UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRES BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Desarrollo de mejoras en los procesos de carga y despacho de un terminal cementero ubicado en Catia la Mar

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: 18

JURADO EXAMINADOR

Firma: Firma: Firma:

Nombre: Fernando Perez Nombre: LUIS CALDERON Nombre: MANUEL URDANETA

REALIZADO POR	David López
	Fernando Pérez
PROFESOR GUIA	
FECHA	29 de Octubre de 2001

Tabla de Contenido

Capitulo I

Introducción, descripción de la empresa 5

Misión 5

Actividades desarrolladas 5

Reseña histórica 6

Capitulo II

Marco teórico 8

Simulación 8

Modelaje 8

Modelos físicos y lógicos 10

Simulación por computadora 11

Diferentes clases de simulación 12

Validación del modelo 13

Cálculo del numero de replicaciones 13

Conceptos fundamentales de la simulación 14

Operaciones del Terminal de Catia la Mar 16

Capitulo III

Formulación del problema y objetivos 17

Formulación del problema 17

Objetivos 17

Capitulo IV

Metodología 18

Criterios de evaluación de resultados 18

Suposiciones del modelo 19

Parámetros de entrada al modelo 19

Desarrollo conceptual del modelo 19

Obtención y fuentes de datos 20

Interrelaciones entre los componentes del sistema 20

Validación 21

Análisis de rentabilidad económica 21

Presentación de datos confidenciales 22

Capitulo V

Tratamiento de los datos 23

Tiempo de llegada entre unidades 23

Tiempo de procesos 34

Tiempo de viajes 37

Capitulo VI
Construcción del modelo 42
Análisis de las operaciones 42
Desarrollo del modelo 43
Cálculo del número de replicaciones 48
Validación 51

Capitulo VII
Diseño y análisis de las propuestas 55
Diseño de las propuestas 55
Análisis de la situación actual 57
Análisis de la propuesta 58
Comparación entre situación actual y propuesta 59
Análisis de la disminución de los costos fijos 63

Capitulo VIII
Conclusiones y recomendaciones 65

Bibliografía 66

Anexos 67

INTRODUCCIÓN

Descripción de la empresa

Misión

La razón de ser de Cemex Venezuela se centra en la fabricación y comercialización de distintos tipos de cemento que son colocados tanto en Venezuela como en el exterior. Sin embargo, más allá de sus aportes y los de la industria cementera en el desenvolvimiento de la economía nacional, es muy valioso el que le ofrece al desarrollo de la infraestructura física del país.

Actividades Desarrolladas

Cemex Venezuela, es una sólida organización industrial dedicada a la fabricación, comercialización y transporte de cemento, concreto y sus agregados. Con un alto nivel de excelencia, tanto en su recurso humano como en sus productos. Cemex Venezuela ha mantenido una posición líder en el mercado venezolano y hoy día es la principal empresa exportadora de cemento y clínker hacia los Estados Unidos, Sudamérica y el Caribe.

Cemex Venezuela se ha distinguido a lo largo de toda su historia como una empresa dinámica y creadora, orientada a satisfacer los más estrictos estándares en la calidad de servicio a sus clientes; a mantener un ambiente armónico con la naturaleza y comprometida en la formación de cada uno de los empleados que en ella laboran. Hoy más que nunca ha logrado asumir los retos que impone la globalización y los cambios del entorno, transformándolos en metas, alcances y logros.

Para sus operaciones en Venezuela cuenta con tres plantas cementeras ubicadas en los estados Anzoátegui (Planta Pertigalete), Zulia (Planta Mara) y Lara (Planta Lara). Adicionalmente opera una molienda de cemento en la región de Guayana, un terminal cementero en Catia La Mar y cuatro puertos ubicados en Pertigalete, Mara, Guayana y Catia La Mar. La empresa también cuenta con

un puerto fluvial en el terminal de cemento en Manaus (Brasil) y realiza operaciones de cemento y concreto en República Dominicana.

Además de las operaciones de cemento, están las filiales de Cemex Venezuela, *Venmarca Mixto-Listo*, empresa líder en el mercado del concreto premezclado en Venezuela, la cual opera con más de 40 plantas distribuidas a lo largo de todo el país y *Transportes Caura,* con el objetivo de garantizar constante y permanentemente el suministro de cemento producido en las plantas, a todas y cada una de las regiones del país.

Reseña Histórica

En 1943 es fundada Vencemos por un grupo de empresarios venezolanos liderados por Eugenio Mendoza Goiticoa. En 1945 comienza operaciones, en Barquisimeto, la Planta Lara, con una capacidad instalada de clínker de 15.000 toneladas métricas anuales. En 1947 se inaugura la Planta Mara, ubicada en Maracaibo estado Zulia, con una capacidad instalada de clínker de 100.000 toneladas métricas anuales. En 1949 comienza a operar la Planta Pertigalete con una capacidad instalada de clínker de 100.000 toneladas métricas anuales.

En 1954 realiza su primera exportación de cemento, 67.500 sacos desde Pertigalete con destino a Aruba. En 1955 Vencemos Pertigalete da inicio a la producción de cemento especial, elaborado para la cimentación de pozos petroleros. Un año después se inician operaciones en el terminal marítimo de Catia La Mar; en 1957 Planta Lara comienza la producción de cemento blanco y se inaugura un puerto de aguas profundas en Pertigalete.

En 1965 se realiza la primera exportación de clínker de Vencemos. En 1973 se inaugura la Planta Pertigalete II, con una capacidad instalada de 810.000 toneladas métricas anuales de clínker. En 1976 se funda la empresa Transportes Caura. En 1977 el Ministerio de Fomento concede a Vencemos y a sus

subsidiarias la autorización para el uso de la marca de calidad Norven. En 1979 se funda la empresa Venmarca C.A.

En 1984 Vencemos inicia las exportaciones de cemento a la costa este de los Estados Unidos. En 1989 Planta Mara comienza la producción de cemento tipo H para la cimentación de pozos pretoleros.

En 1990 es puesta en marcha la línea 7 en Pertigalete; se alcanza una nueva capacidad instalada del complejo llegando a 2.700.000 toneladas métricas anuales de clínker. En 1992 las exportaciones de Vencemos llegan a Nigeria, Ghana, Togo y Costa de Marfil en África; Guyana Francesa e Inglesa en Sur América; República Dominicana, Aruba, Barbados, Curazao, Bonaire, Santa Lucía, San Bartolomé y San Martín en el Caribe. En 1993 adquiere la totalidad de las acciones de Cementos Guayana.

En 1994 Vencemos se convierte en filial de Cemex S.A., la empresa cementera más grande de América y la tercera en el mundo. En 1995 Vencemos Lara celebra su 50 aniversario y recibe el certificado de calidad ISO 9002. En 1997 Vencemos Mara celebra su 50 aniversario y se le otorga la certificación ISO 9002. Las oficinas corporativas de Vencemos se trasladan a la nueva sede en Las Mercedes, Caracas.

En 1998 se adquieren operaciones de cemento y concreto premezclado en República Dominicana y se otorga a Vencemos Guayana la certificación ISO 9002, mientras que en 1999 lo recibe Vencemos Basauri Oriente. En este mismo año Vencemos cumple 55 años construyendo un país.

Marco Teorico

Simulación

Simulación se refiere a una amplia colección de métodos y aplicaciones para imitar el comportamiento de sistemas reales, usualmente en una computadora con el software apropiado. De hecho, "simulación" puede ser un término extremadamente general, puesto que la idea es manejada a través de muchos campos, industrias y aplicaciones. En estos días, simulación es más popular y poderosa que nunca, puesto que las computadoras y el software son cada día mejores.

Modelaje

La simulación, como la mayoría de los métodos de análisis, involucra sistemas y modelos de ellos. La simulación por computadora trata con modelos de sistemas. Un sistema son operaciones o procesos, actuales o planeados tales como:

- Una planta manufacturera con máquinas, personal, elementos transportadores y almacenes.
- Un banco u otra operación de servicio al cliente, con diferentes tipos de clientes y servicios.
- Una sala de emergencia en un hospital, incluido personal, cuartos, equipo, materiales y traslado de pacientes.
- Una red de computadoras con servidores, clientes, unidades de almacenamiento, impresoras y operadores.

Normalmente se estudia un sistema para medir su desempeño, mejorar sus operaciones o diseñarlo si no existe. Gerentes y responsables de un sistema también podrían querer una ayuda rápidamente disponible dia-a-día de las operaciones, como ayudar en decidir que hacer en una planta industrial, si una importante máquina queda fuera de servicio.

Muchos gerentes piden que se construyan modelos de simulación, pero realmente no le dan importancia a los resultados finales. Su atención principal se enfoca en entender como su sistema trabaja actualmente. Usualmente los analistas de simulación, en el proceso de definir como trabaja el sistema, que debe ser hecho antes de que se pueda empezar a desarrollar el modelo, suministran visión de cuales cambios deben hacerse para mejorar. Parte de ésto se debe a que raramente encontramos individuos responsables en entender como funciona completamente todo el sistema. Existen expertos en el diseño de máquinas, manejo de materiales, etc.., pero no existen en el manejo dia-a-dia de la operación del sistema. Por esto nos podemos dar cuenta que simular es mucho más que solo construir un modelo y hacer experimentos estadísticos. Existe mucho que se debe aprender en cada etapa de un proyecto de simulación, y las decisiones que se tomen en el proceso pueden afectar enormemente la significancia de los hallazgos.

En algunos casos puede ser posible experimentar con el sistema físico directamente; esta aproximación claramente tiene sus ventajas. Si se puede experimentar directamente con el sistema y conocer que nada más de él cambiaría significativamente; entonces incuestionablemente se está trabajando de la manera correcta y no es necesario preocuparse de que el modelo imite convincentemente la realidad.

En muchos casos, es muy difícil, muy costoso o sencillamente imposible el hacer estudios físicos del sistema en sí. En estas situaciones, se podría construir un modelo que sirviera como base para estudiar el sistema y realizarse las preguntas acerca de qué pasaría en el sistema si se hace esto o aquello; con ésto nadie sale perjudicado y la libertad para tratar cambios amplios dentro del modelo puede encontrar alternativas atractivas, que no se hubiesen podido probar en el sistema físico o real.

Los modelos se tienen que construir con mucho cuidado y con suficiente detalle para que, lo que se aprenda con el modelo, no sea muy diferente de lo que se

habría aprendido sobre el sistema manipulándolo directamente. Esto se llama validación del modelo.

Modelos físicos y lógicos

Los modelos físicos son una réplica palpable, a tamaño real o a escala, de un sistema. Por ejemplo, las cadenas de comida rápida usualmente tienen restaurantes a escala real dentro de sus instalaciones corporativas, para experimentar con diferentes procedimientos de servicios y productos nuevos.

Los modelos lógicos o matemáticos, son un conjunto de aproximaciones y suposiciones, ambas estructurales y cuantitativas, sobre la forma en que el sistema trabajó o trabajará.

Un modelo lógico es usualmente representado en un programa de computadora; si el modelo es una representación válida del sistema en estudio, se espera aprender sobre el comportamiento del sistema también. Además, como se está trabajando con un mero programa de computadora en vez de con el sistema real, es usualmente más fácil, más barato y rápido el obtener respuestas sobre el modelo y sistema, simplemente manipulando las variables de entrada; por otro lado se pueden cometer errores en la computadora donde éstos no cuentan, al contrario de lo que pasa con el sistema real.

Después de realizar las aproximaciones y suposiciones para un modelo lógico válido de un sistema, se necesita encontrar una forma de analizar su comportamiento. Si el modelo es suficientemente simple, se podrían utilizar herramientas matemáticas tradicionales como, Teoría de Colas, métodos de ecuaciones diferenciales o programación lineal, para obtener las respuestas que se buscan. Esta sería una muy buena situación porque se podrían aplicar simples fórmulas para responder las preguntas planteadas, las cuales pueden ser evaluadas numéricamente. Aunque no se encuentren fórmulas simples sino

algoritmos para generar respuestas numéricas, se tendrían todavía respuestas exactas en vez de estimados que son inciertos.

De todas formas, la mayoría de los sistemas que se estudían son muy complicados, lo que implica que los modelos válidos de estos sistemas son complicados también. Para estos modelos, muy posiblemente no existirá solución matemática exacta, aquí es donde entra la simulación

Simulación por computadora

La simulación por computadora se refiere a los métodos para estudiar un amplio rango y variedad de modelos de sistemas del mundo real por evaluación numérica, usando software diseñado para imitar las características y operaciones de un sistema, usualmente por un período de tiempo. Desde un punto de vista práctico, simulación es el proceso de diseñar y crear un modelo computarizado de un sistema real o propuesto, con el propósito de realizar experimentos numéricos que nos darán un mejor conocimiento del comportamiento del sistema, para un grupo de condiciones dadas.

La simulación no es el único método que se puede usar para estudiar un modelo, pero es el más usado. La razón de ésto es porque el modelo simulado puede llegar a ser muy detallado y complicado y todavía se podría realizar sobre él análisis de simulación. Otros métodos podrían requerir mayor grado de simplificación y suposiciones sobre el sistema, para poder hacer posible el análisis, lo que podría llevar a cuestionar la validez del modelo.

La simulación tampoco es el paraiso. Como muchos sistemas están afectados por entradas incontrolables y aleatorias, muchos modelos de simulación involucran aleatorios o estocásticos componentes de entrada, causando que la salida sea aleatoria también. Por lo cual el correr una simulación estocástica una sola vez es como realizar un experimento físico aleatorio una sola vez; muy probablemente se tendrá un resultado diferente la próxima vez, aún cuando no

se cambie nada del experimento. En muchas simulaciones, mientras se hace más largo el tiempo de simulación, la mayoría de los resultados promediados a lo largo de la corrida tenderán a estabilizarse y ser menos variables; el problema es determinar cuanto es "suficiente tiempo" para que ésto ocurra. Otros modelos o estudios pueden dictar, debido a sus características, que la simulación pare en un período determinado de tiempo, haciendo que la posibilidad de correrla por más tiempo sea inapropiada.

Diferentes clases de simulación

Existen muchas formas para clasificar modelos de simulación, la más usadas son la siguiente:

Estática vs. Dinámica: en la simulación estática el tiempo no juega un rol fundamental como lo hace en la dinámica. En la simulación estática el tiempo no es una variable del modelo y la duración del proceso no afecta el resultado final.

Contínua vs. Discreta: en un modelo contínuo, el estado del sistema puede cambiar continuamente a través del tiempo; en un modelo discreto los cambios sólo pueden ocurrir en puntos de tiempos separados, como en un sistema de manufactura con partes que llegan y parten a determinados momentos. Además se pueden tener elementos de cambio discretos y continuos en el mismo modelo de simulación.

Determinística vs. Estocástica: los modelos sin entradas aleatorias son determinísticos. Los modelos estocásticos operan con variables de entrada aleatorias, como un banco, con clientes llegando aleatoriamente y requiriendo diferentes tiempos de servicio cada uno.

Validación del modelo

Con la validación se busca revisar si la simulación provee una representación adecuada del sistema en estudio. El propósito de ésto es asegurar que el modelo es capaz de responder de una manera consistente con la lógica asociada con el sistema.

Cálculo del número de replicaciones del modelo

Cuando se manejan variables estocásticas es necesario efectuar varias replicaciones para obtener un resultado con un nivel de confianza y error necesario. En el grado que se tengan mayor número de replicaciones se tendrá un mejor estimado puntual de los valores de las variables en estudio; el equilibrio se logra cuando una replicación adicional no agrega mayor exactitud al resultado puntual.

La fórmula para calcular el número de replicaciones es:

$$n = \left\{ \frac{\left(t_{n-1,1-\alpha/2}\right)S}{e} \right\}^2$$

Donde:

n: es el número de replicaciones requeridas para alcanzar un nivel deseado de precisión

s: es un estimador de la varianza basado en n replicaciones del modelo

e: es la cantidad de error deseado entre la media estimada y la verdadera media

t: es el valor critico de la distribución de student

Conceptos fundamentales de la simulación.

Piezas de un modelo de simulación.

Entidades: La mayoría de las simulaciones involucran "jugadores" llamados entidades; éstas se mueven, cambian de estatus; afectan y son afectadas por otras entidades y por el estado del sistema. Las entidades son los objetos dinámicos de la simulación; ellas son usualmente creadas, movilizadas por un tiempo y luego retiradas al salir del sistema. Aunque también es posible tener entidades que nunca se retiran sino que se quedan circulando en el sistema; de todos modos, todas las entidades deben ser creadas por el desarrollador o automáticamente por el software utilizado.

La mayoría de las entidades representan cosas "reales" en una simulación, como camiones, piezas a ser procesadas, etc; aunque existen modelos donde hay "falsas" entidades que no corresponden a nada tangible, y se utilizan para llevar a cabo ciertas operaciones de modelado del sistema.

Atributos: para individualizar entidades, se le adhieren atributos. Un atributo es una característica de todas las entidades, pero con un valor específico, que puede variar de una entidad a otra, como color de la unidad, tiempo de llegada o prioridad de procesamiento.
Una analogía con la programación tradicional por computadora sería poner a los atributos como variables locales, en este caso local a una entidad en específico.

Variables (globales): Una variable (o variable global) es una información que refleja cierta característica del sistema, sin importar que tipos de entidades o cuantas estén en el sistema. Se pueden tener muchos tipos de variables en un modelo, pero cada una será única. En contraste con los atributos las variables no están asociadas a una entidad en particular, ellas pertenecen a todo el sistema

Recursos: las entidades usualmente compiten, una contra otra para obtener servicio de un recurso que representa cosas como personal, equipo o espacio en un almacén de espacio limitado. Una entidad "toma" un recurso o varios cuando se encuentran disponibles y los "suelta" cuando termina de utilizarlos. Es mejor pensar que los recursos son dados a las entidades, en vez de que éstas son

dadas a los recursos, dado que una entidad puede necesitar simultaneamente servicio de múltiples recursos.

Colas: cuando una entidad no se puede mover, por ejemplo, necesita "tomar" un recurso que está adherido a otra entidad, ésta necesita ponerse en un lugar de espera; este lugar de espera se denomina cola.

Acumuladores Estadísticos: para obtener las medidas de desempeño de un sistema se deben tener medidas de variables intermedias mientras la simulación progresa; estas variables pueden ser, por ejemplo: el número de partes procesadas hasta el momento "t", el tiempo total desperdiciado en colas, tamaño de la cola, etc.... Los software de simulación se hacen cargo de actualizar este tipo de variables.

Eventos: un evento es algo que ocurre en un instante del tiempo (de simulación), que puede cambiar atributos, variables o acumuladores estadísticos.

Operaciones del Terminal Catia la Mar

En el terminal se realizan las operaciones de carga de cemento a granel y carga de cemento en sacos de tres tipos de unidades: cisternas (granel); clientes pequeños y Bateas (Sacos).

Para la realización de las operaciones se cuenta con las siguientes instalaciones físicas, recursos y equipos:

- Un muelle de descarga de cemento, donde el barco transfiere el cemento al terminal.
- Un conjunto de seis silos con una capacidad total de almacenamiento de 15.000 toneladas de cemento.
- Dos ensacadoras con capacidad de 1800 sacos por hora.
- Dos puntos de carga a granel para las cisternas.
- Una Romana de tara, donde se pesan las unidades a la entrada (vacias).
- Una Romana de destara, donde se pesan las unidades a la salida (cargadas).
- Dos montacargas para los procesos de carga de sacos a bateas.

El proceso de carga se realiza siguiendo la siguiente secuencia

- Las unidades llegan al terminal y se colocan en una cola.
- Son pesadas en la romana de tara y enviadas a la zona de carga.
- Son cargadas dependiendo del producto (cemento a granel o sacos).
- Son pesadas de nuevo en la romana de destara.
- Las unidades dejan el terminal.

Formulación del problema y objetivos

Formulación del problema

En la búsqueda de ventajas competitivas sostenibles en el mercado, resulta indispensable ofrecer un excelente servicio a los clientes basado en una alta capacidad de respuesta y en el cumplimiento de las promesas de entrega, aunado con una mejor utilización de los recursos disponibles, que permita mejorar la eficiencia de las operaciones.

Basados en este precepto y enmarcado en la filosofía de mejoramiento continuo de Cemex-Venezuela, se busca una mejora significativa de los tiempos de estadía de las unidades de transporte dentro del terminal de Catia la Mar.

Objetivos

Construir un modelo de simulación que refleje las operaciones actuales de carga y despacho del terminal cementero de Catia la Mar.

Diseñar una propuesta factible que plantee una mejora en los tiempos de estadía de una manera costo-efectiva y que permita que los ahorros concebidos, por el mayor grado de operacionalidad de las unidades de transporte de granel, sean mayores que la inversión realizada para lograr éstos.

El grado de operacionalidad de las unidades mejorará, puesto que se tendrá la unidad operativa transportando el producto durante un mayor tiempo y no consumiéndose en una cola dentro de los procesos de carga. Esto se traducirá en un aumento del indicador viajes/unidades/día.

Metodología

Criterios de evaluación de resultados

Las alternativas resultantes del presente estudio se evaluarán utilizando la variable "tiempo de estadía en el terminal", que es el tiempo requerido para llevar a cabo el proceso de carga en el terminal, desde que llega la unidad a la cola de entrada hasta que ésta sale del terminal. Considerándose como mejora la disminución del tiempo de estadía de las unidades de transporte dentro del terminal.

Luego se realizará un análisis de la inversión asociada a estos procesos de mejora, si la inversión es económicamente rentable para la empresa la mejora será viable. El proceso de análisis de la inversión se realizará utilizando la herramienta de análisis de inversiones de Cemex-Venezuela.

Los ahorros efectuados por la disminución de los tiempos de estadía de las unidades dentro del terminal, serán evaluados mediante los siguientes criterios:

- Al tener un menor tiempo de estadía en el terminal, se tendrá la capacidad de realizar más viajes con la flota de Cemex-Venezuela, disminuyendo los costos fijos de transporte por tonelada transportada de cemento.
- Se tendría una ventaja competitiva producto del aumento en la capacidad de respuesta del terminal y se aseguraría una mejor participación de mercado.
- Al poder realizar una mayor cantidad de viajes por día se tendrá un incremento del indicador de productividad del transporte "viajes/unidad/día"

Suposiciones del modelo

Los tiempos de carga a granel y carga de sacos en las unidades, los tiempos en romana de tara y romana de destara serán representadas por distribuciones estadísticas.

Parámetros de entrada del modelo

Los parámetros o variables del modelo vendrán definidas por:

- Tiempo de llegada de cisternas.
- Tiempo de llegada de bateas.
- Tiempo de llegada de clientes pequeños.
- Tiempo de procesos por unidad de romanero – facturador.
- Tiempo de carga a granel.
- Tiempo de carga de sacos bateas.
- Tiempo de carga sacos clientes pequeños.
- Tiempo de viaje terminal Catia la Mar – Clientes.

Desarrollo conceptual del modelo

Para la realización del modelo se utilizará el software de simulación Arena versión 5, junto con sus herramientas de análisis de datos de entrada y comparación de escenarios.

Se utilizará un modelo a término; las entidades cisternas, bateas, y clientes pequeños se representarán individualmente.

En el modelo sólo se representarán las condiciones y hechos que tengan influencia en los objetivos del presente trabajo. Se detallarán las operaciones

tiempo en romana de tara, tiempos de carga (granel y sacos), tiempo en romana de destara, y proceso de entrega del producto al cliente.

Se animará la simulación de forma que se pueda apreciar gráficamente el recorrido de las unidades dentro del terminal. Y con ello poder visualizar de manera inmediata los cuellos de botella del proceso.

Obtención y fuentes de datos

Los datos referentes a los tiempos de llegada de las unidades son tomados a partir de los registros históricos efectuados por los vigilantes del portón de entrada del terminal.

Además se cuenta con una hoja de auto-registro llenada por los conductores de las unidades, en las cuales se establecen los tiempos en romana de tara y destara, carga a granel y tiempos de viaje.

Por otro lado se realizará un estudio de los tiempos de carga de sacos a bateas, clientes pequeños y tiempo de proceso en romana, por no poseer datos históricos al respecto.

Interrelaciones entre los componentes del sistema

Para comprender a cabalidad las relaciones entre los componentes del sistema de distribución de cemento del terminal Catia la Mar, se procederá a la construcción de un flujograma de las operaciones, donde se reflejará cada paso del proceso de carga y despacho. Con esto se identificarán los elementos que reciben influencia o influyen sobre otros elementos del sistema. Esta información es vital para la construcción del modelo de simulación.

Validación

La validación del modelo de realizará mediante una comparación de diferencia entre medias de las siguientes variables:

- Tiempo de estadía cisternas.
- Tiempo de Estadía de clientes que cargan sacos.
- Cantidad de viajes realizados por la flota de cisternas.
- Cantidad de clientes pequeños que entran al sistema.
- Cantidad de bateas que entran al sistema.

Para realizar una diferencia entre medias se utilizará la prueba de t de diferencia ente medias; para lo cual se debe conocer primero si existen diferencias significativas, o no, entre sus varianzas por lo que se utilizará la prueba de Fisher para dos muestras.

Si se encuentra que no existen diferencias significativas entre los datos reales y sus contrapartes obtenidos del modelo de simulación, se concluirá que el modelo es válido y representa consistentemente al proceso real que se está estudiando.

Análisis de rentabilidad económica

Para desarrollar los análisis de las propuestas se cuenta con una herramienta propia de Cemex-Venezuela para el análisis de proyectos. Con esta a partir de los flujos de caja iniciales del proyecto y los ahorros o ganancias obtenidos a partir de la inversión en un período determinado, se calcula la tasa de retorno de la inversión, él valor presente de esta y si es económicamente rentable bajo los parámetros de la empresa.

Presentación de los datos referentes a información confidencial

Dado a que la información referente a los costos fijos de las operaciones del terminal de Catia la Mar es confidencial, estos están presentados en el presente estudio como una función lineal de los mismos, siendo proporcionales a los originales. Las tasas de interés y el monto real fueron calculadas para efectos prácticos en divisas norteamericanas.

Tratamiento de los datos de entrada al modelo

Para la construcción del modelo de simulación se necesitan datos de los tiempos de procesos, tiempos entre llegada de unidades y tiempos de viaje de las cisternas.

Tiempo entre llegada de unidades

Debido a información suministrada por los especialistas de las operaciones del terminal, se conoce que los tiempos entre llegada de unidades varían dependiendo de la hora del día. Se dividieron en intervalos los tiempos entre llegadas de: clientes pequeños, bateas y cisternas.

Para escoger el intervalo mas adecuado, se procedió al análisis de los valores-p de la prueba de chi-cuadrado de cada intervalo, escogiéndose el intervalo que posea un nivel, en conjunto, alto de valores-p de la prueba. Un valor alto de p (>0.1), implica que existen pocas evidencias contra el ajuste realizado.

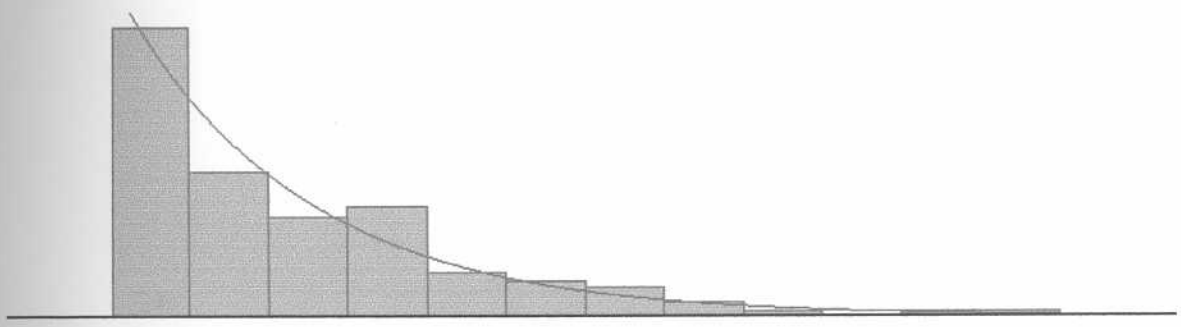
A continuación se presentan los resultados obtenidos.

Clientes pequeños

Para los clientes pequeños se decidió usar el siguiente intervalo: hora mínima de llegada de cliente pequeño a 10:00am; de 10:01-13:00 y de 13:01 a hora máxima de llegada de cliente pequeño.

En los siguientes cuadros se presentan lo resultados del ajuste efectuado a una exponencial de los intervalos de llegada de los clientes pequeños.

Clientes pequeños HminLL-10:00	
Sumario de la distribución	
Distribución	Exponencial
Expresión:	EXPO(38,6)
Error cuadrático	0,004842
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	6
Grados de libertad	4
valor del estadístico	= 5,21
Valor-p	= 0,272
Sumario de la data	
Numero de datos	157
Valor mínimo	0
Valor máximo	200
Media de la muestra	38,6
Desviación estándar	36,6
Sumario del histograma	
Rango del histograma	= -0.001 a 200
Numero de intervalos	12



Histograma de los tiempos entre llegadas de clientes pequeños entre Hora mínima llegada clientes pequeños y 10:00 AM, Eje x tiempos entre llegadas; eje y frecuencias; rango 0-200 minutos, 12 intervalos.

Sumario de los resultados obtenidos para los tiempos entre llegada de clientes pequeños.

Clientes pequeños 10:01-13:00	
Sumario de la distribución	
Distribución	Exponencial
Expresión:	EXPO(53,9)
Error cuadrático	0,006517
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	5
Grados de libertad	3
Valor del estadístico	3,39
Valor-p	0,28
Sumario de la data	
Numero de datos	96
Valor mínimo	0
Valor máximo	255
Media de la muestra	53,9
Desviación estándar	45,1
Sumario del histograma	
Rango del histograma	0 a 255
Numero de intervalos	12

Clientes pequeños 13:01-HmáxLI	
Sumario de la distribución	
Distribución	Exponencial
Expresión:	EXPO(85,2)
Error cuadrático	0,010461
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	7
Grados de libertad	5
Valor del estadístico	7,28
Valor-p	0,212
Sumario de la data	
Numero de datos	107
Valor mínimo	0
Valor máximo	345
Media de la muestra	85,2

Desviación estándar	76,8
Sumario del histograma	
Rango del histograma	0 a 345
Numero de intervalos	17

Clientes pequeños Hora mínima de llegada	
Sumario de la distribución	
Distribución	Triangular
Expresión:	TRIA(360,413,488)
Error cuadrático	0,024166
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	4
Grados de libertad	2
Valor del estadístico	3,39
Valor-p	0,2
Sumario de la data	
Numero de datos	39
Valor mínimo	360
Valor máximo	488
Media de la muestra	421
Desviación estándar	31,1
Sumario del histograma	
Rango del histograma	360 a 488
Numero de intervalos	6

Clientes pequeños Hora máxima de llegada	
Sumario de la distribución	
Distribución	Triangular
Expresión:	TRIA(797,891,1120)
Error cuadrático	0,013558
Prueba de Chi-cuadrado	

Numero de intervalos	5
Grados de libertad	3
Valor del estadístico	2,41
Valor-p	0,494
Sumario de la data	
Numero de datos	37
Valor mínimo	797
Valor máximo	1120
Media de la muestra	934
Desviación estándar	75,9
Sumario del histograma	
Rango del histograma	797 a 1120
Numero de intervalos	8

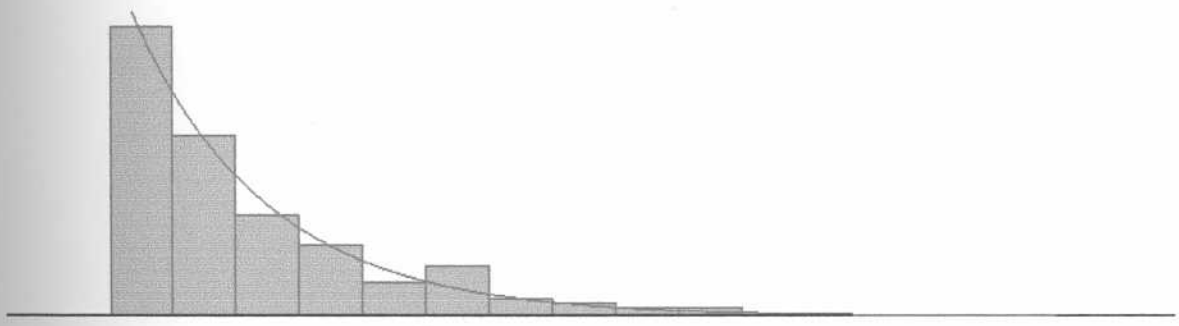
Bateas

Para las bateas se decidió usar el siguiente intervalo: hora mínima de llegada de bateas a 12:00m; de 12:01 a hora máxima de llegada de bateas.

En los siguientes cuadros se presentan los resultados del ajuste efectuado a una exponencial de los intervalos de llegada bateas.

Bateas HminLL-12:00	
Sumario de la distribución	
Distribución	Exponencial
Expresión:	EXPO(44,9)
Error cuadrático	0,001370
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	6
Grados de libertad	4
valor del estadístico	= 5,05
Valor-p	= 0,291
Sumario de la data	
Numero de datos	184

Valor mínimo	0
Valor máximo	191
Media de la muestra	44,9
Desviación estándar	44,1
Sumario del histograma	
Rango del histograma	0 a 314
Numero de intervalos	15



Histograma de los tiempos entre llegadas bateas entre Hora mínima llegada bateas y 12:00 M,Eje x tiempos entre llegadas; eje y frecuencias; rango 0-314 minutos, 15 intervalos.

Sumario de los resultados obtenidos para los tiempos entre llegada de bateas.

Bateas 12:01-HmáxLI	
Sumario de la distribución	
Distribución	Exponencial
Expresión:	EXPO(77,8)
Error cuadrático	0,006517
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	5
Grados de libertad	3
Valor del estadístico	1,17
Valor-p	0,75
Sumario de la data	
Numero de datos	182
Valor mínimo	0

Valor máximo	523
Media de la muestra	77,8
Desviación estándar	80,4
Sumario del histograma	
Rango del histograma	0 a 523
Numero de intervalos	13

Bateas Hora mínima de llegada	
Sumario de la distribución	
Distribución	Triangular
Expresión:	TRIA(370,415,421)
Error cuadrático	0,026041
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	4
Grados de libertad	2
Valor del estadístico	2,37
Valor-p	0,322
Sumario de la data	
Numero de datos	41
Valor mínimo	370
Valor máximo	420
Media de la muestra	400
Desviación estándar	15,2
Sumario del histograma	
Rango del histograma	370 a 421

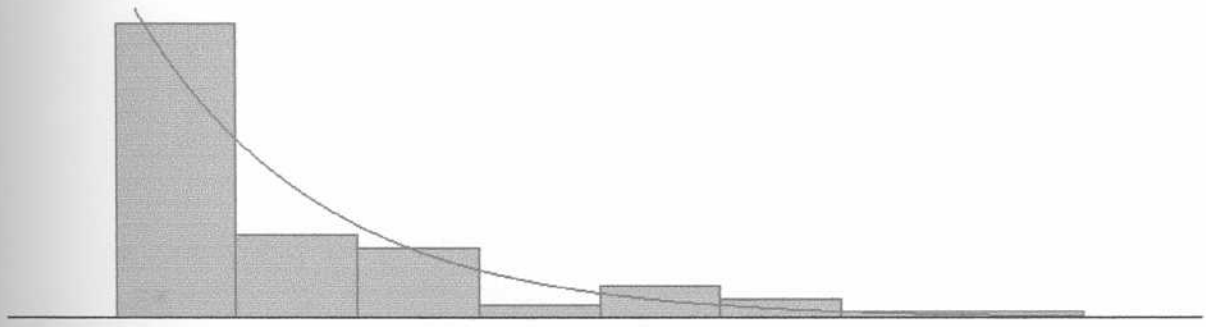
Bateas Hora máxima de llegada	
Sumario de la distribución	
Distribución	Triangular
Expresión:	TRIA(788,1030,1270)
Error cuadrático	0,004869
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	3
Grados de libertad	1

Valor del estadístico	0,338
Valor-p	0,583
Sumario de la data	
Numero de datos	41
Valor mínimo	788
Valor máximo	1270
Media de la muestra	1020
Desviación estándar	93,3
Sumario del histograma	
Rango del histograma	788 a 1270
Numero de intervalos	5

Cisternas

Para las cisternas se decidió usar el siguiente intervalo: Hora mínima de llegada de cisternas a 9:30am; de 9:01am a 12m; de 12:01pm a 14:30pm; de 14:31pm a 17:00pm y de 17:01pm a hora máxima de llegada cisternas.

En los siguientes cuadros se presentan los resultados del ajuste efectuado a una exponencial de los intervalos de llegada de las cisternas.



Histograma de los tiempos entre llegadas cisternas entre Hora mínima llegada bateas y 9:30am, Eje x tiempos entre llegadas; eje y frecuencias; rango 0-156 minutos, 8 intervalos.

Cisternas HminLl-9:30am
Sumario de la distribución

Distribución	Exponencial
Expresión:	EXPO(29,7)
Error cuadrático	0,017506
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	4
Grados de libertad	2
Valor del estadístico	4,12
Valor-p	0,14
Sumario de la data	
Numero de datos	82
Valor mínimo	0
Valor máximo	156
Media de la muestra	29,7
Desviación estándar	34
Sumario del histograma	
Rango del histograma	0 a 156
Numero de intervalos	8

Sumario de los resultados obtenidos para los tiempos entre llegada de cisternas:

Cisternas 9:31am a 12m	
Sumario de la distribución	
Distribución	Exponencial
Expresión:	EXP(23,4)
Error cuadrático	0,00290
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	4
Grados de libertad	2
Valor del estadístico	3,43
Valor-p	0,197
Sumario de la data	
Numero de datos	255

Valor mínimo	0
Valor máximo	232
Media de la muestra	23,4
Desviación estándar	30,6
Sumario del histograma	
Rango del histograma	0a 232
Numero de intervalos	12

Cisternas 12:01pm a 14:30pm	
Sumario de la distribución	
Distribución	Exponencial
Expresión:	EXP(54)
Error cuadrático	0,007305
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	6
Grados de libertad	4
Valor del estadístico	4,83
Valor-p	0,318
Sumario de la data	
Numero de datos	125
Valor mínimo	0
Valor máximo	227
Media de la muestra	54
Desviación estándar	49,1
Sumario del histograma	
Rango del histograma	0 a 227
Numero de intervalos	11

Cisternas 14:31pm a 17:00pm	
Sumario de la distribución	
Distribución	Exponencial
Expresión:	EXP(26,4)
Error cuadrático	0,004116
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	5

Grados de libertad	3
Valor del estadístico	6,2
Valor-p	0,104
Sumario de la data	
Numero de datos	153
Valor mínimo	0
Valor máximo	131
Media de la muestra	26,4
Desviación estándar	27,1
Sumario del histograma	
Rango del histograma	0a 227
Numero de intervalos	13

Cisternas 17:01pm a HmáxLl	
Sumario de la distribución	
Distribución	Exponencial
Expresión:	EXP(26,7)
Error cuadrático	0,002074
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	5
Grados de libertad	3
Valor del estadístico	3,67
Valor-p	0,313
Sumario de la data	
Numero de datos	301
Valor mínimo	0
Valor máximo	153
Media de la muestra	26,7
Desviación estándar	24
Sumario del histograma	
Rango del histograma	0 a 153
Numero de intervalos	8

Cisternas Hora mínima de llegada
Sumario de la distribución

Distribución	Triangular
Expresión:	TRIA(360,424,616)
Error cuadrático	0,020604
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	4
Grados de libertad	2
Valor del estadístico	4,54
Valor-p	0,105
Sumario de la data	
Numero de datos	42
Valor mínimo	360
Valor máximo	616
Media de la muestra	476
Desviación estándar	68,4
Sumario del histograma	
Rango del histograma	360 a 616
Numero de intervalos	6

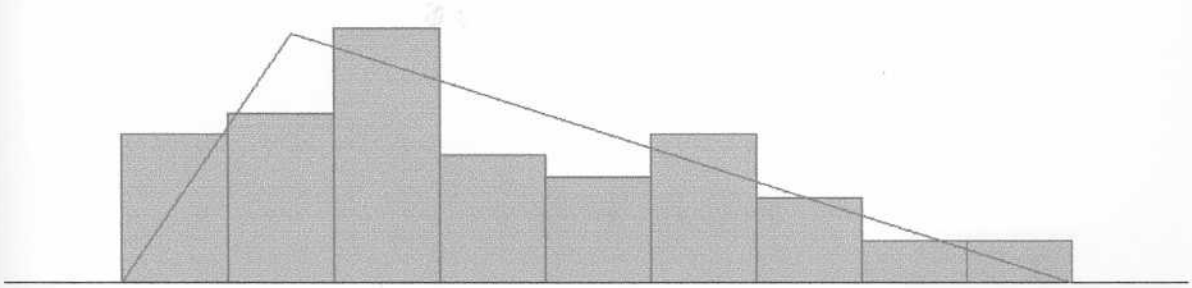
Tiempos de procesos

Para los tiempos de procesos se tomaron medidas de la duración de: tiempo en atender cliente; tiempo de carga sacos pequeños; tiempo de carga a sacos bateas; tiempo de carga Cisternas. Se considerará que los tiempos de ejecución de procesos no varían durante el día.

Tiempo de atender al cliente; éste representa el tiempo necesario para atender al cliente por el romanero facturador.

Tiempo de proceso romanero facturador	
Sumario de la distribución	
Distribución	Triangular
Expresión:	TRIA(2, 3.5, 5)

Error cuadrático	0,0124
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	6
Grados de libertad	4
Valor del estadístico	2.34
Valor-p	0,667
Sumario de la data	
Numero de datos	53
Valor mínimo	2.07
Valor máximo	4.87
Media de la muestra	2.57
Desviación estándar	0.989
Sumario del histograma	
Rango del histograma	2 a 5
Numero de intervalos	9

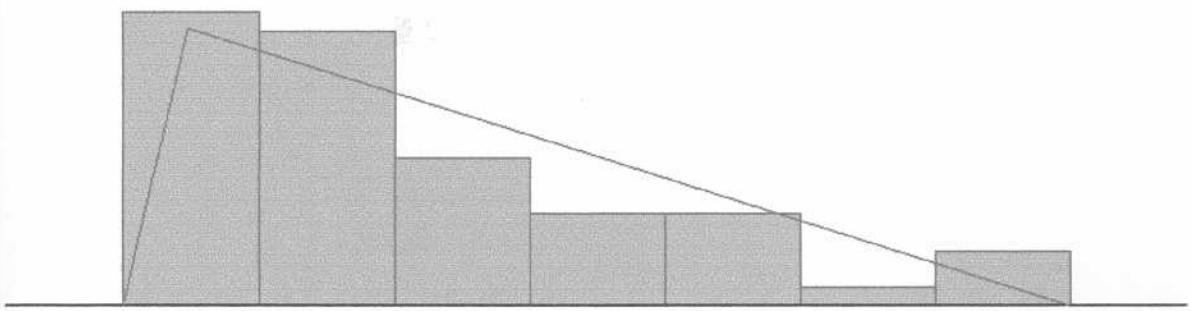


Histograma de los tiempos de proceso en romanas,
Eje x tiempos de ejecución; eje y frecuencias; rango 2-5 minutos, 9 intervalos.

Tiempo de carga a granel: éste representa el tiempo necesario para cargar una cisterna con el producto a ser transportado.

Tiempo de Carga a granel	
Sumario de la distribución	
Distribución	Triangular
Expresión:	TRIA(10.5, 12, 22.5)
Error cuadrático	0.0109
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	6

Grados de libertad	4
Valor del estadístico	5.73
Valor-p	0,228
Sumario de la data	
Numero de datos	53
Valor mínimo	11
Valor máximo	23
Media de la muestra	17.1
Desviación estándar	5.33
Sumario del histograma	
Rango del histograma	10.5 a 22.5
Numero de intervalos	7



Histograma de los tiempos de carga a granel,
Eje x tiempos de ejecución; eje y frecuencias; rango 10.5 – 32.5 minutos, 7 intervalos.

Sumario de los resultados de los tiempos de proceso para carga a bateas, carga a clientes pequeños y tiempo de descarga granel.

Tiempo de Carga clientes pequeños	
Sumario de la distribución	
Distribución	Triangular
Expresión:	TRIA(10.5,14.5,20)
Error cuadrático	0,01047
Prueba de Chi-cuadrado	

Numero de intervalos	6
Grados de libertad	4
Valor del estadístico	2.41
Valor-p	0,412
Sumario de la data	
Numero de datos	76
Valor mínimo	11
Valor máximo	20
Media de la muestra	14.5
Desviación estándar	2.32
Sumario del histograma	
Rango del histograma	10.5 a 20.5
Numero de intervalos	8

Tiempo de carga bateas	
Sumario de la distribución	
Distribución	Triangular
Expresión:	TRIA(12.5,17.5,21)
Error cuadrático	0,002074
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	6
Grados de libertad	4
Valor del estadístico	3,67
Valor-p	0,313
Sumario de la data	
Numero de datos	87
Valor mínimo	13
Valor máximo	21
Media de la muestra	17.5
Desviación estándar	3.23
Sumario del histograma	
Rango del histograma	12.5 a 21.5
Numero de intervalos	8

Tiempo de descarga a granel
Sumario de la distribución

Distribución	Triangular
Expresión:	TRIA(54.5,81.9,95.5)
Error cuadrático	0,018127
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	4
Grados de libertad	2
Valor del estadístico	3.03
Valor-p	0,229
Sumario de la data	
Numero de datos	121
Valor mínimo	55
Valor máximo	95
Media de la muestra	77.3
Desviación estándar	8.26
Sumario del histograma	
Rango del histograma	54.5 a 95.5
Numero de intervalos	6

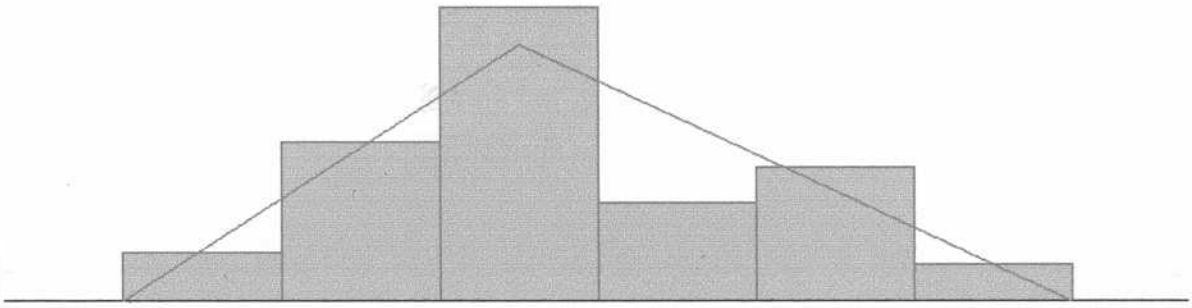
Tiempos de viaje

Para los tiempos de viaje se tomaron medidas de: duración de viaje planta a cliente en Caracas y duración de viaje planta a cliente interior.

Tiempo de viaje a cliente caracas.

Tiempo de viaje cliente caracas	
Sumario de la distribución	
Distribución	Triangular
Expresión:	TRIA(60,110,180)
Error cuadrático	0,0019209
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	4
Grados de libertad	2

Valor del estadístico	3.57
Valor-p	0,195
Sumario de la data	
Numero de datos	78
Valor mínimo	60
Valor máximo	180
Media de la muestra	118
Desviación estándar	26.7
Sumario del histograma	
Rango del histograma	60 a 180
Numero de intervalos	6



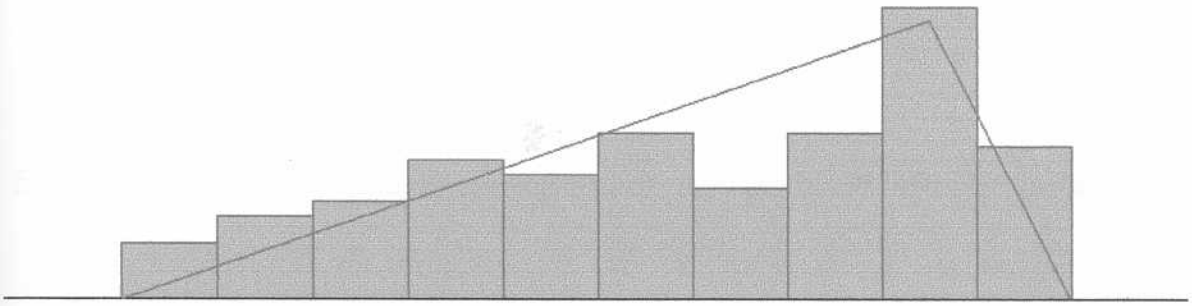
Histograma de los tiempos de viaje a cliente caracas,

Eje x tiempos de ejecución; eje y frecuencias; rango 60 – 180 minutos, 6 intervalos.

Tiempos de viaje cliente interior

Tiempo de viaje cliente interior	
Sumario de la distribución	
Distribución	Triangular
Expresión:	TRIA(108,237,260)
Error cuadrático	0,01304
Prueba de Chi-cuadrado	
Numero de intervalos	6
Grados de libertad	4
Valor del estadístico	4.42
Valor-p	0,112

Sumario de la data	
Numero de datos	131
Valor mínimo	109
Valor máximo	259
Media de la muestra	198
Desviación estándar	40,8
Sumario del histograma	
Rango del histograma	108 a 260
Numero de intervalos	10

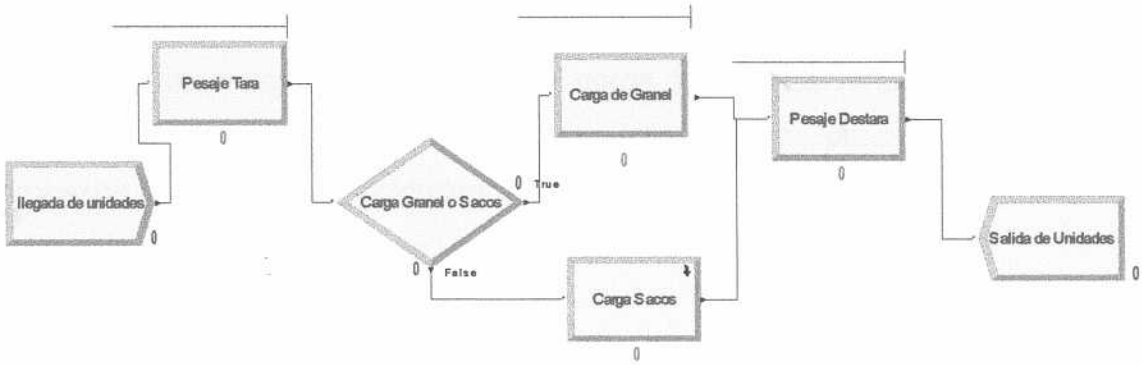


Histograma de los tiempos de viaje a cliente interior,

Eje x tiempos de ejecución; eje y frecuencias; rango 108 – 260 minutos, 10 intervalos.

Análisis de las operaciones

A partir del diagrama de flujo de las actividades del terminal, podemos apreciar que el proceso de carga funciona de la siguiente manera



El terminal recibe tres tipos de unidades para realizar los procesos de carga:

- Cisternas para cemento a granel
- Bateas para el transporte de sacos a los centros de distribución
- Clientes pequeños como ferreterías y construcciones ligeras.

Al llegar las unidades al terminal, todas se colocan en una cola a la entrada para ser atendidas. Al entrar al terminal ingresan a la romana de tara; allí el conductor se baja de la unidad e ingresa a la sala de facturación donde el Facturador-Romanero emite la orden de carga. Quedando registrado el peso de la unidad vacía.

Luego el conductor de la unidad, con la orden de carga en la mano, se dirige (dependiendo del producto a cargar), a la zona de carga. Allí se le coloca el producto en la unidad y se le despacha a la romana de destara.

Al llegar el conductor a la romana de destara, éste desciende de la unidad e ingresa de nuevo en la sala de facturación, donde se registra el peso de la unidad cargada. Luego la unidad deja el terminal y se dirige al cliente correspondiente.

Desarrollo del modelo

Para poder representar los procesos de carga del terminal tenemos que dividir en etapas los procesos a ser simulados; éstos serán: procesos de llegadas; procesos de registro de unidades y separación, procesos de carga y salida del terminal y proceso de viaje de las cisternas.

Procesos de llegada de unidades

Existen tres tipos de unidades diferentes que llegan al terminal, además de diferentes distribuciones para los intervalos de llegada de cada uno y dependiendo de la hora del día; por lo cual se necesitan crear tres módulos de llegada de unidades; uno para los clientes pequeños, otro para las cisternas y un tercero para las bateas.

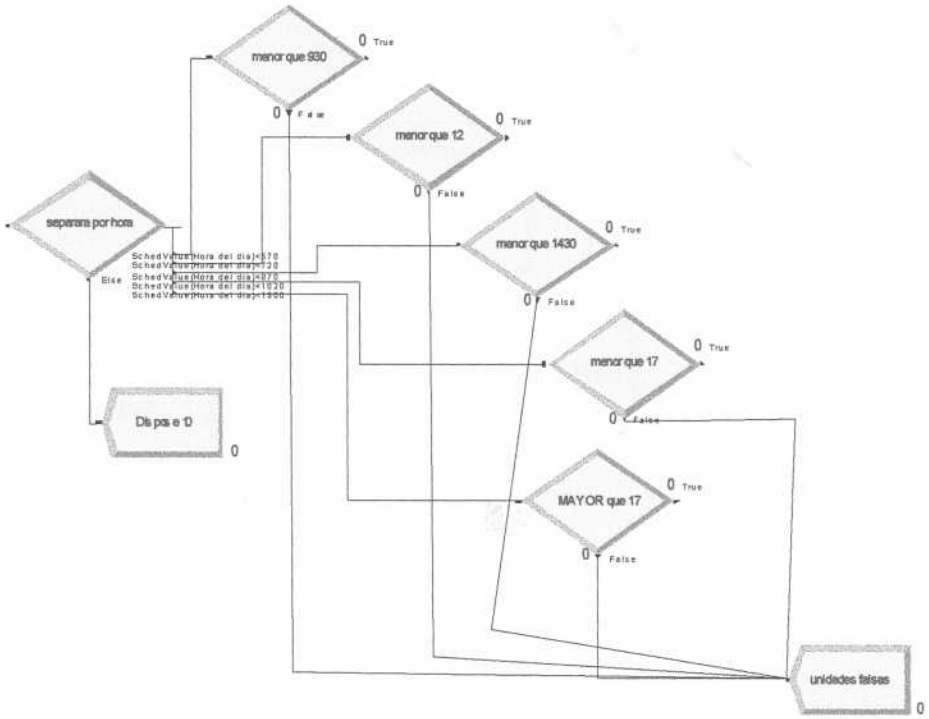
Cada módulo creará un tipo diferente de entidad (clientes pequeños, bateas y cisternas)

Los módulos de llegada son establecidos con tiempos entre llegadas de acuerdo a la distribución exponencial (calculado previamente), para cada uno de los casos, con menor media; esto creara constantemente entidad a la mayor tasa de llegada de éstos.

Luego las entidades (unidades) pasan por un proceso de selección donde se separarán dependiendo de la hora de llegada en intervalos. Si el intervalo de

llegada tiene una tasa entre llegadas igual, al que se le dió en el módulo de creación, la entidad sigue su camino al próximo proceso.

Cuando la entidad es desviada a un intervalo que no posee una tasa de llegada igual al del módulo de creación, las entidades pasan a un módulo de



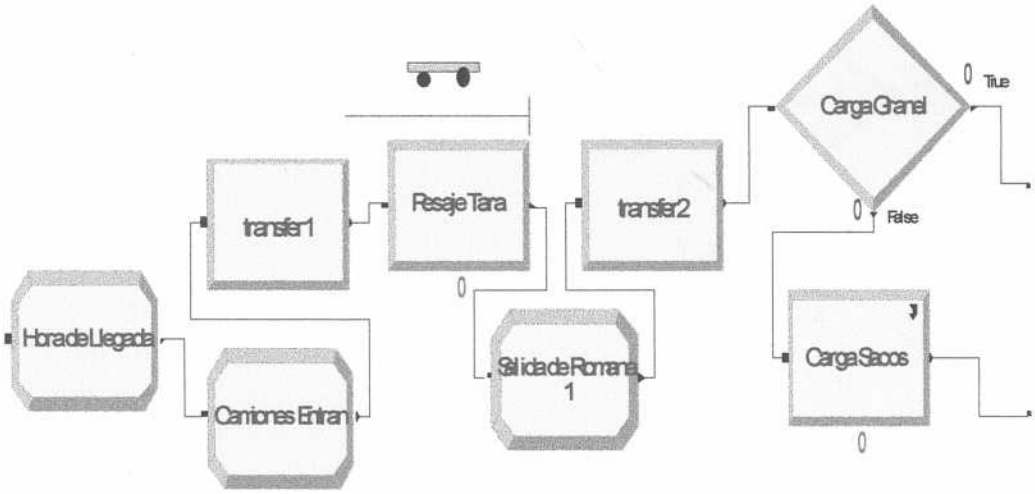
selección probabilística. Esto debido a que se están recibiendo unidades a una tasa mayor de la correspondiente, por lo cual se deben separar con una probabilidad igual a:

P = tasa de llegada del periodo / tasa máxima de llegada

Esto garantiza que las entidades que pasen esta prueba, llegarán a la tasa correspondiente a su intervalo; las otras serán desviadas a un módulo de desecho y destruidas por no ser entidades "reales".

Procesos de registro de unidades y separación.

Al ingresar las entidades al proceso de registro y separación, se les asigna a cada una de éstas un atributo con la hora de llegada.

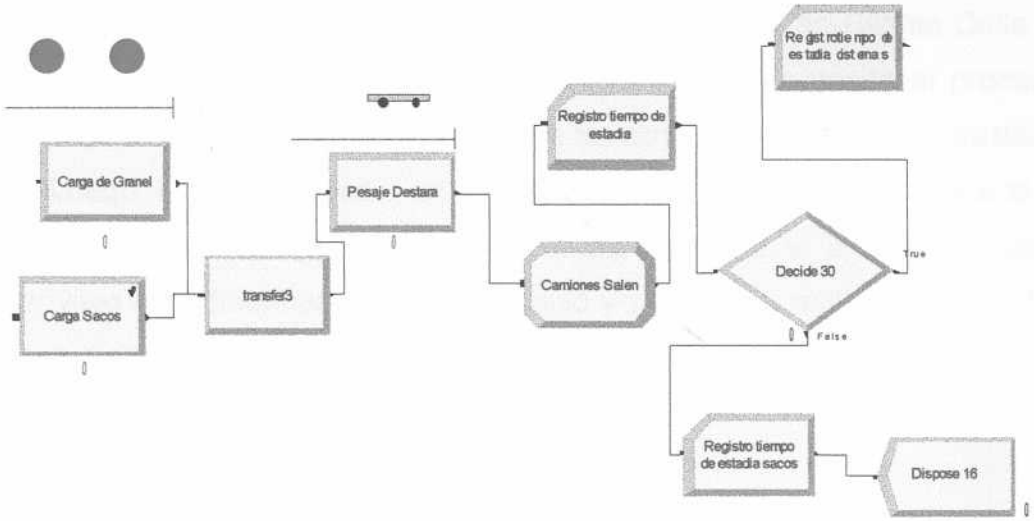


Luego, todas las entidades sin importar tipo se agrupan en una cola, que representa el portón de entrada del terminal. Luego bajo un esquema FIFO, pasan a la romana de tara donde tomarán este recurso, se tardarán ejecutando la labor correspondiente y luego lo dejarán libre para otra entidad.

Al dejar el módulo de romana de tara, las entidades entran a un proceso de selección donde se separan en: cisternas y no cisternas.

Procesos de carga y salida del terminal.

Las entidades cisternas, llegan al módulo de carga a granel donde existe una cola tipo FIFO. En él, las entidades toman uno de los dos recursos existentes para realizar la labor de carga; lo ocupan por un determinado tiempo y luego lo



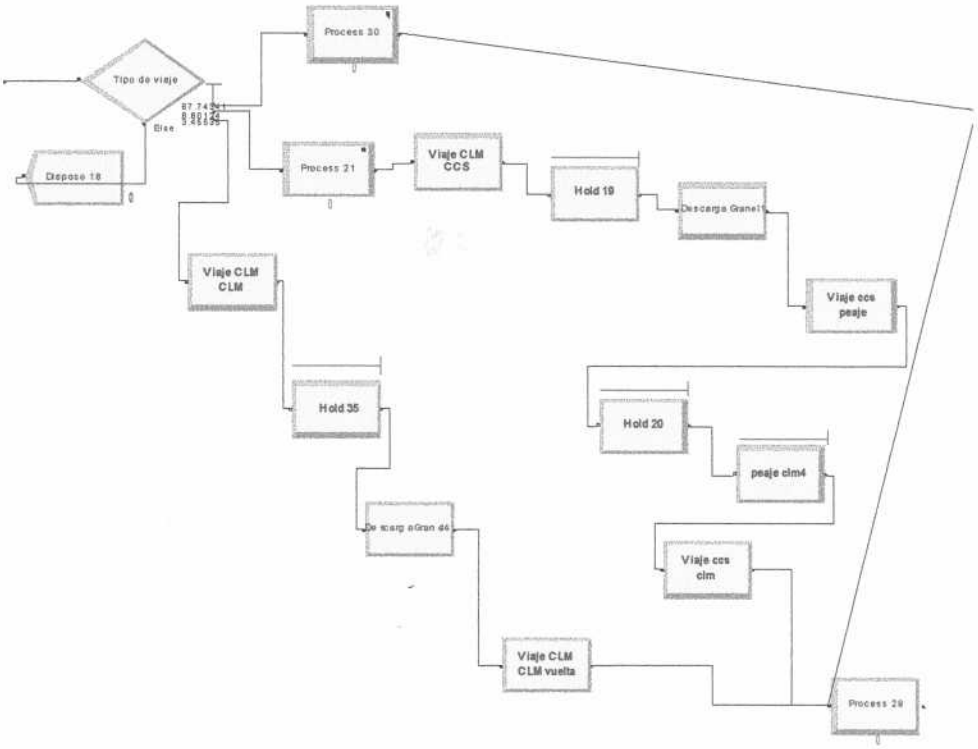
Las entidades bateas y clientes pequeños llegan al módulo de carga de sacos donde existe una cola tipo FIFO. En él, las entidades toman el recurso existente para realizar la labor de carga; lo ocupan por un determinado tiempo y luego lo dejan libre para la siguiente entidad. Al finalizar el proceso de carga las entidades se dirigen al módulo pesaje destara.

Cuando las entidades entran al módulo pesaje destara, forman una cola FIFO; cuando entran al proceso toman el recurso romana; lo ocupan por un tiempo y luego lo dejan libre para otra entidad.

Al salir del modulo de pesaje destara, las entidades se dirigen a un módulo donde se registra el tiempo de estadía en el terminal. Las entidades clientes pequeños y bateas dejan el sistema y las entidades cisternas comienzan su ciclo de viaje al cliente.

Proceso de viaje de las cisternas.

Al salir las entidades cisternas del proceso de carga, entran a un módulo donde se guarda la cantidad de unidades procesadas por día. Luego, sigue a una selección probabilística dependiendo del tipo de cliente a visitar: Cliente Catia la Mar, Cliente Caracas y Cliente Interior. Luego, las unidades pasan al proceso propio de viaje donde a cada una se le asigna los atributos de tiempo de traslado al cliente: Luego, la entidad pasa a un módulo de selección donde se verifica si la unidad puede realizar el viaje el mismo día o el día siguiente; si la cisterna puede realizar el viaje inmediatamente, deja el modulo y se dirige a realizar el viaje. En el otro caso, esperará hasta el día siguiente.



Al asegurarse que la entidad pueda realizar el viaje el mismo día, la entidad pasa a un módulo de "delay", donde se detiene la unidad por un periodo de tiempo igual a su tiempo de viaje. Después de realizar el viaje; existe una restricción que garantice que los clientes se encuentran abiertos; si la hora de llegada al cliente es menor que la hora de apertura, las entidades serán retenidas aquí; si el cliente ya se encuentra en hora de recibir producto la unidad se dispondrá a descargar.

Luego de descargar la unidad sigue su rumbo de vuelta a Catia La Mar si cumple con las restricciones de parada de la autopista; si no cumple con éstas, es detenida hasta que sea la hora de trafico libre para las entidades.

Luego de ésto el ciclo comienza nuevamente y las entidades entran al terminal de nuevo para ser cargadas y despachadas a los clientes correspondientes.

Cálculo del número de replicaciones

Antes de proceder a la validación del modelo se necesita conocer cuántas replicaciones del experimento se deben hacer para obtener un estimador con un nivel de confianza y error deseado.

Se calculó él numero de replicaciones necesarias para obtener estimadores de las siguientes variables del sistema: tiempo de estadía cisternas; tiempo de estadía cliente carga sacos, cantidad de viajes realizados por las cisternas, cantidad de clientes pequeños atendidos y cantidad de clientes bateas atendidos.

Se realizaron 20 replicaciones de prueba para calcular el número de replicaciones necesarias para obtener estimadores a un nivel de confianza del 95% y un error en el caso de las medidas de tiempo de dos minutos y en el caso de las unidades de 0,6 unidades. Al utilizar la fórmula para el cálculo del número de replicaciones se obtuvieron los siguientes resultados:

Tiempo de estadía cisternas			
No	Promedio	media	(promedio-media)^2
1	664.59	756,95	8530,57
2	590,14	756,95	28043,55
3	786,02	756,95	807,80
4	667,67	756,95	8087,42
5	1019,64	756,95	68667,53
6	736,11	756,95	461,61
7	615,84	756,95	20096,21
8	735,58	756,95	484,80
9	720,89	756,95	1347,48
10	773,81	756,95	262,92
11	755,69	756,95	3,64
12	710,44	756,95	2224,08
13	819,05	756,95	3776,70
14	683,25	756,95	5526,90
15	603,67	756,95	23694,17
16	750,33	756,95	52,75
17	649,00	756,95	11793,55
18	1168,41	756,95	168770,53
19	702,86	756,95	2996,37
20	985,96	756,95	52149,16
Suma de Cuadrados			405648,94
Varianza de la media			21349,94
Valor crítico, distribución de student			2,02
Numero de replicaciones necesarias			129,71

Variable	Cant de Cisternas	Cant Pequeños	Cant de bateas	T. Est. Sacos
Suma de Cuadrados	70,95	95,2	82,55	4512,42
Varianza de la media	3,73	4,88	4,34	237,50
Valor crítico de distribución de Student	2,02	2,02	2,02	2,02
Numero de replicaciones necesarias	95,33	124,68	95,33	119,94

A partir de los resultados obtenidos del cálculo del número de replicaciones necesarias del modelo, se observa que existen diferentes valores para cada una de las variables en estudio, Se tomó como valor para el número de replicaciones del modelo el mayor de los casos en estudio, puesto que con esto se asegurara un grado de exactitud mayor al necesario en las demás variables. Con esto se obtuvo un valor de 130 replicaciones para el modelo.

Validación

Para la validación se compararon las medias obtenidas del modelo de simulación con los datos reales obtenidos de los estudios de las actividades del terminal, se compararon 5 variables: tiempo de estadía de unidades cisternas, cantidad de viajes realizados cisternas, cantidad de clientes pequeños que entran, cantidad de bateas que entran y tiempo de estadía de clientes sacos.

Tiempo de estadía de cisternas:

Al realizar la comparación, a un nivel de significancia del 0,05, entre las varianzas de las medias obtenidas del modelo de simulación y los datos reales encontramos los siguientes resultados.

Prueba Fisher, dos muestras para varianza

	Simulados	*Reales*
Media	53,68910769	54,79521796
Varianza	90,50470253	55,76398098
Observaciones	130	41
Grados de libertad	129	40
F	1,622995721	
P(F<=f)	0,039353055	
F Crítica	1,572145081	

La hipótesis nula establece que la cadena a asociada a la varianza de simulados es igual a la cadena asociada con los datos reales.

Los resultados permiten mostrar que la varianza de simulados no es significativamente igual a la varianza de datos, y al compararse las varianzas, las diferencias entre éstas son significativas (Alfa<0,05), por lo cual se rechaza la hipótesis nula.

Dado que las varianzas son diferentes a un nivel de significancia del 0,05, se procedió a realizar una prueba t de diferencia entre medias con varianzas desiguales, los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Prueba-t : dos muestras con varianzas desiguales

	Simulados	*Reales*
Media	53,68910769	54,79521796
Varianza	90,50470253	55,76398098
Observaciones	130	41
Diferencia entre medias hipotética	0	
Grados de libertad	85	
Valor del estadístico T	-0,771358991	
P(T<=t)	0,442633246	
t Crítica	1,988269105	

La hipótesis nula establece que la cadena asociada a la media de Simulados es igual a la cadena asociada con los datos reales.

Los resultados permiten mostrar que la media de Simulados es significativamente igual a la varianza de Datos, y al compararse las medias, las diferencias entre estas no son significativas (Alfa>0,05).

Cantidad de viajes realizados cisternas

Al realizar la comparación a un nivel de significancia del 0,05, entre las varianzas de las medias obtenidas del modelo de simulación y los datos reales encontramos los siguientes resultados.

Prueba-F Dos muestras para varianza

	Simulados	*Reales*
Media	25	25,02380952
Varianza	5,224806202	16,65795587
Observaciones	130	42
Grados de libertad	129	41
Valor del estadístico F	0,313652302	
P(F<=f)	3,22404E-07	
F Crítica	0,674022615	

Los resultados permiten mostrar que la varianza de simulados no es significativamente igual a la varianza de reales: y al compararse las varianzas, las diferencias entre éstas son significativas (Alfa<0,05).

Dado que las varianzas son diferentes a un nivel de significancia del 0,05, se procedió a realizar una prueba t de diferencia entre medias con varianzas desiguales, los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Prueba-t : Dos muestras asumiendo varianzas desiguales

	Simulados	*Reales*
Media	25	25,02380952
Varianza	5,224806202	16,65795587
Observaciones	130	42
Diferencia entre medias de la hipótesis	0	
Grados de libertad	50	
Valor del estadístico t	-0,036025085	
P(T<=t)	0,971405801	
t Crítica	2,008559932	

Los resultados permiten mostrar que la media de simulados es significativamente igual a la media de reales, y al compararse las medias, las diferencias entre estas no son significativas (Alfa>0,05).

A continuación se presenta un cuadro con los resultados obtenidos del análisis estadístico de las variables, cantidad de clientes pequeños, cantidad de bateas y tiempo de estadía clientes sacos.

	Simulados	Reales	Simulados	Reales	Simulados	Reales
	Cant, Pequeños		Cant, Bateas		T, Estadia sacos	
Media	9,938	9,571	10,115	10,119	66,83	65,32
Varianza	9,872	8,153	9,669	11,717	78,92	57,24
Observaciones	130	42	130	42	130	42
Diferencia entre medias de la hipótesis		0		0		0
Grados de libertad	129	41	129	41	129	41
Valor del estadístico F		1,211		1,212		1,557
P(F<=f)		0,243		0,209		0,0482
F Crítica		1,564		1,484		1,415
Grados de libertad prueba t		170		170		85
Varianza común		9,458		10,163		n/a
Valor del estadístico t		0,672		0,006		0,482
P(T<=t)		0,502		0,995		0,360
t Crítica		1,974		1,974		1,415

Los resultados permiten mostrar, para las tres variables en estudio, que la media de simulados es significativamente igual a la media de reales, y al compararse las medias, las diferencias entre estas no son significativas (Alfa>0,05).

Dado que no existen diferencias entre las medidas de tiempo de proceso obtenidas por el modelo de simulación del terminal y las medidas tomadas directamente, se puede concluir que el modelo representa la situación del terminal con veracidad, el modelo se considera validado.

Diseño de las propuestas

Debido a las limitaciones del presente estudio, se recaudó información detallada solo de las operaciones del ciclo de carga y despacho que se realizan dentro de las instalaciones del terminal de Catia la Mar. Por lo que las propuestas de mejora de las operaciones se basan en mejoras de los tiempos de estadía internos del terminal sin tomar en cuenta posibles áreas de oportunidad en el despacho y entrega del producto.

Tiempo de estadía cisternas; situación actual	*56.689 HW 1.652*
Tiempo de estadía en cola pesaje de tara; situación actual	*18.019 HW 1.960*
Tiempo de estadía en cola pesaje de tara; situación actual	*7.161 HW 0.846*
Tiempo de estadía en cola carga a cisternas; situación actual	*3.575 HW 1.317*

Los tiempos en cola de las operaciones en la tabla anterior muestran que los recursos mas "solicitados" son las romanas de salida y entrada; por esta razón se decidió por propuestas destinadas a disminuir el tiempo de estadía en las romanas.

Los tiempos de estadía en cola de romana, y proceso en romana de tara y destara, dependen de la velocidad del operador y de los pasos necesarios para efectuar el proceso de facturación y pesaje de la unidad, además de la cantidad de unidades que busquen tomar el recurso.

Para disminuir los tiempos de estadía en cola de romana y proceso en romana de tara y destara; se tiene que definir el método que reduzca los tiempos de proceso del operador o bien disminuir la cantidad de unidades que busquen tomar éste recurso. Considerando la experiencia de los operadores, su

familiaridad con el sistema y la estandarización a escala nacional del sistema de facturación y pesaje, no se encontró una solución viable para disminuir los tiempos de procesos por lo cual se decidió a atacar el largo de la cola.

Si se busca disminuir el tamaño de la cola de la romana de tara y destara, sin disminuir sus tiempos de proceso, se necesitará entonces disminuir la cantidad de unidades que necesiten el recurso. Debido a la necesidad del sistema de facturación de pesar todas las unidades a ser despachadas, un enfoque donde, por ejemplo, los clientes que carguen sacos se les facture por unidad sin corroborar el peso, no funcionaría. Por lo cual se decidió por una propuesta de aumentar la cantidad de romanas y así disminuir la cantidad de unidades en espera por el recurso.

Dado este escenario, se propone la instalación de 2 romanas adicionales, especialmente para las cisternas de carga a granel, colocadas directamente debajo de los puntos de carga con su oficina de facturación a un lado de estos.

Al colocar las romanas directamente debajo de los puntos de carga, se obtiene la capacidad para realizar paralelamente las operaciones de facturación y carga de la cisterna, y la disminución de los tiempos de proceso. Adicionalmente la colocación de romanas en esta configuración permite chequear el peso cargado a la unidad en cualquier momento del llenado; evitando contratiempos al cargar cada unidad hasta el nivel adecuado.

familiaridad con el sistema y la estandarización a escala nacional del sistema de facturación y pesaje, no se encontró una solución viable para disminuir los tiempos de procesos por lo cual se decidió a atacar el largo de la cola.

Si se busca disminuir el tamaño de la cola de la romana de tara y destara, sin disminuir sus tiempos de proceso, se necesitará entonces disminuir la cantidad de unidades que necesiten el recurso. Debido a la necesidad del sistema de facturación de pesar todas las unidades a ser despachadas, un enfoque donde, por ejemplo, los clientes que carguen sacos se les facture por unidad sin corroborar el peso, no funcionaría. Por lo cual se decidió por una propuesta de aumentar la cantidad de romanas y así disminuir la cantidad de unidades en espera por el recurso.

Dado este escenario, se propone la instalación de 2 romanas adicionales, especialmente para las cisternas de carga a granel, colocadas directamente debajo de los puntos de carga con su oficina de facturación a un lado de estos.

Al colocar las romanas directamente debajo de los puntos de carga, se obtiene la capacidad para realizar paralelamente las operaciones de facturación y carga de la cisterna, y la disminución de los tiempos de proceso. Adicionalmente la colocación de romanas en esta configuración permite chequear el peso cargado a la unidad en cualquier momento del llenado; evitando contratiempos al cargar cada unidad hasta el nivel adecuado.

Análisis de la situación actual

Actualmente el sistema de distribución del terminal de Catia la Mar cuenta con un nivel de despacho de 16.500 toneladas/mes promedio de cemento a granel. El tiempo de estadía promedio de las unidades cisternas dentro del terminal es de 53,689min; y el tiempo de estadía promedio de los clientes que cargan sacos es de 66,830min.

Los tiempos promedio de estadía en colas presentan los siguientes valores: Tiempo en cola promedio pesaje tara 18,019min; tiempo en cola promedio pesaje destara 7,161min; tiempo promedio en cola para carga cisterna 3,575min.

Los costos fijos asociados al proceso de carga en el terminal son de 3.692$/mensuales y los costos fijos asociados al transporte son de 511$/mes.

Análisis de la propuesta

Al realizar un análisis del modelo de simulación de las operaciones del terminal notamos del gran impacto que añaden al tiempo de estadía en el terminal las colas en el proceso de tara y destara de las unidades. Debido a esto se diseño una propuesta que busca disminuir estas colas.

La propuesta de inversión consiste en la instalación de dos romanas digitales debajo de los puntos de carga a granel, construcción de una oficina para la facturación en el sitio de carga, el mobiliario, y equipo de informática necesario para la operación, a un costo estimado de 25.384$.

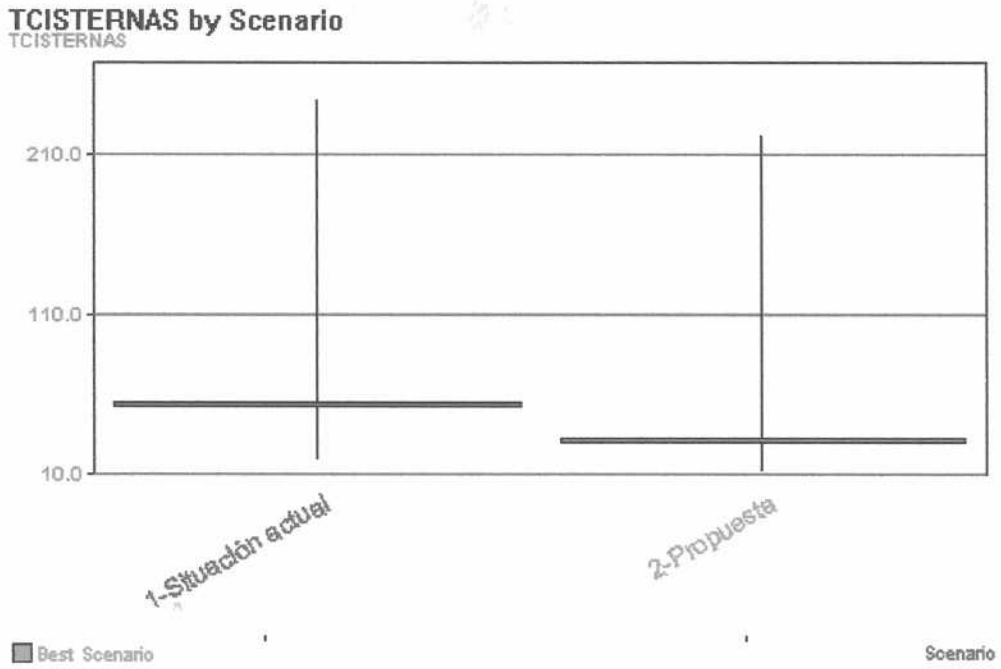
La instalación de este equipo en el terminal, permitirá realizar las operaciones de facturación y pesado en paralelo con el proceso de llenado de las unidades de granel. Además se separarán en dos tipos de unidades, los procesos de carga dentro del terminal; los que cargan sacos y los que cargan granel; cada uno de estos será atendido por facturadores diferentes y se insertaran en colas diferentes, con esto se busca un impacto positivo en los tiempos de estadía dentro del terminal. También se lograra tener un mejor grado de precisión en el llenado de las unidades pues se tendrá control preciso sobre el peso de las mismas.

Comparación entre situación actual y propuesta

Para realizar el análisis entre propuestas se utilizo la herramienta de análisis entre escenarios del Arena 5.0, con ella podemos realizar comparaciones entre medias de diferentes propuestas o escenarios.

Tiempo de estadía cisternas, al realizar una comparación entre el tiempo de estadía de las cisternas, de la situación actual y la propuesta, se obtuvieron los siguientes resultados.

- Tiempo de estadía cisternas; actual = 56,689 HW 1.652
- Tiempo de estadía cisternas; propuesta = 30,885 HW 1.441



En el grafico se una disminución en el tiempo de estadía cisternas, estas diferencias son significativas a un alfa = 0,05

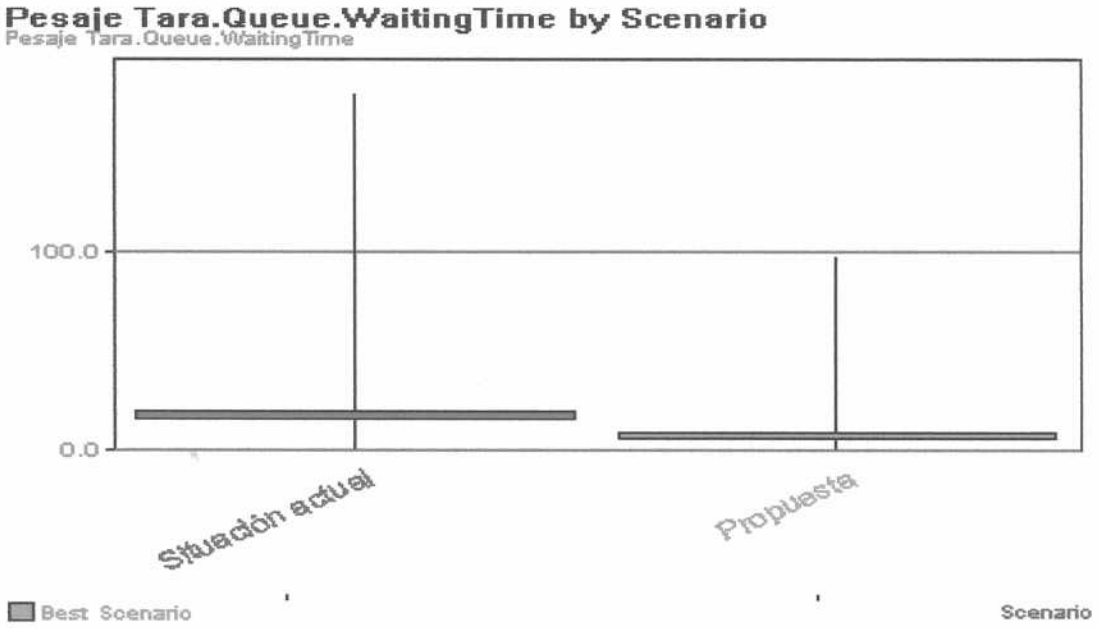
Cantidad de viajes por día, al realizar una comparación entre el número de viajes promedio de la flota, de la situación actual y la propuesta, se obtuvieron los siguientes resultados.

- Cantidad de viajes cisternas; actual = 25,0 HW 0.3969
- Cantidad de viajes cisternas; propuesta = 26,915 HW 0,3426

Se aprecia el aumento de la cantidad de viajes promedio por día, estas diferencias son significativas a un alfa = 0,05

Tiempo de estadía en cola pesaje de tara, al realizar una comparación de la situación actual y la propuesta, se obtuvieron los siguientes resultados.

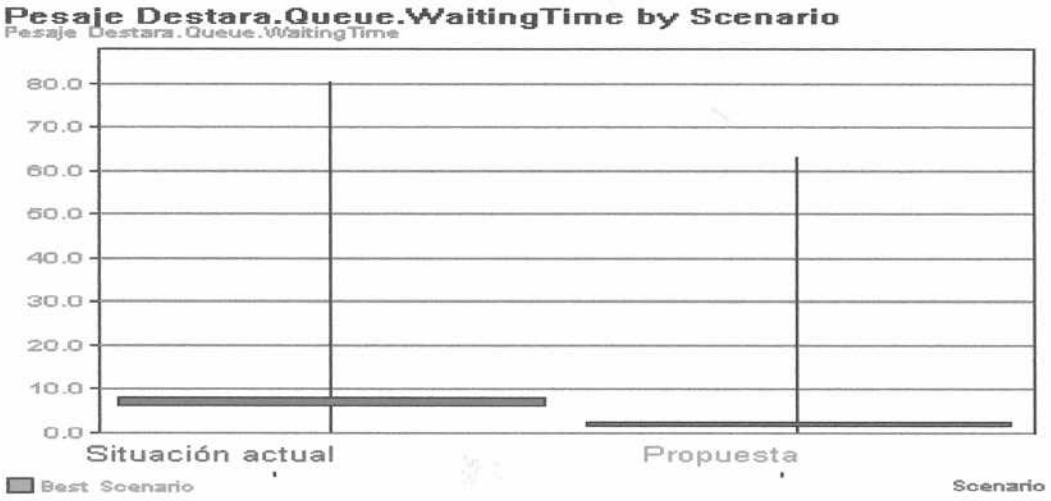
- Tiempo de estadía en cola pesaje de tara; actual = 18,019 HW 1,960
- Tiempo de estadía en cola pesaje de tara; propuesta = 7,3570 HW 1,067



En el grafico se aprecia la disminución de la cola Pesaje de tara,estas diferencias son significativas a un alfa = 0,05

Tiempo de estadía en cola pesaje de destara; al realizar una comparación de la situación actual y la propuesta, se obtuvieron los siguientes resultados.

- Tiempo de estadía en cola pesaje de tara; Situación actual = 7,161 HW 0,8464
- Tiempo de estadía en cola pesaje de tara; Propuesta = 2,002 HW 0,3981



En el grafico se aprecia la disminución de la cola Pesaje de destara, estas diferencias son significativas a un alfa = 0,05

A partir de los resultados obtenidos de la propuesta, se observo una disminución del 42,47% en los tiempos de estadía de las cisternas dentro del terminal. Los tiempos promedios en cola de pesaje de tara y destara también se ven disminuidos gracias a las mejoras de la propuesta, estos tiempos de espera en cola disminuyen en un 59,17% y 72,04% respectivamente.

La disminución de los tiempos de estadía dentro del terminal, busca que se puedan realizar mayor cantidad de viajes con la flota existente, debido a las mejoras, se observa un aumento de la cantidad de viajes. Pasando de 25 viajes/dia a 26,915, significando una mejora del 7,66% en la cantidad de cemento transportada desde el terminal.

Esta mayor capacidad de transporte del terminal permitirá una reducción en los costos fijos por tonelada de cemento, debido a que se transportará mayor cantidad de cemento a un mismo costo fijo asociado.

Análisis de la disminución de los costos fijos

Actualmente existen dos centros de costos fijos asociados a las operaciones de carga y despacho de cemento en granel desde el terminal de Catia la mar; primero tenemos el terminal en si, que se encarga de la recepción de cemento de la planta principal y la carga de las cisternas, y Transportes Caura, que se encarga del transporte desde el terminal hasta el cliente.

Los costos fijos asociados por tonelada por mes, vienen dados por la división entre los costos fijos asociados a la carga y distribución de cemento y la cantidad promedio de cemento transportada por mes; con lo cual tenemos

- Costo fijo asociado a las operaciones del terminal = 3692$/mes
- Costo fijo asociado a las operaciones de Transportes Caura = 5126$/mes
- Costo fijo asociado a las operaciones de carga y transporte = 8818$/mes
- Cantidad promedio de cemento transportada por mes; actual = 1296Ton.
- Cantidad promedio de cemento transportada por mes; Propuesta = 1366 Ton.
- Costo fijo por tonelada transportada; actual = 0,5346$
- Costo fijo por tonelada transportada, propuesta = 0,4961$

Debido a las mejoras se aprecia una disminución de un 3,475% en los costos fijos asociados al proceso de carga y transporte, lo cual representa un total de 683,23$/mes en ahorros.

El costo total asociado a la inversión, para realizar la propuesta es de 25,384$, para el análisis de la inversión se utilizara un periodo de cinco años, con depreciación lineal y valor de salvamento cero al final del período.

RENTABILIDAD ECONÓMICA DE INVERSIONES
PRESUPUESTO AÑO 2002

Nombre de la inversión:	**Mejoras del sistema de carga del terminal Catia la Mar**					
Área:	**Comercial**					
Años	0	1	2	3	4	5
A. Inversión	25.384					
B. Incremento de Margen						
C. Disminución de Costos		8198,8	8198,8	8198,8	8198,8	8198,8
D. Flujo de Operación (B+C)		8198,8	8198,8	8198,8	8198,8	8198,8
E. Depreciación		5076,8	5076,8	5076,8	5076,8	5076,8
F. Flujo antes de Impuestos (D-E)		3122	3122	3122	3122	3122
G. ISLR (20%) y PTU (0%)		624,4	624,4	624,4	624,4	624,4
H. Flujo después de Impuestos (F-G)		2.497,6	2.497,6	2.497,6	2.497,6	2.497,6
I. Flujo Neto (A+E+H)	(25.384)	7574,4	7574,4	7574,4	7574,4	7574,4
Flujo Neto Acumulado	(25.384)	(17.809,6)	(10.235,3)	(2.660,9)	4.913,5	12.487,8
Tasa Interna de Retorno (TIR)	15,0%					
Tasa de Descuento	9,0%	11,0%	13,0%			
Valor Presente neto (VPN)	53,0	33,9	16,3			
Payback	3,4	Años				
Tasa de Cambio (Bs/USD)	745,0					

La inversión presenta una tasa de retorno del 15% con un tiempo de retorno de la inversión de 3,4 años, lo cual implica, que es una inversión rentable para Cemex-Venezuela y es viable su ejecución.

Además, el lograr disminuir los tiempos de estadía dentro del terminal, y obtener un mayor grado de utilización de las unidades de transporte a granel, agregara un impacto positivo en cuanto el servicio al cliente, puesto que mejorara la capacidad de respuesta del terminal, el proceso será mas confiable para los clientes que retiren producto directamente del terminal y mejorará el índice de cumplimiento de las entregas de cemento a granel.

Conclusiones y recomendaciones

Se construyo un modelo de simulación que refleja el proceso de operaciones del terminal de Catia la Mar y el sistema de distribución.

Se validó el modelo de simulación lográndose concluir que no existen diferencias significativas entre los parámetros medidos y los obtenidos del modelo de simulación

Se diseño una propuesta de mejora que logra disminuir los tiempos de estadía dentro del terminal de Catia la mar.

Se efectuó un análisis económico de la inversión necesaria para lograr las mejoras y se comparó con los retornos obtenidos del mayor grado de utilización de las unidades, concluyéndose que la inversión propuesta es rentable para la empresa.

Se recomienda para futuros estudios, estudiar con mas detalle los sistemas de transporte y entrega al cliente de cemento a granel y los sistemas de facturación; para encontrar áreas de oportunidad y aumentar el grado de operacionalidad de las unidades aún más.

Bibliografía

- Averill M Law and Kelton David. (1982). *Simulations modeling and analysis*. USA. McGraw-Hill.

- Kelton W David, Sadowski Randall, Sadowsky Deborah. (1998). *Simulation with Arena.* USA. WCB/McGraw-Hill.

- Dócimo Orlando y Valero Carlos. *Desarrollo y simulación de los procesos clave de un centro de servicio telefónico en una empresa de telecomunicaciones. UCAB, tesis de grado.*

- John E Hanke y Arthur Reitsch. *Estadística para negocios. México. Edit IRWIN.*

- *Mario F Triola.* (2000). *Estadística elemental.* México. Pearson Educación

- Coss B Raúl. (1997) *Simulación Un enfoque prático.* México. Limusa.

- Banks J. (1998). *Handbook of simulation: simulation priciples, Methodology, advances, aplication, and practice.* USA. Engineering Management Press.

Anexos

CEMEX VENEZUELA

CONTROL DE ENTRADA Y SALIDA DE UNIDADES
TERMINAL CATIA LA MAR

CORRELATIVO	FECHA		
0139	17	05	01

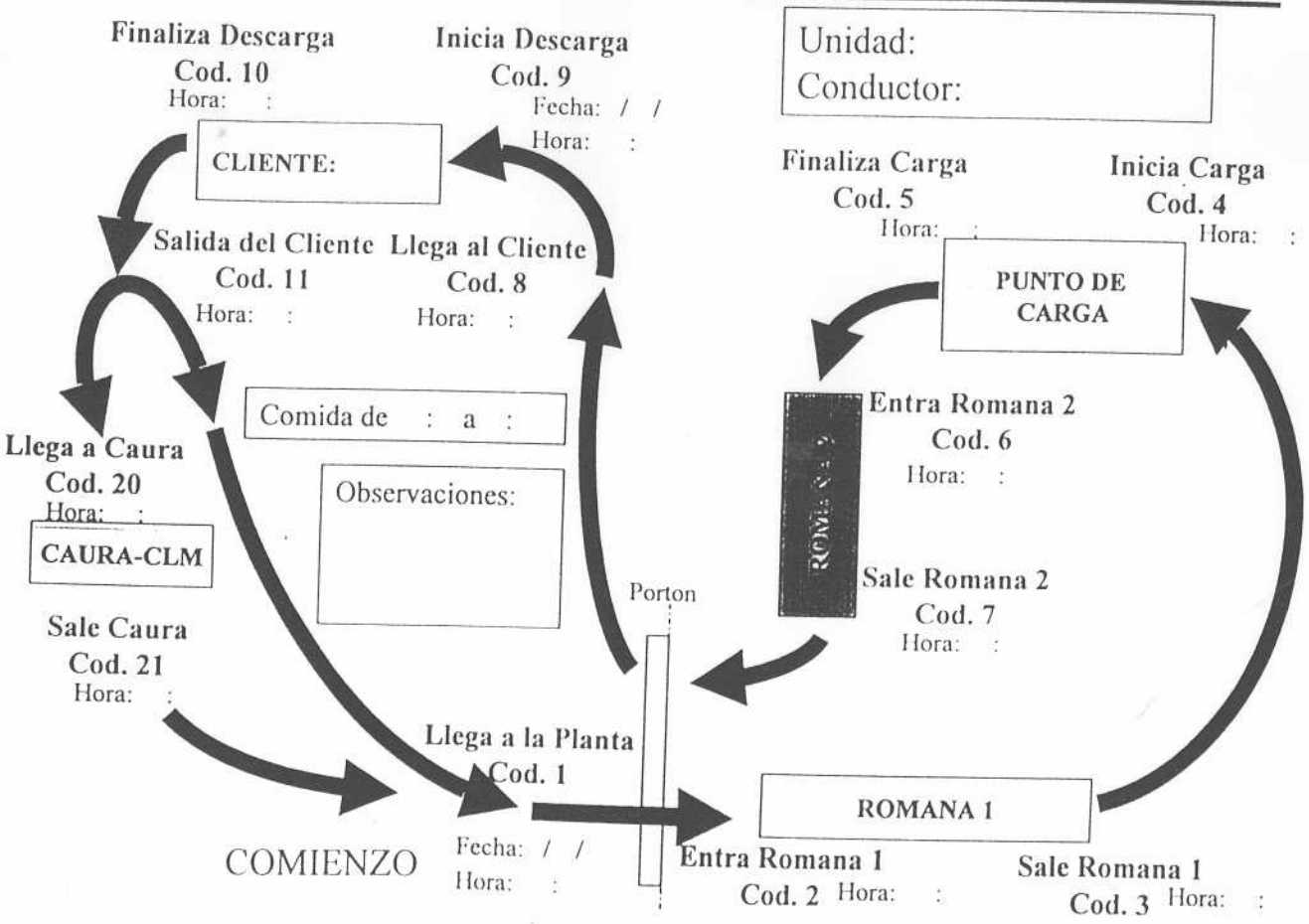
NOMBRE CONDUCTOR	PLACA CAMION	HORA ENTRADA	HORA SALIDA	FACTURA Y/O ORDEN CARGA	CLIENTE	TONELADAS Y/O SACOS	PRODUCTO	OBSERVACIONES	FORMA VIGILANTE
JOSE CAMA	1219	7:08	8:00	082.	DEP. MERCAY.	1260			
PIERO C.	94Z:ABO	7:10	8:05	078	TURMERO	27600			
JUAN M.	1207	7:15	8:09	078	SABANETA	27540			
ANTONIO	612:AAU	7:17	8:25	077.	FERCRD.	100.			
Condovez	1204.	7:50	8:30	080	Albarenga	27060			
J. GARCEA.	1226.	8:15	8:51	081	SABANETA	27570			
Alberto.	711.KAT	8:25	14:20	012.	Jea. ferie.	96.			
ESPINOZA	1232.	8:42	9:13	083	CUA	26150.			
Asdrobel.	139XEP.	9:01.	11:0	092	Maracay.	1260			
H. Esturiz.	1711.	9:46	12:19	101.	TEBEMQUE	672.			
S. Flores	1223.	10:01.	10:15	087	Maracay.	28350	HORA S: 11:16		
Cardona	1225	10:05	10:37	086	Camoa	17610			
CORREA	033:AAO	10:32	11:23	091.	LA BLOQUERA	100			
CARMELO	338RMAA	10:56	12:35	093.	RIO BRANCO	200			
Angel.	1530.	09:10	11:01	084.	cerelvaca.	250.			
Valentin	15:07	11:23	12:35	105	MARACAY	1260			
J. PEREZ.	1228.	11:35	12:21	102.	La Virginia.	27730			
Villahermosa	1109.	11:43.	12:26	103	SABOMETA.	27200			
E. Garcia.	1203	11:49.	12:34.	104.	ALBARENGA	28150			

COMENTARIOS:	JEFE DE PLANTA
	NOMBRE:
	FIRMA:

Anexo 1

Hoja de Control de entrada y salida de unidades al terminal

Tiempos de Entrega: Bitácora CLM



Anexo 2
Hoja de auto-registro de las unidades