

LOGÍSTICA DE CARGUE DE CRUDO CON CARROTANQUES EN UN CAMPO PETROLERO

Abstract

Luego de realizar una variedad de análisis de capacidad en distintas industrias y operaciones de carga y distribución en Colombia y la región Andina, Decisiones Logísticas presenta el siguiente caso de carga de crudo en un campo petrolero para mostrar como las herramientas de simulación pueden soportar la toma de decisiones de inversión de tal forma que se tengan en cuenta categorías como la infraestructura necesaria y la posición de riesgo que se posee al evaluar una configuración de operación.



Decisiones Logísticas © 2010.

1 Contexto

La industria petrolera es una de las más importantes en lo que respecta a los ingresos aportados al país, generando ingresos por cerca de 10 billones de pesos y aproximadamente un 4% del PIB de Colombia.

Los proyectos de infraestructura que se implementan son de cuantiosas sumas de dinero en la cual interviene ingeniería de todos los niveles y en los cuales no estimar correctamente los recursos logísticos y operativos necesarios puede resultar afectando notoriamente la rentabilidad de cualquier proyecto.

Es así que recurrentemente, no se involucra la ingeniería industrial y en especial lo concerniente a la investigación de operaciones, logística y estadística de una manera activa en la planeación de operaciones futuras y reingeniería de operaciones actuales.

Este tipo de acciones conlleva a:

- » Costos de operación innecesarios.
- » Excesos de inversión en infraestructura o ampliaciones no planeadas de la operación actual.
- » No detección de los cuellos de botella de la operación logística.
- » No inclusión de la variabilidad y planeación subestimada de la capacidad de operación.
- » Sobre-subutilización de recursos.

DL presenta el siguiente caso de estudio, como una muestra de lo que se puede lograr al involucrar herramientas y técnicas de planeación a la industria petrolera en la operación de cargue y distribución de crudo usando carrotanques.

2 Caso de estudio

2.1 Descripción

El caso representa la operación de cargue de crudo a través de carrotanques en un campo. Por simplicidad solo se detallará la operación logística de cargue en el campo. Extensiones del estudio incluyen otras operaciones de la cadena logística,

incluyendo extracción, cargue, descargue, transporte y exportación/refinación de crudo.

2.2 Supuestos

Para el análisis de simulación se hicieron supuestos concernientes a:

- » Producción campo
- » Tanques
- » Bahías de cargue
- » Carrotanques
- » Tiempo de operación
- » Tasa de llenado
- » Modo de operación

2.2.1 Producción campo

- » El campo produce a razón de 72.000 barriles/día.
- » Adicionalmente, se asume que el campo no detiene la operación de extracción y por lo tanto siempre debe haber espacio en los tanques de almacenamiento de crudo. Esta condición es necesaria para considerar la configuración inicial factible.

2.2.2 Tanques

Respecto a los tanques se consideran cuatro estados en los cuales puede estar:

- » Vacío: estado en el cual el contenido es de 5% sobre el volumen y en el cual el cargue de vehículos desde el tanque es detenido y se habilita el tanque para recibir y almacenar crudo desde el campo.
- » Almacenando: supone el estado en el cual se recibe y almacena crudo desde el campo. Se carga hasta el 90% de la capacidad del tanque
- » Hold: Representa el estado en el cual su contenido está en estabilización (lleno al 90%). Se supone un tiempo de 12 horas y no es un estado habilitado para el cargue de vehículos o recibir crudo.
- » Descargando: Representa el estado en el cual su contenido está siendo usado para cargar los carrotanques. Mientras un tanque está en

este estado no está habilitado para recibir de crudo.



Figura 1: Ciclo de operación de un tanque.

2.2.3 Bahías de cargue:

- » Son los sitios de llenado de vehículos. Se asumen 14 inicialmente.
- » Como tiempo de conexión y parqueo se asumen por vehículo 10 minutos y como desconexión 5 minutos.

2.2.4 Carrotanques

- » Se asume capacidad de almacenamiento de 200 barriles.
- » Se asume disponibilidad suficiente de carrotanques.

2.2.5 Tiempo de operación:

- » La simulación supone un tiempo de corrida de 30 días con operación continua de 24 horas.

2.2.6 Tasa de llenado:

- » Por cada 4 bahías se considera un subsistema que asegura una tasa de llenado entre 300 a 500 barriles por hora por cada bahía de llenado.
- » La figura 2 muestra como esta decrece a medida que hay más vehículos en el subsistema, implicando tiempos de cargue (solo llenado) desde 24 minutos para una tasa

de 500 barriles/hora hasta 40 minutos para una tasa de 300 barriles/hora.

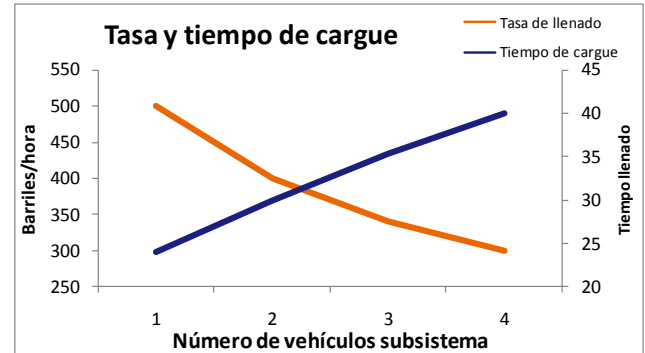


Figura 2: Tasa de cargue y tiempo de llenado de acuerdo a vehículos en el subsistema

2.2.7 Modo de operación



Figura 3: Esquema propuesto

En la figura 3 se muestra el esquema de operación propuesto.

- » Se asumen tres tanques de capacidad de 30.000 barriles.
- » Se considera una portería de entrada y salida donde los carrotanques demoran 1 minuto.
- » Adicionalmente, se asume un parqueadero de entrada y uno de salida sin especificación de tamaño (resultado estudio).
- » 14 puntos de cargue.

- » Se considera una política CONWIP de operación, donde el cargue de un carrotanque autoriza la entrada de uno nuevo, cuando finaliza su proceso.

3 Objetivos

3.1 General

- » Determinar criterios para la factibilidad logística de la operación de cargue de crudo a través de carrotanques.

3.2 Específicos

- » Evaluar el diseño propuesto.
- » En caso de que no sea factible el diseño propuesto, evaluar condiciones bajo las cuales este es viable, referente a:
 - Capacidad de los tanques.
 - Número de bahías de cargue.
- » Para el diseño factible, determinar la curva de nivel de servicio.
- » Cuantificar cual debe ser el tamaño de las zonas de espera de carrotanques.
- » Determinar el número mínimo de carrotanques en el sistema para garantizar un flujo de salida acorde a la capacidad del campo.

4 Metodología de estudio

Para el desarrollo del presente caso se proponen tres pasos:

- » Paso 1: Probar la viabilidad del diseño actual usando ProModel, software de simulación de entidades discretas. Se simula el diseño actual y se observa si los tamaños de los tanques de almacenamiento y la tasa a la cual se desocupan los tanques, es suficiente para garantizar que el campo no detenga la extracción. En caso que no sea viable se evalúan alternativas para garantizar viabilidad en las condiciones expuestas.
- » Paso 2: Operación de los tanques:
Esta etapa considera que los carrotanques son llenados en el mínimo de tiempo y por lo tanto verificar si la capacidad propuesta de los

tanques bajo los ciclos de almacenar, hold y descargue es suficiente. De lo contrario proponer que capacidad es necesaria.

- » Paso 3: Viabilidad de la operación logística:
Esta etapa evalúa si dada la disponibilidad de carrotanques, tiempos de conexión, desconexión y el número de bahías propuesto, garantizan la tasa de descargue suficiente para garantizar la operación de despacho. De lo contrario proponer el número de bahías necesario.

4.1 Modelo de simulación

El modelo de simulación representa la herramienta principal para la realización del estudio. Simular es representar computacionalmente una operación sin necesidad de realizar laboratorios en tiempo real ahorrando tiempos y costos de implementación. (Capacitar, contratar, despedir personal, evaluar tecnologías, adecuaciones de infraestructura, etc.)

Para verificar la veracidad del modelo se deben considerar dos procesos:

- » Verificación: en la cual se verifican que los parámetros de entrada reflejen correctamente la información del sistema. Así mismo el flujo operacional de carrotanques, tanques y bahías de cargue.
- » Validación: mientras en el proceso anterior se verificaba que los procesos y entradas fueran correctos, en la validación se verifica que las medidas de desempeño actuales sean correctamente representadas a través del modelo de simulación.

Una vez que se ha evaluado que el modelo de simulación representa correctamente la realidad, se tiene la confianza y seguridad que los modelos, que se deriven a partir de este, representen el comportamiento futuro de las instalaciones proveyendo una herramienta confiable y robusta para la efectiva toma de decisiones.

5 Resultados

5.1 Resultados situación base



Figura 4: Inventario de los tanques

En la figura 4 se muestra la evolución de crudo almacenado en los tanques. Así, se detalla como identificar cuando un tanque está siendo llenado de crudo, cuando está en proceso de estabilización y cuando está vaciándose (cargando carrotanques).

Esta gráfica también nos muestra si una situación es factible o no. Para este caso se muestran dos franjas en verdes en las horas 27 y 57, en las cuales se puede identificar como el tanque 1 y 3 está en proceso de estabilización y el tanque 2 se encuentra en proceso de descargue. Por lo que todos los tanques están en operación y ninguno está disponible para recibir petróleo del campo.

Dado esta situación de no factibilidad del diseño originalmente considerado, se tiene la necesidad de evaluar si la capacidad de almacenamiento de los tanques es suficiente o no, o si por el contrario el número de bahías debería ser aumentado o no. Estas dos soluciones se tratan en los numerales 5.2 y 5.3.

5.2 Capacidad de almacenamiento

Para este propósito se diseñó un experimento en el cual se aumentó la capacidad de almacenamiento de los tanques en pasos de 2.000 barriles hasta obtener la capacidad mínima que garantizara la continua operación del pozo.

Los resultados mostraron que la mínima capacidad de almacenamiento para garantizar la viabilidad del proyecto es de 36.000 barriles.



Figura 5: Inventario tanques capacidad de 36.000

En la figura 5 se puede detallar la viabilidad de la operación, se observa por ejemplo como alrededor de la hora 9 el tanque 1 está disponible para almacenar crudo y empieza esta operación alrededor de la hora 13 cuando el tanque 2 entra en el proceso de estabilización. Cuando el tanque 1 termina de ser llenado, alrededor de la hora 20, el tanque 3 empieza a ser llenado. Así, cada vez que un tanque queda al 100% de su capacidad útil, siempre hay un tanque disponible para empezar el proceso de almacenamiento.

Esta solución contempla un aumento de la capacidad de almacenamiento para cada tanque, en 6.000 barriles teniendo en cuenta la situación actual.

Por último, y como un dato importante se puede establecer que esta política provee un inventario de seguridad de alrededor 2.000 barriles.

5.3 Número de bahías de cargue

De manera similar al apartado 5.2, se partió del modelo actual o base y se modificó el número de bahías con el fin de estimar cual era el número mínimo de bahías de cargue que se necesitaban.

En este caso se concluyó que el número mínimo de bahías necesarias era de 20. Lo cual significaba un incremento de 6 bahías en comparación a las consideradas originalmente.

5.4 Capacidad de almacenamiento vs Bahías de cargue

Dado que se obtuvo que al variar los factores independientemente se obtenían operaciones factibles, se procedió a construir escenarios de prueba bifactoriales cambiando la capacidad de almacenamiento y las bahías de cargue.

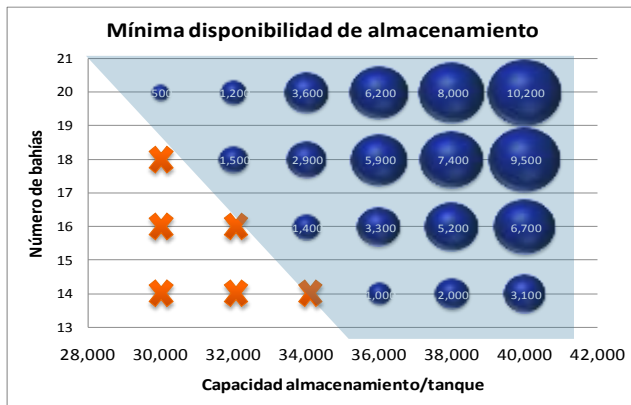


Figura 6: Mínimo inventario disponible

En este caso cada escenario se compone de una capacidad de almacenamiento y un número de bahías. La figura 6 representa la mínima disponibilidad de almacenamiento en los tanques a lo largo de los 30 días. (Mayor a cero: el escenario es factible). Las configuraciones no factibles se muestran con una **X**.

Se concluye que cuando se mezclan diferentes capacidades de almacenamiento y número de bahías se encuentran nuevas configuraciones factibles definiendo una región de soluciones factibles (sombreado verde en la figura 6.)

Esta región factible permitiría evaluar la configuración que más se ajuste a la operación de cargue desde dos perfiles:

- Inversión: Al permitir evaluar soportado en un modelo robusto las necesidades logísticas (almacenamiento y cargue) de la operación actual.
- Riesgo: Al definir los niveles de almacenamiento de seguridad que se tienen en cada una de las configuraciones y como en caso de desabastecimiento o variabilidad en el

flujo de la producción se podría continuar con la operación de distribución.

5.5 Número de carrotanques en el sistema.

Hasta el momento los distintos análisis han asumido que hay disponibilidad infinita de carrotanques. Sin embargo, a través de la simulación se puede definir el número de carrotanques necesarios para garantizar la factibilidad del sistema.

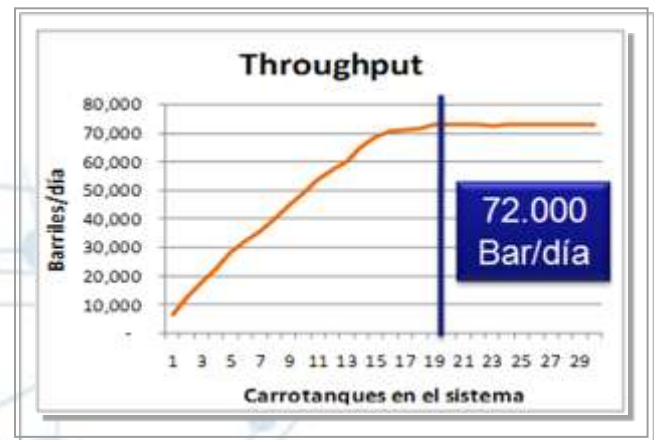


Figura 7: Throughput del sistema vs carrotanques en el sistema.

Dado que se asumió una operación CONWIP, donde la entrada de un carrotanque autoriza la entrada de otro, interesa definir cuantos carrotanques deben estar al mismo tiempo en la operación de cargue de crudo.

La figura 7 muestra que se deben tener alrededor de 20 carrotanques en el sistema, lo cual establece la tasa máxima de descargue del sistema en 70.000 barriles. En la figura 8 se observa, cuando un vehículo ha entrado al sistema, que su tiempo promedio de espera es de 1.35 horas.



Figura 8: Tiempo de ciclo de un carrotanque

6 Video simulación:

<http://www.youtube.com/watch?v=NJs7QuLXYfy>

En la dirección arriba mencionada se muestra la animación del modelo de simulación. Este tipo de resultados pueden ser importantes a la hora de enseñar la metodología utilizada (simulación), ilustrar sobre métodos de operación futuro (procesos) y lograr transmitir las necesidades detectadas y soluciones a lo largo de la organización.

7 Conclusiones

7.1 Tanques

- » El diseño inicial propuesto de 30.000 barriles /tanque no es suficiente y por lo tanto se recomienda una capacidad de almacenamiento superior.

7.2 Bahías de cargue

- » Las 14 bahías del diseño inicial resultan insuficientes.

7.3 Tanques y bahías de cargue

- » La mejor solución se muestra como un aumento de la capacidad de los tanques y un aumento de las bahías. Al observar el diseño de experimentos se encuentra que hay grandes mejoras al implementar 18 bahías.

- » Dependiendo del nivel de seguridad adicional que se requiera se definirían el tamaño de los tanques.
- » Para este caso la recomendación una configuración de 18 bahías de despacho y 36.000 barriles de almacenamiento por tanque.

7.4 Número de carrotanques.

- » Con la configuración propuesta se recomienda tener mantener un “inventario” constante de 20 vehículos en el sistema de cargue.
- » Así se garantizará vaciar la producción diaria del campo y mantener el menor número de carrotanques en el sistema y en las instalaciones.
- » Respecto al parqueadero exterior y basado en la restricción de no viaje en la noche, se necesitan tener 150 espacios en el parqueadero.

7.5 Promesa de servicio

- » El sistema provee una promesa de servicio referida al tiempo de espera de vehículos en procesos de cargue, estimado en 2 horas. Esto sin incluir el tiempo de parqueo.
- » Este parámetro es usado en la negociación de las tarifas con el transportador para calcular el número de recorridos que puede hacer un carrotanque al mes y así mismo calcular el valor de equilibrio por el transporte de crudo.

8 Extensiones

- » Obtener el diseño de experimentos y configuraciones de número de bahías y capacidad de tanques ante un aumento o contracción de la producción del campo.
 - Aumento en el número de tanques, dada una infraestructura ya establecida.
 - Sensibilidad ante proyecciones de producción de un campo.
- » Sensibilidad del tamaño de los parqueaderos ante las horas de transporte habilitadas
- » Sensibilidad del número de bahías y capacidad de los tanques ante aumento/reducción en el

tiempo de estabilización del crudo (12 horas en este caso)

- » Análisis completo de la red de abastecimiento, considerando el cargue en campo y descargue en puerto o refinerías de carrotanques.
 - Calculo total del número de carrotanques en el flujo logístico, cargue – trasporte – descargue – retorno.
 - Estimación tiempo desde campo hasta refinería o puerto.
 - Diseño y evaluación de las instalaciones de cargue y descargue.

9 ***Acerca de Decisiones Logísticas***

- » Decisiones Logísticas es una compañía con más de 15 años de experiencia, que ofrece servicios de consultoría especializada en diseño y planeación de operaciones en la cadena de suministro y de rediseño del esquema de atención a clientes
- » Como rediseño del esquema de atención a clientes se incluyen: aumento de la productividad por punto de atención, estimación de capacidad, definición de la promesa de servicio, sincronización y

alineación de los recursos con la demanda, redefinición de tareas y funciones, diseño de la sucursal o del centro de atención, entre otros.

- » Ofrece una sólida base de conocimiento en estrategia operacional, soportada en el uso de herramientas de diseño que brindan un poder analítico diferencial, por medio de evaluación de escenarios de atención y sus implicaciones en servicio y costos de servir
- » DL utiliza como soporte tecnologías en análisis de decisión, con fundamento en modelaje matemático de última generación, líderes mundiales en sus respectivas áreas.
- » Expertos y líderes en la región Andina en el uso de tecnología de simulación y optimización de redes, DL ha adelantado estudios con uso de esta tecnología más que ninguna otra compañía en la región.
- » Cuenta con un equipo elite de ingenieros, que acumula de amplia experiencia en análisis y diseño de operaciones y procesos logísticos.
- » Experiencia, técnica gerencial y práctica garantiza soluciones con preciso análisis y gran aplicabilidad.