



OPTIMIZACIÓN EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN Y ALMACENAMIENTO PARA UNA INDUSTRIA DE BEBIDAS, MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN

MODALIDAD DE TITULACIÓN:

TRABAJO PROFESIONAL

NOMBRE DEL ALUMNO: ANA KAREN CASTELLANOS RODRÍGUEZ

NÚMERO DE CUENTA: 306609930

CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

ASESOR: ÁNGEL LEONARDO BAÑUELOS

AÑO: 2013

Agradecimientos

A la UNAM y su Facultad de Ingeniería, mi segundo hogar en una de las etapas más importantes de mi vida, en donde recibí una excelente preparación académica y personal.

Al Ing. Ángel Leonardo Bañuelos, un gran académico y amigo, por el apoyo incondicional que me brindó a lo largo de mi carrera y en especial por sus consejos para el desarrollo del presente informe.

Agradezco a todos los profesores que me formaron en el área de ingeniería e intensificaron en mí el gusto por la carrera, no solamente brindándome conocimientos teóricos, sino también por compartir experiencias que me guiaran en mi desempeño como profesionista.

A mi madre, por enseñarme los valores de la responsabilidad y la perseverancia, a dar lo mejor de mí en cada momento y a no rendirme a pesar de los obstáculos que se puedan presentar.

A mi padre, por enseñarme a ser una persona creativa, a nunca conformarme, a defender siempre mis ideales y a nunca perder la capacidad de sorprenderme ante la vida.

Agradezco a ambos por su apoyo y amor incondicional, por darme todo lo necesario para poder llegar a lo que soy hoy en día.

A mi hermano Esteban, el mejor cómplice que he tenido en cada etapa de mi vida, y por ser siempre quién me motiva para esforzarme y demostrar de lo que soy capaz.

A Carlos y Patricia, por siempre estar para escucharme y darme el mejor consejo cuando tengo dudas o me he sentido insegura.

Al que fue mi equipo de trabajo Carlos, Alejandro, Javier, Antonio y Mónica, por todos sus consejos profesionales y personales, por compartirme su amplia experiencia en el área de cadena de suministro, por todo el apoyo para el desarrollo de los proyectos y principalmente por darme la oportunidad de demostrar mis conocimientos académicos y profesionales.

Gracias a todos mis amigos que me han acompañado en momentos difíciles y en momentos de éxito, con quienes he vivido grandes experiencias y han estado a mi lado en cada paso para llegar al punto donde me encuentro ahora.

Resumen

El presente trabajo tiene como propósito hacer una descripción sobre el trabajo profesional que he realizado a lo largo de dos años como Becaria en el Área de Cadena de Suministro en una Compañía de Bebidas.

En este informe se presenta el desarrollo de los proyectos realizados para distintos socios embotelladores durante mi estancia en la compañía, en donde se elaboran planes de mejora continua para los embotelladores que operan a nivel nacional, de tal manera que se generen propuestas para optimizar procesos y recursos, principalmente en áreas de distribución y almacenamiento de los territorios que conforman a los embotelladores.

Esta adecuada optimización de recursos ayudará a garantizar una ventaja competitiva, ya que se busca no afectar el precio de los productos con los diferentes costos operativos que se presentan a lo largo de la cadena de abastecimiento.

Para realizar las propuestas de mejora se utilizan herramientas de simulación, ya que estas nos ayudan a probar diferentes alternativas y realizar un profundo análisis de cada propuesta sin la necesidad de implementarlo en la realidad hasta que se tome una decisión.

Índice

Introducción	7
Consumo de Bebidas Embotelladas en México	8
Cadena de Suministro	9
Objetivo General	9
Capítulo I	10
Presentación de la Empresa	10
Misión	10
Visión	11
Valores	11
Historia	11
Infraestructura Actual del sistema Embotellador	12
Organigrama División México	13
Descripción del Puesto	13
Capítulo II	16
Marco Teórico	16
Simulación	16
Sistema	19
Optimización	22
Red de Distribución	22
Capítulo III	24
Circuito de Distribución Primaria Embotellador Región Centro	25
Objetivo	25
Desarrollo de la Solución	25
Análisis de resultados	33

Estudio Flujos de Transporte Embotellador Bebidas no Carbonatadas	34
Objetivo.....	34
Desarrollo de la Solución	34
Resultados	37
Circuito de Distribución Primaria Embotellador Región Norte	41
Objetivo.....	41
Desarrollo de la Solución	41
Análisis de resultados.....	45
Rediseño APT Embotellador Región Centro	46
Ubicación Almacenamiento Garrafón	46
Objetivo	46
Desarrollo de la Solución.....	46
Escenario 1	47
Escenario 2.....	48
Escenario 3.....	49
Resultados	50
Rediseño Almacén de Producto Terminado	52
Objetivo.....	52
Desarrollo de la Solución.....	52
Propuestas y Recomendaciones	54
Conclusiones.....	56
Referencias	60

Apéndices	61
Optimización en el Armado de Tarimas	62
Marco Teórico.....	62
Análisis en el Armado de Tarimas	63
Objetivo	63
Desarrollo de la Solución.....	63
Resultados.....	64
Análisis de Formato/Pack	65
Objetivo	65
Desarrollo de la Solución.....	65
Resultados.....	66
Cálculo de Ahorros Potenciales.....	67
<i>Flexsim</i>	69
<i>Cape Pack</i>	73

Introducción

La simulación es la representación de un proceso o sistema mediante otro más simple, lo que permite analizar sus características, así como realizar y probar modificaciones para la toma de decisiones. El uso de herramientas de simulación puede ayudar a optimizar un proceso o sistema lo cual consiste en determinar valores de las variables que intervienen en dicho proceso o sistema con la finalidad de obtener el mejor resultado posible.

La industria de bebidas sobre la cual se elabora el presente informe se ve afectada por importantes costos operativos los cuales al final recaen en el precio de un producto. Por este motivo es necesario mantener bajos dichos costos generados para que el consumidor no tenga que pagar los costos adicionales al adquirir un producto, ya que en caso contrario impactaría negativamente en las ventas del producto dando una mayor participación en el mercado para el competidor.

Adicionalmente, cada embotellador cuenta con infraestructura propia (plantas, centros de distribución, tractos, remolques, entre otros), por lo que es importante determinar la manera del proveer el producto al cliente con los activos que se tienen actualmente para de este modo frenar posibles inversiones causadas por el aumento de la demanda de los productos.

CONSUMO DE BEBIDAS EMBOTELLADAS EN MÉXICO

México ocupa un lugar crítico y de vital importancia en el consumo de bebidas embotelladas, dicho sector ha crecido de manera importante en los últimos años ya que estos productos forman parte de una fuente de hidratación diaria para una significativa cantidad de habitantes. Por lo que nuestro país representa un importante volumen de ventas para la empresa sobre la cual se realiza el presente trabajo.

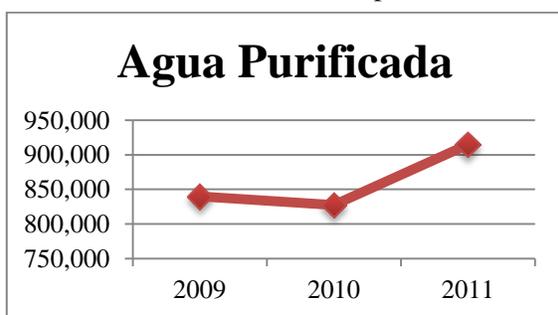
El Banco de Información Económica de la página del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) reporta la producción anual en miles de pesos de la Industria de Bebidas, específicamente para la purificación y embotellado de agua y elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas, se tienen los resultados que muestra la Tabla 1.

Tabla 1: Producción anual de la Industria de Bebidas (miles de pesos)

Periodo	Agua Purificada	Refrescos y bebidas no alcohólicas
2009	839, 748	34, 634, 206
2010	827, 587	38, 617, 464
2011	914, 908	40, 874, 119

FUENTE: INEGI, Encuesta Anual de la Industria Manufacturera

Gráfica 1: Producción anual Agua Purificada (miles de pesos)



Gráfica 2: Producción anual Refrescos y otras bebidas (miles de pesos)



FUENTE: INEGI, Encuesta Anual de la Industria Manufacturera

Con lo anterior, podemos verificar que la industria de bebidas embotelladas crece año con año, lo que genera una mayor cantidad de productos que deben ser distribuidos de sus centros de producción hasta su cliente.

CADENA DE SUMINISTRO

El término cadena de suministro se define como “*Conjunto de empresas integradas por proveedores, fabricantes, distribuidores y vendedores (mayoristas o detallistas) coordinados eficientemente por medio de relaciones de colaboración para colocar los requerimientos de insumos o productos en cada eslabón de la cadena en el tiempo preciso al menor costo, buscando el mayor impacto en la cadena de valor de los integrantes con el propósito de satisfacer los requerimientos de los consumidores finales.*” (Mora García, 2008)

A partir de la definición anterior se puede concluir que el término Cadena de Suministro plantea una red de unidades de negocio mediante una integración de procesos con la finalidad de lograr un impacto en la reducción de costos operativos, servicio al cliente, velocidad de entrega y rentabilidad para cada una de las empresas participantes.

Logística se define como el proceso de planear, controlar y administrar la cadena de abastecimiento y distribución desde el proveedor hasta el cliente. Por lo que la gestión en la Cadena de Suministro trae una redefinición del radio de acción y cobertura y una visión extendida de la cadena de abastecimiento, integrando cadenas logísticas de proveedores y clientes.

La misión de la logística consiste en entregar los bienes o servicios correctos en el lugar y tiempo acordado, así como con la condición deseada. Otro de los objetivos de la logística consiste en reducir costos operativos y contribuir en las utilidades de las empresas, esto último se logra con la racionalización y optimización de los recursos utilizados, para así convertir la logística en una ventaja competitiva ante los oponentes.

En resumen, la logística se considera una actividad que genera valor al producto en términos de oportunidad y reducción de costos.

OBJETIVO GENERAL

Analizar sistemas de distribución y almacenamiento de diferentes embotelladores del sistema, para ofrecer propuestas encaminadas a optimizar la cadena de abastecimiento necesaria en el suministro de productos mediante el uso de herramientas de simulación.

Capítulo I

PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

La empresa de bebidas sobre la cual se realiza el presente informe es una compañía transnacional que opera en México desde hace más de 80 años junto con varios Grupos de Embotelladores ofreciendo un amplio portafolio de bebidas sin alcohol listas para beber (NARTD - Non Alcoholic Ready to Drink) para satisfacer diferentes gustos y necesidades de los consumidores a lo largo de la República.

La empresa de bebidas, además de ser dueña de las distintas marcas que se comercializan en México y otros países, se dedica a la producción del concentrado (jarabe) que se utiliza en cada una de las bebidas, lo vende y distribuye a los socios embotelladores quienes son los encargados de la producción de la bebida final, su embotellado y distribución a los clientes. Adicionalmente la compañía es la encargada de promocionar sus marcas y dictar las estrategias que darán las directrices del negocio, mismas que los embotelladores deben adoptar en conjunto.

El portafolio de productos incluye bebidas carbonatadas (refrescos), agua purificada, aguas saborizadas, jugos y néctares, té, café, lácteos, bebidas adicionadas con cafeína, vitaminadas, funcionales (deportivas), entre otras, así como una gran variedad de bebidas bajas o sin calorías.

Los socios embotelladores son empresas independientes que comparten la misma cultura y operan conforme a los mismos criterios y políticas que rigen a la compañía alrededor del mundo. Cuentan con una fuerte infraestructura para la producción y distribución del producto final, entre los que se encuentran un gran número de plantas multiproducto en donde pueden fabricar una gran variedad de SKUs (Stock Keeping Units), almacenes de producto terminado, centros de distribución y transportes para fuerza de venta, distribución primaria y distribución secundaria.

La misión, la visión y los valores de la empresa se enuncian a continuación.

MISIÓN

Refrescar a nuestros consumidores en todos los sentidos, inspirando momentos de felicidad mediante nuestros productos, para hacer notar nuestra presencia en cada uno de los lugares en los que nos encontramos.

VISIÓN

Maximizar el retorno de utilidades de nuestros accionistas sin dejar atrás nuestras responsabilidades como compañía contribuyendo en formar un mundo mejor, mediante una sólida red de socios y un amplio portafolio de bebidas para satisfacer las necesidades de nuestros clientes así como inspirando a nuestro personal al ser un excelente lugar de trabajo.

VALORES

- Responsabilidad
- Calidad
- Pasión
- Liderazgo
- Diversidad
- Colaboración
- Integridad

HISTORIA

La industria de bebidas en México tiene su origen a finales del siglo XIX con las empresas “La Montañesa” en 1886 y “Topo Chico” en 1895 quien comenzó embotellando agua mineral. En esta época la producción de bebidas se llevaba a cabo con tecnología rudimentaria por empresas familiares.

En la década de los años 20, México atraviesa por un proceso de industrialización tras la lucha armada, algunas empresas familiares adquieren franquicias de marcas extranjeras lo que da un importante empuje al sector de bebidas. La industria refresquera en cuestión llega al país con los primeros embotelladores en la región norte de la República Mexicana, con una producción de 10 envases por minuto y una distribución por medio de carretas jaladas por animales de carga como mulas o caballos. Posteriormente se unen a esta iniciativa embotelladores para cubrir los territorios del centro del país y la zona peninsular.

Para la década de los 40 nace la compañía de bebidas tal como se conoce actualmente, donde es la encargada de la producción e importación de concentrado, al igual de realizar el contacto directo entre embotelladores y la compañía. Las cifras registradas en el país en relación con la industria de bebidas son: 30,000 empleos, flota de 4,000 camiones y 100,000 pequeños comercios.

Gracias a las fuertes campañas de publicidad, la compañía comenzó a crecer aceleradamente. Para esta década ya existían más de 25 plantas embotelladoras en el territorio nacional, así como también se inicia la instalación de la primer planta de concentrados fuera del país de origen.

Para la década de los 50, la producción anual alcanza la cifra de 120 millones de cajas de bebidas de 24 botellas, lo que trae un fuerte impulso en las industrias de fabricación de botellas de vidrio y corcholatas, industria azucarera y producción de gas carbónico.

Se introducen nuevas presentaciones y sabores para ofrecer nuevas alternativas de consumo. Nace la tecnología para la preparación de bebidas en el punto de venta (Sistema de Posmezclado). Los socios embotelladores comienzan a establecer bodegas dentro de las poblaciones más importantes de sus territorios para así mejorar la capacidad de distribución a los clientes.

En la década de los 60, la industria ya contaba con más de 50 plantas embotelladoras. Gracias a los Juegos Olímpicos en México de 1968 se alcanzan cifras record de producción.

En la década de los 80, se tenían en operación más de 80 plantas embotelladoras, se presentó un proceso de expansión para otorgar a las plantas la capacidad de embotellar las bebidas en envases no retornables. A finales de esta década, llega al mercado una bebida refrescante baja en calorías, misma que se posicionó rápidamente como líder en su segmento de mercado.

En la actualidad se cuenta con una capacidad promedio de 900 botellas por minuto a diferencia de 10 botellas por minuto con las primeras líneas embotelladoras. Se generan más de 80,000 empleos directos, apoyo a aproximadamente 700, 000 pequeños negocios, al igual que se realiza una importante inversión en México, se cuenta con programas de sustentabilidad ambiental y se llevan a cabo eventos deportivos, culturales y de entretenimiento en los que asisten los mexicanos.

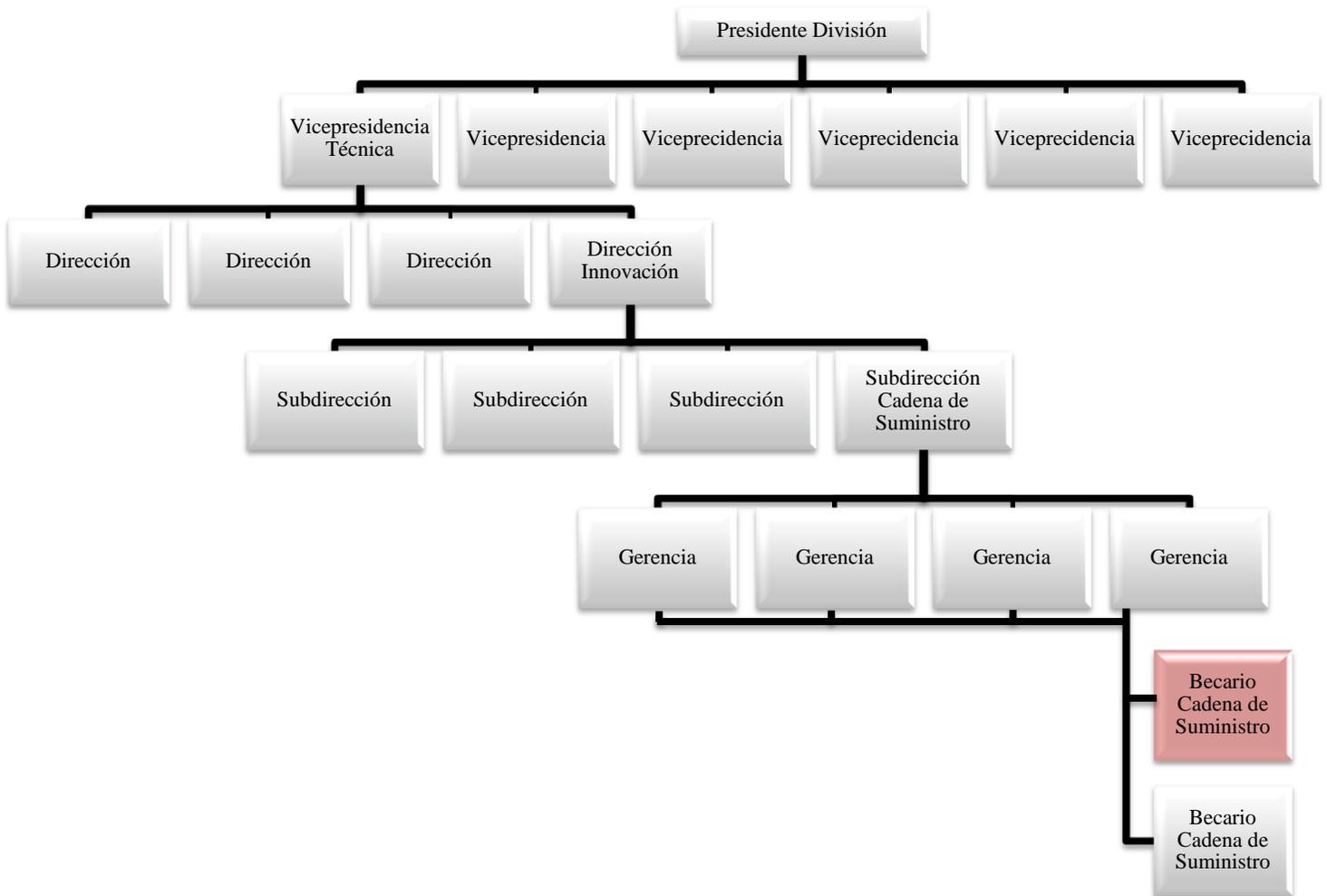
INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA EMBOTELLADOR

La infraestructura del sistema embotellador se puede resumir de la siguiente forma.

- Más de 50 plantas embotelladoras en operación.
- Alrededor de 350 centros de distribución.
- Más de 50 plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Aproximadamente 11,300 rutas de reparto.
- Cerca de 30,000 vehículos de fleteo, distribución y operación.
- Aproximadamente 1.2 millones de puntos de venta.

ORGANIGRAMA DIVISIÓN MÉXICO

El organigrama superior al puesto que desempeñé es el siguiente:



DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

Título de la posición: Becario

Departamento: Cadena de Suministro

Localización del Puesto: Reporta a Gerencias de Cadena de Suministro

▪ **Objetivo del Puesto:**

Apoyar al área de Cadena de Suministro en diversos proyectos y tareas relacionadas con el análisis y diseño de sistemas de producción, distribución, almacenamiento y transporte de los diferentes embotelladores que conforman el Sistema.

▪ **Responsabilidades Clave:**

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EN INFRAESTRUCTURA DE PRODUCCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y ABASTECIMIENTO.

Funciones:

- i. Elaboración de análisis reportes y presentación de capacidades de producción y ventas por embotellador.
- ii. Realizar reportes y presentaciones de los principales indicadores logísticos del sistema embotellador.
- iii. Elaboración y consolidado de reportes relacionados con Excelencia Operacional en el sistema.

DESARROLLAR PROYECTOS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN Y SISTEMAS DE REPOSICIÓN DE INVENTARIOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO.

Funciones:

- i. Analizar diferentes escenarios que permitan obtener los niveles de inventario óptimos. Evaluar y analizar los parámetros que impactan en la planeación de inventarios.
- ii. Mantener contacto con el embotellador y asegurar el alineamiento de Excelencia Operacional entre embotelladores.
- iii. Buscar la posibilidad de aumentar la eficiencia en los sistemas de distribución (nuevos esquemas) y almacenamiento.

ORGANIZACIÓN DE EVENTOS Y REUNIONES DE EVALUACIÓN RELACIONADOS CON LA CADENA DE SUMINISTRO.

Funciones:

- i. Mantenerse en contacto con los proveedores y embotelladores asistentes a los eventos del área.
- ii. Preparación de material a utilizar en cursos, conferencias y actividades llevadas a cabo.
- iii. Mantener información actualizada de proveedores del Sistema Embotellador.

ANÁLISIS DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN Y OPERACIONES.

Funciones:

- i. Realizar simulaciones vinculadas con diferentes proyectos del área.
- ii. Analizar redes de distribución primaria y secundaria.
- iii. Análisis de capacidades de producción, distribución y costos.

INVESTIGACIÓN DE NUEVAS TENDENCIAS Y TECNOLOGÍAS, PRIMER CONTACTO CON PROVEEDORES.

Funciones:

- i. Investigación de nueva tecnología aplicables a la Cadena de Suministro.
- ii. Recomendación de tecnología que permita una mayor productividad en las operaciones relacionadas con la Cadena de Suministro.
- iii. Establecer contacto y evaluar mediante contacto telefónico o citas con los proveedores.

▪ Requerimientos del Puesto:

- **Escolaridad:** Ing. Industrial, Mecánica, Química, o afín.
- **Experiencia:** Ninguna
- **Idiomas:** Inglés, manejo superior a 80% (oral y escrito)
- **Promedio:** Superior a 8.5
- **Créditos:** 60% o superior
- **Software:** Microsoft Office (Nivel Avanzado)
- **Competencias:**
 - Responsabilidad
 - Iniciativa
 - Organización
 - Trabajo en equipo
 - Análisis
 - Creatividad

▪ Contactos:

- Socios Embotelladores
- Proveedores
- Áreas de la compañía de bebidas: Calidad, Empacotecnia, Comercialización, Marketing, entre otras.

Capítulo II

MARCO TEÓRICO

SIMULACIÓN

Simulación se define como la imitación de un sistema dinámico usando un modelo computacional para evaluar y mejorar el desempeño del sistema en cuestión.

La simulación ayuda a probar cualquier tipo de cambio o propuesta antes de que esta se lleve a cabo. En un modelo de simulación la velocidad puede ser variable, es decir, que los eventos de la simulación los podemos presentar de una manera más rápida o más lenta que el tiempo real; de esta manera podemos simular en unos cuantos minutos, todo un día, mes, o un periodo deseado de cierto proceso y evaluar impactos como cambios en la demanda, distribución de planta, infraestructura, etc.

Con un modelo de simulación tenemos la libertad de comprender como un proceso existente se desempeñaría si es modificado o incluso visualizar cómo se comportará un sistema totalmente nuevo antes de que este funcione. Cabe recalcar que la simulación por sí sola no es una herramienta de solución de problemas, es una herramienta para evaluación de diferentes escenarios en la que describe como un sistema se comportará ante diferentes variables, más no describe como debería ser diseñado.

Una simulación es desarrollada como parte de un largo proceso de diseño o mejoramiento de un sistema o proceso. Se generan alternativas para la solución de algún problema, se evalúan y se pasa por un proceso de toma de decisiones en donde la mejor solución se selecciona y se lleva a la realidad con su implementación.

Para realizar una simulación se sigue el método científico donde en primer lugar se formula una hipótesis, posteriormente se establece un experimento (modelo de simulación) con el que se probará la hipótesis formulada y finalmente se concluye sobre la validez de la hipótesis.

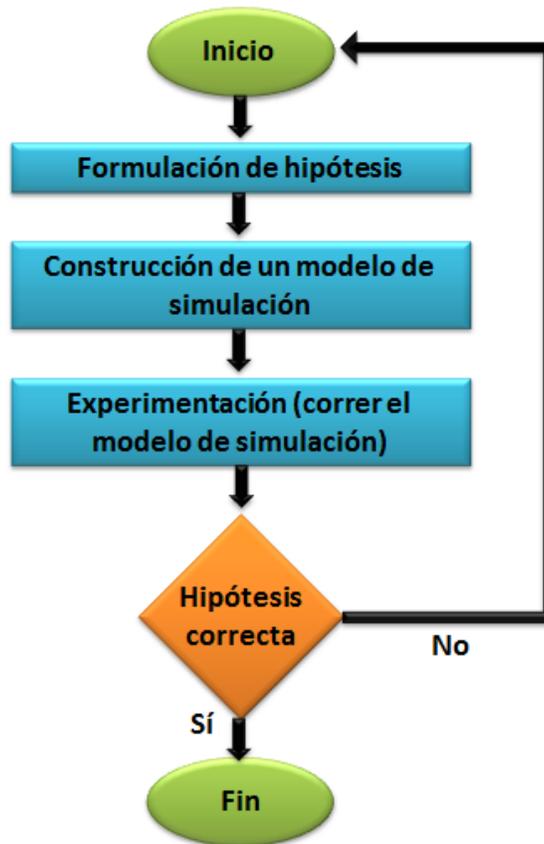


Figura 1: Proceso de diseño/mejoramiento de un sistema

Tipos de Simulación

En materia de simulación se tienen **modelos continuos** donde las relaciones se definen mediante ecuaciones diferenciales y **modelos discretos** donde el comportamiento del sistema se representa por ecuaciones evaluadas en un punto determinado.

Por otro lado los modelos de simulación se clasifican en **modelos dinámicos** en donde el estado del sistema cambia respecto al tiempo y **modelos estáticos** donde el resultado se representa bajo un conjunto de situaciones o condiciones determinadas.

Finalmente los modelos de simulación se pueden clasificar en **simulación estocástica** donde se produce una salida/resultado aleatorio mediante una distribución de probabilidad, por lo que permite tener un solo conjunto de datos de cómo podría comportarse el sistema; y **simulación determinística** la cual se refieren a relaciones constantes entre los cambios de las variables del modelo, es decir, no tiene componentes de entrada aleatorios, solo se necesita correr una vez para obtener resultado precisos.

Dado que la simulación no es aplicable para todo tipo de problemas, esta herramienta para la toma de decisiones se debe utilizar solo si los problemas cumplen las características descritas a continuación:

- Una decisión operacional.
- Procesos bien definidos y repetitivos: que sigan una secuencia lógica y reglas definidas para poder describir cómo opera el proceso a analizar.
- El impacto del costo de la decisión es más grande que el costo de hacer la simulación.
- El costo de experimentar en el sistema real es más grande que el costo de hacer la simulación.

Entre algunos tipos de problemas apropiados para ser abordados con técnicas de simulación encontramos:

- Nuevo diseño
- Evaluación de diseños alternativos
- Rediseño y mejora de procesos existentes

El desarrollo de un modelo de simulación generalmente ayuda en:

- Toma de decisiones estratégicas: distribución geográfica de centros productivos y almacenes, diseño de los centros, redes de transporte, etc.
- Toma de decisiones tácticas: gestión de inventarios, niveles de servicio, etc.
- Mejora operacional: cambios en redes de transporte, adecuación de los medios ante la fluctuación de la demanda, etc.

Proceso Iterativo de Simulación

Para llevar a cabo un proyecto de simulación exitoso, es necesario llevar a cabo las siguientes actividades.

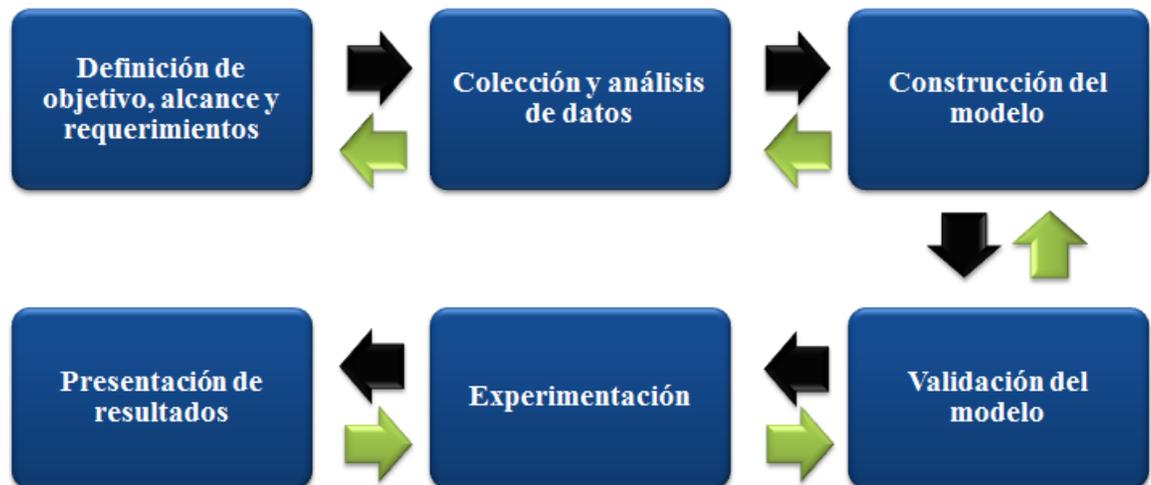


Figura 2: Proceso de simulación

SISTEMA

Sistema se define como un conjunto de elementos que se interrelacionan para lograr una meta deseada.

En los sistemas se procesan elementos a través de una serie de actividades, los sistemas se consideran dinámicos ya que los elementos interactúan en el tiempo.

En teoría de simulación un sistema se conforma por:

- **Entidades:** elementos procesados a través del sistema (productos, camiones, clientes, etc.), es el responsable de que el estado del sistema cambie. Poseen atributos útiles para diferenciar las entidades.
- **Actividades:** tareas realizadas en el sistema. Se encuentran directa o indirectamente involucradas en el procesamiento de las entidades (procesamiento, movimiento, etc.)
- **Localizaciones:** lugares en los que los elementos se detienen para ser transformados o esperar a serlo (máquinas, almacenes, bandas transportadoras, etc.). Cuentan con características específicas como (tiempo de procesamiento, velocidad, capacidad, entre otras).

- **Recursos:** medios necesarios para llevar a cabo una operación (montacargas, operadores, etc.). Estos dispositivos se trasladan de acuerdo a los requerimientos.
- **Controles:** proporcionan la información lógica de cómo debe operar el sistema, es decir, indican el orden del sistema, cómo, cuándo y dónde se realizan las actividades.



Figura 3: Elementos de un Sistema

Variables en un Sistema

Condiciones cuyos valores se crean y modifican por medio de ecuaciones matemáticas y relaciones lógicas. Ayudan a comprender cómo los elementos de un sistema afectan entre sí y los objetivos del desempeño global del sistema.

- **Variables de Decisión:** variables independientes, al cambiar sus valores afecta el comportamiento del sistema.
- **Variables de Respuesta:** variables de desempeño, miden el comportamiento del sistema en respuesta a una variable de decisión establecida, por lo que las variables de respuesta son variables dependientes.
- **Variables de Estado:** indican la situación del sistema en un punto específico en el tiempo. También son variables dependientes ya que su comportamiento depende de las variables de decisión establecidas y características de operación.

Un **evento** es un cambio en el estado actual del sistema.

Métricas de Desempeño de un Sistema

A continuación se describen algunas métricas de desempeño de un sistema, mismas que ayudan en el análisis de resultados y para la toma de decisiones.

- **Flujo de Tiempo:** se refiere al tiempo promedio que toma a una entidad ser procesada a través de las distintas localizaciones en el sistema. El flujo de tiempo se puede acortar al reducir los tiempos de las actividades que contribuyen a ésta métrica, por ejemplo disminuyendo el trabajo en proceso o asignando un mayor número de recursos.
- **Utilización:** corresponde al porcentaje de tiempo programado en donde los recursos y localizaciones se encuentran en uso. Para incrementar la utilización de los elementos del sistema se debe aumentar su demanda, reducir su cantidad o capacidad.
- **Valor agregado al tiempo:** cantidad de tiempo en que las entidades reciben valor (actividades o procesos que hacen le dan función o forma al producto o servicio, actividades por las que el cliente está dispuesto a pagar), es decir el tiempo ocupado para una transformación física o servicio.
- **Tiempo de espera:** cantidad de tiempo que las entidades invierten esperando ser procesadas o atendidas, es el mayor componente del tiempo sin valor agregado. Una manera de disminuir esta métrica es reduciendo el número de artículos en el sistema, agregando recursos adicionales o disminuyendo la variación e independencia en el sistema.
- **Velocidad de Flujo:** es el número de entidades procesadas o atendidas por unidad de tiempo (partes/clientes por hora). Para aumentar este indicador se necesita una mejor administración y utilización de recursos y localizaciones.
- **Niveles de Inventario / Líneas de Espera:** número de entidades en áreas de almacenamiento o de espera. Lo recomendable es mantener los niveles de las líneas de espera al mínimo para alcanzar el objetivo en el tiempo de respuesta requerido, estas métricas se presentan cuando no se dispone de recursos y localizaciones cuando se necesitan.

OPTIMIZACIÓN

Optimización se define como una actividad que consiste en encontrar el escenario correcto para las variables de decisión que mejor satisface el desempeño de un proceso.

Una optimización procura obtener la mejor combinación de valores de las variables de decisión que minimicen o maximicen una función objetivo (variable de respuesta del sistema).

RED DE DISTRIBUCIÓN

Una red de distribución para el transporte de mercancías surge de la necesidad de conectar los productos desde el punto de producción hasta los consumidores. La estructura de una red de distribución se compone principalmente por:

- **Centros** geográficamente dispersos en los que la materia prima, productos en proceso y productos terminados son adquiridos, transformados, almacenados o vendidos.
 - **Plantas:** centros productivos en donde se efectúan transformaciones a los productos
 - **Centro de distribución:** se reciben, almacenan y distribuyen productos.
- **Redes de transporte:** conectan los centros a través de los cuales fluyen los productos. Comúnmente se representan mediante nodos que representan a los centros y arcos entre los nodos para representar las conexiones de transporte habilitadas para la gestión de la red.

Los costos de distribución representan un componente importante en el costo total de un producto. Con lo anterior se justifica el objetivo perseguido por una red de distribución que consiste en minimizar el costo total de una determinada demanda para de esta manera garantizar la competitividad entre las empresas del mismo sector.

Entre los aspectos que se incluyen en el costo total se encuentran:

- Costo de materia prima
- Costos de transporte
- Costos de fabricación (directos e indirectos)
- Costos de almacenamiento (directos e indirectos)
- Costos de mantenimiento

Cuando se construye un modelo de simulación se puede realizar en función de toda la red de distribución o bien solo una parte.

Los modelos de simulación son capaces de contemplar los costos de diferentes alternativas de funcionamiento y aportar información sobre las ventajas y desventajas de cada alternativa.

Tipos de Modelos para una Red de Distribución

- **Modelos de Predicción:** utilizados para describir la demanda futura de productos a ser elaborados por la empresa, así como aspectos relacionados a los costos de materia prima.
- **Modelos de Costos:** describen la evolución de costos directos e indirectos en función de parámetros significativos que actúan sobre ellos.
- **Modelos de Simulación:** describen el comportamiento a lo largo del tiempo de toda o una parte de la red de distribución en función de parámetros significativos y estrategias de funcionamiento.
- **Modelos de Optimización:** permiten determinar el punto de diseño o punto de funcionamiento óptimo de un sistema.

Capítulo III

PROYECTOS REALIZADOS EN LA COMPAÑÍA DE BEBIDAS

Circuito de Distribución Primaria Embotellador Región Centro

Estudio Flujos de Transporte Embotellador Bebidas no Carbonatadas

Circuito Distribución Primaria Embotellador Región Norte

Rediseño APT Embotellador Región Centro

CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA EMBOTELLADOR REGIÓN CENTRO

Objetivo Determinar el número mínimo de transportes necesarios para distribución primaria (Planta - Centro de Distribución) comparando un sistema tradicional para atención de camiones dentro de planta y un sistema *Drop and Hook*.

Consideraciones

- 1 Planta de Producción
- 10 Centros de Distribución
- **Ventanas de atención:** 3 turnos
- **Andenes en planta:** 2 (con restricción a 1 andén en horas pico)
- **Andenes en Centros de Distribución:** 1

Desarrollo de la Solución

Este proyecto surgió de la necesidad que tenía el socio embotellador para conocer el número de camiones que serían necesarios para realizar la distribución de los productos del almacén de producto terminado que se encuentra dentro de la planta de producción a los centros de distribución que conforman la red de abastecimiento del embotellador.

Para lo anterior el socio propuso la implementación de un sistema *Drop & Hook* el cual consiste en el desacople y acople de los equipos sustituyendo las actividades de carga y descarga, es decir que mientras una unidad se encuentra en ruta, los remolques están siendo cargados con los productos que se requieren distribuir y una vez finalizada esta actividad los remolques se colocan en un patio con el apoyo de un tracto que realiza estas maniobras. Cuando la unidad que se encontraba en ruta regresa a la planta pasa a patio donde se encuentra el remolque con producto cargado, se realiza el desacople del remolque que regresa vacío y se acopla el remolque con producto para que esta unidad salga de nuevo a otro recorrido.

En un sistema tradicional para la atención a camiones mientras un camión se encuentra en ruta las únicas actividades que se pueden realizar para lograr acortar el tiempo de atención en los camiones en planta pueden ser tener lista la orden de pedido que el camión va a distribuir o quizá acercar los productos a una zona cercana al área de carga siempre y cuando el producto no estorbe el tránsito de montacargas y personal, sin embargo, una vez que el camión llegue a la planta, se tendrá que estacionar en los andenes de descarga y carga y proceder a realizar actividades de descarga en caso de devoluciones y carga con los productos que se requieran distribuir.

Con un sistema *Drop & Hook* se logra reducir el tiempo de atención de los camiones en un 66% comparándolo con un sistema tradicional.

➤ **Lógica de Programación**

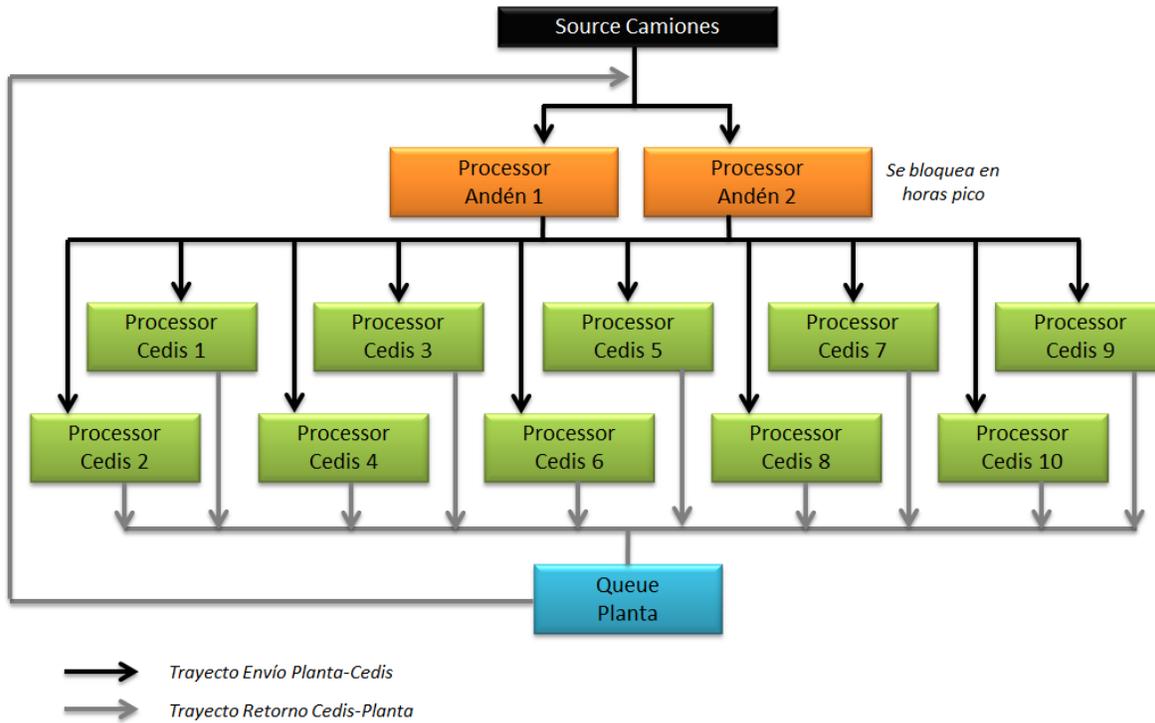


Figura 4: Diagrama de programación (Circuito de distribución para embotellador región centro)

A partir del objeto *Source* se crean los ítem "Camiones" los cuáles serán las entidades a atender dentro de los objetos *Processor*, estos últimos corresponden a los andenes que tienen la característica que determina el tiempo de atención de las unidades en cada uno de los centros de distribución así como en la planta.

Se establecieron dos *Processors* para atender los camiones dentro de planta (Andén 1 y Andén 2), estas localizaciones se encuentran conectadas mediante un puerto de entrada con el *Source*, adicionalmente se realizó una conexión mediante un puerto de salida hacia las 10 localizaciones de los centros de distribución, para que el camión al salir de la planta se dirija a la localización que le corresponde, todo esto a través de *NetworkNodes*, los cuales son recursos que determinan la trayectoria por la cual deben fluir las entidades "Camiones" hacia sus destinos, respetando distancia, tiempo de traslado y velocidad máxima de recorrido.

Una vez que los camiones terminan de ser atendidos en los Cedis, van de regreso hacia la planta mediante los *NetworkNodes*, sin embargo en este caso los andenes en los Cedis se encuentran conectados mediante un puerto de salida hacia un *Queue* el cual representa el patio dentro de planta donde los camiones esperan para ser atendidos nuevamente.

Cuando uno o los dos andenes de la planta se desocupan, entra a ser procesado otro camión de los que se encontraban en el *Queue*, mismos que ya realizaron un recorrido hacia un Cedis anteriormente.

Cada uno de los *Processor* en los Cedis cuentan con un control (*Trigger – On Entry: Close and Open Ports*) para determinar el número de camiones que debe recibir, este control se ejecuta cada vez que entra una entidad a la localización, va contando el número de elementos que se han procesado y una vez que se alcanza el número total de entidades que se debían recibir se cierra el puerto, de tal manera que no permite que lleguen más entidades a dicha localización, con esto se determina la demanda de camiones que recibe cada Cedis en un día.

Se introdujeron en el modelo de programación los valores para cada uno de los elementos en el modelo que afectan al sistema.

- Secuencia con n transportes (*Source*).
- Tiempo de atención en planta (*Processor Andén*).
- Tiempo de atención en centros de distribución (*Processor Cedis*).
- Distancia de recorrido viaje sencillo para trayecto de envío y de retorno (*Network Nodes*).
- Velocidad de recorrido viaje sencillo para trayecto de envío y de retorno (*Network Nodes*).
- Camiones atendidos por Cedis (*Processor Cedis*).

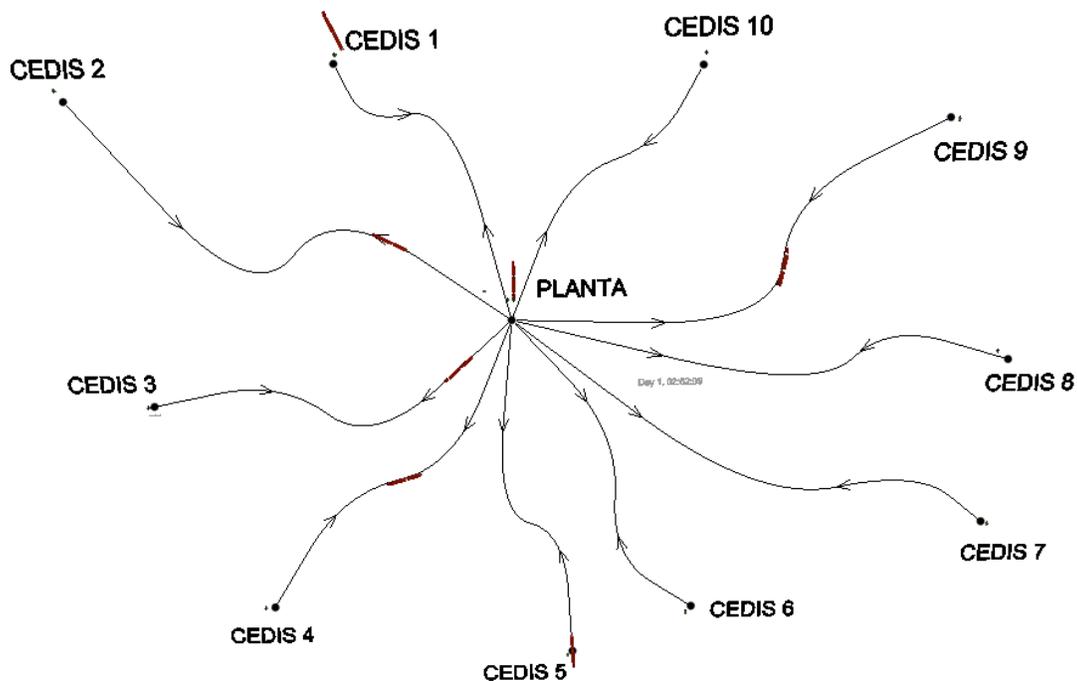


Figura 5: Modelo de Simulación (Circuito de distribución para embotellador región centro)

Se corrió el modelo de simulación para cada uno de los sistemas (Tradicional y *Drop & Hook*) modificando el número de entidades “Camiones” que se generan en el *Source* hasta llegar al número mínimo de unidades para realizar la operación de distribución de la planta a los centros de distribución en un día. Todo este análisis se realizó con información pronosticada para temporada de mayor venta.

Calculo de Utilización de Activos - Transporte

$$Utilización\ de\ Activos = \frac{Total\ Horas\ Utilizadas}{Total\ Horas\ Disponibles}$$

Dónde:

$Total\ Horas\ Utilizadas = Horas\ Utilizadas\ en\ un\ día \times Días\ de\ operación\ mensual$

$Total\ Horas\ Disponibles = \# transportes \times Días\ de\ Operación\ mensual \times 24\ horas$

Al reducir el número de transportes utilizados en la operación de distribución primaria (Planta - Cedis) que se realiza diariamente, se incrementa el indicador de Utilización de Activos.

Resultados Operación Actual (Sistema Tradicional)

➤ **Escenario 1.1:** En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos al correr la simulación con 12 unidades para realizar la operación de un día.

- Operación con 12 Camiones
- Utilización de Activos (Transporte) 61.70%

Tabla 2: Resultados sistema tradicional con 12 unidades

# Tracto	Ruta	Andén Planta Entrada	Andén Cedis Entrada	Espera [hr:min]	Utilización
1	Cedis 1	00:00	04:52		96%
	Cedis 1	12:40	17:32	🔴 02:04	
2	Cedis 2	00:00	02:52		67%
	Cedis 1	06:01	10:53	🟢 00:00	
3	Cedis 3	00:52	02:44		42%
	Cedis 4	05:12	08:04	🔴 00:10	
4	Cedis 4	00:52	03:44		46%
	Cedis 5	07:27	09:49	🟢 00:00	
5	Cedis 5	01:44	04:06		46%
	Cedis 2	06:53	09:45	🔴 00:08	
6	Cedis 6	01:44	03:36		33%
	Cedis 3	06:08	08:00	🟢 00:00	
7	Cedis 7	02:36	05:28		50%
	Cedis 8	10:56	12:48	🔴 02:19	
8	Cedis 9	02:36	04:48		54%
	Cedis 4	09:12	12:04	🔴 01:07	
9	Cedis 2	03:28	06:20		67%
	Cedis 4	12:56	15:48	🔴 03:27	
10	Cedis 3	03:28	05:20		42%
	Cedis 9	08:20	10:32	🔴 00:42	
11	Cedis 6	04:20	06:12		75%
	Cedis 1	11:48	16:40	🔴 03:04	
12	Cedis 10	04:20	06:12		46%
	Cedis 2	10:04	12:56	🔴 01:43	

FUENTE: Elaboración propia

En la columna “Ruta” se especifica el Cedis que visita cada unidad (tracto). En la columna “Espera” se determinan las horas y minutos que el camión debe esperar dentro del patio de maniobras para que los andenes de atención se desocupen cada vez que el camión regresa de un recorrido hacia un Cedis.

➤ **Escenario 1.2:** En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos al correr la simulación con 8 unidades (número mínimo de camiones necesarios para completar la operación en un día).

- Operación con 8 Camiones
- Utilización de Activos (Transporte) 89.02%

Tabla 3: Resultados sistema tradicional con 8 unidades

# Tracto	Ruta	Andén Planta Entrada	Andén Cedís Entrada	Espera [hr:min]	Utilización	
1	Cedis 1	00:00	04:52		100%	
	Cedis 4	10:36	13:28			00:00
	Cedis 1	17:11	22:03			00:00
2	Cedis 2	00:00	02:52		83%	
	Cedis 1	06:01	10:53			00:00
	Cedis 8	16:40	18:32			00:03
3	Cedis 3	00:52	02:44		92%	
	Cedis 2	05:02	07:54			00:00
	Cedis 1	12:20	17:12			01:17
4	Cedis 4	00:52	03:44		75%	
	Cedis 5	07:27	09:49			00:00
	Cedis 2	13:12	16:04			00:44
5	Cedis 5	01:44	04:06		54%	
	Cedis 3	06:53	08:45			00:08
	Cedis 3	11:28	13:20			00:25
6	Cedis 6	01:44	03:36		79%	
	Cedis 4	06:08	09:00			00:00
	Cedis 4	14:56	17:48			02:13
7	Cedis 7	02:36	05:28		71%	
	Cedis 2	08:56	11:48			00:19
	Cedis 10	15:48	17:40			00:51
8	Cedis 9	02:36	04:48		67%	
	Cedis 6	08:05	09:57			00:00
	Cedis 9	14:04	16:16			01:35

FUENTE: Elaboración propia

Para el operación actual (sistema tradicional) se logra reducir el número de camiones necesarios para realizar la operación comenzando con 12 camiones y llegando a 8 camiones como mínimo, con una utilización de activo de 61.70% a 89.02% respectivamente. Por lo que se puede verificar que en el segundo escenario se tiene un mayor aprovechamiento de los activos.

Resultados Implementando un Sistema Drop and Hook

➤ **Escenario 2.1:** En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos al correr la simulación con 12 unidades para realizar la operación de un día.

- Operación con 12 Camiones
- Utilización de Activos (Transporte) 57.82%

Tabla 4: Resultados sistema *Drop & Hook* con 12 unidades

# Tracto	Ruta	Andén Planta	Andén Cedis	Espera		Utilización
		Entrada	Entrada	[hr:min]		
1	Cedis 1	00:00	04:18			42%
2	Cedis 2	00:00	02:18			63%
	Cedis 1	05:44	10:02		00:17	
3	Cedis 3	00:18	01:36			38%
	Cedis 2	03:54	06:12		00:00	
4	Cedis 4	00:18	02:36			63%
	Cedis 2	10:13	12:31		03:54	
5	Cedis 6	00:36	01:54			38%
	Cedis 4	04:26	06:44		00:00	
6	Cedis 5	00:36	02:24			75%
	Cedis 3	05:03	06:21		00:00	
	Cedis 1	08:39	12:57		00:00	
7	Cedis 7	00:54	03:12			83%
	Cedis 1	11:28	15:46		05:07	
8	Cedis 9	00:54	02:32			46%
	Cedis 2	07:03	09:21		01:14	
9	Cedis 8	01:12	02:30			33%
	Cedis 9	04:48	06:26		00:00	
10	Cedis 10	01:12	02:30			29%
	Cedis 5	04:39	06:27		00:00	
11	Cedis 3	02:36	03:54			46%
	Cedis 4	08:10	10:28		01:58	
12	Cedis 6	03:08	04:26			58%
	Cedis 4	11:53	14:11		04:55	

FUENTE: Elaboración propia

➤ **Escenario 2.2:** En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos al correr la simulación con 7 unidades (número mínimo de camiones necesarios para completar la operación en un día).

- Operación con 7 Camiones
- Utilización de Activos (Transporte) 90.33%

Tabla 5: Resultados sistema *Drop & Hook* con 7 unidades

# Tracto	Ruta	Andén Planta	Andén Cedis	Espera		Utilización
		Entrada	Entrada	[hr:min]		
1	Cedis 1	00:00	04:18			75%
	Cedis 9	10:13	11:51		00:11	
	Cedis 8	15:08	16:26		00:00	
2	Cedis 2	00:00	02:18			96%
	Cedis 5	05:27	07:15		00:00	
	Cedis 3	09:55	11:13		00:01	
	Cedis 1	13:31	17:49		00:00	
3	Cedis 4	00:18	02:36			100%
	Cedis 6	06:20	07:38		00:01	
	Cedis 7	10:31	12:49		00:21	
	Cedis 1	15:58	20:16		00:00	
4	Cedis 3	00:18	01:36			63%
	Cedis 2	03:54	06:12		00:00	
	Cedis 4	09:21	11:39		00:00	
5	Cedis 5	00:36	02:24			75%
	Cedis 3	05:03	06:21		00:00	
	Cedis 2	08:39	10:57		00:00	
	Cedis 2	14:07	16:25		00:01	
6	Cedis 6	00:36	01:54			79%
	Cedis 4	04:26	06:44		00:00	
	Cedis 10	10:49	12:07		00:22	
	Cedis 4	14:26	16:44		00:10	
7	Cedis 9	00:54	02:32			58%
	Cedis 1	05:49	10:07		00:00	

FUENTE: Elaboración propia

Para la operación con un sistema *Drop and Hook* se reduce el tiempo de atención de los camiones dentro de planta en un 65.38%. Con lo anterior se logra reducir el número de camiones necesarios para realizar la operación de 12 a 7 con una utilización de activo de 57.82% a 90.33% respectivamente.

Análisis de Resultados

Comparando el sistema tradicional con el sistema *Drop and Hook*, a pesar de reducir drásticamente el tiempo de atención de camiones dentro de los andenes, solo se deja de utilizar un camión para realizar la operación de un día.

Por otro lado, en el sistema *Drop and Hook* se tiene un menor número de camiones que deben esperar para poder ser atendidos, ya que el tiempo de atención a camiones disminuye, sin embargo, para implementar un sistema de este tipo es necesario contar con un patio donde se puedan colocar los remolques ya cargados con producto y donde también se puedan realizar las maniobras de desenganche y enganche una vez que lleguen los camiones que se encontraban en ruta.

Es importante recalcar que se comenzaron a detectar áreas de mejora desde la operación actual (sistema tradicional) ya que no se pensaba que se pudiera reducir el número de transportes necesarios para la distribución de producto, estas mejoras se pueden implementar de manera inmediata ya que no se requiere inversión inicial y los transportes que se dejan de utilizar pueden ser reasignados a otra operación o incluso venderlos mediante su valor de depreciación.

Finalmente para los dos sistemas se recomienda permanecer con camiones de reemplazo para no afectar al sistema en caso de algún contratiempo, fallas mecánicas, así como para llevar a cabo tareas de mantenimiento preventivo de las unidades.

ESTUDIO FLUJOS DE TRANSPORTE EMBOTELLADOR BEBIDAS NO CARBONATADAS

Simulación maniobras de camiones dentro de patios en planta de producción

Objetivo Determinar el flujo máximo de transportes de distribución dentro de los patios en la planta de producción y número de andenes por tipo de distribución con base en el crecimiento de demanda.

Consideraciones

- Cuatro categorías de distribución:
 - Materia prima (Base de las bebidas)
 - Materia prima (Saborizantes)
 - Producto terminado a temperatura ambiente
 - Producto terminado a temperatura controlada
- Solo se permite un transporte en la puerta de entrada/salida

Desarrollo de la Solución

Como primer paso se realizó un análisis con las dos categorías de distribución más importantes dentro de planta debido al volumen que se maneja: Materia prima (Base de las bebidas) y Distribución de producto terminado a temperatura ambiente.

La base de las bebidas es el principal componente de los productos elaborados en la planta, por lo que a partir de este insumo se satisface la demanda de los productos derivados. Para el caso de producto terminado a temperatura ambiente consume más del 60% de la materia prima (base de las bebidas) a diferencia de los otros productos que demandan una menor cantidad, el producto terminado se traslada a una bodega externa por falta de espacio en el almacén con un par de camiones que realizan varios recorridos durante todo el día.



Figura 6: Modelo de Simulación (Flujos de transporte base de las bebidas y producto terminado)

➤ **Lógica de Programación**

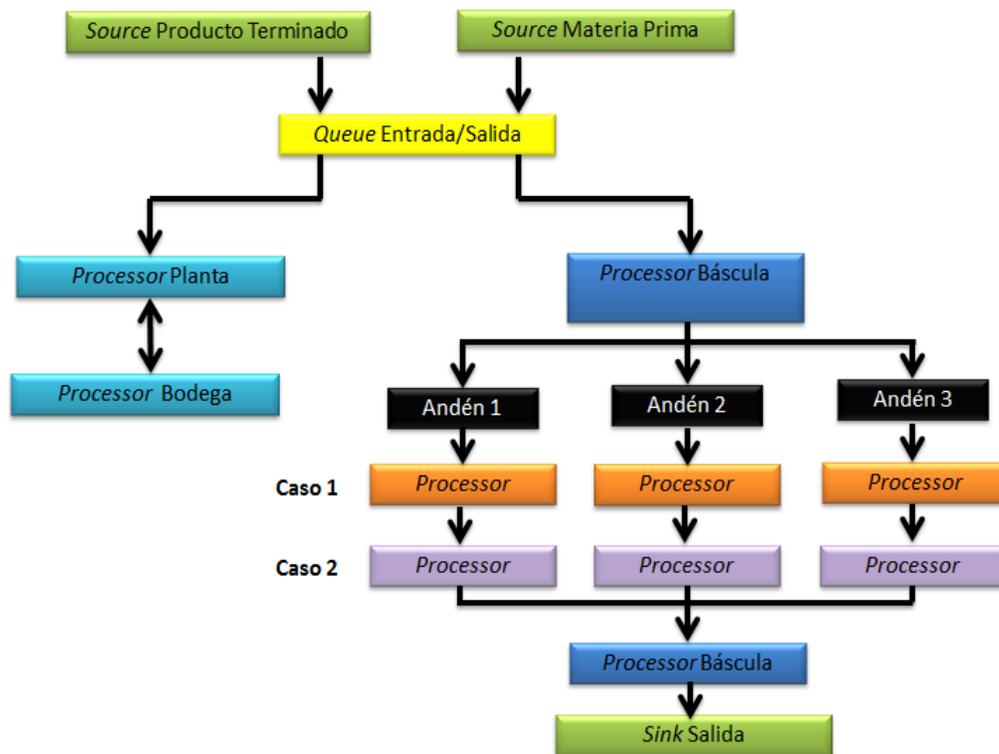


Figura 7: Diagrama de programación (Flujos de transporte base de las bebidas y producto terminado)

Se crean las entidades en los objetos *Source* y se asigna un valor de *Itemtype* lo cual determinará el tipo de distribución del que se trata (Producto terminado o Materia prima), así como también la capacidad del camión (Caso 1 y Caso 2) para la distribución de Materia Prima ya que de la capacidad del transporte dependerá el tiempo de atención dentro del andén. Los elementos *Source* se encuentran conectados mediante un puerto de salida a un *Queue* en donde se representa la puerta de entrada/salida de la nave, y tiene la restricción de solo procesar un elemento a la vez, finalmente en esta localización se lleva a cabo la separación entre los dos tipos de distribución para enviar cada camión a sus correspondientes andenes mediante un puerto de salida.

Por otro lado, las localizaciones *Processor* representan los andenes destinados a atender cada tipo de distribución, cuentan con la orden del tipo de *Itemtypes* (distribución) que pueden recibir, todas estas instrucciones de programación se hicieron mediante códigos de programación conocidos como *Triggers*. Todas las localizaciones *Processor* incluyen la suma de los tiempos operativos en los que se llevan a cabo todas las actividades para atender a los transportes (descarga, carga, limpieza, entre otras).

Para el caso de la distribución de materia prima, se establece un número infinito para la creación de entidades, ya que en este caso de desea conocer en número máximo de entidades que se pueden procesar en un día. El elemento *Source* se conecta mediante un puerto de salida a una localización *Processor* “Báscula” en donde se especifica el tiempo de atención para las entidades (representando a una báscula para medir la cantidad de producto que ingresa a la planta), posteriormente de la localización “Báscula” se conecta a otras localizaciones *Processor* (representando los andenes de descarga de materia prima) y según sea el caso de la capacidad del camión se tardará determinados segundos en atender las entidades. A continuación se conectan los *Processor* “Andenes” a otro *Processor* “Báscula”, los dos objetos que representan las básculas se encuentran ligados mediante un recurso para que de tal manera solo funcione uno a la vez. Finalmente las entidades llegan a un *Sink* “Salida” para que los elementos desaparezcan del modelo una vez que terminaron de ser procesados en todas las localizaciones que le corresponden.

En el caso de la distribución de producto terminado, se establece un número definido de entidades “Camiones”, los cuales realizan varios recorridos para trasladar el producto terminado de la planta de producción a la bodega externa, las entidades serán procesadas en las localizaciones *Processor* “Planta” y *Processor* “Bodega”, las cuales representan los andenes en cada lugar, cuentan con la característica de solo atender a una entidad a la vez. El *Processor* “Planta” se encuentra conectado mediante un puerto de salida al *Processor* “Bodega” y este último se conecta mediante un puerto de salida al *Queue* simulando la puerta de entrada y salida para que una vez que las entidades regresen a la planta vuelva a iniciar otro ciclo.

Resultados

En la Tabla 6 se muestran los resultados con base en la primera fase de simulación realizada con los dos principales tipos de distribución.

Tabla 6: Resultados operación flujos de transporte base de las bebidas y producto terminado a temperatura ambiente

Objeto	Tipo	% Tiempo procesando	Total elementos procesados	Tiempo promedio de atención [s]
Bascula Entrada Materia Prima	<i>Processor</i>	23.44%	15	1,940
Camiones Materia Prima	<i>Source</i>	0.00%	15	231
Anden 1	<i>Processor</i>	93.94%	4	19,298
Anden 2	<i>Processor</i>	93.36%	4	17,925
Anden 3	<i>Processor</i>	92.86%	5	13,578
Bascula Salida Materia Prima	<i>Processor</i>	14.32%	13	1,208
Camiones Producto Terminado	<i>Source</i>	0.00%	2	0
Anden Planta Carga PT	<i>Processor</i>	78.18%	18	3,601
Anden Bodega Descarga PT	<i>Processor</i>	0.00%	17	1,800

FUENTE: Elaboración propia

Posteriormente se realizó un análisis considerando los cuatro tipos de distribución, así como el tiempo de maniobras que se lleva desde que el camión llega a la puerta de entrada de la planta hasta que lo estaciona en el andén correspondiente a su tipo de distribución y viceversa, esto último se modeló mediante una serie de *NetworkNodes* los cuales cuentan con la distancia de la trayectoria y la velocidad a la que deben viajar los camiones.

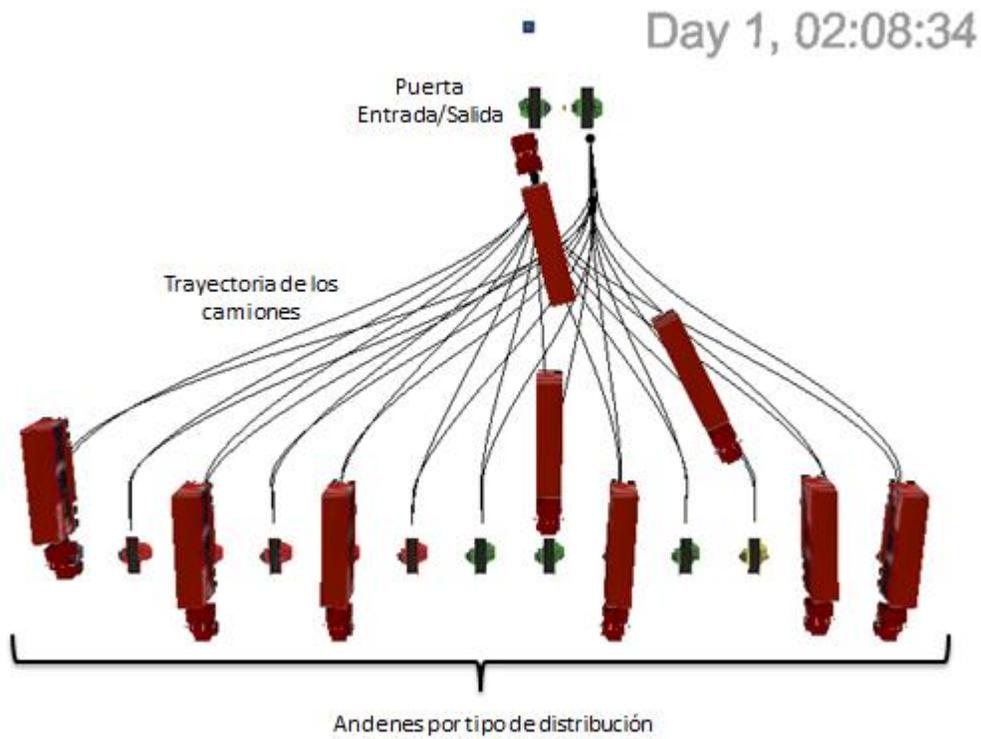


Figura 8: Modelo de simulación (Flujos de transporte con las cuatro categorías de distribución)

➤ **Lógica de Programación**

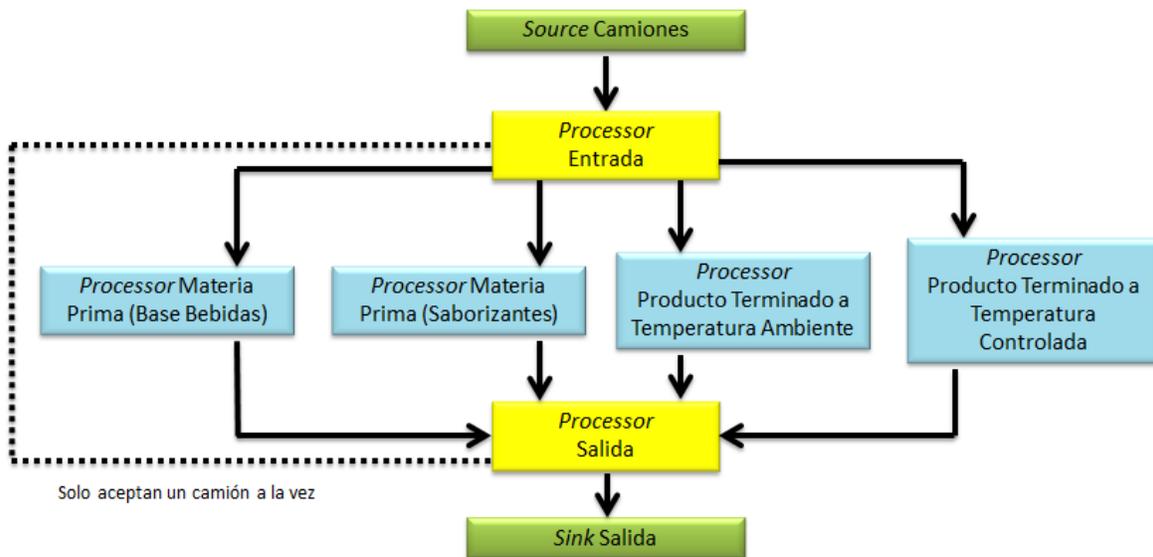


Figura 9: Diagrama de programación (Flujos de transporte con las cuatro categorías de distribución)

Como se desea conocer el número máximo de camiones por tipo de distribución que pueden ser procesados en cada uno de los andenes destinados a ello, en el objeto *Source* se estableció un número infinito para generar las entidades en modo secuencia. El objeto *Source* se encuentra conectado mediante un puerto de salida a un *Processor* “Entrada” para simular la puerta de entrada a la nave, y éste último se encuentra conectado a los *Processor* “Materia prima (base de las bebidas)”, “Materia prima (saborizantes)”, “Producto terminado a temperatura ambiente” y “Producto terminado a temperatura controlada” que corresponden a los andenes destinados a atender cada tipo de distribución.

Las entidades “Camiones” circulan a través de *NetworksNodes* los cuales cuentan con la distancia de la puerta al andén, así como el tiempo de maniobra para estacionar el camión como es debido. A continuación los *Processor* de los andenes se conectan a otro *Processor* “Salida” que representa la puerta de salida de la nave, el cual se encuentra ligado al *Processor* “Entrada” mediante un recurso (conexión central) para que de tal manera solo puedan procesar entidades uno de ellos y no ambos ya que solo puede entrar o salir un camión a la vez. Finalmente el *Processor* “Salida” se conecta por un puerto de salida a un *Sink* para que las entidades salgan del modelo.

Se corrieron varias simulaciones modificando los tiempos de atención para la distribución de Materia Prima (base de bebidas) y la distribución de Producto Terminado a temperatura controlada mediante asignación de recursos y capacidad de las localizaciones con la finalidad de determinar el número máximo de trasportes de los cuatro tipos de distribución que pueden ser atendidos dentro de los andenes en la planta sin afectar los valores obtenidos en el primer ejercicio ya que dichos valores cumplen con la demanda pronosticada para los siguientes años. En la Tabla 7 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 7: Resultados operación flujos de transporte con las cuatro categorías de distribución.

Tipo de distribución	# Trasportes máximos que pueden ser atendidos	Crecimiento máximo
Materia prima (Base de bebidas)	13	7.69%
Materia prima (Saborizantes)	5	60%
Producto Terminado a Temperatura Ambiente	45	44%
Producto Terminado a Temperatura Controlada	26	80%

FUENTE: Elaboración Propia

Es claro determinar que los tiempos de atención dentro de los almacenes se pueden reducir al modificar las operaciones individuales lo que requiere inversión en equipos y personal para llevar a cabo las labores en menor tiempo posible, tal como se hizo en el ejercicio anterior.

Finalmente se evaluó la operación retirando la actividad de limpieza de los transportes de Materia prima (Base de bebidas) dentro del área de andenes y situándola en un patio dentro de la misma nave. Esta decisión se toma ya que este tipo de distribución al proporcionar la base de las bebidas se debe maximizar al mayor número de transportes atendidos para poder satisfacer un crecimiento en la demanda de dicho insumo.

La actividad de limpieza se lleva a cabo en un promedio de n minutos, por lo que dentro del modelo de simulación en *Flexsim*, se le restaron los segundos requeridos a los andenes destinados a atender este tipo de distribución ya que al no realizar esta actividad dentro de los andenes, se disminuye el tiempo de estadía de los camiones en dichos servidores. En la Tabla 8 se muestran los resultados obtenidos al simular el cambio mencionado:

Tabla 8: Resultados operación flujos de transporte con las cuatro categorías de distribución sin proceso de limpieza dentro de los andenes

Tipo de distribución	# Transportes máximos que pueden ser atendidos	Crecimiento máximo
Materia Prima (Base de Bebidas)	21	42.85%
Materia Prima (Saborizantes)	5	60%
Producto Terminado a Temperatura Ambiente	53	52.83%
Producto Terminado a Temperatura Controlada	33	84%

FUENTE: Elaboración propia

Con lo anterior se puede demostrar que la actividad de limpieza de los camiones es un factor determinante que en caso de realizarlo fuera de los andenes donde se descarga el insumo, se puede obtener un importante incremento no solamente en el los transportes de distribución de Materia prima (Base de bebidas) ya que también se tiene una mejora en el sistema completo teniendo mayor oportunidad para atender otros tipos de distribuciones en caso de crecimiento de la demanda.

CIRCUITO DISTRIBUCIÓN PRIMARIA EMBOTELLADOR REGIÓN NORTE

Optimización en el Uso de Activos

Objetivo Asignación óptima de activos mediante circuitos de distribución primaria maximizando su porcentaje de utilización considerando el crecimiento de demanda pronosticado.

Consideraciones

- Dos territorios de venta
- n Plantas de Producción
- n Centros de Distribución
- **Ventanas de Atención:** 2 y 3 turnos
- **Andenes en Centros de Distribución:** 1 y 2 andenes para los CEDIS que atienden mayor demanda
- Uso de camiones de doble remolque para carreteras que lo permitan
- Evaluación de posibles inversiones para satisfacer la demanda

Desarrollo de la Solución

Se corrieron diferentes escenarios mediante un Diagrama de Simulación a Mano (mapeo de la operación de distribución) modificando el número de ventanas de atención y los andenes disponibles para atender a los transportes de distribución primaria dentro de los Cedis, buscando reducir el número de transportes necesarios para la operación diaria.

Un diagrama de simulación a mano es útil para realizar una simulación de un modelo orientado a eventos discretos, es necesario formalizar los distintos eventos que afectan a las variables de interés en el estudio, los instantes de tiempo en los que dichos eventos se pueden presentar, al igual que las actividades que deben realizarse como consecuencia de la aparición de tales eventos.

Para medir la utilización de las unidades, se utilizó el indicador de utilización de Activos – Transporte (mismo que se utilizó en el circuito de distribución primaria embotellador región centro).

$$\text{Utilización de Activos} = \frac{\text{Total Horas Utilizadas}}{\text{Total Horas Disponibles}}$$

Dónde:

Total Horas Utilizadas = Horas Utilizadas en un día × Días de operación mensual

Total Horas Disponibles = # transportes × Días de Operación mensual × 24 horas

Escenarios generados:

- Una ventana de atención, 1 andén por Cedis
- Dos ventanas de atención, 1 andén por Cedis
- Tres ventanas de atención, 1 andén por Cedis
- Una ventana de atención, 2 andenes en Cedis con mayor demanda
- Dos ventanas de atención, 2 andenes en Cedis con mayor demanda
- Tres ventanas de atención, 2 andenes en Cedis con mayor demanda

El diagrama se conforma por las actividades principales para un circuito de distribución primaria, las cuales son las siguientes:

- Carga de camión con producto terminado en planta
- Trayecto de envío (Planta-Cedis)
- Descarga de camión en Cedis
- Trayecto de retorno (Cedis-Planta)

Las actividades realizadas en el circuito se representan en relación al horario en que se ejecutan, esto se muestra en la Figura 10 la cual representa un ejemplo de diagrama de simulación a mano que se generó al realizar este proyecto.

Horario	Cedi 1		Cedi 2		Cedi 3		Cedi 4	
00:00								
00:30	Trayecto a CD		Desc./ Carg. PLANTA					Desc./ Carg. PLANTA
01:00								
01:30								
02:00	Desc./ Carg. CD	Trayecto a CD			Trayecto a CD			Desc./ Carg. PLANTA
02:30								
03:00								
03:30								
04:00	Trayecto a Planta	Desc./ Carg. CD						
04:30								
05:00								
05:30					Desc./ Carg. CD			
06:00	Desc./ Carg. PLANTA	Trayecto a Planta						
06:30								
07:00								
07:30						Desc./ Carg. CD		
08:00								
08:30	Trayecto a CD	Desc./ Carg. PLANTA				Desc./ Carg. CD		
09:00								
09:30					Trayecto a Planta			
10:00								
10:30	Desc./ Carg. CD	Trayecto a CD						
11:00								
11:30								
12:00								
12:30	Trayecto a Planta	Desc./ Carg. CD						
13:00								
13:30					Desc./ Carg. PLANTA			
14:00								
14:30	Desc./ Carg. PLANTA	Trayecto a Planta						
15:00								
15:30						Desc./ Carg. PLANTA		
16:00				Trayecto a CD				
16:30		Desc./ Carg. PLANTA				Desc./ Carg. PLANTA		
17:00			Trayecto a CD				Trayecto a CD	
17:30								
18:00								
18:30				Desc./ Carg. CD				
19:00								
19:30			Desc./ Carg. CD				Desc./ Carg. CD	Trayecto a CD
20:00				Trayecto a Planta				
20:30								
21:00								
21:30								Desc./ Carg. CD
22:00			Trayecto a Planta				Trayecto a Planta	
22:30				Desc./ Carg. PLANTA				
23:00							Desc./ Carg. PLANTA	Trayecto Planta
23:30								

Figura 10: Diagrama de Simulación a Mano

En la primer columna se muestra el horario en que se realizan las actividades de interés para el modelo y en la primer fila se indican los Centros de Distribución. En las celdas que se encuentran en las columnas correspondientes a cada centro de distribución se desglosan las actividades de (carga, descarga y trayecto de envío y retorno), representando el total de camiones que recibe cada Cedis.

Los colores en las celdas representan los circuitos de distribución generados, es decir que si una unidad realizó un viaje a un centro de distribución puede realizar su segundo viaje al mismo Cedis o a uno diferente. Esta asignación se realizó de tal manera que se utilicen la menor cantidad de activos, dándole prioridad a los Cedis que reciben más producto y/o a los Cedis que se encuentran más lejanos a la Planta.

Posteriormente se realizó una evaluación para conocer las posibles inversiones que requeriría cada uno de los escenarios generados.

En caso de la apertura de un andén adicional para atender a los trasportes en los Centros de Distribución, se requiere realizar inversión en obra civil para adecuaciones en espacios, montacargas y personal.

En el caso de ampliar las ventanas de atención no se requiere inversión en montacargas, ya que actualmente los centros de distribución se mantienen en operación durante los tres turnos, pero por la noche solo se encuentran atendiendo a trasportes de distribución secundaria, por lo que sí se cuenta con personal y equipo para realizar las actividades de descarga y carga de camiones de distribución primaria.

A continuación se presenta un resumen de los escenarios seleccionados para cada uno de los territorios de venta y se enlistan las razones por las cuales se eligieron dichos escenarios.

Análisis de Resultados

▪ Territorio 1:

Incrementó de 2 a 3 ventanas de atención para distribución primaria

- Crecimiento del 20% en la utilización de transporte con respecto al escenario actual.
- Recuperación de activos (se dejan de utilizar tractos y remolques) opción de venta considerando su depreciación o asignación a otras ramas de negocio.
- No se requiere contratación de montacarguistas
- Mínima inversión de *dollys*
- No se requiere inversión en obra civil
- Ahorro potencial 33% anual

▪ Territorio 2:

Incrementó de 1 a 2 ventanas de atención para distribución primaria

- Crecimiento del 41% en la utilización de transporte con respecto al escenario actual.
- Recuperación de activos (se dejan de utilizar *dollys* y remolques) opción de venta considerando su depreciación o asignación a otras ramas de negocio.
- No se requiere inversión en obra civil
- Se requiere adquirir un montacargas para la operación en planta
- Ahorro potencial 63% anual

ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO EMBOTELLADOR REGIÓN CENTRO

Ubicación de almacenamiento para línea de garrafón

Objetivo Determinar la ubicación óptima para el almacenamiento de garrafón con base en la localización de la línea de producción y el área de carga y descarga de rutas de distribución.

Consideraciones

- Almacenamiento de garrafón con producto
- Almacenamiento de garrafón vacío
- Recorridos de montacargas
- Posiciones libres para almacenamiento

Desarrollo de la Solución

Se generaron tres escenarios donde era factible la localización de los *racks* para garrafón, posteriormente se hizo un análisis para determinar el recorrido de los montacargas que transportan el producto de la línea de producción a la zona de almacenamiento (operación realizada por parte del departamento de producción) y el recorrido de los montacargas que transportan el producto de la zona de almacenamiento a la zona de atención a rutas de reparto (operación realizada por el departamento de logística), ésta última operación se realiza de manera inversa para descargar de las rutas de reparto las rejillas que contienen los garrafones y almacenarlas nuevamente, lo mismo sucede en caso de tener devoluciones (producto rechazado por parte del cliente).

Es necesario determinar un área específica para el almacenamiento de garrafones con producto y otra para almacenar los garrafones vacíos ya que estos tienen retornabilidad, es decir que el garrafón pasa por un riguroso proceso de lavado e inspección y se vuelve a llenar con agua purificada para distribuirlo nuevamente a los clientes.

A continuación se muestra el plano de cada uno de los escenarios generados, así como un resumen de las distancias que los montacargas tendrían que recorrer para la operación de almacenamiento y atención a rutas de reparto.

➤ **Escenario 1**

▪ **Área para almacenamiento:**

- **Garrafón con producto:** 28.65 m²

- **Garrafón vacío:** 28.65 m²

- Almacenamiento a nivel piso, el almacenamiento total para cubrir el volumen de rejillas se logra con n niveles.

▪ **Recorrido para almacenamiento:** de línea de producción a zona de almacenamiento

- **X** = 1.74 m

- **Y** = 3.91 m

- **TOTAL:** 5.65 m

*Recorrido sencillo

▪ **Recorrido para atención a rutas:** de zona de almacenamiento a área para atención de rutas (considerando el área más lejana).

- **X' + X'' + X'''** = 22.18 m

- **Y' + Y''** = 44.79 m

- **TOTAL:** 66.97 m

*Recorrido sencillo

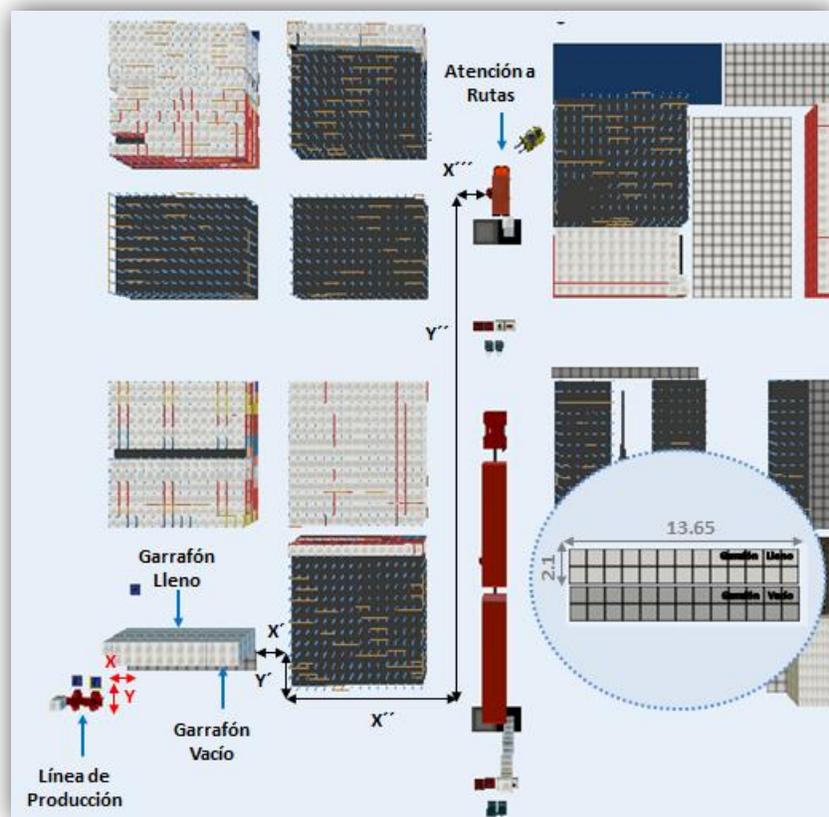


Figura 11: Escenario 1 para almacenamiento de garrafón

➤ **Escenario 2**

▪ **Área para almacenamiento:**

• **Garrafón con producto:** 29.76 m²

• **Garrafón vacío:** 29.76 m²

- Almacenamiento a nivel piso, el almacenamiento total para cubrir el volumen de rejillas se logra con n niveles.

▪ **Recorrido para almacenamiento:** de línea de producción a zona de almacenamiento

• **X** = 38.88 m

• **Y** = 4.78 m

- **TOTAL:** 43.66 m

*Recorrido sencillo

▪ **Recorrido para atención a rutas:** de zona de almacenamiento a área para atención de rutas (considerando el área más lejana).

• **X' + X''** = 11.74 m

• **Y'** = 38.27 m

- **TOTAL:** 50.01 m

*Recorrido sencillo

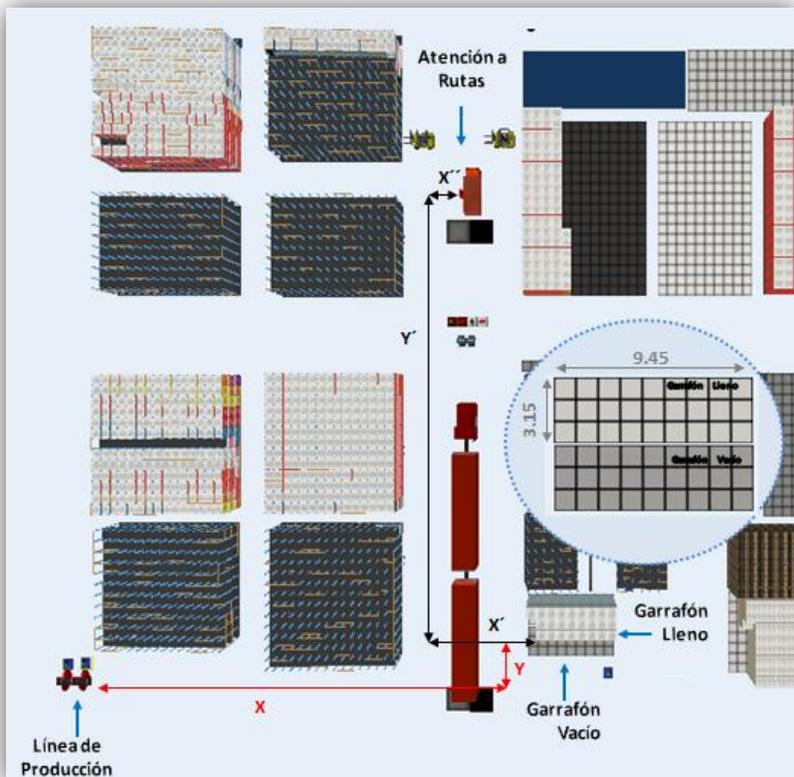


Figura 12: Escenario 2 para almacenamiento de garrafón

➤ **Escenario 3**

▪ **Área para almacenamiento:**

- **Garrafón con producto:** 55.12 m²

- **Garrafón vacío:** 55.12 m²

- Almacenamiento a nivel piso, el almacenamiento total para cubrir el volumen de rejillas se logra con n niveles.

▪ **Recorrido para almacenamiento:** de línea de producción a zona de almacenamiento

- **X** = 5.65 m

- **Y** = 3.48 m

- **TOTAL:** 9.13 m

*Recorrido sencillo

▪ **Recorrido para atención a rutas:** de zona de almacenamiento a área para atención de rutas (considerando el área más lejana).

- **X' + X''** = 5.22 m

- **Y'** = 40.27 m

- **TOTAL:** 45.66 m

*Recorrido sencillo

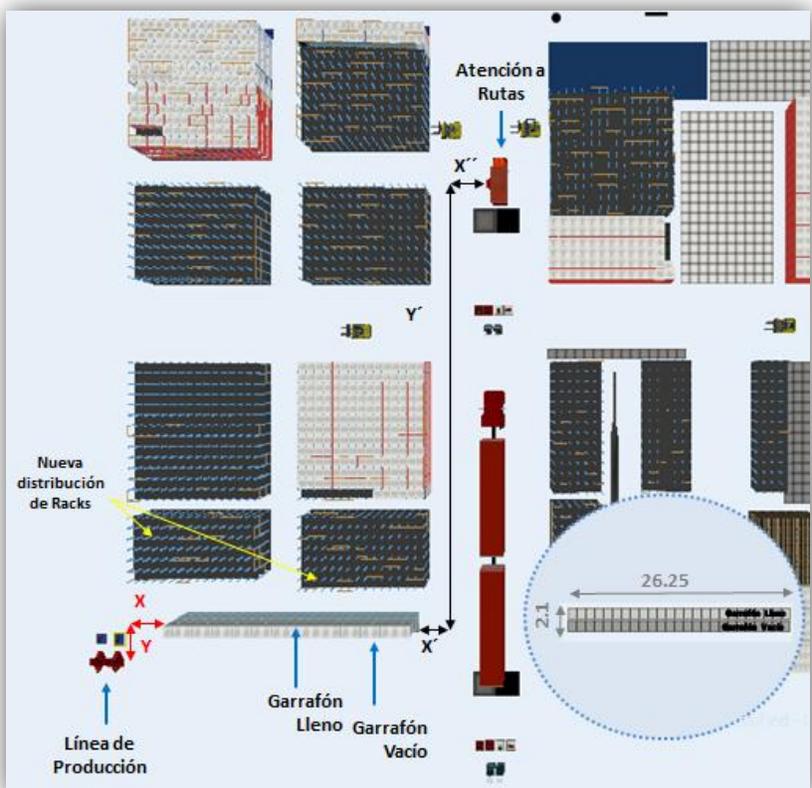


Figura 13: Escenario 3 para almacenamiento de Garrafón

Resumen de Resultados

En la Tabla 9 se presenta un resumen de los resultados obtenidos de los puntos analizados para determinar la mejor ubicación del área de almacenamiento de garrafón.

Tabla 9: Posibles ubicaciones para el almacenamiento de garrafón

Escenario	Área almacenamiento	Recorrido para almacenamiento	Recorrido para atención a rutas
		X + Y	X' + Y' + X'' + Y'' + X'''
1	57.3 m ²	5.65 m	66.97 m
2	59.53 m ²	43.66 m	50.01 m
3	110.24 m ²	9.13 m	45.66 m

FUENTE: Elaboración Propia

Análisis de Resultados

Como se puede observar en la Tabla 9, el escenario tres en primer lugar cuenta con una mayor área para almacenamiento a nivel piso, lo que nos indica que se cuentan con más posiciones libres para colocar las rejillas que contienen los garrafones, por consiguiente se requieren menos niveles a lo alto para almacenar todas las rejillas, lo que también nos trae un beneficio en cuanto a temas de seguridad industrial.

Por otro lado, este mismo escenario nos muestra que los recorridos realizados por los montacargas para las operaciones de almacenamiento y atención a rutas son menores, ya que las rejillas se van recorriendo conforme son utilizadas (lo que disminuye las trayectorias que recorrerían los montacargas para trasladarlas) como sucede con el uso de *racks* dinámicos.

Con todo lo anterior, la decisión que se tomó con el personal del embotellador (departamento de producción y logística) fue el escenario número tres, mismo que se implementó al poco tiempo.

A continuación se muestran imágenes del área de almacenamiento de garrafón una vez que se implementó el escenario seleccionado.



Imagen 1: almacenamiento de garrafón



Imagen 2: almacenamiento de garrafón



Imagen 3: almacenamiento de garrafón



Imagen 4: almacenamiento de garrafón



Imagen 5: almacenamiento de garrafón

Rediseño Almacén de Producto Terminado

Objetivo Optimizar los flujos de operación dentro del almacén de producto terminado mediante un rediseño en el *Layout*.

Situación actual

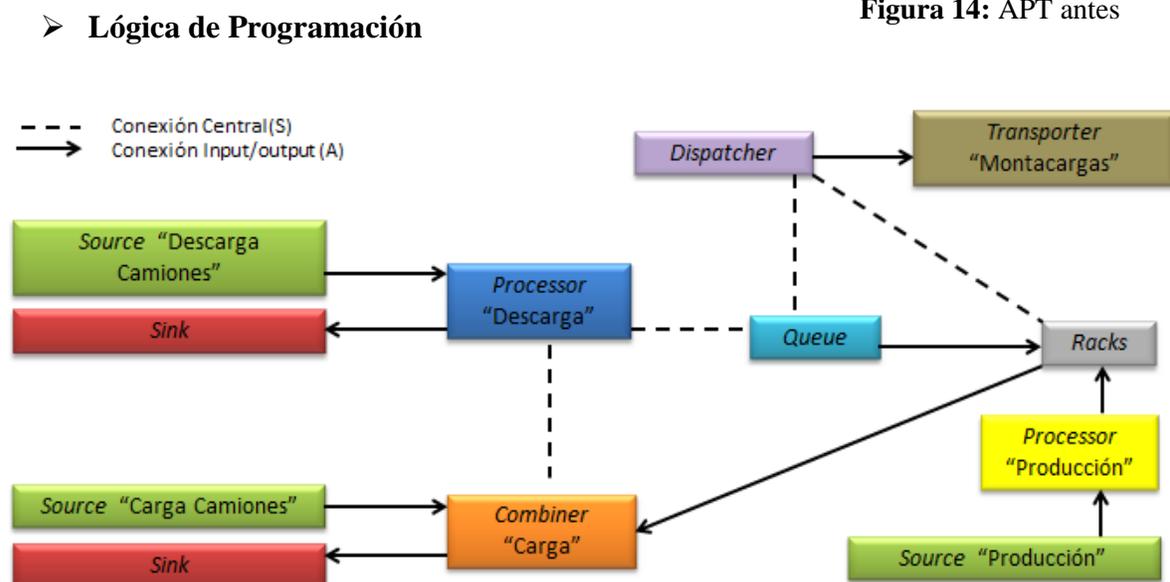
El almacén de producto terminado presentaba problemas para la atención de camiones tanto de distribución primaria como de distribución secundaria principalmente por los largos tiempos de espera de los camiones para poder ingresar al área de andenes de descarga y carga de camiones, adicionalmente habían bodegas de materiales obsoletos que obstruían el libre flujo de los montacarguistas, al igual que reducían la capacidad de almacenamiento, finalmente todo el producto que iba saliendo de las líneas de producción para almacenarlo en el almacén se colocaba en los *racks* dinámicos pero sin seguir una política correcta, el producto se colocaba en cualquier posición que estuviera disponible sin importar la rotación que éste pudiera tener.

Desarrollo de la Solución

- **Variables a Optimizar**
 - Tiempo de atención a transportes de distribución primaria y secundaria
 - Capacidad de almacén (posiciones)
 - Eficiencia en recorridos de montacargas
 - Flujos óptimos de recorridos



Figura 14: APT antes



A partir del elemento *Source* “Producción” se crean los productos (entidades) que se manejan en el APT del embotellador, este elemento se encuentra conectado mediante un puerto de salida al *Processor* “Producción” en donde se le asigna el número de Ítem y la figura 3D que le corresponde, posteriormente las entidades pasan al área de almacenamiento *Racks* mediante una conexión de salida del *Processor* a los *Racks*.

Para la operación de descarga de camiones en los elementos *Source* “Descarga Camiones” se planifican las llegadas de los camiones conforme al programa logístico, adicionalmente se crean etiquetas las cuales indican los tipos y cantidad de Ítems que serán descargados de cada camión, los elementos *Source* se conectan mediante un puerto de salida a al *Processor* “Descarga” en donde se realizará la actividad de descarga de los camiones conforme lo indican las etiquetas. Los Ítems una vez que se terminen de descargar pasan a un *Queue* para que de ahí los tome un recurso (montacargas) y lo lleve a la zona de almacenamiento que le corresponde, mientras tanto los camiones salen del modelo mediante un *Sink*.

La operación de carga se realiza de manera similar a la operación de descarga, en donde a partir de un elemento *Source* “Carga Camiones” se programan las llegadas de los camiones conforme al programa logístico, las entidades pasarán a una localización *Combiner* “Carga” en donde se ejecutará un *Trigger* llamado “*Update combiner component list*” y con una tabla global se especifican el número de productos que se cargarán a cada camión a partir de la zona de almacenamiento donde se encuentran los productos. Los productos serán tomados de los *Racks* donde están almacenados y mediante un recurso (montacargas) se llevarán hasta la localización *Combiner*; una vez que todos los productos se terminaron de cargar en el camión, ésta entidad saldrá del modelo a través de un *Sink*.

Las localizaciones *Processor* “Descarga” y *Combiner* “Carga” se encuentran ligadas mediante una conexión central para que solo se ejecute una de estas dos actividades a la vez, ya que en la realidad un camión al llegar al APT pasa primero por una operación de descarga y posteriormente por una operación de carga, por lo que para simular estas actividades en la programación de llegadas dentro de los elementos *Source*, los tiempos de llegada son los mismos cuando se trata de un mismo camión.

El elemento *Dispatcher* ayuda a nivelar la carga de trabajo de los recursos, los cuales en este modelo corresponden a los montacargas que mueven el producto para su almacenamiento y carga en camiones.

Propuestas y Recomendaciones

- Zonificación de áreas (por tipo de producto)
- Construcción de andenes de atención de distribución secundaria
- Torre de *picking* para control y agilización de tiempos
- Aduana de recepción de producción y producto comprado
- Reestructura de personal, perfiles y capacitación
- Separación de operaciones APT (operación con distribución primaria Planta-Cedis) y CEDIS (operación con distribución secundaria Cedis de planta - Clientes)

**Picking*: Tarima compuesta por varias cajas de diferentes productos, esto se utiliza principalmente en clientes pequeños que no requieren el volumen de una tarima completa de un solo producto (solo aplica en distribución secundaria).

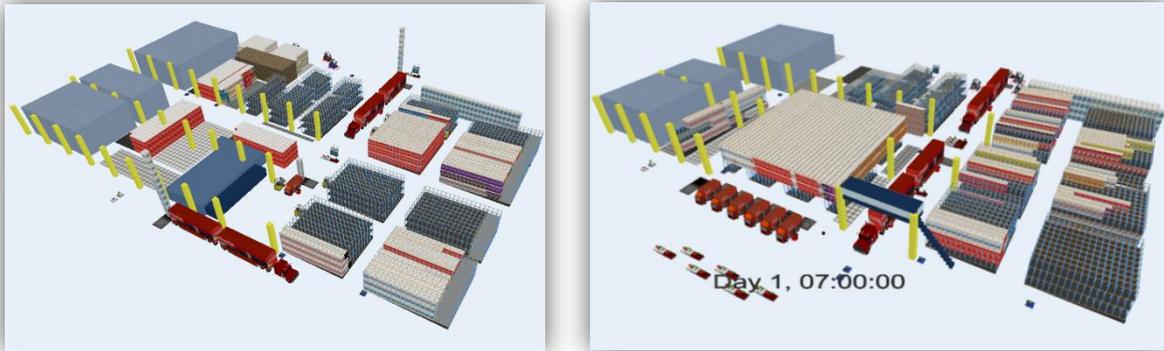


Figura 15 y 16: APT antes y después de las modificaciones

Con lo anterior se logró reducir el tiempo de espera de las unidades en un 33% en los horarios con mayor carga de trabajo, ya que los andenes centrales se utilizan únicamente para los transportes de distribución primaria, dichos andenes se localizan a un costado de los *racks* dinámicos para facilitar la carga de las unidades. Se adecuaron nuevos andenes para los transportes de distribución secundaria al pie de la torre de *picking* para facilitar el traslado de las tarimas multiproducto hacia la zona de carga de camiones.

Adicionalmente se retiraron las bodegas con materiales obsoletos, así como el área de oficinas misma que se movió de lugar para aprovechar al máximo la capacidad del almacén, se liberó un área de aproximadamente 287m² con una capacidad de más de 850 posiciones.

En cuanto al personal, al correr la simulación del estado actual, se detectó que existen horarios en los que la demanda de personal es sumamente alta, mientras que en otros horarios el personal se encuentra prácticamente ocioso, por lo que otra de las recomendaciones fue escalonar horarios de entrada y salida de los operadores de los montacargas para de esta manera nivelar la carga de trabajo.

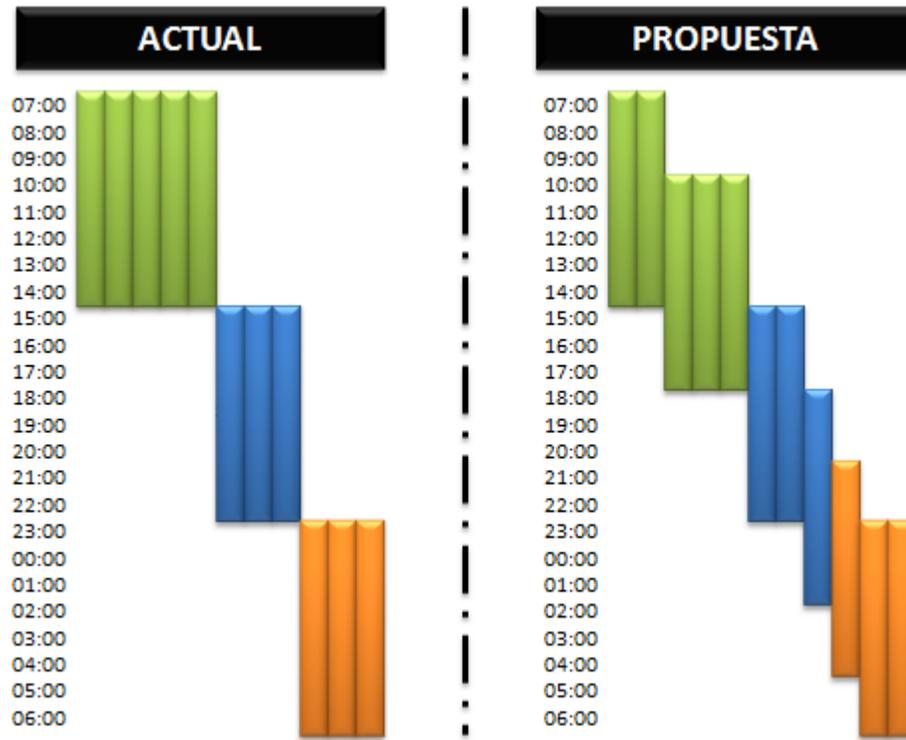


Figura 17: Diagramas horarios de trabajo de montacarguistas

Conclusiones

A lo largo de dos años de desarrollar trabajo profesional en la compañía, pude realizar proyectos de gran impacto para los socios embotelladores enfocados en mejorar sus procesos y obtener importantes ahorros económicos. Como alumna egresada de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, estoy segura de tener la formación para enfrentar problemas que las empresas presentan en la actualidad, ya que cuento con conocimientos de primer nivel en muchas de las áreas en las que se desarrolla un Ingeniero Industrial.

A continuación muestro un resumen de los resultados obtenidos cada caso de estudio:

- **Circuito de Distribución Primaria Embotellador Región Centro**

- **Sistema Tradicional:** Reducción de 12 a 8 camiones para realizar la operación. Indicador de utilización de activos incrementa de 61.70% a 89.02%.
- **Sistema *Drop & Hook*:** Reducción de 12 a 7 camiones para realizar la operación. Indicador de utilización de activos incrementa de 57.82% a 90.33%.

- **Estudio Flujos de Transporte Embotellador Bebidas no Carbonatadas**

- **Primera Fase:**

Tipo de Distribución	# Transportes máximos atendidos	Servidores (andenes)
Base de las bebidas	13	3
Saborizantes	18	1

- **Segunda Fase:**

Limpieza de unidades	Tipo de distribución	# Transportes máximos atendidos	Crecimiento máximo
Dentro de los andenes	Materia prima (Base de bebidas)	13	7.69%
	Materia prima (Saborizantes)	5	60%
	Producto Terminado a Temperatura Ambiente	45	44%
	Producto Terminado a Temperatura Controlada	26	80%
Fuera de los andenes	Materia Prima (Base de Bebidas)	21	42.85%
	Materia Prima (Saborizantes)	5	60%
	Producto Terminado a Temperatura Ambiente	53	52.83%
	Producto Terminado a Temperatura Controlada	33	84%

Con los resultados anteriores se logró determinar el número de servidores (andenes) necesarios para satisfacer el incremento en la demanda que se tiene pronosticado. Por otro lado se determina la estrategia que se debe seguir para la distribución de base de las bebidas y el número máximo de transportes que pueden ser atendidos para cada tipo de distribución con la finalidad de no afectar a las otras categorías al realizar maniobras para estacionar los camiones dentro del patio de la planta y al pasar por la puerta de entrada/salida.

- **Circuito Distribución Primaria Embotellador Región Norte**
 - **Territorio 1:** Con un incremento de 2 a 3 ventanas de atención para la distribución primaria se tiene un crecimiento del 20% en el indicador de utilización de transporte y un ahorro potencial anual del 33% con respecto al escenario actual por recuperación de activos.
 - **Territorio 2:** Se propone un incremento de 1 a 2 ventanas para la atención de distribución primaria, teniendo un crecimiento del 41% en el indicador de utilización de transporte y un ahorro potencial anual por recuperación de activos del 63% con respecto al escenario actual.

- **Rediseño APT Embotellador Región Centro**
 - **Ubicación de almacenamiento de garrafón:** Se determinó la zona para almacenamiento de garrafón como producto terminado y garrafones vacíos con un área de 110.24 m². Se determinó la zona de almacenamiento de tal manera que la distancia recorrida por los montacargas durante la operación diaria sea mínima considerando la distancia de la línea de producción a la zona de almacenamiento y la distancia para la atención de camiones.
 - **Rediseño Almacén de Producto Terminado:** Reducción del tiempo de espera de las unidades mediante la adecuación de andenes para distribución primaria y distribución secundaria. Se incrementó la capacidad del almacén ya que se retiraron las bodegas con materiales obsoletos y el área de oficinas se reubicó.

Con lo anterior puedo concluir que se cumplió el objetivo general planteado, ya que las propuestas ofrecidas para cada caso de estudio ofrecen mejores alternativas para el almacenamiento y distribución de productos, así mismo se pudo comprobar que las herramientas de simulación con las que se cuentan actualmente ayudan a la evaluación de diferentes alternativas permitiéndonos seleccionar la más adecuada.

Tras realizar los proyectos descritos en el presente informe, verifico que la simulación es una herramienta muy poderosa para la toma de decisiones y mejora de procesos, ya que gracias a ella se pueden probar modificaciones en los sistemas, sin alterar el sistema original y con eso evitamos desperdiciar tiempo y recursos, así mismo estimula la innovación para generar ideas nuevas y radicales.

Así mismo validé que la simulación no es por sí misma una herramienta para la solución de problemas, más bien es una herramienta de evaluación, ya que describe cómo se comportará un sistema trabajando bajo ciertas variables más no indica cómo se debe diseñar el sistema. Como encargada del proyecto de simulación era mi responsabilidad el manejo de los datos y la interpretación que se le daba a los resultados cada vez que se corría una simulación, por lo que es fundamental el entendimiento sobre funcionamiento del sistema y la manera para relacionarlo con el software utilizado.

Otro punto que considero necesario mencionar es que sin lugar a duda se presentarán ocasiones en que los problemas no se puedan resolver tras analizar los resultados mediante una simulación; sin embargo, realizar un modelo de simulación resulta como un beneficio ya que ayuda al personal que participó en el modelo a pensar en detalles de los sistemas, así como mejoras que pueden ser implementadas, también brinda la habilidad para trabajar bajo ciertas suposiciones en caso de que exista información que no sea clara o que se encuentre incompleta, por ejemplo información que no se pueda conseguir.

Cuando comencé a desarrollar proyectos de simulación, me enfrenté a los problemas comunes que se presentan cuando se comienza a trabajar en este tipo de proyectos, por ejemplo querer comenzar con un sistema sumamente grande a pesar de mi poca experiencia en la materia, no saber definir un alcance ni el nivel de detalle que sería importante para el estudio, concentrándome en algunas ocasiones que actividades que no generaban valor al modelo, lo cual ocasionaba invertir gran cantidad de tiempo para alcanzar ese nivel de detalle y cuando se llegaba a presentar un error en el modelo era prácticamente imposible detectar el origen del problema; sin embargo, desde el primer modelo de simulación que construí pude aprender a fondo la operación de los sistemas y cómo se comportaban ante diferentes situaciones.

Con la experiencia que adquirí en la empresa en la que llevé a cabo estos proyectos de simulación, así como los conocimientos adquiridos en la universidad, fui desarrollando los proyectos con mayor facilidad y rapidez, pues comprendía perfectamente cuáles eran los objetivos planteados para cada caso y con esto establecer cuál es la información que realmente era necesaria para desarrollar el proyecto, logré concentrar la información de una manera útil para la construcción del modelo sin perder la exactitud que se requiriera y trabajé en actividades que realmente agregaban valor al producto a entregar que en este caso fueron los modelos de simulación y sus resultados.

Durante el tiempo que trabajé en la compañía aprendí a ver los resultados de cada proyecto de manera global, ya que cada vez que proponía una optimización para algún proceso, ésta podía traer impactos tanto negativos como positivos al algún otro proceso que se encontrara en relación con el que se desea optimizar, por lo que en esta caso es fundamental considerar todas las variables que afectan el sistema para no afectar negativamente otro proceso.

También me gustaría recalcar el uso significativo que tienen hoy en día los programas de cómputo con aplicaciones en ingeniería, ya que además de poder evaluar posibles escenarios antes de implementarlos como es el caso de simulación, también nos ayudan a ejecutar actividades con mucha mayor rapidez, se tiene un mejor uso de información, e incluso se pueden eliminar errores humanos, así como también la presentación de los resultados se realiza de una manera más efectiva, con todo lo anterior reitero lo necesario que es para los ingenieros estar en constante actualización de las tecnologías con las que se cuentan en el mercado para realizar el trabajo de una manera más eficiente.

Resumiendo todo lo anterior, estos dos años que estuve laborando en la compañía experimenté momentos retadores y al mismo tiempo gratificantes, pues tuve la oportunidad de demostrar los conocimientos adquiridos a lo largo de mis estudios en Ingeniería Industrial, al igual que aprendí nuevos conceptos y herramientas para solucionar problemas que se presentan como es el caso del abastecimiento de bebidas embotelladas.

Referencias

- Estrada, M. (2007). *Análisis de Estrategias Eficientes en Logística de Distribución de Paquetería*. Obtenido de <http://www.tdx.cat/browse?value=Estrada+Romeu%2C+Miquel&type=author>
- García, E., García, H., & Cárdenas, L. (2006). *Simulación y Análisis de Sistemas con ProModel*. México: Pearson Educación.
- Guasch, A., Piera, M., Casanovas, J., & Jaume, F. (2005). *Modelado y Simulación. Aplicación a Procesos Logísticos de Fabricación y Servicios*. Barcelona: Ediciones UPC.
- INEGI. (2013). *Encuesta Anual de la Industria Manufacturera*. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx>
- Jimenez, E., & Hernández, S. (2002). *Marco Conceptual de la Cadena de Suministro, un Nuevo Enfoque Logístico*. Obtenido de Secretaría de Comunicaciones y Transportes: <http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt215.pdf>
- Mata, F., & Cobas, E. (Marzo de 2008). *Cómo Administrar la Cadena de Suministro*. Obtenido de CNN Expansión: <http://www.cnnexpansion.com/manufactura/actualidad/2008/03/26/como-administrar-la-cadena-de-suministro>
- Meza, C. (2002). *Investigación de Mercado de la Industria Refresquera en México y sus Factores de Éxito*. Obtenido de Universidad Autónoma de Nuevo León: <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020148191.PDF>
- Mora García, L. A. (2008). *Gestión Logística Integral*. Bogotá: Kimpres Ltda.
- Pescador, F. (Noviembre de 2008). *Bebidas Saludables, nuevo nicho para el sector refresquero*. Obtenido de Milenio: <http://www.milenio.com/cdb/doc/impreso/8129804>
- Poirier, C. (2004). *Using Models to Improve the Supply Chain*. U.S.A: St. Lucie Press.
- Torres, R. (2012). *Simulación de Sistemas de Manufactura y Servicios. Apuntes de Clase*. UNAM.
- Toussaint, L. (2012). *Panorama de la Industria: Problemáticas y Consejos. Consejo Ejecutivo de CONCAMIN. Food Technology Summit*. México.

Apéndices

OTROS PROYECTOS

OPTIMIZACIÓN EN EL ARMADO DE TARIMAS

SOFTWARE UTILIZADO

FLEXSIM

CAPE PACK

OPTIMIZACIÓN EN EL ARMADO DE TARIMAS

A pesar de que en este proyecto no se utilizan herramientas de simulación, se tomó la decisión de incluirlo en el presente informe por el impacto económico que presenta este proyecto con las propuestas en el armado de tarimas que se ofrecen al embotellador.

MARCO TEÓRICO

Un **envase** es todo producto utilizado para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar alguna mercancía (desde materias primas hasta productos terminados) en cualquier fase de la cadena de suministro.

- **Envase Primario:** recipiente que contiene directamente al producto, se encuentra en contacto directo con el mismo.
- **Envase Secundario:** contiene uno o varios envases primarios, tiene como propósito otorgar protección para la distribución del producto. Generalmente se desecha cuando el producto se almacena en forma particular, o bien cuando se utiliza el mismo.
- **Envase Terciario:** contiene dos o más envases secundarios. Sirve para unificarlos, protegerlos y distribuirlos a lo largo de la cadena comercial.

Todos aquellos materiales, procedimientos y métodos para acondicionar, manipular, almacenar, conservar, distribuir y presentar un producto se conoce como **embalaje**. Debe cumplir tres requisitos: ser resistente, proteger y conservar el producto.

Un *pallet* (tarima) es un dispositivo (fabricados generalmente de madera o plástico) sobre el cual se colocan una o varias unidades de mercancía, con la finalidad de constituir una unidad de trabajo mayor, misma que facilitara la manipulación del producto con el uso de maquinaria como los montacargas o patines, acelerando así actividades de carga, descarga y almacenamiento de productos.

Análisis en el Armado de Tarimas

Objetivo Analizar el armado de tarimas que tienen actualmente los *SKUs* producidos por distintos embotelladores, con la finalidad de detectar oportunidades para un incremento en cajas así como, mejora en el amarre y eficiencia en operación.

Beneficios potenciales

- Ubicaciones libres en almacén
- Uso óptimo de transportes
- Menos material de “emplaye”
- No es necesaria la compra de tarimas (*pallets*) adicionales

Consideraciones

En el estudio del análisis de armado de tarima se evaluaron dos puntos principales:

- Número de cajas por cama
- Número de camas por tarima
- “Amarre” en el acomodo

Desarrollo de la Solución

Las dimensiones de la caja (formato/pack) de cada producto fueron introducidas en un *software* llamado *Cape Pack* para determinar el arreglo de las cajas sobre los diferentes tipos de tarimas que utilizan los embotelladores. A continuación se muestra el resumen de los resultados obtenidos.

Resultados

La Tabla 10 muestra el resumen de los resultados obtenidos al introducir los productos en el *software*.

Tabla 10: Resultados del acomodo de cajas en tarimas por productor

Productor	Incremento en no. cajas por cama	Incremento en no. camas por tarima	Mejora en el amarre	La propuesta coincide con el actual	Reducción en no. de cajas por tarima
1	7.5%	0%	0%	92.5%	0%
2	56.14%	7.02%	20.18%	16.67%	0%
3	36.82%	0%	0%	45.77%	17.41%
4	18.66%	3.17%	0%	50%	28.17%
5	22.67%	20.93%	0%	39.24%	17.15%

FUENTE: Elaboración propia

Análisis de Resultados

Si bien no en todos los casos se encontró un área de oportunidad para incrementar el número de cajas por tarima o mejorar el amarre en el acomodo, se logró corroborar en que productos el armado actual de la tarima es el óptimo y en cuáles es necesario realizar un cambio para obtener ahorros en operación, así mismo se detectaron *SKUs* en los cuales el sistema indica un menor número de cajas por tarima comparándolo con el armado actual, lo cual indica que el arreglo cuenta con producto que sale del *pallet* (termino conocido como *overhang*), por lo que es necesario que el embotellador revise esos productos junto con el área de calidad para verificar que el envase del producto no se dañe durante su manipulación.

Con las mejoras en el armado de tarimas que se han implementado hasta el momento, se han detectado ahorros en los siguientes rubros:

- **Distribución** (transporte de una mayor cantidad de producto por viaje)
- **Uso de polietileno** (empaquete secundario)
- **Almacenamiento** (liberación de ubicaciones en almacén)
- **Compra de tarimas**

Objetivo Analizar la configuración que tienen actualmente los productos de mayor rotación a nivel nacional, con la finalidad de determinar la configuración más conveniente en los diferentes tipos de tarima utilizados, para obtener un incremento en el número de botellas por cama y como consecuencia eficiencia en operación.

Consideraciones

La industria refresquera sobre la cual se realiza el proyecto en cuestión, se compone de un sistema embotellador donde cada uno cuenta con infraestructura propia (plantas, almacenes, camiones, etc.), por lo que la operación de cada uno de esos se encuentra determinada por sus activos.

- 8 Grupos embotelladores
- 13 Tipos de tarimas (con diferentes dimensiones)

Desarrollo de la Solución

El proyecto se realizó con los productos de mayor rotación a nivel nacional, utilizando las dimensiones de las respectivas botellas de cada producto (diámetro y altura) para determinar diferentes tipos de formatos (6 *pack*, 8 *pack*, 12 *pack*, entre otros) para conformar cada caja.

En el estudio del análisis de armado de tarima se evaluaron tres puntos principales, con la finalidad de evaluar el número de botellas y porcentaje de área que ocupa el producto sobre la tarima, para así determinar el arreglo (formato y paletizado) que maximice este indicador.

- Número de botellas por caja
- Número de cajas por cama
- Número de cajas por tarima

Los formatos/packs que actualmente se manejan en el sistema son los que se describen en la Tabla 11, con los cuales se realizaron las comparaciones para poder determinar el formato más apropiado para cada producto en determinado tipo de tarima.

Tabla 11: Propuestas para los formatos/packs con sus respectivos acomodos

Pack	Acomodo
4 Pack	2*2
6 Pack	3*2
8 Pack	2*4
9 Pack	3*3
10 Pack	5*2
12 Pack	3*4
15 Pack	5*3
24 Pack	6*4
25 Pack	5*5
30 Pack	6*5

FUENTE: Elaboración propia

Resultados

La Tabla 12 muestra un resumen de los resultados obtenidos al modificar el formato y acomodo de las botellas.

Tabla 12: Resultados del acomodo de cajas por cama de cada productor

Productor	Incremento en no. botellas por cama	Incremento promedio en número de botellas por cama		La propuesta coincide con el actual	Reducción en no. de cajas por tarima
1	40%	14.35%	13	20%	40%
2	40%	10.65%	16	10%	50%
3	30%	10.42%	10	40%	30%
4	30%	9.95%	12	30%	40%
5	30%	17.02%	23	20%	50%
6	20%	9.13%	10	80%	0%
7	10%	9.38%	6	10%	80%
8	50%	11.86%	21	50%	0%
9	70%	11.52%	14	30%	0%

FUENTE: Elaboración propia

Cálculo de ahorros potenciales

▪ DISTRIBUCIÓN:

- ✓ Indicador logístico: Costo fleteo por embotellador (\$ × CU):
- ✓ Ventas 2012 por embotellador y por región [CU]

• Costo Actual:

$$\text{Tarimas (arreglo actual) [CU]} \times \$ \text{ Actual por tarima } [\$/\text{CU}] = [\$/\text{día}]$$

• Costo Propuesta:

$$\text{Tarimas (arreglo propuesto) [CU]} \times \$ \text{ Actual por tarima } [\$/\text{CU}] = [\$/\text{día}]$$

AHORRO POTENCIAL: 10.71% anualizado

▪ ALMACENAMIENTO

- ✓ Información embotelladores: Costo almacenamiento (\$ Almacén × Tarima × Día)
- ✓ Ventas 2012 por embotellador y por región [CU]

• Costo Actual:

$$\text{Tarimas (arreglo actual) [CU]} \times \$ \text{ Almacén} \times \text{Tarima} \times \text{Día } [\$/\text{CU}] = [\$/\text{día}]$$

• Costo Propuesta:

$$\text{Tarimas (arreglo propuesto) [CU]} \times \$ \text{ Almacén} \times \text{Tarima} \times \text{Día } [\$/\text{CU}] = [\$/\text{día}]$$

AHORRO POTENCIAL: 11.30% anualizado

Análisis de Resultados

Se detectaron importantes mejoras para los productos analizados, a pesar de solo realizar el estudio con los primeros diez productos con mayor rotación a nivel nacional, los ahorros calculados ascienden a una cifra significativa por el volumen que se tiene en venta de dichos productos.

Es necesario recalcar que las modificaciones propuestas pueden traer implicaciones comerciales, por lo que es necesario realizar estudios por parte del embotellador para conocer que tanto impacta en sus clientes los nuevos arreglos propuestos.

FLEXSIM

Simulador para Manufactura, Logística y Servicios

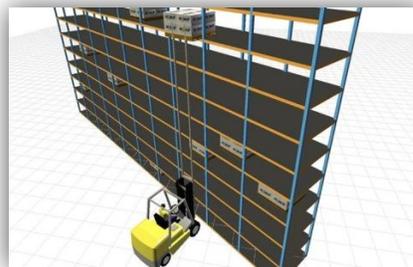
Programa de simulación que permite analizar, visualizar y probar modificaciones en procesos productivos y operaciones de logística, manejo de materiales y servicios de una manera rápida y sencilla en un ambiente gráfico en tres dimensiones.

Se pueden analizar diversos escenarios evitando altos costos, inversión de tiempo y personal, así como riesgos relacionados al experimentar cambios en los procesos y operaciones en la realidad, rompiendo técnicas de prueba y error.

Los programas de simulación actuales como *Flexsim*, muestran una animación gráfica y realista del sistema. Una de las ventajas de utilizar estos programas de simulación, es que el usuario puede ajustar la velocidad de la animación por lo que se puede ver un ciclo de operación completa en solo un par de segundos.

Aplicaciones:

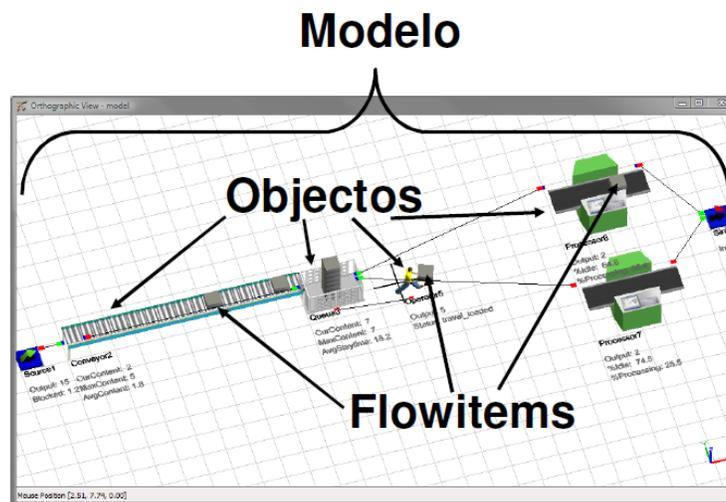
- **Manufactura:** *Lean Manufacturing*, Programación de la producción, Identificar cuellos de botella, Diseño de *Layout*, Balanceo de Líneas, Reingeniería, automatización, etc.
- **Logística y manejo de materiales:** Surtido de órdenes, distribución, evaluar sistemas de almacenaje, sistemas de transportadores y bandas, capacidades y tipos de racks, determinar tiempos de entrega, etc.



Guía de Objetos:

➤ Elementos en un Modelo:

- **Flowitems:** Son los productos que se mueven a través de un modelo (tarimas, ensambles, partes, etc.) Son generados en el objeto *Source*.
 - **Itemtype:** Es una especie de etiqueta que tiene un *Flowitem* y contiene información específica (tipo de producto, color, destino, etc).
- **Objetos:**
 - **Fixed Resources:** Objetos que mandan o reciben flowitems (*Processor, Combiner, Conveyor, Queue, etc.*)
 - **Task Executors:** Recursos móviles que desempeñan tareas (Operadores, montacargas, etc).

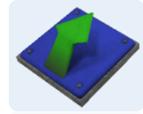


- **Puertos:** Representan los controles con la información lógicas de cómo debe operar el sistema:
 - **Input / Output Ports:** Puertos de entrada y salida, definen las posibles rutas de los *Flowitems* (productos) desde o hacia los *Fixed Resources* (recursos físicos).
 - **Center Ports:** Puertos centrales, son utilizados para llamar a un *Task Executor* para que procese o transporte un *Flowitem*.

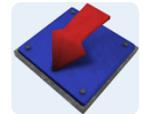
➤ Biblioteca de Objetos:

- **Source (Fuente):** Utilizado para crear objetos o productos que viajan por el modelo, el modelo debe tener por lo menos una fuente (es la manera en que comienza una simulación), las llegadas se pueden determinar por:

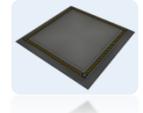
- Tasa de Llegadas (Regularmente sigue una distribución estadística)
- Secuencia
- Horario



- **Sink (Salida):** Utilizado para destruir *Flowitems* o productos que finalicen el proceso en el modelo.



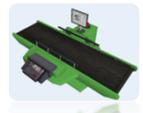
- **Queue (Fila):** Almacena *Flowitems* cuando el siguiente objeto no los puede recibir aún.



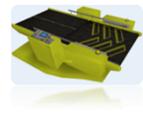
- **Conveyor (Transportador):** Mueve *Flowitems* a través de sí mismo.



- **Processor (Procesador):** Simula un lugar de operación o una máquina. Cualquier proceso es modelado al forzar los tiempos de espera determinados (tiempo de operación). Puede contener más de un *Flowitem* en determinado momento.



- **Combiner (Combinador):** Agrupa temporalmente (*pack*) o ensambla de manera permanente (*join*) múltiples *Flowitems*. (Utilizado para simular el proceso de carga de producto terminado en un camión).



- **Rack:** Almacena *Flowitems*.



- **Transporter (Montacargas):** Utilizado para trasladar uno o varios *Flowitems* desde un objeto a otro.



- **Operator (Operador):** Son llamados para ser utilizados por un objeto, permanecen con él hasta terminar su actividad, posteriormente pueden trabajar con otros objetos que los llamen. Se utilizan también para transportar *Flowitems* entre objetos.



- **Dispatcher (Despachador):** Controla un grupo de transportadores u operadores. Las solicitudes de actividades son enviadas al *dispatcher* por un objeto, y éste las delega a los *Task Executors* que controla.



- **Network Node (Nodos de Red):** Definen una red de caminos o rutas que los operadores y transportes pueden seguir.



- **Visual Tool (Objeto Visual):** Son gráficos utilizados para decorar el escenario de un modelo, con la finalidad de brindar una apariencia más real (paredes, pisos, etc). Pueden ser desde imágenes con formas básicas, hasta gráficos importados en 3D. También ayudan a determinar dimensiones.

- **Triggers:** Permiten definir y personalizar el comportamiento del sistema cuando ocurre un evento específico. Cada elemento de la biblioteca de objetos cuenta con la posibilidad de agregar Triggers dependiendo del comportamiento que queremos obtener.

- **Time Tables (Tablas de Tiempo):** Activan y desactivan objetos dependiendo de la hora del día que se está simulando, para así programar tiempos operacionales y tiempos no operacionales.

CAPE PACK

Programa de optimización de envase, embalaje, paletizado y carga de camiones que mejora el diseño del producto desde el diseño de su envase hasta su almacenamiento y distribución:

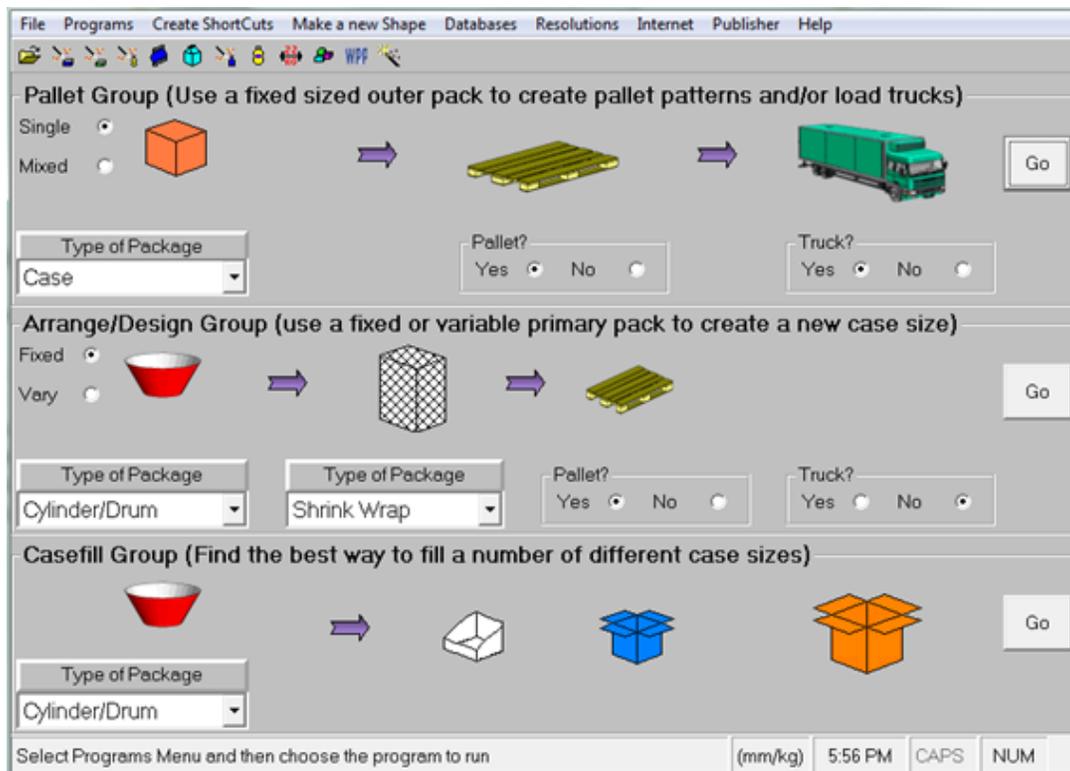
- **Optimizar el paletizado:** Maximizando el número de cajas por tarima
- Optimizar el número de envases por caja y cómo ubicarlos dentro de la misma
- **Establecer el mejor tamaño de caja para alcanzar el número máximo de envases por tarima**
- Optimizar la carga del contenedor o camión
- Racionalizar y reducir los tamaños de cajas de la empresa
- Reducir los costes de almacenamiento, transporte y materiales para embalaje.

Algunas de las ventajas que encontramos con el uso de este software son:

- Analiza la resistencia a la compresión
- Calcula el porcentaje de eficiencia del área cúbica en cualquier tipo de tarima

Guía de Uso:

- Se selecciona el tipo de grupo sobre el cual se desea trabajar



- ii. Se establecen las dimensiones (largo, ancho, alto) de la caja sobre la cual se realizará el estudio (todas las acotaciones se determinan en mm). También se puede especificar el peso de la caja con unidades en kg.

The screenshot shows a software window titled 'Case' with the following details:

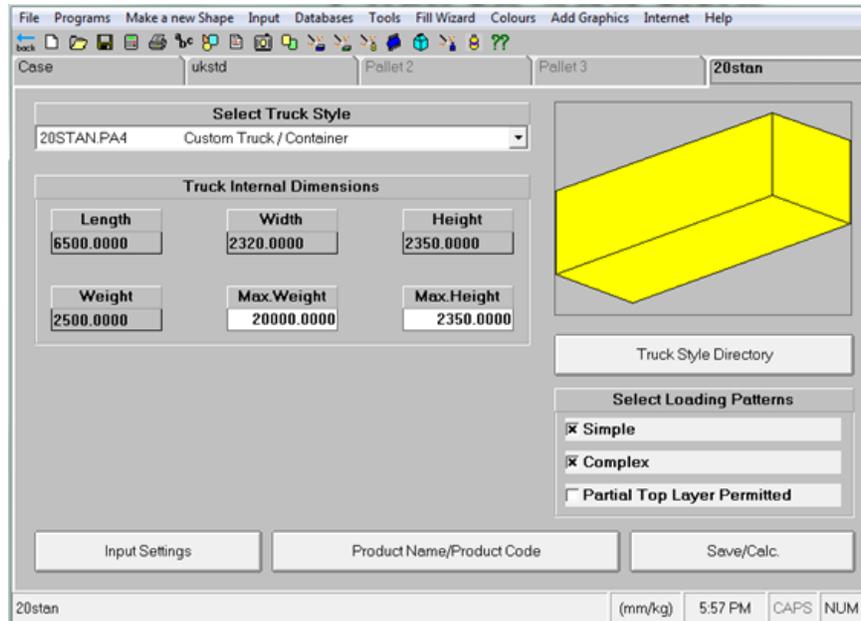
- Select Pack Type:** RSC/F0201 (2.2.4)
- Select Pack Name:** Case
- Dimensions:** Length 400.0000, Width 300.0000, Height 200.0000
- Enter OD's:** (Empty)
- Set Dimensions Vertical:** (Checked)
- Enter Pack Weight:** Gross Weight 1.5000, Nett Weight 1.0000
- Buttons:** Input Settings, Product Name/Product Code, Save/Calc.
- Status Bar:** Case, (mm/kg), 5:57 PM, CAPS, NUM

- iii. Se determina el tipo de tarima sobre la cual se colocará el producto (paletizado), en caso de que las dimensiones de la tarima a utilizar no se encuentren en el sistema se puede crear una nueva. En la parte inferior se determina el peso y la altura máxima que puede tener la tarima con producto, así como la medida en que el producto puede sobresalir de la tarima “*overhang*”.

The screenshot shows a software window titled 'ukstd' with the following details:

- Select Pallet Base Style:** UKSTD.PA4 UK Standard 1200x1000x150
- Pallet Dimensions:** Length 1200.0000, Width 1000.0000, Height 150.0000, Weight 25.0000
- Enter Maximum Load Dimensions:** Overhang/Underhang Length 0.0000, Width 0.0000; Max. Load Max. Height 1650.0000, Max. Weight 1000.0000
- Buttons:** Additional Palletising Input, Select Pallet Pattern Styles Screen, Pallet Base Style Directory, Pallet Thumbnails, Input Settings, Product Name/Product Code, Save/Calc.
- Status Bar:** ukstd, (mm/kg), 5:57 PM, CAPS, NUM

- iv. En caso de que se desee conocer el arreglo dentro de un remolque (caja del camión) se especifican las dimensiones de la misma, así como el peso máximo que se puede cargar.



- i. El sistema generará diferentes arreglos con información referente al arreglo como medidas de la caja, del producto paletizado y de la carga total (producto y tarima) también muestra diferentes imágenes con el arreglo.

