diseño básico del transbordador fluvial	21
2.3.2 Líneas de forma de la barcaza	24
2.3.3 Diseño del casco del transbordador fluvial	25
2.3.4 Diseño de la rampa de la embarcación	26
3. METODOLOGÍA	28
3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE OPERACIÓN DE LOS EMBARCADEROS DEL CAMPO CANTAGALLO	28
3.2 ALTERNATIVAS INADECUADAS PARA DAR UNA SOLUCIÓN PERMANENTE Y CONSTANTE A ECOPETROL SA. EN EL CAMPO CANTAGALLO	29
3.2.1 Dragados innecesarios	29
3.2.2 Pagos de Stand By de maquinarias	31
3.2.3 Cambios de rutas en las movilizaciones de equipos y embarcaderos fluviales provisionales o realizados	32
3.3 COMPARACIÓN DE LAS DIFERENTES SITUACIONES QUE SE PRESENTAN DURANTE LA OPERACIÓN DE EMBARCADEROS	34
3.3.1 Situación en verano	34
3.3.2 Situación en invierno	34

3.4	ALTERNATIVA QUE CUMPLA CON LA FUNCIONALIDAD DE USO Y ESTE DISPONIBLE DURANTE CUALQUIER ÉPOCA DEL AÑO PARA LA OPERACIÓN DEL CAMPO	34
4.	ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA	36
4.1	COMPARACIÓN ECONÓMICA PLANCHONES EXISTENTES VS TRANSBORDADOR FLUVIAL TRF-329.	36
4.1.1	Situación actual de las barcazas del Campo Cantagallo	36
4.1.2	Presupuesto para la reparación de los planchones existentes y la construcción del TRF-329	40
4.2	PRESUPUESTO ANUAL DEL CAMPO CANTAGALLO EN LA REALIZACIÓN Y PAGOS DE LAS ALTERNATIVAS INADECUADAS.	41
5.	CONCLUSIONES	46
6.	RECOMENDACIONES	47
	BIBLIOGRAFÍA	48

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Descripción general del transbordador fluvial	22
Tabla 2. Informe de inspección barcaza	36

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Embarcaderos	20
Figura 2. Maquinaria tipo pesado y liviana	20
Figura 3. Acopio de material granular o crudo de río	21
Figura 4. Diseño básico del transbordador (perfil)	22
Figura 5. Diseño básico del transbordador (frontal)	23
Figura 6. Diseño básico del transbordador (superior)	23
Figura 7. Diseño de líneas de forma	24
Figura 8. Perspectiva interna del casco	25
Figura 9. Perspectiva cubierta principal y costados	26
Figura 10. Rampa del transbordador fluvial	27
Figura 11. Pendientes de la rampa en el embarque y desembarque de carga	27
Figura 12. Ubicación Campo Cantagallo	28
Figura 13. Disposición del planchón y remolcador en el embarcadero	29
Figura 14. Sedimentación de los embarcaderos	30
Figura 15. Dragados a la sedimentación de los embarcaderos	30
Figura 16. Maquinaria en Stand By	31
Figura 17. Inhabilitación y desmonte del pozo para su mantenimiento	32
Figura 18. Embarcadero en temporada de verano	33
Figura 19. Embarcadero realzado	34
Figura 20. Transbordador fluvial TRF-329	35
Figura 21. Comparación de presupuestos	40
Figura 22. Presupuesto anual de los dragados innecesarios	41
Figura 23. Presupuesto anual pagos Stand By de la maquinaria	42
Figura 24. Presupuesto anual pagos de traslado y mantenimiento de embarcaderos	42
Figura 25. Bolsas arena - cemento	43
Figura 26. Obras menores civiles	44
Figura 27. Mantenimiento y construcción de vías	44
Figura 28. Construcción y disposición de hexápodos	44

RESUMEN GENERAL DE LA MONOGRAFÍA

- TITULO:** ALTERNATIVA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ACTUAL DE PUERTOS Y EMBARCADEROS DEL CAMPO CANTAGALLO DE ECOPETROL SA.
- AUTOR(ES):** ING. JULIO ENRIQUE GORDILLO CARREÑO
ING. JUAN SEBASTIÁN REYES BAUTISTA
- FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Civil
- DIRECTOR(A):** Claudia Patricia Retamoso Llamas

RESUMEN

El Campo Cantagallo es un campo petrolero perteneciente a la Superintendencia de Operaciones del Río de la Gerencia Regional Magdalena Medio de ECOPETROL SA. (SOR), que tiene como zona de influencia los Municipios de Cantagallo-Bolívar y Puerto Wilches-Santander. Al ser un campo nuevo y con proyecciones superiores de exploración y perforación a los 25000 barriles diarios de crudo, se ha presentado en los últimos años el inconveniente de retrasos en la movilidad de la maquinaria y equipos que día a día prestan diferentes servicios de mantenimiento, como son: Limpieza de pozos, transporte de equipos de workover, varilleo, perforación y coiled tubing.

Este problema sucede debido a que el sistema actual de puertos y embarcaderos no es el óptimo para la dinámica que exige el campo, ya que en épocas de verano son inaccesibles debido a la sedimentación del Río Magdalena, y en épocas de invierno, por los aumentos del nivel del cauce se encuentran totalmente inundados. Actualmente se utilizan diferentes métodos poco eficaces tales como: Puertos fluviales provisionales, cambios de rutas en las movilizaciones de equipos, pagos de Stand By de maquinarias, obras civiles innecesarias y dragados que no se deben realizar, por lo que se debe identificar y proponer una alternativa viable para la dinámica operacional del Campo con la que se evite este tipo de métodos y el dinero utilizado para tales fines, sea dispuesto para otro tipo de actividades requeridas por el Campo Cantagallo.

PALABRAS CLAVES: Cantagallo, Puerto Wilches, workover, varilleo, puertos, embarcaderos, río Magdalena.

MONOGRAPH GENERAL SUMMARY

TITLE: IMPROVEMENT ALTERNATIVE FOR THE CURRENT SYSTEM OF PORTS AND PIERS OF THE CANTAGALLO FIELD FOR ECOPETROL SA

AUTHOR(S): ING. JULIO ENRIQUE GORDILLO CARREÑO
ING. JUAN SEBASTIÁN REYES BAUTISTA

FACULTY: Civil Engineering Department

DIRECTOR: Claudia Patricia Retamoso Llamas

ABSTRACT

The Cantagallo Field is an oil field that belongs to the River Operations Superintendence of the Regional Management of Magdalena Medio of ECOPETROL SA (SOR). It influences the Municipality of Cantagallo, Bolivar and Puerto Wilches, Santander. Since it is a new field with exploration and drilling projections that exceed 25000 barrels per day of crude oil, in recent years inconveniences have occurred in machinery and equipment mobility used in daily activities such as: well cleaning, transportation of workover equipment, suck rodding, drilling and coiled tubing.

This problem occurs because the current system of ports and piers is not the optimum for the dynamic required by the fields, since during dry seasons they are inaccessible due to sedimentation of the Magdalena River, and during rainy seasons, due to the complete flooding caused by the increase of the river-bed level. Currently, different inefficient methods are used such as: temporary river ports, changes in the routes for equipment mobility, payment machiner Stand By time, unnecessary civil works, and dredging that should not be performed. Therefore, a viable alternative should by identified and proposed for the operational dynamics of the Field to avoid such methods and destine the money resources for those causes to other types of activities required by the Cantagallo Field.

KEYWORDS: Cantagallo, Puerto Wilches, workover, suck rodding, ports, piers, Magdalena River.

INTRODUCCIÓN

El Campo Cantagallo es un campo petrolero perteneciente a la Superintendencia de Operaciones del Río de la Gerencia Regional Magdalena Medio de ECOPEL SA.^(*), que tiene como zona de influencia los Municipios de Cantagallo-Bolívar y Puerto Wilches-Santander. Al ser un campo relativamente nuevo y con proyecciones superiores de exploración y perforación a los 25000 BLS^(**)/día, se ha presentado en los últimos años el inconveniente de retrasos en la movilidad de la maquinaria y equipos que día a día prestan diferentes servicios de mantenimiento, como son: Limpieza de pozos, transporte de equipos de workover^(***), varilleo^(****), perforación y coiled tubing^(*****).

Este problema se debe a que el sistema de puertos y embarcaderos actual no es el óptimo para la dinámica que exige el campo, ya que en épocas de verano son inaccesibles debido a la sedimentación del Río Magdalena, y en épocas de invierno, por los aumentos del nivel del cauce se encuentran totalmente inundados. Actualmente se utilizan diferentes métodos poco eficaces tales como: Puertos fluviales provisionales, cambios de rutas en las movilizaciones de equipos, pagos de Stand By de maquinarias, obras civiles innecesarias y dragados que no se deben realizar^(*****), por lo que se debe identificar y proponer una alternativa viable para la dinámica operacional del Campo.

Durante muchos años el embarque y desembarque de los equipos se ha realizado tomando grandes riesgos en la operación, debido a la variabilidad de los sitios adecuados para puertos y de las orillas del Río Magdalena en cuanto a socavación y sedimentación. En la actualidad se cuenta en el Campo Cantagallo con 2 equipos de varilleo uno propio y uno alquilado, un equipo propio de limpieza de pozos y un taladro los cuales son transportados con 2 remolcadores con sus respectivos planchones, por esta zona ingresa todo el transporte público que se dirige hacia el Sur de Bolívar. Para solucionar esta variabilidad con recursos de mantenimiento, constantemente se realizan dragados con retroexcavadora en el lecho y las orillas del Río, esto en verano, en invierno se deben realizar rellenos para nivelar el embarque y desembarque.

El desarrollo de una alternativa para mejorar la movilidad de equipos y maquinaria del Campo Cantagallo, traerá consigo una solución definitiva y eficiente para las

(*) Empresa Colombiana de Petróleos.

(**) Barriles (Petróleo crudo).

(***) Equipo para mantenimiento de pozos.

(****) Sistema de reacondicionamiento de pozos.

(*****) Usualmente se define como una cadena continua de tubería de diámetro pequeño, que conecta una serie de equipos en superficie y asocia trabajos de perforación, reparación, completación y reacondicionamiento de hoyo, pudiéndose usar tanto en ambientes terrestres como marinos.

(******) Construcción de canales provisionales para permitir el acceso y atraque de los botes a los puertos y embarcaderos.

necesidades del mismo, ya que ECOPETROL SA. requiere de una solución inmediata y eficaz para evitar inversiones en alternativas que produzcan sobrecostos en las tareas programadas de perforación y limpieza de pozos por el Departamento de Mantenimiento.

El Campo tiene dos botes a disposición los cuales están siendo subutilizados, por ende, estos pueden adaptarse a la posible alternativa que requiere el Campo, esto principalmente se plantea ya que puede contribuir en la mejora de los tiempos de la movilidad de equipos y maquinaria en las rutas programadas y concertadas, además se plantea en la alternativa una disminución en la contratación actual vinculada al sistema de transporte y movilidad con el fin de economizar recursos propios, los cuales podrían ser invertidos en otras áreas anexas al Campo Cantagallo

La implementación de una alternativa que conjugue el sistema actual de puertos y embarcaderos existentes con los equipos eficientes disponibles generara eficacia en la movilidad de los transportes y equipos para las rutas del mantenimiento día a día del Campo, teniendo en cuenta los recursos propios, la proyección de los mismos y el alcance de estos a favor del Costo/Beneficio del presupuesto anual del Campo. Todo esto para facilitar durante el año la continuidad del transporte de equipos y maquinaria sin tener prevenciones de retrasos y paradas por afectaciones climáticas (verano e invierno), evitando con ello pagos extraordinarios, inversiones inadecuadas, obras no planeadas e inoficiosas, que conllevan a aumentar el gasto anual del presupuesto.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Presentar una alternativa para el mejoramiento del sistema de puertos y embarcaderos actual, acorde a la dinámica del campo Cantagallo, que cumpla con los estándares de calidad^(*) y seguridad industrial^(**) exigidos por Ecopetrol S.A.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir el sistema actual de operación de puertos y embarcaderos.

Comparar las diferentes situaciones que se presentan durante la operación de puertos y embarcaderos.

Proponer la alternativa que cumpla con la funcionalidad de uso y esté disponible durante cualquier época del año para la operación del Campo.

^(*) Normas ISO 9001 y 14000.

^(**) HSE: Health, Safety and the Environment.

2. MARCO TEÓRICO

A la fecha, el sistema actual de Puertos enfatizado a las movilizaciones sobre el Río Magdalena utilizado en el Campo Cantagallo, presenta falencias que se ven reflejadas en los tiempos de atraso para el embarque, recorrido y desembarque de los equipos, generando altos costos para el campo en el área del transporte fluvial.

2.1 PUERTOS

Los puertos son un conjunto de obras, instalaciones y organizaciones que permiten al hombre aprovechar un lugar de la costa o ribera habilitado como tal por el estado o el sector privado para la recepción, abrigo y atención de embarcaciones, compuesto por el recinto portuario y, en su caso, por la zona de desarrollo, así como por accesos y áreas de uso común para la navegación interna y afecta a su funcionamiento; con servicios, terminales e instalaciones, para la transferencia de bienes y transbordo de personas entre los modos de transporte que enlaza.

Un puerto fluvial es aquel que puede estar compuesto por una serie de obras potencialmente más importantes en la boca de un río (mismas que pueden ser aptas para servir también en el tráfico marino) como por un conjunto de instalaciones interiores para servir también en el tráfico de barcos y barcasas^(*).

Un puerto que recibe únicamente tráfico fluvial presenta un problema de diseño más sencillo que los marítimos, ya que se reduce al mínimo las obras protectoras o a la acción de las olas. Debido a esto el ingeniero tiene, relativamente, más libertad para localizar las diferentes partes del proyecto, pues puede localizar los muelles a lo largo de la orilla del río en vez de construir perpendicularmente a la costa en forma de malecones^(**) y dársenas^(***).

La palabra puerto es aplicada a las instalaciones necesarias o requeridas para un buen manejo en cuestiones de mercancías y, ligada a esta, el servicio de los barcos. Es claro, que son funciones de la ingeniería civil el diseño y la construcción de los puertos, en estas etapas, el ingeniero debe buscar la manera más óptima de controlar las fuerzas naturales mediante una utilización acertada de ellas, en lugar, de realizar obras que sirvan únicamente como una resistencia de estas fuerzas o elementos naturales que conlleven a hacer del puerto una obra realmente costosa y, que en mucho de los casos, no sea efectiva. Por ende, el

(*) Lanchón para transporte de mercancías de los buques a tierra o viceversa.

(**) Muro o terraplén paralelo a la costa y que sirve para proteger de las mareas y el oleaje.

(***) Zona cubierta del puerto, sobre agua con profundidad suficiente, destinada a carga y descarga o como surgidero.

ingeniero debe estar familiarizado con la mecánica de suelos e hidráulica para familiarizarse con las acciones que producen los vientos y el oleaje.

“En épocas antiguas, había la tendencia de construir los puertos aguas arriba (casi en la boca de los ríos), ya que si en la boca del río se tenía un refugio contra las tormentas, aguas arriba había mayor seguridad contra los ataques militares”¹. Empero, al ir evolucionando la humanidad, conllevó a construir barcos más grandes para poder suplir tal demanda, el acceso a los puertos era imposible, mantenerlos generaba un alto gasto, debido a que la solución para continuar utilizándolos era realizar dragados constantes para que el calado de los grandes barcos pasara sin ningún tipo de dificultad.

Las exigencias principales de un puerto son muy evidentes, pues los barcos deben llegar al mismo en una zona con profundidad y anchura adecuadas, los barcos que llegan a los puertos deben poder anclar mientras esperan la posibilidad de atracar para cargar o descargar mercancías, comida y suministros diversos.

Los estudios físicos² que más se tienen en cuenta a la hora de realizar un puerto son los siguientes:

a) Meteorológicos:

- Vientos
- Presiones atmosféricas
- Temperaturas
- Lluvias

b) Oceanográficos:

- Oleaje
- Corrientes
- Mareas
- Procesos litorales^(*)
- Fenómenos específicos

¹ CRESPO VILLALAZ, Carlos. Vías de comunicación: caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos. 3 ed. México: Limusa, 2005. p. 660.

² *Ibíd.*, p. 660.

^(*) Los estudios de procesos litorales tiene por objeto la investigación de: a) origen y características de los materiales costeros; b) forma y dirección del transporte litoral y c) relación entre abastecimiento y pérdida de material

c) Geológicos^(*):

- Mecánica de suelos
- Mecánica de rocas
- Banco de materiales
- Geofísicos
- Geológicos diversos

El transporte fluvial, cuando se habla de grandes cantidades o volúmenes de productos a transportar, en este caso, maquinaria pesada y hexápodos, para realizar las distintas actividades requeridas por el campo Cantagallo entre instalaciones que se encuentran en las riberas de los ríos, hace que estas obras fluviales sean de mucha importancia para que el desempeño del campo sea el óptimo.

Puerto Wilches (Santander) y Cantagallo (Sur de Bolívar), son municipios que son favorecidos por el río Magdalena, ya que entre estos dos municipios existe algo muy importante, la comunicación entre estos por su extenso litoral. Cabe anotar que la exigencia que se da en el campo Cantagallo debido al desarrollo considerable de las vías de comunicación terrestres entre islas, hace que en el campo sea más exigente y más necesario contar con obras fluviales adecuadas para así lograr una mejor comunicación entre las poblaciones que abarcan estos dos municipios, ya que los puertos no solo favorecen a ECOPETROL SA., también tienen que ver de manera directa con la comunidad.

El río Magdalena como medio de comunicación principal ofrece muchas ventajas con respecto a la movilidad y eficiencia requerida por el campo, es por eso, que se deben realizar o contar con estructuras adecuadas para aprovechar todas las ventajas del río, las cuales deben contar con unas características en tamaño y operación. Por ende, es necesario realizar estudios, hacer planeaciones, desarrollar proyectos y realizar las obras fluviales pertinentes para satisfacer las necesidades requeridas por el Campo, es por eso que estas obras tienen como finalidades generales lo siguiente:

- Adecuar sitios con instalaciones portuarias para el transporte fluvial (carga de altura y de cabotaje).
- Desarrollar la pesca y el turismo en las aguas interiores aprovechando los bienes del dominio fluvial.

^(*) Se puede afirmar que si se dispone de tiempo suficiente es conveniente realizar estudios físicos completos y adecuados. Cuando el tiempo apremia se deben realizar al menos los estudios mínimos indispensables.

- “Proteger contra los fenómenos naturales, a las vías navegables interiores y lagunas litorales”³.

De acuerdo con las finalidades anteriormente escritas, las diferentes obras resultantes son:

- Las portuarias, que se refieren a la creación de nuevos puertos y al mejoramiento de los existentes, para que a través de ellos se realice el comercio y puedan ser aprovechados por la industria pesquera y por el turismo.
- Las de protección de riberas, y las que sirven para conservar y mejorar los esteros y las lagunas, mejorando sus condiciones biológicas para mantener y desarrollar la pesca.

2.2 EMBARCADEROS

“Es aquella construcción realizada, al menos parcialmente, sobre una ribera del río u orilla para facilitar el cargue o descargue, mediato o inmediato, de embarcaciones menores”⁴.

Estos embarcaderos (véase *Figura 1. Embarcaderos*), son los utilizados para efectuar el descargue de la maquinaria pesada y liviana^(*) (véase *Figura 2. Maquinaria tipo pesado y liviana*), material requerido en las diferentes obras que se realizan en las islas que componen al Campo Cantagallo, los vehículos de la comunidad que requiere desplazarse de Puerto Wilches a Cantagallo y viceversa; es por eso que estas estructuras compuestas por material granular llamado “crudo de río” (véase *Figura 3. Acopio de material granular o crudo de río*), son importantes para efectos de la exigencia de la movilidad del Campo, ya que con ellos se presta para recoger material o maquinaria para cualquier emergencia que requiera el Campo.

En lo que respecta a puertos y embarcaderos, es común que la jerga utilizada en el Campo Cantagallo para mencionar estos embarcaderos sea “puertos”, pero realmente estas estructuras se llaman embarcaderos puesto que la palabra puertos como se mostró anteriormente son estructuras de mayor envergadura y de un estudio con ciertos tipos de características mucho más complejas que las de un embarcadero. De ahora en adelante se mencionara únicamente embarcaderos.

³ CRESPO VILLALAZ, Carlos. Vías de comunicación: caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos. 3 ed. México: Limusa, 2005. p. 656.

⁴ Mayor información: <http://fs03eja1.cormagdalenacom.co/php/cormagdalenacom.co/php/cormagdalenacom.co/php?option=com_content&view=article&id=105&Itemid=75>

^(*) **a)** Grúa GROOVE tipo pesado; **b)** Equipo de varilleo para pozos petroleros; **c)** Camión dobletrouque y **d)** Camioneta y camión sencillo.

Figura 1. Embarcaderos



Fuente: propia.

Figura 2. Maquinaria tipo pesado y liviana



Fuente: propia.

Figura 3. Acopio de material granular o crudo de río



Fuente: propia

Estas estructuras, en pocas palabras, tienen como objetivo principal, permitir el cargue, descargue y la movilidad de los transbordadores fluviales pertenecientes a ECOPETROL SA. y los de la comunidad de Puerto Wilches y Cantagallo.

2.3 TRANSBORDADOR FLUVIAL (TRF-329)

Es un artefacto fluvial o construcción flotante que opera en el medio fluvial, es un auxiliar de navegación mas no destinada a ella, aunque pueda desplazarse sobre el agua para el cumplimiento de sus fines específicos. Si el artefacto fluvial se destina al transporte con el apoyo de una embarcación, se entenderá el conjunto como una misma unidad de transporte⁵. Este transbordador fluvial tiene un área de carga (cubierta) de 256 m² y tiene una capacidad de carga máxima (para evitar y conservar en mejores condiciones la cubierta y la rampa) de 130 toneladas.

2.3.1 Diseño básico del transbordador fluvial. El diseño básico del transbordador, está compuesto por lo consignado en la *Tabla 1*.

⁵ Mayor información: <http://fs03eja1.cormagdalena.com.co/php/cormagdalena/index.php?option=com_content&view=article&id=105&Itemid=75>

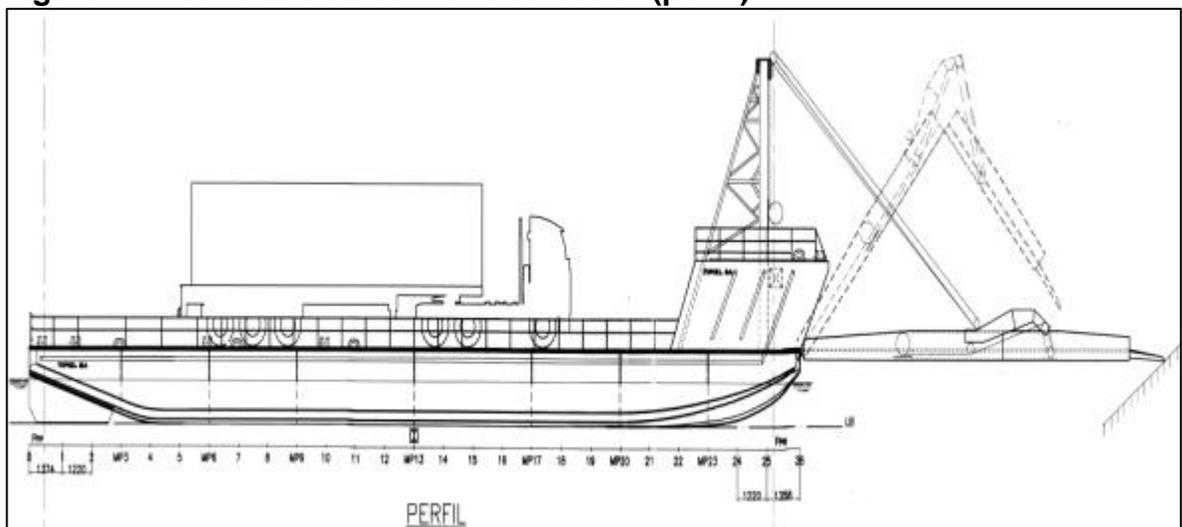
Tabla 1. Descripción general del transbordador fluvial

Eslora total (LOA):	32,0 m
Manga (B):	9,10 m
Puntal (D):	2,00 m
Calado (d):	1,30 m
Desplazamiento (D) @ 1,30 m:	Aprox. 309 Ton ^(*) .
Capacidad combustible Diesel:	Aprox. 24 Galones.
Carga útil:	130 Ton.

Fuente: Ecopetrol SA. 2010.

La eslora (véase *Figura 4. Diseño básico del transbordador (perfil)*, *Figura 5. Diseño básico del transbordador (frontal)* y *Figura 6. Diseño básico del transbordador (superior)*) es la medida de una embarcación tomada a su largo, desde la proa hasta popa, es decir, el largo total que tiene la barcaza desde su punto inicial hasta el final en su plano horizontal; la manga es la anchura total de la embarcación, el puntal es la altura del buque, para un concepto más técnico, el puntal es la máxima dimensión vertical medida en el centro (mitad de la eslora), desde la parte superior de la línea de cubierta, hasta la cara inferior del casco en su intersección con la quilla (fondo). Finalmente el calado^(**) es la distancia entre la parte inferior de la quilla y la línea de flotación del barco, en pocas palabras, es la profundidad del casco de la embarcación bajo el agua. También se debe saber que la diferencia de calados del transbordador son las diferencias que hay entre los calados a proa y popa.

Figura 4. Diseño básico del transbordador (perfil)

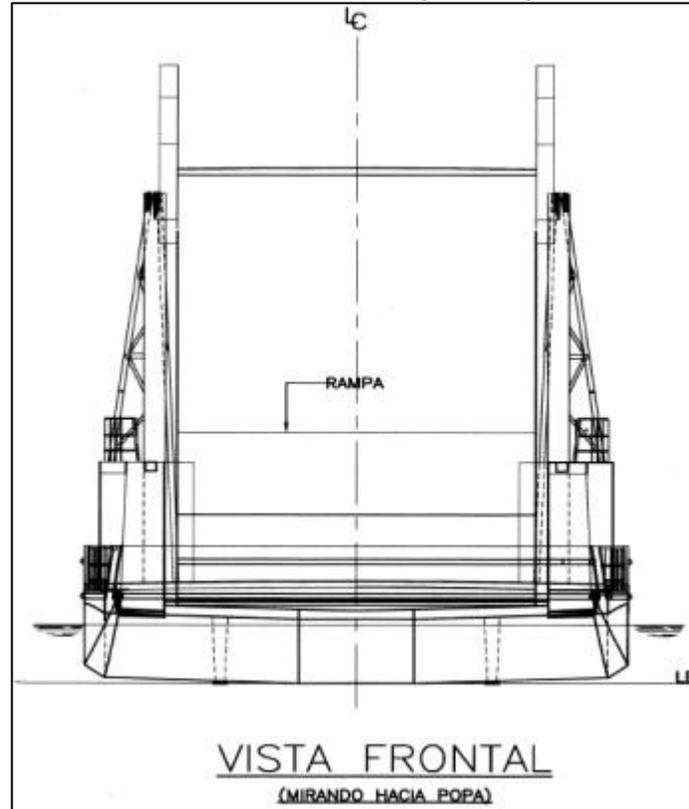


Fuente: Ecopetrol SA. 2010.

(*) Tonelada métrica= 1000 Kg.

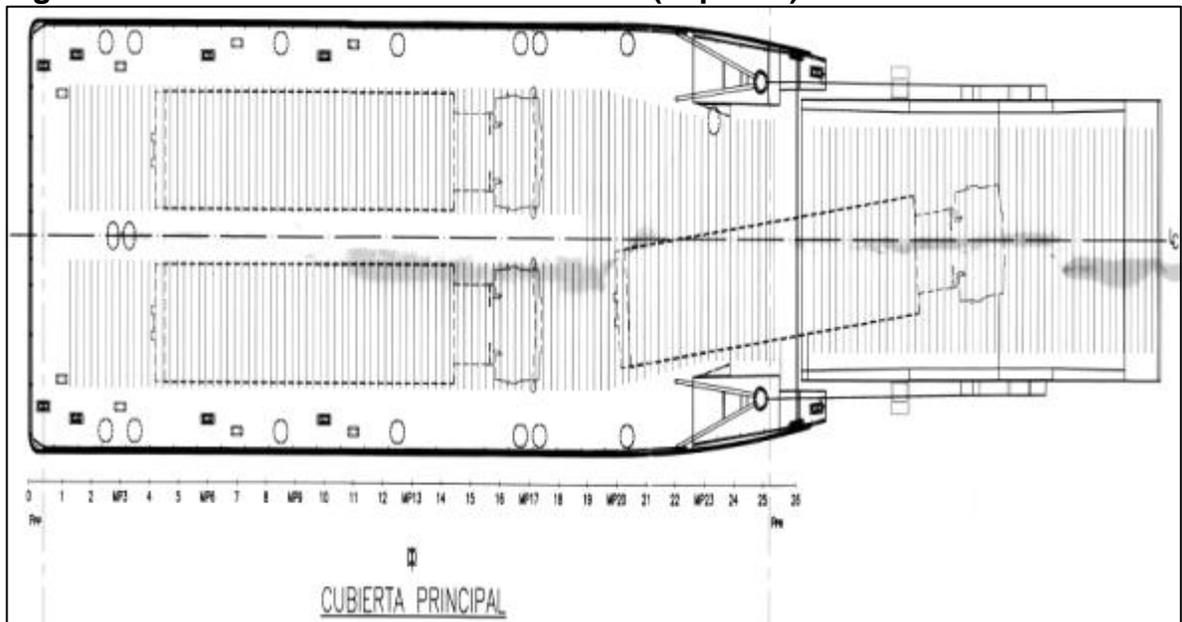
(**) Mayor información: <<http://charter.costasur.com/es/calado.html>>

Figura 5. Diseño básico del transbordador (frontal)



Fuente: Ecopetrol SA. 2010.

Figura 6. Diseño básico del transbordador (superior)

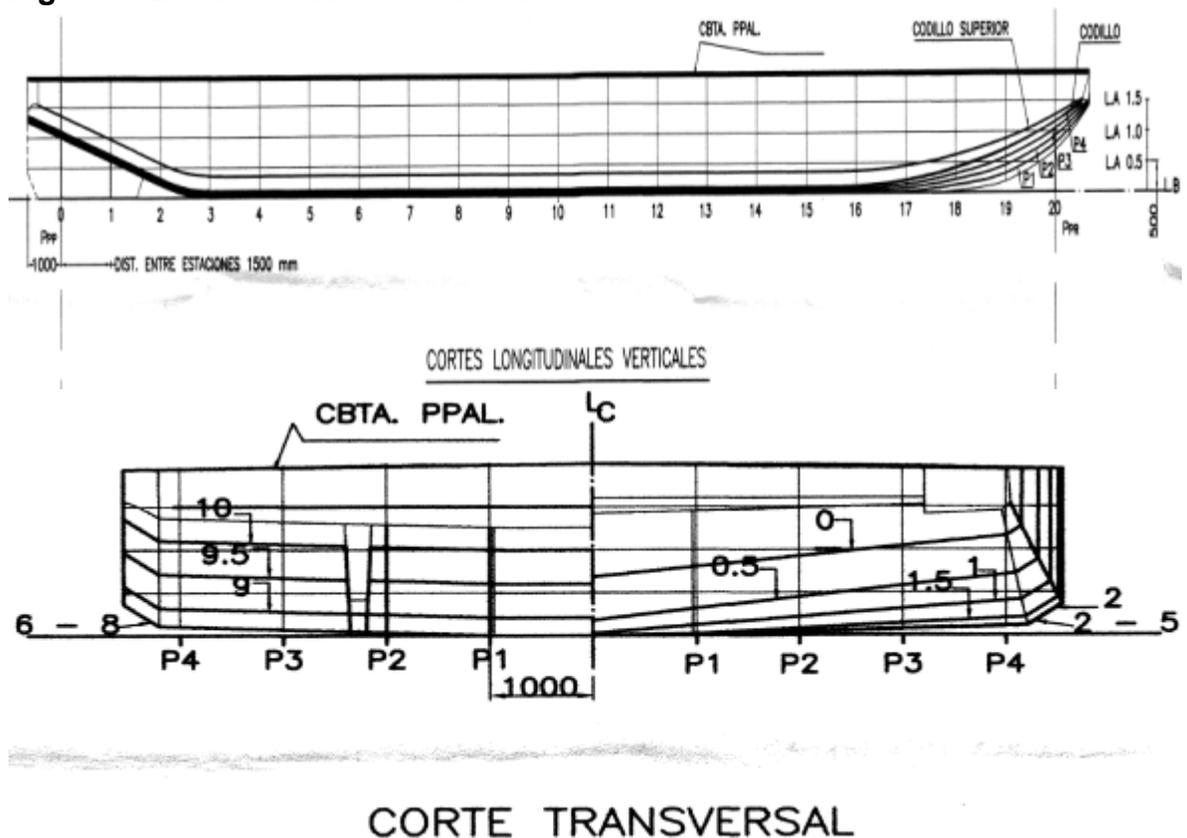


Fuente: Ecopetrol SA. 2010.

2.3.2 Líneas de forma de la barcaza. Estas líneas de forma (véase Figura 7. *Diseño de líneas de forma*) son las que se le hacen al casco del transbordador para mejorar su resistencia al avance, esto con el fin de hacer una embarcación con mejores características para las exigencias del río Magdalena en el Campo Cantagallo, el diseño básico de las líneas es el siguiente:

- Las líneas de forma son hidrocónicas con astilla muerta de modelos ya existentes y optimizados para disminuir la resistencia al avance.
- Cuerpo de proa que facilita el arribo a los puntos de embarque y desembarque.
- Cuerpo de popa con codastes^(*) para mejorar estabilidad en la ruta.

Figura 7. Diseño de líneas de forma



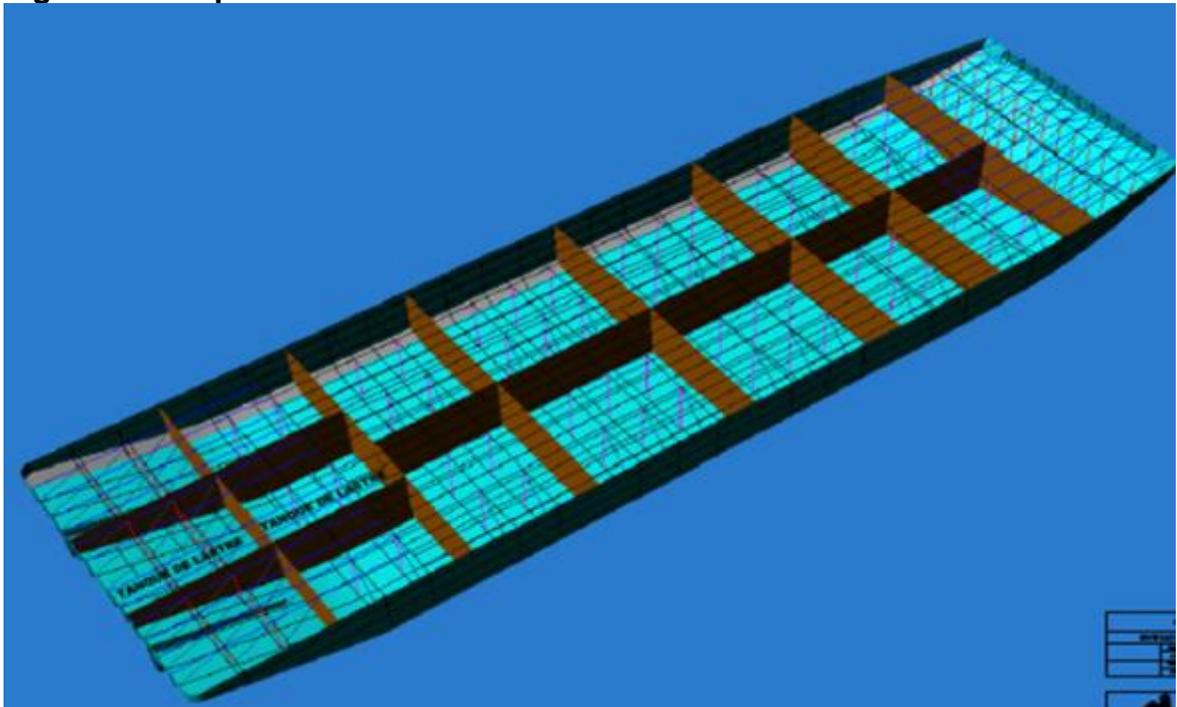
Fuente: Ecopetrol SA. 2010.

^(*) Es un elemento estructural del casco de una embarcación, se define como la continuación de la quilla por la popa.

2.3.3 Diseño del casco del transbordador fluvial. El casco como tal es el cuerpo o envoltura de la embarcación^(*), gracias al casco la embarcación puede navegar y flotar sobre el río, el casco es el encargado (dependiendo de su diseño) de soportar cargas por medio del empuje generado por el agua sobre él, es por eso que gracias al diseño que se haga se puede dar un valor de la máxima carga que puede soportar para navegar de manera segura y sin daños sobre el mismo transbordador. Las siguientes pautas (véase *Figura 8. Perspectiva interna del casco* y *Figura 9. Perspectiva cubierta principal y costados*) muestran como está conformado estructuralmente el casco del transbordador fluvial:

- El casco cuenta con siete mamparos^(**) transversales estancos y uno longitudinal.
- El diseño de la estructura del casco y castillos en proa corresponde a un sistema estructural del tipo mixto.
- Láminas para el forro del fondo, costados y la cubierta principal, todo en acero ASTM A131 grado A de diferentes espesores (acorde a lo que soporta cada una de estas láminas).

Figura 8. Perspectiva interna del casco

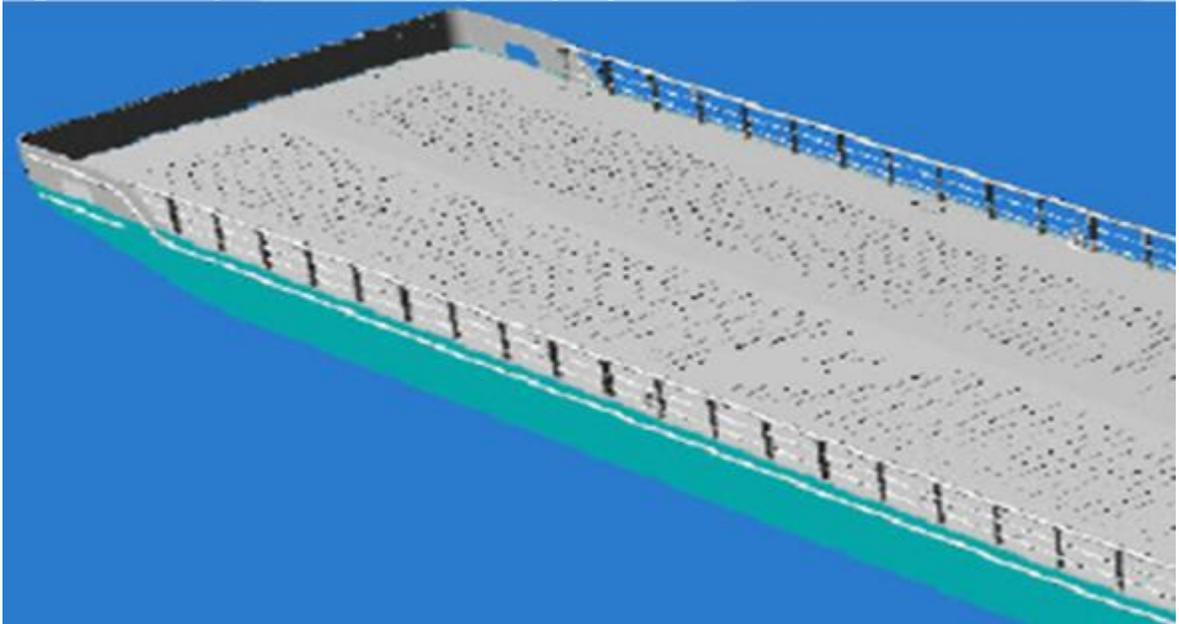


Fuente: Ecopetrol SA. 2010.

^(*) Mayor información: < <http://charter.costasur.com/es/casco.html>>

^(**) Tabique para compartimentar un barco.

Figura 9. Perspectiva cubierta principal y costados



Fuente: Ecopetrol SA. 2010.

2.3.4 Diseño de la rampa de la embarcación. La rampa (véase *Figura 10. Rampa del transbordador fluvial* y *Figura 11. Pendientes de la rampa en el embarque y desembarque de carga*) del transbordador fluvial es la parte más importante del proyecto, ya que la idea que se formula con la rampa es la manera como se va a mejorar el inconveniente de los embarcaderos, es por eso que es importante resaltar los aspectos más importantes de esta parte del transbordador fluvial para que se entienda en que forma opera y de qué manera va a atracar en los embarcaderos del Campo Cantagallo. Por consiguiente se muestra la descripción más relevante del planchón:

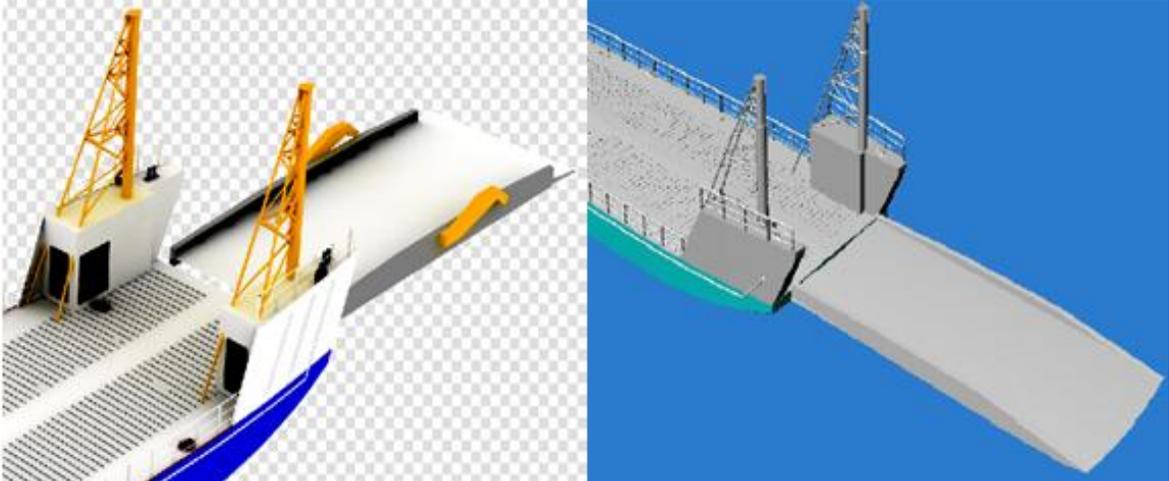
- Esta rampa contará con un sistema hidráulico de arriado e izado, un motor o unidad de poder el cual es un motor diesel aproximadamente de 80 a 100 HP^(*) @ 1800 RPM^(**), además cable metálico trenzado (Guaya) de diámetro 5/8", cuatro winches modelo PT – PL6 con una capacidad de tiro con tambor vacío de 7,2 Ton. y una velocidad lineal de 16 m/min.
- El motor diesel envía la alimentación a la bomba hidráulica lo que permite incrementar la presión, accionando los winches debido al flujo hidráulico permitiendo cobrar o lascar con seguridad la guaya, con esta maniobra se controla las dos partes más grandes de la rampa y para la última etapa se manipula manualmente.

^(*) Horse Power: Caballos de Fuerza.

^(**) Revoluciones Por Minuto.

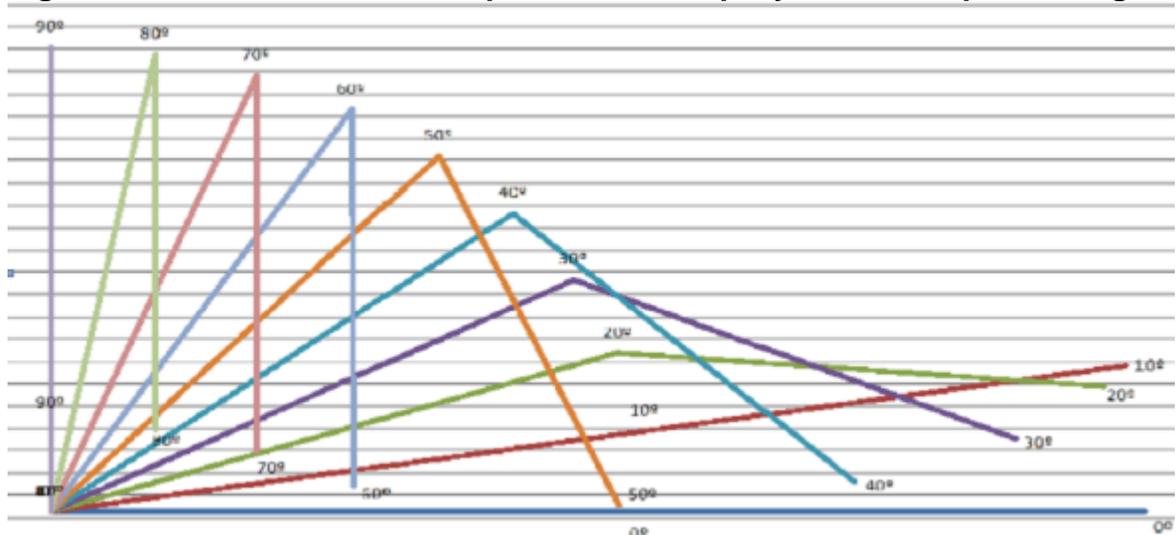
- La rampa está compuesta por tres cuerpos con una dimensión total de 15 m de largo y 7 m de ancho, esta tiene una capacidad para 70 Ton. @ 10 Km/h.
- El sistema de combustible utilizado para el izado de la rampa, es de un tanque de almacenamiento de combustible con una capacidad de 24 galones con el fin de suministrar 8 horas de autonomía al sistema de izado de la rampa.

Figura 10. Rampa del transbordador fluvial



Fuente: Ecopetrol SA. 2010.

Figura 11. Pendientes de la rampa en el embarque y desembarque de carga



Fuente: Ecopetrol SA. 2010.

3. METODOLOGÍA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE OPERACIÓN DE LOS EMBARCADEROS DEL CAMPO CANTAGALLO

Dado que el Campo Cantagallo se encuentra ubicado sobre las riberas del Municipio de Cantagallo (Bolívar) y Puerto Wilches (Santander) e Islas intermedias (II, III y IV) y el eje de comunicación principal es el Río Magdalena (véase *Figura 12. Ubicación Campo Cantagallo*)^(*), se puede denotar por qué la importancia de contar con un sistema de movilidad fluvial que genere desarrollo para el mismo. La transportación fluvial a gran escala que se genera en el Campo entre instalaciones localizadas en las márgenes de sus riberas e islas hacen que las obras fluviales sean de gran importancia para su progreso. Dependiendo de los niveles del cauce del Río Magdalena y de la sedimentación o socavación que se presente en los embarcaderos, son utilizados para el embarque y desembarque de los Equipos que cotidianamente apoyan la operación del Campo, los cuales son movilizados por dos botes o planchones (véase *Figura 13. Disposición del planchón y remolcador en el embarcadero*) de propiedad de ECOPETROL S.A., y dos navíos remolcadores (véase *Figura 13. Disposición del planchón y remolcador en el embarcadero*) que son los encargados de propulsarlos, estos son alquilados a una Empresa Contratista bajo el Contrato No. 5204220 y cuya Representante Legal es OMAIRA RUEDA BOHÓRQUEZ. Estos planchones se diferencian del TRF-329 por su rampa, debido a que los planchones existentes en el Campo tienen una rampa de 3 metros de longitud a diferencia del transbordador fluvial mencionado en el numeral 2.3.

Figura 12. Ubicación Campo Cantagallo



Fuente: Google Earth.

^(*)Ribera Municipio de Cantagallo (Bolívar): Frente a Zona Industrial, Isla IX, Isla I, Base Militar
Ribera Municipio de Puerto Wilches (Santander): Isla V, Isla 1 A
Islas Intermedias: Zona Norte, Zona Oriente y Zona Occidental de Isla IV, Isla III, Isla II

Figura 13. Disposición del planchón y remolcador en el embarcadero



Fuente: propia.

En términos generales, puede decirse que el Río Magdalena como medio principal de comunicación ofrece grandes ventajas para el Campo, pero para que ellas sean aprovechadas adecuadamente debe antes contarse con elementos que permitan su utilización como lo son la existencia de embarcaderos para el atraque de embarcaciones y una flota adecuada en cuanto a características, tamaño y operación. Con lo anteriormente mencionado es de vital importancia efectuar estudios, hacer planeaciones y desarrollar proyectos para poder encontrar la alternativa más acorde a la dinámica y necesidad exigida en el Campo para evitar los dragados innecesarios, pagos de stand by de la maquinaria, cambios de rutas en las movilizaciones de equipos y puertos fluviales provisionales.

3.2 ALTERNATIVAS INADECUADAS PARA DAR UNA SOLUCIÓN PERMANENTE Y CONSTANTE A ECOPETROL SA. EN EL CAMPO CANTAGALLO

3.2.1 Dragados innecesarios. Los dragados (véase *Figura 14. Sedimentación de los embarcaderos* véase *Figura 15. Dragados a la sedimentación de los embarcaderos*) que se le realizan a los embarcaderos, son con el fin de darle

calado(*) al embarcadero, de tal forma que el casco de los planchones que atracan en los mismos no tengan ningún inconveniente. Es claro, que estos dragados únicamente se realizan en temporadas de verano, ya que la cota del río baja y la sedimentación que tiene la ribera utilizada con el fin de atracar las embarcaciones, hacen imposible el arribo de las mismas.

Figura 14. Sedimentación de los embarcaderos



Fuente: propia.

Figura 15. Dragados a la sedimentación de los embarcaderos



a) Dragado en el medio del río y **b)** Dragado en el embarcadero.
Fuente: propia.

(*) Profundidad a la que se sumerge el casco de un barco una vez en el agua.

3.2.2 Pagos de Stand By de maquinarias. Como consecuencia de las diferentes alternativas que se han dado para mejorar el sistema de embarcaderos en el campo Cantagallo (cuando las embarcaciones no pueden atracar en las riberas dispuestas como embarcadero, o cuando los planchones no pueden atracar debido a su estructura física ineficiente), esto trae consigo ciertos gastos que perjudican y que son la principal razón por la que ECOPETROL SA. ha hecho estas alternativas, cada pago de Stand By diario de maquinaria (véase *Figura 16. Maquinaria en Stand By*) no solamente representa los miles de dólares que cuestan las mismas por estar sin realizar ninguna función, sino también los barriles de petróleo que se dejaron de producir, ya que el pozo que se paraliza para realizarle su respectiva limpieza (véase *Figura 17. Inhabilitación y desmonte del pozo para su mantenimiento*) con el equipo de workover y varilleo debe permanecer en este estado hasta que se pueda transportar los equipos de una isla a la que hay que realizar las respectivas tareas de mantenimiento.

Figura 16. Maquinaria en Stand By



a) Equipo de Workover y **b)** Equipo de Varilleo.
Fuente: propia.

Figura 17. Inhabilitación y desmonte del pozo para su mantenimiento



Fuente: propia.

Como se dijo anteriormente, esta es la causa principal de la dinámica del Campo, ya que el mantenimiento y puesta en marcha de cada uno de los pozos de petróleo que posee el Campo, son la principal producción de recursos para la empresa ECOPELROL SA. en este sector.

3.2.3 Cambios de rutas en las movilizaciones de equipos y embarcaderos fluviales provisionales o realizados. Los cambios de las rutas se generan principalmente cuando el embarcadero llega a su ciclo de vida máximo, esto pasa cuando en verano (véase *Figura 18. Embarcadero en temporada de verano*) la cota del río Magdalena baja tanto que existe la necesidad de trasladar el embarcadero a una zona aguas arriba del río con mayor nivel de agua (nivel apropiado para el calado del casco del planchón), ya que la rampa del planchón no se puede acercar tanto al embarcadero debido al calado.

Figura 18. Embarcadero en temporada de verano



a) Embarcadero obsoleto y **b)** embarcadero provisional aguas arriba.
Fuente: propia.

Esto siempre sucede en la temporada de verano de principio de año (enero), por donde transitaba la mayoría de embarcaciones en el río Magdalena, se convierte en un paso totalmente lleno de islas por donde anteriormente era un paso fluvial.

La solución que se hace en estos casos es construir embarcaderos provisionales, en donde no se ha secado el río (lo suficiente como para no haber el calado suficiente para atracar la rampa con la pendiente suficiente para subir y bajar la maquinaria a las diferentes islas), esto con el fin de no parar la dinámica, actividades y necesidades que requiere el Campo ya sea en producción y mantenimiento; sobra decir que estos embarcaderos provisionales, como su mismo nombre lo dice, son soluciones esporádicas, que no son económicas y que además no son una manera de resolver la problemática que sufre el Campo día a día, ya que estos son demorados y costosos para hacerlos y lo más importante, después de que funcionan cierto tiempo se vuelven obsoletos al llegar la temporada de invierno. Para la temporada de invierno lo que se hace es realzar el nivel de los embarcaderos (véase *Figura 19. Embarcadero realzado*) con el fin de que la rampa de los planchones pueda atracar con una pendiente eficiente tal para desembarcar y embarcar maquinaria, equipo y/o materiales.

Figura 19. Embarcadero realizado



a) Embarcadero obsoleto y b) Embarcadero realizado.
Fuente: propia.

3.3 COMPARACIÓN DE LAS DIFERENTES SITUACIONES QUE SE PRESENTAN DURANTE LA OPERACIÓN DE EMBARCADEROS

En esta comparación se muestra que situaciones se viven en estado de emergencia en el Campo Cantagallo en temporadas de verano (cotas del río Magdalena muy bajas, calado insuficiente para atracar en los embarcaderos) e invierno (cotas del río Magdalena muy altas, la rampa de los planchones no permite el acceso de la maquinaria es necesario realizar el embarcadero).

3.3.1 Situación en verano. En verano el uso de los planchones es complicado debido al calado del río para los botes, es necesario realizar lo que se mostró en los numerales 3.2.1 y 3.2.3 esto con el fin de poder acercar la rampa lo suficiente al embarcadero para embarcar la maquinaria que necesite el campo trasladar.

3.3.2 Situación en invierno. Es lo contrario a la situación de verano, no se realizan dragados ni embarcaderos fluviales provisionales, sino se realizan los embarcaderos (*véase numeral 3.2.3*), esto con el fin de darle la altura necesaria a la rampa de la embarcación o planchón para que tenga la pendiente adecuada con la que no genere ningún daño a la maquinaria que se embarca y desembarca de los mismos.

3.4 ALTERNATIVA QUE CUMPLA CON LA FUNCIONALIDAD DE USO Y ESTE DISPONIBLE DURANTE CUALQUIER ÉPOCA DEL AÑO PARA LA OPERACIÓN DEL CAMPO

La alternativa que se plantea en este proyecto es la que se encuentra consignada en el numeral 2.3, donde se explica de manera detallada las especificaciones

físicas del planchón o transbordador fluvial denominado TRF-329 (véase *Figura 20. Transbordador fluvial TRF-329*), este transbordador trae consigo la solución a todas las situaciones tanto de verano e invierno gracias a los 15 metros que tiene de longitud la rampa, esto ayuda a que en verano cuando la cota del río disminuye lo suficiente como para que otros planchones no puedan atracar, el TRF-329 sí pueda, ya que con la longitud que tiene la rampa minimiza al máximo las pendientes que evitan el embarque y desembarque de la maquinaria necesaria para la producción y mantenimiento del Campo Cantagallo. Por otro lado en invierno, la cota de nivel del río Magdalena aumenta, hace que el agua suba la embarcación a un punto en que la rampa quede con una pendiente que impida también el embarque y desembarque, el TRF-329 realiza la misma función pero en sentido contrario que en la situación de verano evitando el impedimento que genera el invierno en los embarcaderos actuales y situados en las riberas del Campo Cantagallo.

Figura 20. Transbordador fluvial TRF-329



Fuente: ECOPEPETROL SA. 2010.

4. ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA

La alternativa propuesta (TRF-329) para el proyecto, traerá consigo la solución casi que definitiva a la problemática actual que sufre el Campo Cantagallo, es por eso que este análisis está encaminado a la comparación en costos de la reparación del planchón existente con la construcción del transbordador fluvial TRF-329. También se tendrá muy en cuenta los costos que puede ahorrar ECOPETROL SA. con respecto a las alternativas no eficientes que realiza año a año para este tipo de problemas con los que se puede invertir en otros tipos de actividades requeridas por el Campo.

4.1 COMPARACIÓN ECONÓMICA PLANCHONES EXISTENTES VS TRANSBORDADOR FLUVIAL TRF-329.

4.1.1 Situación actual de las barcasas del Campo Cantagallo. A partir de la inspección (véase *Tabla 2. Informe de inspección barcaza*) realizada por la empresa COTECMAR^(*) a los planchones pertenecientes a ECOPETROL SA., se detectaron varios tipos de fallas en diferentes zonas estructurales del casco (laminas y elementos estructurales que presentan deformación plástica, se encontraron zonas con un avanzado estado de corrosión de los elementos estructurales y por último se detectaron miembros estructurales en estado de deformación plástica).

Tabla 2. Informe de inspección barcaza

a) LAMINAS Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE PRESENTAN DEFORMACIÓN PLÁSTICA	
FIGURA	DESCRIPCIÓN Y COMENTARIOS
	La mayoría de los miembros estructurales se encuentran deformados. Estas deformaciones conllevan a la pérdida de la rigidez estructural. Se recomienda cambiar.

^(*) CORPORACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA NAVAL, MARÍTIMA Y FLUVIAL. Mayor información: < <http://www.cotecmar.com/home/1>>.

Tabla 2. (Continuación)

FIGURA	DESCRIPCIÓN Y COMENTARIOS
	<p>Las láminas de la cubierta presentan deformación plástica. Se recomienda el cambio, ya que estas láminas pierden las características y afectan la estructura.</p>
	<p>Las láminas del fondo también presentan deformación afectando la estructura por encallamientos^(*). Estas láminas se deben cambiar y reforzar para evitar futuras deformaciones.</p>
	<p>Deflexión evidente en la estructura longitudinal. Debilitamiento y disminución de la capacidad portante de carga de la estructura local.</p>

^(*) Golpes en el fondo debido a los atraques del barco en las riveras.

Tabla 2. (Continuación)

FIGURA	DESCRIPCIÓN Y COMENTARIOS
	<p>Excesiva deformación de los elementos transversales y costados, por posibles cargas focalizadas y por interrupciones estructurales o discontinuidades, estos elementos han resultado sobrecargados. Estos miembros estructurales se deben cambiar.</p>
b) CORROSIÓN	
FIGURA	DESCRIPCIÓN Y COMENTARIOS
	<p>Lámina y refuerzos en avanzado estado de corrosión. La disminución del módulo seccional de los refuerzos longitudinales afecta la resistencia del panel.</p>
	<p>Corrosión generalizada en el fondo del casco con evidente pérdida de espesor en los refuerzos estructurales. Disminución en el módulo seccional.</p>
c) SITUACIÓN DE LA RAMPA	
FIGURA	DESCRIPCIÓN Y COMENTARIOS
	<p>La rampa presenta deformaciones en sus láminas y estructura. Este debilitamiento puede llegar a causar fallas del material en el momento de una maniobra.</p>

Tabla 2. (Continuación)

d) TAPAS DE INSPECCIÓN Y BORDAS	
FIGURA	DESCRIPCIÓN Y COMENTARIOS
	<p>Las tapas de inspección se encuentran deformadas debido al deterioro de la misma cubierta. Se deben cambiar. Las bordas se encuentran deformadas y en mal estado, se deben cambiar.</p>
e) SISTEMA DE IZADO DE LA RAMPA	
FIGURA	DESCRIPCIÓN Y COMENTARIOS
	<p>El winche actualmente funciona pero tiene fallas. Se debe realizar el cambio para mejorar el proceso.</p>
	<p>El soporte del winche se encuentra en funcionamiento. Se debe realizar modificaciones a este sistema por cuanto el mismo presenta deterioro en su estructura.</p>

Fuente: Adaptado del informe de COTECMAR. 2010.

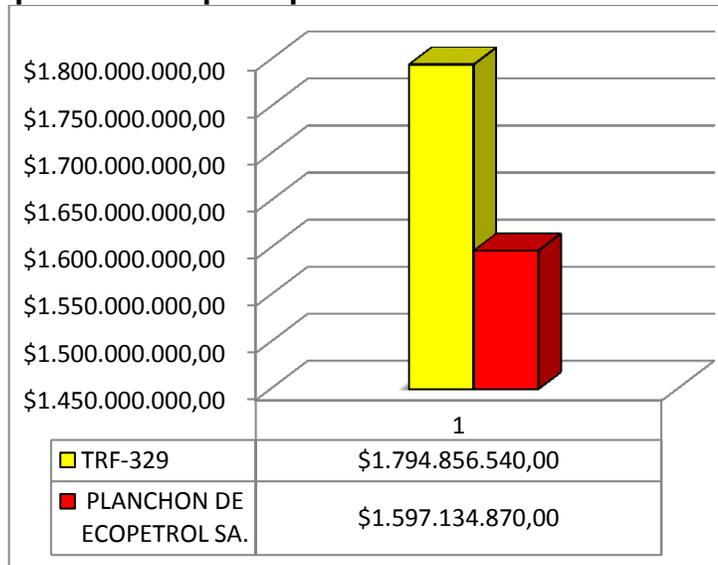
Este informe muestra detalladamente el mantenimiento y renovación requerida por los planchones de ECOPETROL SA., por ende, esto dio inicio a la valoración en costos de la reparación. Aunque la embarcación se encuentra operando actualmente, las condiciones de la estructura no permite tener certeza respecto a

la resistencia estructural de esta, por lo que pueden existir riesgos para la operación de los planchones y la seguridad de su carga.

Para recuperar la rigidez estructural de diseño de la barcaza se requiere el cambio de la totalidad del forro del casco y de una considerable parte de los refuerzos del mismo. Igualmente se requiere el cambio del arreglo estructural de los refuerzos para resolver los problemas de continuidad detectados, esto comprende la remoción de elementos actuales, preparación de superficies y el diseño e instalación de nuevos elementos.

4.1.2 Presupuesto para la reparación de los planchones existentes y la construcción del TRF-329. Los presupuestos (véase *Figura 21. Comparación de presupuestos*) dados por la empresa COTECMAR a ECOPETROL SA., con respecto a la construcción del transbordador fluvial TRF-329 y la reparación de los planchones existentes, fueron establecidos después de realizar un análisis de todos los posibles costos que se requieren para el cambio, reparación y construcción de estas embarcaciones las cuales tienen un propósito en común, empero, es importante connotar que solo uno de estos transbordadores cumple con todas las exigencias que requiere la dinámica del Campo Cantagallo.

Figura 21. Comparación de presupuestos



Fuente: propia.

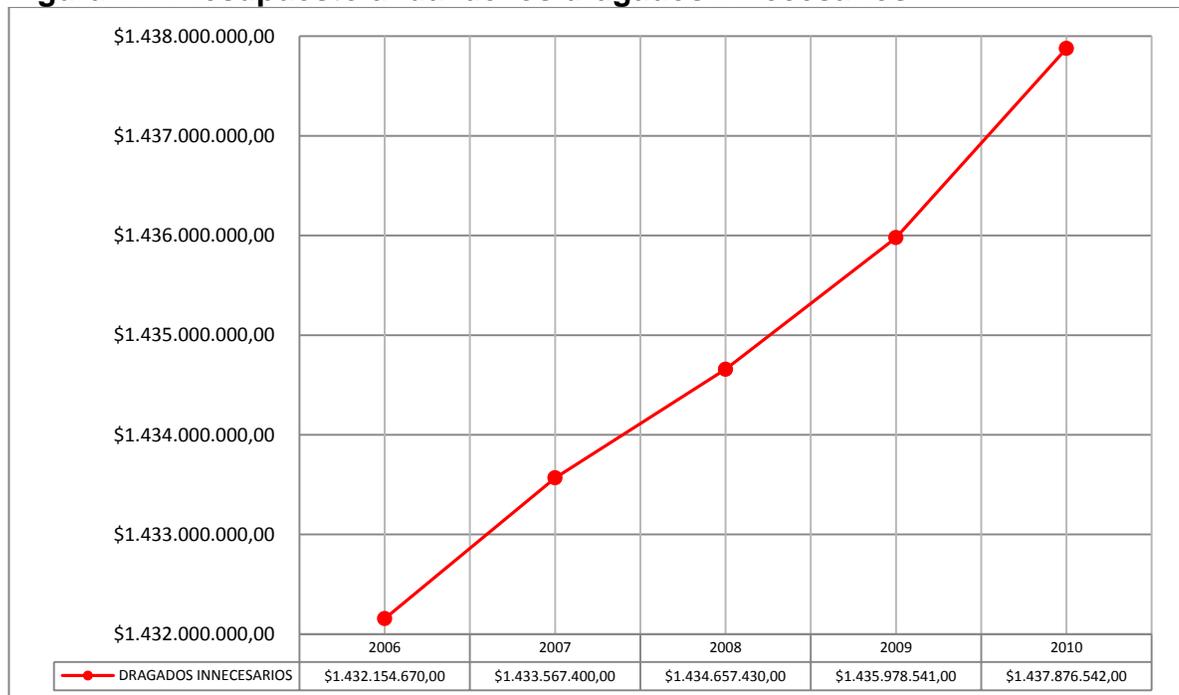
El presupuesto real para el planchón se valorizó en \$798'567.435,00 pesos colombianos, debido a que los planchones pertenecientes a ECOPETROL SA. son dos, el presupuesto se aumenta al doble dando un total de \$1.597'134.870,00

pesos colombianos para su reparación y mantenimiento. Aunque el presupuesto de reparación y mantenimiento sea menor en un 12,38% con respecto al de la construcción del TRF-329, es claro que así se reparen los planchones existentes no aportarán ningún tipo de solución a la problemática actual ya que estos no sufrirán ningún tipo de modificación, lo primordial es darle solución a la problemática mencionada en el capítulo anterior para mejorar la movilidad del Campo en cualquier temporada del año.

4.2 PRESUPUESTO ANUAL DEL CAMPO CANTAGALLO EN LA REALIZACIÓN Y PAGOS DE LAS ALTERNATIVAS INADECUADAS.

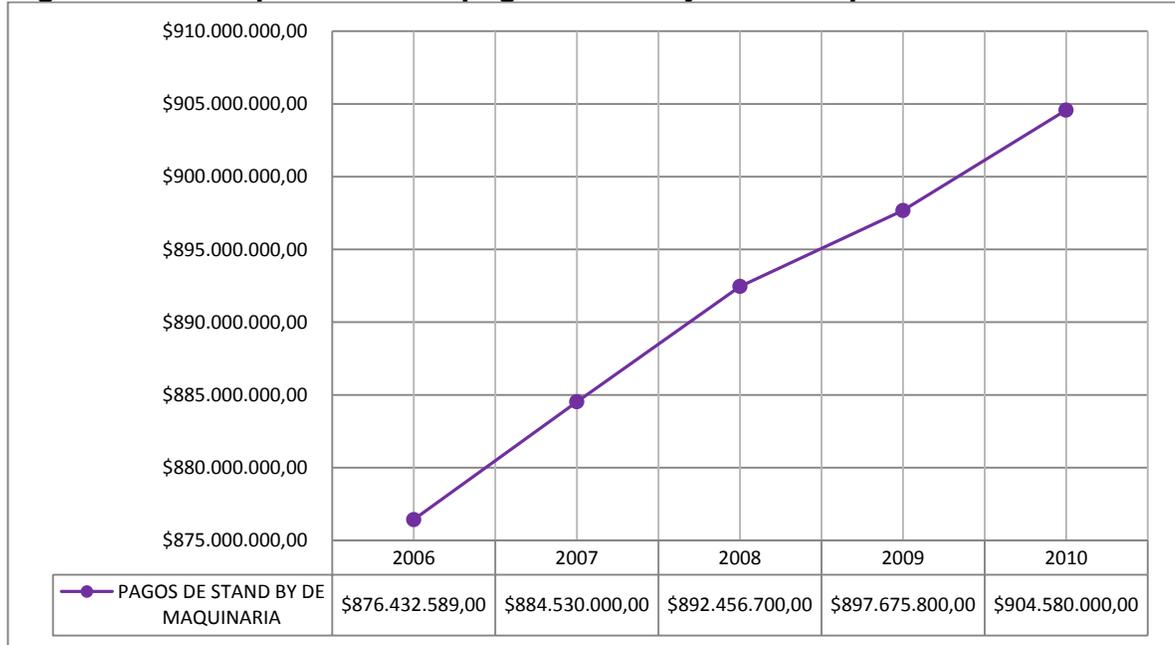
La realización de las alternativas mencionadas en el numeral 3.2, generan un presupuesto que en su totalidad se considera un gasto total para ECOPETROL SA., ya que el dinero que se invierte en la realización de las diferentes alternativas no es recuperado debido a que al realizar cada una de ellas no dan una solución óptima y permanente para el Campo y por ende, estas alternativas en verano y en invierno deben ser renovadas en otro punto de las islas de producción, dando así una mayor inversión por parte de la empresa a las mismas (véase *Figura 22*, *Figura 23* y *Figura 24*).

Figura 22. Presupuesto anual de los dragados innecesarios



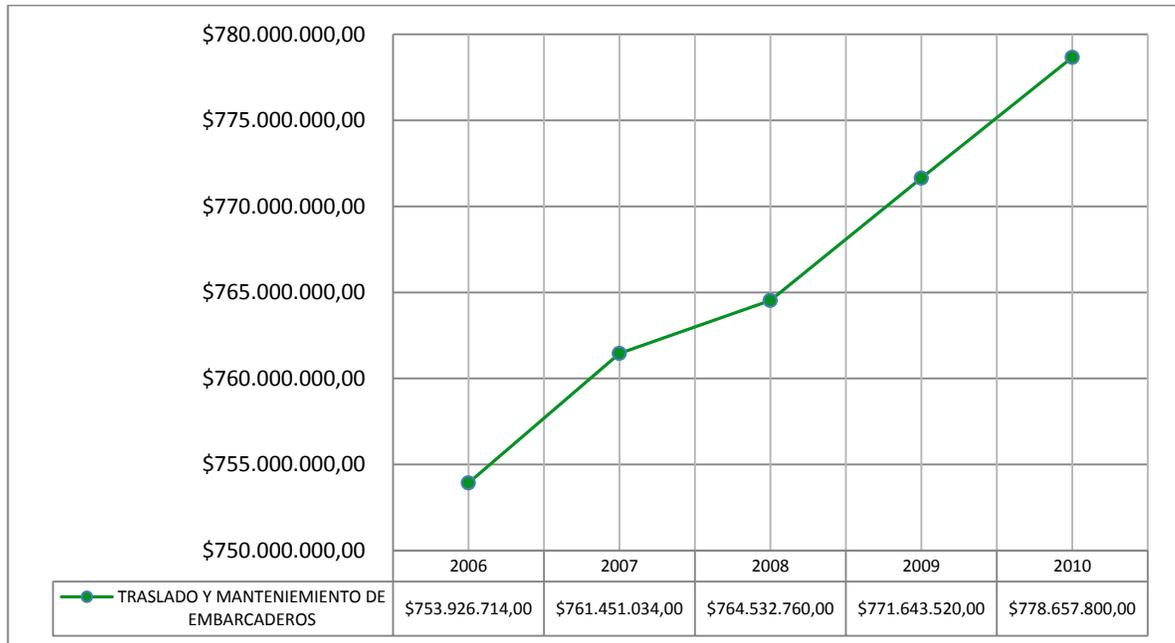
Fuente: Adaptado de ECOPETROL SA. 2010.

Figura 23. Presupuesto anual pagos Stand By de la maquinaria



Fuente: Adaptado de ECOPETROL SA. 2010.

Figura 24. Presupuesto anual pagos de traslado y mantenimiento de embarcaderos



Fuente: Adaptado de ECOPETROL SA. 2010.

Los gastos anuales de cada alternativa realizada por ECOPETROL SA. para solucionar de manera permanente los problemas que afectan de manera económica el Campo (además de su dinámica), aumentan paulatinamente con el pasar de los años, esto debido a que los cambios climáticos que sufre la tierra hace que los veranos e inviernos sean aún más dramáticos para las actividades que día a día se realizan y ejecutan en el Campo Cantagallo. Los \$1'434.846.916,60 pesos colombianos que en promedio se gastan en dragados innecesarios, los \$891'135.017,80 pesos colombianos que en promedio se gastan en el Stand By de la maquinaria y los \$766'042.365,60 pesos colombianos que en promedio se gastan en el traslado y mantenimiento de los embarcaderos (un total anual de \$3.092'024.300), estos dineros se pueden utilizar de manera eficiente en la ejecución de bolsa arena -cemento (véase *Figura 25. Bolsas arena - cemento*) con la que se realizan obras de contención del río en situaciones de emergencia de invierno para evitar que el agua inunde las locaciones del Campo, he igualmente permita realizar otro tipo de actividades donde el agua es la causa principal de no poder realizarlas. También se utilizaran en la realización de obras menores civiles (véase *Figura 26. Obras menores civiles*), donde se realizan obras de anclajes^(*), placas para los equipos de mantenimiento de pozos, CARSI^(**), entre otros; igualmente en el mantenimiento de vías de conexión entre islas (véase *Figura 27. Mantenimiento y construcción de vías*) y construcción y disposición de hexápodos (véase *Figura 28. Construcción y disposición de hexápodos*)

Figura 25. Bolsas arena - cemento



a) Mezcla de la bolsa arena – cemento y **b)** Disposición y postura de la bolsa arena cemento.
Fuente: Propia.

^(*) Pesos muertos de donde se amarran los taladros de mantenimiento, adecuación y limpieza para izarse y realizar la actividad en el pozo petrolero correspondiente.

^(**) Centro de Acopio de Residuos Sólidos Industriales.

Figura 26. Obras menores civiles



a) CARSI y b) anclaje o peso muerto de izaje de las estructuras de mantenimiento y adecuación de pozos.
Fuente: propia.

Figura 27. Mantenimiento y construcción de vías



a) Motonivelación del crudo y b) vibración y esparcimiento del material granular.
Fuente: propia.

Figura 28. Construcción y disposición de hexápodos



a) Disposición de hexápodos y b) construcción de hexápodos.
Fuente: propia.

Estas actividades son realmente importantes para que el Campo no cancele actividades en la producción de los diferentes pozos, los cuales son la principal entrada financiera del mismo.

5. CONCLUSIONES

El transbordador fluvial TRF-329 se presentó como la alternativa más acertada e idónea para mejorar el sistema de embarcaderos actuales del Campo Cantagallo, por ende, este transbordador es la alternativa que se planteó como la solución definitiva a la exigencia de la dinámica que tiene el Campo y el río Magdalena.

El sistema actual de operación de embarcaderos se consideró como la zona de embarque y desembarque más influyente de equipos y materiales con los que se ven beneficiados tanto la comunidad como el dueño del Campo Cantagallo (ECOPETROL SA.), debido a que si estos no funcionan para el atraque de los planchones que transportan esta clase de insumos, la dinámica fluvial del Campo se ve afectada tanto económicamente como en tiempo para realizar las diferentes actividades que requiere el mismo.

Se mostró que las temporadas de verano e invierno son la principal razón de plantear una alternativa que mejore la movilidad fluvial en cualquier situación que se presente en los embarcaderos (principal zona de embarque y desembarque), aunque estas temporadas siempre ocurren en el Campo Cantagallo de una manera muy similar, se ha visto que en los últimos años el cambio climático ha afectado de una manera más intensa al mundo provocando oleadas de calor mucho más fuertes y lluvias o crecientes más dramáticas para las zonas aguas arriba que después afectan de peor forma a las comunidades aguas abajo. De lo anterior se concluyó que ya es hora de evitar el paro de actividades de mantenimiento y transporte de los planchones a los embarcaderos, utilizando la alternativa que se plantea para que de esta manera siempre haya la movilidad fluvial exigida por la dinámica del Campo.

Las características técnicas que se mostraron del TRF-329 y la funcionalidad que da la rampa para el atraque de ella sobre el embarcadero, se planteó como el transbordador fluvial que funcionara en cualquier época del año (independientemente si es verano o invierno). Además de que sus características cumplen con lo anterior, económicamente es más factible hacerlo, ya que su construcción con respecto al mantenimiento de los planchones existentes tiene una diferencia de un 12,38%, resaltando que si se construye el TRF-329 este si traerá consigo la solución del problema planteado mientras que la reparación solo traerá unos planchones mejor adecuados y más elegantes pero no una solución constante. De igual forma, los dineros utilizados por ECOPETROL SA. para adecuar los embarcaderos para que los planchones existentes lleguen y atraquen en ellos, podrán ser utilizados en actividades de mantenimiento y producción que requiere el Campo para una mejor funcionalidad (*véase numeral 4.2*).

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda la continuación de este proyecto planteando la construcción de embarcaderos flotantes, para que el TRF-329 y el embarcadero estén mejor acoplados y así evitar cualquier error que pueda provocar el cambio climático sobre el río Magdalena.

Se recomienda el seguimiento de los gastos que siguen generando los embarcaderos y los planchones existentes en el Campo para observar el comportamiento económico que día a día ECOPETROL SA. paga para que el mantenimiento ni la producción sufran paros en las actividades programadas.

BIBLIOGRAFÍA

CORMAGDALENA. Acuerdo de Junta Directiva No. 130. [Base de datos en línea]. [consultado 12 de Junio de 2010]. Disponible en <<http://fs03eja1.cormagdalena.com.co/nuevaweb/conozcanos/normatividad.htm>>

CRESPO, Carlos. Vías de comunicación: Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos. 3 ed. México: Limusa, 2005. 740 p.

ECOPETROL. Requisitos HSE para contratistas. [base de datos en línea]. [consultado 19 feb. 2010]. Disponible en <<http://sidoe1.ecopetrol.com.co/MotroV2/consulta?accion=verDocs&id=83306>>

GONZÁLES DEL TÁNAGO, Marta y GARCÍA DE JALÓN, Diego. Restauración de ríos y riberas. 1 ed. Madrid: Fundación Conde del Valle de Salazar, 1995. 319 p.

McGRAW-HILL. DICCIONARIO ENCICLOPÉDICO mcgraw-hill ilustrado. 1 ed. Mexico D.F.: Mcgraw-hill, 2001. 1824 p.

MARTIN VIDE, Juan Pedro. Ingeniería de ríos. 1 ed. Barcelona: Alfaomega, 2003. 331 p.

_____. Ingeniería fluvial. 1 ed. Colombia: Escuela colombiana de ingeniería, 2002. 291 p.

MIRANDA MIRANDA, Juan José. Gestión de proyectos: evaluación financiera económica social ambiental. 6 ed. Bogotá D.C.: MM editores, 2010. 438 p.

NOVAK, P., *et al.* Estructuras hidráulicas. 2 ed. Bogotá D.C.: McGraw-Hill, 2001. 599 p.