



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

FIMCP

**“Diseño de un modelo de optimización logística con enfoque en
abastecimiento y reparación de contenedores vacíos
refrigerados”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS

Presentado por:

Karla Viviana Reyes Córdova

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2021

AGRADECIMIENTO

A Dios, a la Santísima Virgen María, a mi directora de proyecto, la Dra. Cinthia Pérez, a mi amigo y guía, MSc. Jaime Macías, a todas las personas que colaboraron de una u otra forma para la realización de este trabajo, y especialmente a mi familia por darme la vida, apoyo incondicional y la oportunidad de poder continuar mis estudios.

DEDICATORIA

Este trabajo realizado con esfuerzo por varios meses está dedicado a mis padres Carlitos y Glendita, a mis abuelos especialmente a Luis Luna San Andrés y Gilma Murillo, a todos mis familiares, amigos y a mi comunidad Lazos de Amor Mariano.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Cinthia Perez S., Ph.D.
DIRECTOR DE PROYECTO

María Laura Retamales G.,
MSc.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Karla Viviana Reyes Córdova

Resumen

En este proyecto se exponen diferentes aspectos de la operación logística relacionada a los contenedores vacíos refrigerados de 40 pies del grupo Naviera S.A. que satisface la demanda en dos ciudades de Ecuador tanto Guayaquil como Puerto Bolívar. Luego, se describe el proceso en estudio desde el abastecimiento marítimo internacional hacia estas dos localidades ecuatorianas anteriormente mencionadas, los costos afines a transporte terrestre de los contenedores vacíos hacia los depósitos de mantenimiento, al igual que los costos asociados a las reparaciones, almacenajes, importación y entrega de contenedores vacíos a los exportadores de frutas, vegetales, carnes congeladas y otros productos. Por ende, por medio de la modelación de este proceso y haciendo uso de la programación lineal da lugar a un modelo de optimización que identifica el costo mínimo de la operación logística en estudio. Este además obtiene el total de contenedores por tipo tecnología a reparar en cada ciudad para satisfacer la demanda mensual, sugiere también el total de contenedores por tipo de tecnología, estado de reparación, ciudad de origen y cantidad a abastecer a cada destino periódicamente en función del inventario que dispone la naviera. Finalmente, se presenta el impacto financiero de la operación actual y se compara con la aplicación del modelo de optimización propuesto determinándose la mejora obtenida al disminuir los costos considerablemente.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1	13
1. ANTECEDENTES	13
1.1 Descripción de la empresa.....	13
2. DEFINICIÓN DE OPORTUNIDAD	17
3. OBJETIVOS	19
3.1 Objetivo General	19
Objetivos Específicos.....	19
4. DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍA	19
CAPÍTULO 2	21
2. APLICACIÓN DE METODOLOGÍA	21
2.1 Modelación de proceso logístico de contenedores vacíos.....	22
2.2 Definición de variables.....	23
2.3 Supuestos del modelo	24
2.4 Datos del caso en estudio.....	25
2.5 Definición de las variables de decisión	31
2.6 Definición de la función objetivo	33
2.7 Definición de restricciones	36
CAPÍTULO 3	41
3 PLANEACIÓN AGREGADA	41
3.1 Planeación agregada en Excel	41
3.2 Validación del cliente	52
CAPÍTULO 4	57
4.1 RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN.....	57
4.2 Validación del modelo.....	57
4.3 Medición de mejora.....	61
4.4 Impacto Financiero	64
4.5 Conclusiones	72
4.6 Recomendaciones	73
5. Bibliografía	74
6. Anexos	77

ABREVIATURAS

LAM	Latinoamérica del este
NAM	Norteamérica
NEU	Europa Norte
FEA	Asia
CN	China
PTY	Panamá
MX	México
COL	Colombia
EC	Ecuador
SEP	Plan Estándar de Evacuación
M & R	Mantenimiento y Reparación

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Cadena de Suministro de transporte contenedores vacíos refrigerados de 40 pies.....	14
Figura 1.2 SIPOC proceso operativo de reposición y entrega de contenedores refrigerados	14
Figura 1.3 Ruta de abastecimiento a LAM de contenedores refrigerados vacíos .	15
Figura 2.1 Red de nodos de localidades origen y destino de contenedores vacíos refrigerados en Ecuador	24
Figura 3.1 Área de la hoja de cálculo para las variables de decisión	42
Figura 3.2 Área de la hoja de cálculo para las variables de decisión y parámetros de unidades estándar en Guayaquil, Ecuador.....	42
Figura 3.3 Área de la hoja de cálculo para cálculos de costos de unidades estándar en Guayaquil, Ecuador.	43
Figura 3.4 Cuadro de diálogo de Parámetros de Solver de unidades estándar en Guayaquil, Ecuador.	44
Figura 3.5 Área de la hoja de cálculo para la restricción de capacidad de reparación de unidades estándar en Guayaquil, Ecuador.....	46
Figura 3.6 Área de la hoja de cálculo para la restricción de satisfacción de demanda de unidades estándar en Guayaquil, Ecuador.....	46
Figura 3.7 Área de la hoja de cálculo para las variables de decisión y parámetros de unidades especiales en Guayaquil, Ecuador.....	47
Figura 3.8 Cuadro de diálogo de Parámetros de Solver de unidades especiales en Guayaquil, Ecuador.	47
Figura 3.9 Resolución de hoja de cálculo del total de contenedores estándar a enviar y reparar a Guayaquil.	49
Figura 3.10 Resolución de hoja de cálculo del total de contenedores especiales a enviar y reparar a Guayaquil.	50
Figura 3.11 Resolución de hoja de cálculo del total de contenedores estándar a enviar y reparar a Puerto Bolívar.....	51
Figura 3.12 Resolución de hoja de cálculo del total de contenedores especiales a enviar y reparar a Puerto Bolívar.....	51
Figura 3.13 Evidencia de reunión de socialización del modelo de PL con el cliente.	52
Figura 3.14 Evidencia de recepción de información del cliente	53
Figura 3.15 Respuestas a pregunta # 1 de encuesta realizada a los usuarios del modelo.	54
Figura 3.16 Respuestas a pregunta # 2 de encuesta realizada a los usuarios del modelo.	54
Figura 3.17 Respuestas a pregunta # 3 de encuesta realizada a los usuarios del modelo.	55

Figura 3.18 Respuestas a pregunta # 4 de encuesta realizada a los usuarios del modelo.	55
Figura 3.19 Respuestas a pregunta # 5 de encuesta realizada a los usuarios del modelo.	56
Figura 4.1 Resolución de hoja de cálculo del costo total de contenedores estándar a enviar y reparar durante el 2020 para Guayaquil utilizando Solver	58
Figura 4.2 Costo histórico total de contenedores estándar de 40 pies reparados y recibidos durante el 2020 para Guayaquil.	59
Figura 4.3 Resolución de hoja de cálculo del costo total de contenedores estándar a enviar y reparar durante el 2020 para Puerto Bolívar utilizando Solver.	59
Figura 4.4 Costo histórico total de contenedores estándar de 40 pies reparados y recibidos durante el 2020 para Puerto Bolívar	60
Figura 4.5 Detalle comparativo de costos logísticos de Ecuador durante 2020	62
Figura 4.6 Pareto de costos logísticos históricos relevantes durante el 2020 en Ecuador	63
Figura 4.7 Detalle comparativo de costos logísticos de Guayaquil durante 2020	64
Figura 4.8 Detalle comparativo de costos logísticos de Puerto Bolívar durante 2020	64
Figura 4.9 Flujo de caja histórico para la operación logística de Guayaquil durante el 2020.	68
Figura 4.10 Flujo de caja utilizando programación lineal para la operación logística de Guayaquil durante el 2020.	69
Figura 4.11 Flujo de caja diferencial con aplicación de programación lineal para operación logística de Guayaquil en el 2020.	69
Figura 4.12 Flujo de caja histórico para la operación logística de Puerto Bolívar durante el 2020.	70
Figura 4.13 Flujo de caja utilizando programación lineal para la operación logística de Puerto Bolívar durante el 2020.	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Pronóstico de la demanda de Naviera S.A.....	27
Tabla 2.2 Cantidades de contenedores estándar que se pueden recibir por ruta en Guayaquil y Puerto Bolívar.....	27
Tabla 2.3 Cantidades de contenedores especiales que se pueden recibir por ruta en Guayaquil y Puerto Bolívar.....	28
Tabla 2.4 Costos de fletes marítimos para transportar un contenedor por ruta en Guayaquil y Puerto Bolívar.....	29
Tabla 2.5 Costos de transporte de vacíos para recibir un contenedor en los talleres de Guayaquil y Puerto Bolívar.....	29
Tabla 2.6 Costos del depósito por recibir un contenedor por devolución del cliente en los talleres de Guayaquil y Puerto Bolívar.....	30
Tabla 2.7 Costos del depósito por almacenaje de un contenedor en los talleres de Guayaquil y Puerto Bolívar.....	30
Tabla 2.8 Costos por reparar un contenedor en los talleres de Asia y Ecuador....	31
Tabla 2.9 Costos por entregar un contenedor en los talleres de Guayaquil y Puerto Bolívar.....	31
.Tabla 3.1 Área de la hoja de cálculo para las restricciones.....	43
Tabla 3.2 Costo total de abastecimiento de contenedores vacíos en Ecuador.....	52
Tabla 4.1 Datos históricos de demanda de contenedores vacíos refrigerados para exportación en Guayaquil durante 2020.....	57
Tabla 4.2 Datos históricos de demanda de contenedores vacíos refrigerados para exportación en Puerto Bolívar durante 2020.....	58
Tabla 4.3 Comparación de costo total relevante en operación logística relacionada a la exportación de contenedores refrigerados Ecuador durante el 2020.....	61
Tabla 4.4 Comparación por tipos de costos operativos logísticos relacionados a la exportación de contenedores refrigerados Ecuador durante el 2020.....	62
Tabla 4.5 Comparación por tipos de costos operativos logísticos relacionados a la exportación de contenedores refrigerados Guayaquil durante el 2020.....	63
Tabla 4.6 Comparación por tipos de costos operativos logísticos relacionados a la exportación de contenedores refrigerados Puerto Bolívar durante el 2020.....	63

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Resolución de hoja de cálculo de total de contenedores a estándar en Guayaquil.	77
Anexo 2 Resolución de hoja de cálculo de costo total de contenedores estándar en Guayaquil.	77
Anexo 3 Resolución de hoja de cálculo de total de contenedores especiales en Guayaquil.	78
Anexo 4 Resolución de hoja de cálculo de costo total de contenedores especiales en Guayaquil.	78
Anexo 5 Resolución de hoja de cálculo de total de contenedores estándar en Puerto Bolívar.	79
Anexo 6 Resolución de hoja de cálculo de costo total de contenedores estándar en Puerto Bolívar.	80
Anexo 7 Resolución de hoja de cálculo de total de contenedores especiales en Puerto Bolívar.	81
Anexo 8 Resolución de hoja de cálculo de costo total de contenedores especiales en Puerto Bolívar.	82
Anexo 9 Resolución de hoja de cálculo de total de contenedores estándar en Guayaquil (periodo: 2020) utilizando programación lineal.	83
Anexo 10 Resolución de hoja de cálculo de costo total en el 2020 de contenedores estándar en Guayaquil utilizando programación lineal.	83
Anexo 11 Resolución de hoja de cálculo de total de contenedores especiales en Guayaquil (periodo: 2020) utilizando programación lineal.	84
Anexo 12 Resolución de hoja de cálculo de costo total de contenedores especiales en Guayaquil (periodo 2020) utilizando programación lineal.	84
Anexo 13 Resolución de hoja de cálculo de total de contenedores especiales en Puerto Bolívar (periodo: 2020) utilizando programación lineal.	85
Anexo 14 Resolución de hoja de cálculo de total de contenedores especiales en Puerto Bolívar (periodo: 2020) utilizando programación lineal.	86
Anexo 15 Histórico de operación logística relevante total para abastecimiento, entrega y reparación contenedores estándar en Guayaquil sin uso de programación lineal (periodo: 2020)	87
Anexo 16 Costo histórico logístico relevante total de operación para abastecimiento, entrega y reparación contenedores estándar en Guayaquil sin uso de programación lineal (periodo: 2020).	87
Anexo 17 Histórico de operación logística relevante total para abastecimiento, entrega y reparación contenedores estándar en Puerto Bolívar sin uso de programación lineal (periodo: 2020)	88
Anexo 18 Costo histórico logístico relevante total de operación para abastecimiento, entrega y reparación contenedores estándar en Puerto Bolívar sin uso de programación lineal (periodo: 2020).	88
Anexo 19 Histórico de operación logística relevante total para abastecimiento, entrega y reparación contenedores especiales en Puerto Bolívar sin uso de programación lineal (periodo: 2020)	89
Anexo 20 Costo histórico logístico relevante total de operación para abastecimiento, entrega y reparación contenedores especiales en Puerto Bolívar sin uso de programación lineal (periodo: 2020)	90

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES

1.1 Descripción de la empresa

La actividad principal de la empresa en estudio, Naviera SA, consta en la prestación de servicios de transporte terrestre y marítimo para todo tipo de carga en contenedores secos y refrigerados de 20 y 40 pies, de este último la flota se distribuye por tipo de tecnología standard y especial alrededor del mundo. Para ello se cuenta con un amplio mercado de importación y exportación divididos en 8 sectores estratégicos que son frutas y vegetales varios, piñas y bananos, pescados y congelados, cacao, automóviles, partes y piezas electrónicas, insumos médicos y artículos varios. De manera particular el presente trabajo se centra en los primeros tres sectores anteriormente mencionados dado que representan el 60% de la utilidad de la compañía en Latinoamérica del este.

El proceso de abastecimiento de contenedores vacíos refrigerados consta de varias etapas detalladas en la Figura 1.1 & Figura 1.2; el cual se inicia cuando el contenedor arriba al puerto de origen, luego estos contenedores se embarcan en un buque con una ruta específica solicitada por la línea naviera. Una vez concluida esta etapa, el contenedor tiene dos opciones ya sea que la unidad sea traspasada en un puerto intermedio a otro buque para que tome la conexión que le permita llegar al destino final, es decir que sea transbordado, o que siga en la misma ruta en el mismo buque hasta que llegue al país de destino final. Una vez que llega el contenedor al lugar donde se planificó entonces por medio de grúas se descargan del buque el total de contenedores con orden de entrega y al bajarlos del buque con grúas porta contenedores se los apila en una bahía disponible dentro de la terminal de recepción. Desde este punto, el contenedor espera el tiempo hasta que se descargue todos los contenedores llenos y vacío del buque para que este pueda regresar a su ruta de servicio. Luego de ello, se permite que los transportistas ingresen a la terminal y procedan con el retiro de los contenedores vacíos y posteriormente sean llevados al taller o depósito de mantenimiento donde se realicen las reparaciones que se autoricen por la línea naviera y que se necesiten para mantener el contenedor operando durante su vida útil. Finalmente, la línea naviera le asigna al exportador un número de orden de reserva el cual consta con el nombre del taller donde se le autoriza el retiro de uno o varios contenedores vacíos en condiciones óptimas para el cargue de fruta u otra mercancía.

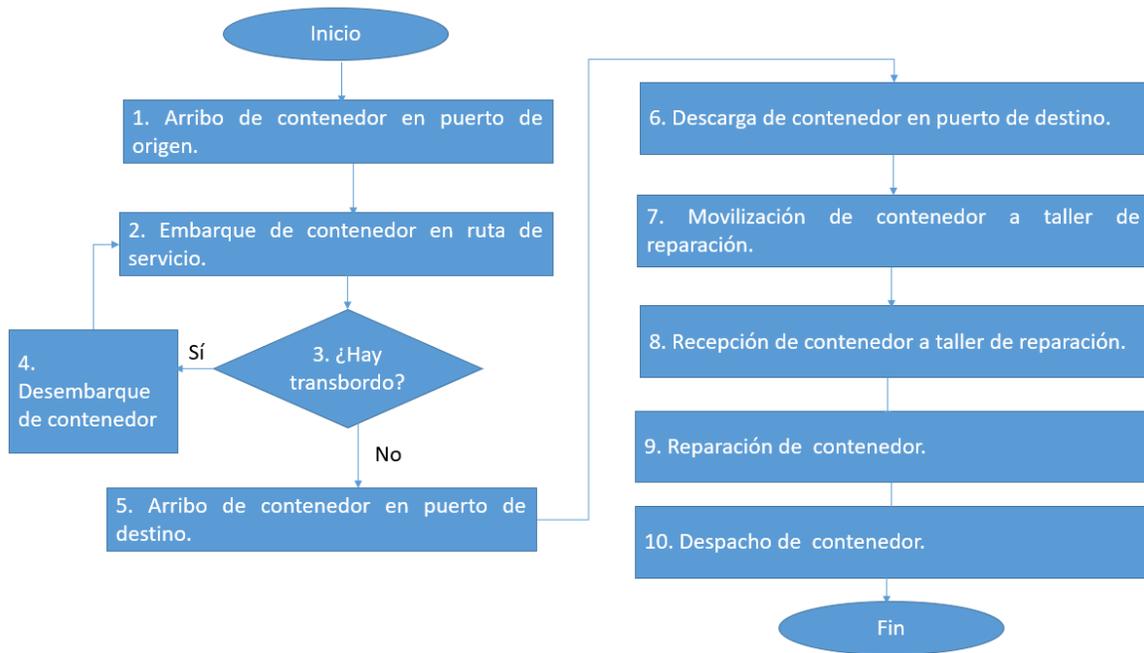


Figura 1.1 Cadena de Suministro de transporte contenedores vacíos refrigerados de 40 pies.

Supplier	Input	Process	Output	Customer
<ul style="list-style-type: none"> ☐ Depósito de origen ☐ Transportistas 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Contenedores vacíos refrigerados autorizado en portal virtual de puerto ☐ SEP ☐ EIR out 	Abastecimiento de contenedores en origen.	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Contenedores vacíos refrigerados inspeccionados por autoridades locales ☐ EIR in 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Puertos de origen
<ul style="list-style-type: none"> ☐ Puerto de origen 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Buque ☐ Tripulación ☐ Capacity ☐ Grúas & máquinas porta contenedores ☐ Planificador de muelle ☐ Operadores de Capacidad 	Embarque y transporte marítimo de contenedores.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ EIR out ▪ Contenedor vacío cargado en buque 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Puertos de destino o transbordo
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Puertos de destino ▪ Aduana 	<ul style="list-style-type: none"> • Contenedor vacío refrigerado manifestado por aduana local • Transportistas con autorización de ingreso vigente • EIR in • Planificadores de navas • Coordinadores de vacíos 	Descarga y transporte terrestre de contenedores en destino.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ EIR out. ▪ Contenedores vacíos posicionados en bahías de puerto 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Depósito
<ul style="list-style-type: none"> ☐ Transportistas de vacíos ☐ Depósitos de reparación 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Contenedor vacío refrigerado por inspeccionar ☐ EIR in ☐ Lead Time de contenedores ☐ Rotación de equipos ☐ Reparaciones ☐ Reprocesos operativos ☐ Turno ☐ Orden de reserva ☐ Inspectores de vacíos ☐ Soldadores y técnicos de refrigeración 	Reparación & despacho de contenedores vacíos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contenedor vacío reparado y/o despachado ▪ EIR out. ▪ Equipos reparados ▪ Tiempo de despacho 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Exportador ☐ Consolidador ☐ Terminal

EIR: Electronic Interchange of Equipment

Figura 1.2 SIPOC proceso operativo de reposición y entrega de contenedores refrigerados

Con la finalidad de contar con disponibilidad de unidades para suplir la demanda del mercado de cada ciudad de cada país existe un proceso estándar donde se obtiene del área comercial un pronóstico de ventas mensual segregado por semana, el cual se comparte con todas las áreas involucradas en la operación de entrega y recepción de contenedores refrigerados. Una vez recibida esta información el equipo de abastecimiento

se encarga de nutrir de contenedores refrigerados vacíos a cada localidad, con al menos una semana de antelación de lo que se requiere en la demanda pronosticada. De tal forma que se coordine tanto en la localidad del origen, la ruta y el arribo del buque con la cantidad, la tecnología, es decir el tipo de contenedor, y en la condición particular, ya sea un contenedor dañado u otro listo para la entrega -operativo-, por localidad. Esta operación se realiza ajustándose al indicador Plan de Evacuación Estándar (SEP) que permite conocer el total de unidades vacías refrigeradas de 40 pies que se ha acordado movilizar dentro de la región latinoamericana en una semana. Para ello también se toma como referencia el tiempo de tránsito en días desde origen hacia cada país "hub" -principalmente Panamá, México y Colombia- donde se realiza el cross docking de unidades para acumular y segregar por tecnología de cada contenedor hasta tener el lote deseado que justifique el cargue de unidades vacías refrigeradas en buque para su entrega en el punto de destino.

Tal como se muestra en la Figura 1.3 una vez definidos los puntos de origen principales de los contenedores vacíos refrigerados -principalmente Europa Norte (NEU), Asia (FEA) y Estados Unidos (NAM)- los tiempos de tránsito y sus hubs -México (MX), Panamá (PTY) & Colombia (COL) para reabastecer hacia sus destinos finales entre ellos Ecuador se coordina con el departamento de Capacidad de la región LAM en función del SEP al igual que la disponibilidad de espacio para almacenamiento de la terminal, estabilidad del buque, número de movimientos y utilización de recursos operativos que permitan el fluido traslado de ellos vía marítima.

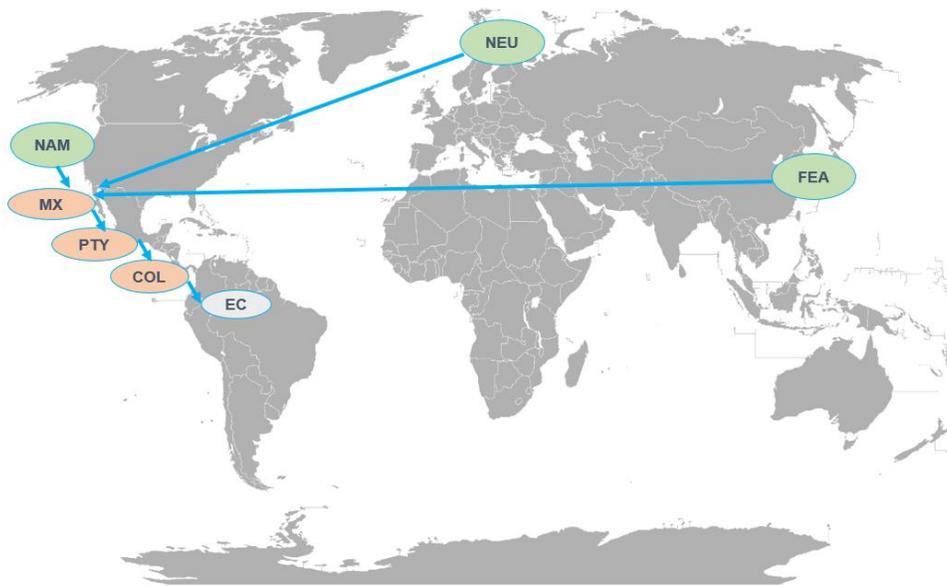


Figura 1.3 Ruta de abastecimiento a LAM de contenedores refrigerados vacíos

Después de la alineación de requerimientos y embarque de vacíos en terminal se comunica al equipo de Ecuador de Logística y Mantenimiento el total por tipo de tecnología de las unidades a recibir en cada puerto en cada país y en cada ciudad. Finalmente, se distribuye el total de los contenedores vacíos y refrigerados que arriben por buque a los diferentes talleres de reparación de cada ciudad en función de la disponibilidad de recursos operativos, stock de seguridad, utilización del taller y otras

variables que permitan el correcto desarrollo del mantenimiento de cada unidad y cuando este está operativo se procede con el despacho de este al exportador asignado por la naviera.

Cabe recalcar que es importante para los depósitos de contenedores, el proceso de reabastecimiento sea semanal porque se aseguran así el ingreso de descarga contenedores por reparar que ayuda a refrescar el stock en el taller. El mix de descarga que arriba al depósito es del 40% de daños graves que implican más de 6 horas de reparación cada uno y 60% de daños leves que implican menos de este tiempo para su trabajo traducido en disponibilidad pronta de contenedores para su entrega al cliente. De no tener este reposicionamiento de contenedores entonces los depósitos se verían ajustados con un mix desbalanceado con reparaciones graves en mayor proporción que las leves lo que disminuye la disponibilidad de contenedores operativos, aumento de tiempo de espera para su entrega al exportador, merma la percepción del servicio de Naviera S.A., disminuye la satisfacción al cliente y no permite reaccionar ágilmente a las necesidades del mercado. Por ende, cuando los contenedores vacíos se encuentren listos para su despacho, idealmente en un periodo no mayor a 7 días calendario luego de su recepción en el patio, estas unidades se entregan mediante un sistema FIFO a los exportadores -dueños de la mercancía- con los cuales la empresa sostiene un compromiso contractual.

En la operación de reposicionamiento de contenedores se necesita que el stock de seguridad mínimo requerido por la empresa en cada localidad se alcance – el mismo está definido por el doble de su demanda pronosticada-. De tal forma que permita disminuir el impacto de las posibles contingencias que existan o que se prevean que impidan próximas recaladas de buque. El fin de ello es que se asegure como mínimo la cobertura total de lo pronosticado en la semana; y una holgura tal que no genere costos de almacenamiento exorbitantes que generen costos innecesarios a la empresa. En caso contrario, si no fuera posible cubrir el 100% de lo requerido por el área comercial entonces se comunica formalmente con anticipación, al menos una semana antes del suceso, las causas y el efecto de tal baja de cobertura de demanda para que se notifique a su vez al exportador y este conozca la porción de sus requerimientos a cubrir por la empresa. Una vez que esto sucede se activa el estatus de contingencia donde se aseguran todas las partes involucradas en el proceso de que se entreguen el total de unidades, por tipo de tecnología que se especifique contractualmente pues si esto no sucede se incurre en multas significativas que la organización se ha comprometido a cancelar al exportador en compensación por incumplimiento de mínimas cantidades convenidas que se traduce en disminución de los indicadores corporativos. Dicho todo lo anterior mencionado se definen los costos operativos relevantes para la operación aquellos que involucran desde el abastecimiento internacional marítimo de contenedores vacíos a cada ciudad de destino como lo son Guayaquil y Puerto Bolívar para Ecuador. También se incluyen los costos de traslado de estos contenedores a los diferentes talleres para su entrega a los clientes, costos asociados a la reparación local de unidades al igual que los costos que engloban la devolución, almacenaje y despacho de unidades a los exportadores. Todo costo distinto a aquellos anteriores mencionados no se toman como parte de este análisis.

2. DEFINICIÓN DE OPORTUNIDAD

A inicios del año 2020 la pandemia del covid-19 llegó a varios países a nivel mundial. Entre los efectos principales ante una situación de tal envergadura para la operación marítima fueron las disminuciones en cantidad y retrasos en los periodos de reabastecimiento de contenedores vacíos de 40 pies refrigerados debido a la disminución en la mano de obra de países cuyos puertos se encontraban colapsados debidos a esta enfermedad (Pesantes, 2021). También se tuvo indisponibilidad del 100% de la flota de buques para realizar su servicio de rotación, es decir su ruta, dado a que se quedaban en cuarentena por infecciones que derivaban en disminución de cobertura de demanda semanal de manera periódica hacia el destino donde se dirigía la carga (United Nations, 2021). El resultado de esta escasez de contenedores vacíos fue la generación de multas del cliente a la organización, valores que por se maneja de manera confidencial por lo que no se detallan para este estudio, su malestar por incumplir con el compromiso adquirido, aumento en tiempo de espera y tamaño de cola para entrega de unidades en el depósito al igual que el empobrecimiento de la imagen ante el cliente por el servicio ofrecido por Naviera S.A. Otra consecuencia adversa que se evidenció fue que la demanda perdida de Naviera S.A. era atendida por los competidores navieros que sí disponían de contenedores en stock perdiendo la fidelidad del cliente. Sobre todo, en este punto el cliente se vio afectado dado a que la escasez de contenedores era masiva se generó un aumento considerable en las tarifas a cancelar por enviar la carga en el contenedor a la ruta que el cliente deseaba; a pesar de que el tiempo de tránsito igual o mayor que se ofrecía por Naviera S.A.

Bajo la perspectiva operativa local del negocio en Ecuador, al igual que en Perú y Chile, países del mismo clúster latinoamericano del este, la demanda se mantenía por encima del pronóstico esperado y el inventario de seguridad no lograba palear esta oportunidad de negocio lo que se traducía en pérdida de toma de oportunidades contractuales y spot. De igual forma, la capacidad de reparación de los talleres se vio mermada dado a que no existía un reabastecimiento periódico de contenedores vacíos que permitan tener una combinación adecuado de stock en patio. En consecuencia, se generaba una acumulación de contenedores dañados de más de 12 horas hombre sin reparar, cuando el máximo estándar permitido en Naviera S.A. era de 6 horas hombre, por varios motivos entre ellos la falta de repuestos y mano de obra reducida por enfermedad además de la alta utilización de almacenaje de los talleres que imposibilitaba el fácil acceso de los contenedores que se deban de reparar. Adicional al alto nivel de ausentismo del personal operativo por la pandemia. Por ende, en vista de la necesidad de tener contenedores reparados y listos para cubrir con la demanda en aumento, pero sin mano de obra local ni recursos para reparar se identificó oportunidades en otras locaciones como en Asia donde contaban con un exceso de capacidad de reparación y con menores tarifas para este servicio para los mismos daños. Se traduce esto en que en lugar de enviar contenedores dañados vacíos refrigerados para reabastecer el mercado de destino se enviarían contenedores reparados listos para su entrega en el destino final.

De tal manera que se obtendría el beneficio de que localmente el depósito se enfoque en reparaciones pendientes mientras se oxigenaba al mercado con contenedores listos para su despacho al cliente. Aparte de esto, dado que el costo de posicionar un contenedor reparado en lugar de un contenedor dañado y vacío era el mismo en relación con el traslado de unidades no hubo objeción para poner en marcha esta estrategia. En el

mismo tema, sus costos de reparación fueron identificados como más económicos en origen, es decir en Asia, que realizar las mismas en destino -Ecuador- esto sólo aplicaba para contenedores de tipo estándar. Por esto, se iniciaron las gestiones de traslados de contenedores reparados a Latinoamérica al igual que las negociaciones relacionadas a las tarifas de reparación de los proveedores de este servicio en los países destino versus los mismos ítems en Asia para obtener el óptimo beneficio para la empresa exportadora. No obstante, se trató de mantener en un mínimo de contenedores operativos que venían reparados desde el destino versus la cantidad de contenedores dañados que venían desde el mismo u otro origen para reparación local. Se dio aquello para evitar que los talleres de reparación de Ecuador se conviertan en agentes de almacenamiento de contenedores lo cual disminuiría la ganancia de los proveedores externos y a las unidades de negocio de reparación pertenecientes al grupo empresarial de Naviera SA.

Con el fin de que si se suscitara alguna contingencia que no permita a Asia enviar contenedores operativos o de mantener el envío fuera insuficiente para cubrir la demanda local entonces Naviera SA mantenga su capacidad de reparación local. Así se permitiría a la empresa en estudio reaccionar con velocidad tal al mercado. Por ende, se desea encontrar el equilibrio que permita mantener el envío de contenedores reparados de Asia para su entrega en Ecuador y una capacidad de reparación suficiente que permita reaccionar ante contingencias. Siendo así que hasta el primer trimestre del 2021 se mantuvo la estrategia estructuralmente en función de la disponibilidad de unidades reparadas en exceso en el continente asiático. Adicional a ello y como resultado de la crisis económica postpandemia la empresa ha anunciado que a diferencia de años anteriores no invertirá en la compra de 1000 contenedores nuevos para la flota lo que ajusta aún más la disponibilidad de contenedores refrigerados, situación que podría verse reducido su riesgo de mantenerse el envío de equipos reparados a América asegurando con esto la entrega de la demanda planificada la cual se aprueba su entrega de contenedores según la priorización del margen de ganancia de la carga desde y hasta cada locación.

Por ende, Naviera S.A. necesita obtener un modelo de abastecimiento que le permita conocer la combinación ideal de contenedores refrigerados vacíos de 40 pies entre dañados y reparados por tipo de tecnología enviados desde su punto de origen y destino a Ecuador considerando sus costos de mantenimiento para cumplir con la demanda proyectada para lo que resta del 2021 hasta el primer trimestre del 2022 de tal forma que le permita minimizar los costos operativos relevantes a la empresa; asegurando el envío de lo que se necesita y no en menor o mayor cantidad. De tal forma que se minimice la posibilidad de quiebre de stock en Ecuador -lo cual sucedió en el primer trimestre del 2021- que dio lugar a la escasez de contenedores (Pesantes, 2021), cumpla las políticas de mantener el stock de seguridad de la compañía que permita tomar oportunidades de negocio que surjan en el mercado en lugar de que estos sean captados por la competencia por indisponibilidad de contenedores operativos (Pesantes, 2021) al igual que sucedió a inicios del 2021 y que genere ahorro de costo operativo en el rubro de reparación los cuales son significativos en el proceso de abastecimiento de unidades (T. Hjortnaes, 2016). Por lo que el proyecto de enviar contenedores operativos de Asia a Latinoamérica, principalmente a Ecuador, generó un ahorro en reparaciones durante el 2021 de \$30.000 sin embargo la organización desea saber cuál es el beneficio económico al que debe apuntar si se decide retomar el proyecto para el primer trimestre del 2022. De ser este el caso, se necesita conocer la cantidad de contenedores por tipo de tecnología -estándar y especiales- que se deben de enviar por estado de reparación -ya sea dañado o reparado- desde origen a cada ruta y a cada destino que minimice los costos operativos

relevantes involucrados y admita la captación de la mayor demanda posible optimizando la utilización de los recursos de Naviera S.A.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Desarrollar un modelo de programación lineal con la finalidad de minimizar costos logísticos relevantes de la naviera en Ecuador identificando la asignación ideal de abastecimiento entre dañados y reparados por tipo de tecnología y la cantidad de contenedores a reparar de contenedores vacíos de 40 pies para el 2021 hasta el primer trimestre del 2022.

Objetivos Específicos

- Identificar datos, variables y restricciones del modelo.
- Definir la función objetivo.
- Proponer el modelo de optimización del problema.
- Identificar la ruta óptima y la combinación ideal de cantidad y tipo de recursos a recibir de cada destino a cada puerto de descarga.
- Comparar los resultados obtenidos en el modelo versus la información histórica del proceso.

4. DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍA

Hillier (2001) & Taha (2007) concuerdan en que en un mundo industrializado cuyas organizaciones cuenten con objetivos globales específicos marcados se pueden ver fácilmente diluidos por ciertos objetivos departamentales. Este escenario es común dado a que a medida que pasa el tiempo con el trabajo diario estos objetivos específicos no necesariamente representan la visión global de la organización porque cada una de las áreas se dedica a realizar sus gestiones diarias inclusive si esto fuera en contra a lo que se requiere para tener una operación fluida para toda la cadena de suministro. De igual manera, a medida que la especialidad y la complejidad de las organizaciones va creciendo se convierte mucho más complicado distribuir los recursos efectivamente dando lugar al ambiente ideal para aplicar investigación de operaciones. En la industria del comercio exterior donde el proceso logístico de contenedores vacíos se realiza de manera práctica que permita el desarrollo de la operación cotidiana pero no existe método de identificar si la ejecución en curso es la el óptimo global o local para la organización.

Por ello, es necesario definir las variables, crear y ejecutar el modelo propuesto para así lograr que la toma de decisión sea robusta y fundamentada (Rahime & Gelareh, 2017).

Entre la literatura relevante destaca un caso donde mediante la programación lineal se realiza un modelo de asignación de contenedores vacíos que es afectado por varias variables donde los costos de reparación se identificaron como significativos en un 45% cuando llegaban dañados al destino para su exportación. Además, se pone en análisis la oportunidad de reparar los contenedores dañados en depósitos de destino con tasas de reparación económicas versus el costo de falla a futuro en comparación con realizar la reparación en un taller más costoso antes de llegar al destino, pero con menor probabilidad de falla en el largo tiempo. En este mismo estudio se menciona que la reposición óptima de contenedores vacíos sólo es factible atacando la cadena de suministro a nivel global y que de esta forma se asegura menor costo en la operación, disminución en la congestión en terminales y depósitos al igual que reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por el transporte marítimo y terrestre (T. Hjortnaes, 2016). Otro autor que ha estudiado sobre la materia de asignación de contenedores desde un origen a un destino manifiesta que esta problemática puede ser tratada como un modelo de optimización de redes, basados en matrices origen – destino, y mediante la programación lineal especifique el total de contenedores mover desde un nodo a otro en el sistema tomando en cuenta que el resultado del nodo destino deberá de ser igual a la suma de los nodos predecesores (Chung-Yee Lee, 2017).

Por otro lado, Huang (2015) manifiesta que para esta problemática se puede abordar desde la perspectiva de tomar una ruta fija y decidir si mantener o no el envío de naves que permitan el reabastecimiento a los destinos mediante el uso de Programación Lineal Entera Mixta. Wang & Meng (2012) proponen la distribución de la flota tomando en cuenta los transbordos dando lugar a un problema de programación lineal para las distintas rutas de servicio.

En este proyecto se propone identificar las variables de decisión, la función objetivo, restricciones y parámetros para optimizar la cadena de abastecimiento (Zhang & Facanha, 2013). Así también como aprovechar las capacidades que se tienen en los distintos puertos intermedios y de destino final para cumplir con la demanda local otorgando flexibilidad de modificaciones en los destinos que permita maximizar utilización de la flota de contenedores (Anataram & Van Karsten, 2017) (Furió, Andrés, Adenso, & Lozano, 2013) y manteniendo el estado de reparación en el que se proyecte arribe cada uno de los contenedores a sus puertos de destino cumpliendo con las proyecciones de demanda de clientes, manteniendo el stock de seguridad en niveles esperados por la organización en estudio que permitan responder a cambios repentinos del mercado; velando por el cumplimiento de contratos de Naviera SA que son asegurados por el abastecimiento de contenedores vacíos refrigerados para los exportadores de Ecuador.

CAPÍTULO 2

2. APLICACIÓN DE METODOLOGÍA

La organización en estudio, como dicho al inicio del proyecto, cuenta con varios tipos de contenedores según las necesidades del cliente. Al igual que con sus características particulares que para unidades refrigeradas se subdivide por tipo de tecnología tanto estándar como especial y el tamaño de este que para este análisis se toma en cuenta aquellos de 40 pies equivalente a 1 FEU cuyas siglas representan a Forty Foot Equivalent Unit. La compañía también cuenta con una flota propia de buques que distribuyen su carga entre contenedores llenos de carga de alimentos u otro tipo de mercancía y aquellas unidades vacías -objeto del proyecto en estudio-. Simultáneamente existe la posibilidad de incrementar la disponibilidad de espacios en buques o alquilar la nave de otras compañías, de ser necesario, durante un tiempo particular; los cuales suelen ser mucho más costosos para la empresa.

Se denomina servicio al conjunto de naves que se encuentran en rotación semanal al cual se le asocia un recorrido secuencial de ciudades de países junto a su programa de atraques y zarpes, es decir fechas de arribos y salidas, de manera estándar. A menos que exista alguna necesidad u oportunidad que permita omitir puertos con el menor impacto tanto económico como operacional posible. De tal manera que si se toma la decisión de omitir la recalada en una localidad entonces significa que el efecto de no realizar transferencia de contenedores del barco al destino era justificado. Debido a que no se genera un efecto dominó que implique llegar tarde a la siguiente locación -es decir ciudad- y que, aunque pueda afectar la disponibilidad de contenedores en la localidad que se omite su riesgo es aceptado por una minimización de costos para la empresa. Así es que en cada servicio -el cual es un dato conocido para el proyecto- corresponde tanto un contenedor como su ruta y programa de operación de carga y descarga de contenedores. En el mismo punto para que exista tal proceso es necesaria una planificación que capte las necesidades de cada una de las localidades y que balancee tanto la localidad de donde se toman como a donde van a ingresar los contenedores vacíos optimizando los costos.

Un aspecto adicional que se debe de tomar en cuenta es la condición de reparación de los contenedores vacíos que se movilizan desde una localidad a otra. Se considera que la capacidad de reparación de contenedores en China, Corea y Japón está subutilizada, es decir el total de contenedores que permita pasar de dañado a operativo en un periodo de tiempo es superior a la demanda actual, además de que posee una tarifa más atractiva para la empresa en el continente asiático que en la región latinoamericana particularmente en Ecuador. Por ende, la transferencia de contenedores reparados de Asia a Ecuador en cantidades limitadas con la finalidad de mejorar el flujo de efectivo del grupo Naviera S.A. y disminuir la carga operativa de los talleres donde se reparan los contenedores en Ecuador. De tal manera que, se realicen el total de las reparaciones necesarias tanto en Guayaquil como en Puerto Bolívar sin saturar a los talleres locales. Sin embargo, dado que como política de la empresa se desea también que en Ecuador

exista capacidad de reparación disponible; que permita reaccionar ante un pico de demanda superior al esperado o cubrir las oportunidades de negocio con reparaciones locales -incluso si fueran más costosas- si Asia no tuviera la oportunidad de reparar lo necesario para enviar a Ecuador sino que en Naviera S.A. cambie la prioridad de envío a otro país del mundo dado al ingreso que genere, entonces se consideran la capacidad de reparación en Asia en un valor mínimo -como dato conocido- que ha definido la gerencia de la organización.

Se considera que un sistema de revisión de inventario en el proceso de abastecimiento de contenedores se describe según sigue. En cada localidad, es decir ciudad del país, se tienen lotes de contenedores vacíos refrigerados de cada tipo de tecnología por estado de reparación, de aquí que el inventario al comienzo del mes $t + 1$ corresponde al inventario inicio del mes t más el lote que ingrese en el periodo t menos la cantidad de contenedores que salen del sistema en el mismo periodo. Los ingresos de contenedores se refieren a las unidades recibidas en cada puerto del Ecuador por vía marítima desde las distintas localidades del mundo -esto es la descarga de contenedores vacíos por reabastecimiento- más las unidades que se reciben en los talleres de reparación vía terrestre por retorno de los clientes.

Los contenedores que se reciben desde las naves una vez que se descargan en el puerto final se transportan por vía terrestre a los distintos depósitos de reparación ya sea para su proceso de mantenimiento o para su entrega si esta se recibe en estado de reparación operativo. En ambos casos una vez corroborada la operatividad del contenedor el cliente procede con el retiro inmediato desde el taller para el cual toma una cita previa en el portal virtual que se asegura el despacho de su orden de reserva dada por Naviera S.A. También dentro del lote de las unidades que se encuentran en stock en el periodo t estas a su vez se subdividen en estado de reparación que corresponde a dañadas y operativas. De estas cabe recalcar que su clasificación es relevante pues en función del inventario de contenedores reparados que tenga la localidad de destino permite a la organización identificar si el total de las unidades que tiene que enviarse reparadas de una localidad origen al destino se debe de modificar o no. De tal manera que solamente se repare en origen las cantidades pertinentes cuyos costos sean lo óptimo para la organización. En este análisis, lo anterior mencionado corresponde a una condición inicial del problema por lo que se toma como un dato inicial dado. El stock que se mantenga una localidad en un tiempo t también es necesario se mantenga controlado para que el costo de almacenaje sea el mínimo posible. Mientras que las salidas de los contenedores en cambio corresponden a la demanda y a las unidades que se sacan de la flota, dado a que los montos de reparación superan los máximos límites de control establecidos por Naviera S.A., ambos del periodo t .

2.1 Modelación de proceso logístico de contenedores vacíos

El siguiente modelo matemático busca minimizar el costo total de abastecimiento de contenedores vacíos refrigerados que permita cumplir la demanda del mercado. La estructura se ha adaptado de aquel descrito en otros artículos de investigación (Sook Tying Choong, 2002). Sin embargo, la particularidad de este problema radica en que existen distintos estados de reparación que se toma desde los diferentes orígenes y

destinos al igual que la capacidad de reparación de cada localidad es determinante para definir el total de unidades a abastecer en una ciudad.

2.2 Definición de variables

Una vez identificadas las asunciones se procede a especificar los conjuntos que corresponden a los índices de las variables a describir, donde:

$i \in I$: localidades de origen de contenedores vacíos refrigerados de 40 pies;

i : 1, 2, 3 4, 5, 6, 7, 8, 9 donde

1. China, Qingdao 2. México, Manzanillo 3. México, Lázaro Cárdenas 4. Perú, Callao

5. Marruecos, Tánger 6. Estados Unidos, Newark

7. Panamá, Manzanillo 8. Panamá, Balboa & 9. China, Pekín

$j \in J$: localidades de destino de contenedores vacíos refrigerados de 40 pies;

j : 1, 2 cuando 1. Guayaquil 2. Puerto Bolívar

$r \in R$: Estado de reparación de los contenedores vacíos refrigerados de 40 pies;

r : 1, 2 cuando 1. Reparado 2. Dañado

$t \in T$: Períodos de tiempo; $t = 1, \dots, 15$

A continuación, en la Figura 2.1, se muestra la red de nodos que representa la situación en estudio. Notar que se detallan i destinos donde n cuenta de 9 distintos orígenes de donde se puede tomar contenedores vacíos para reabastecer las 2 localidades de Ecuador -es decir los nodos j - que corresponden a Guayaquil y Puerto Bolívar respectivamente. También se ha combinan 3 distintas localidades origen en el nodo de $i = 1$ llamado Asia 1 que son China, Japón y Corea dado que sus costos operativos son similares; al igual que para $i = 9$ denominado Asia 2. Cualquiera de los arcos del nodo i al nodo j puede ser eliminado siempre que existe la cantidad suficiente de contenedores en destino.

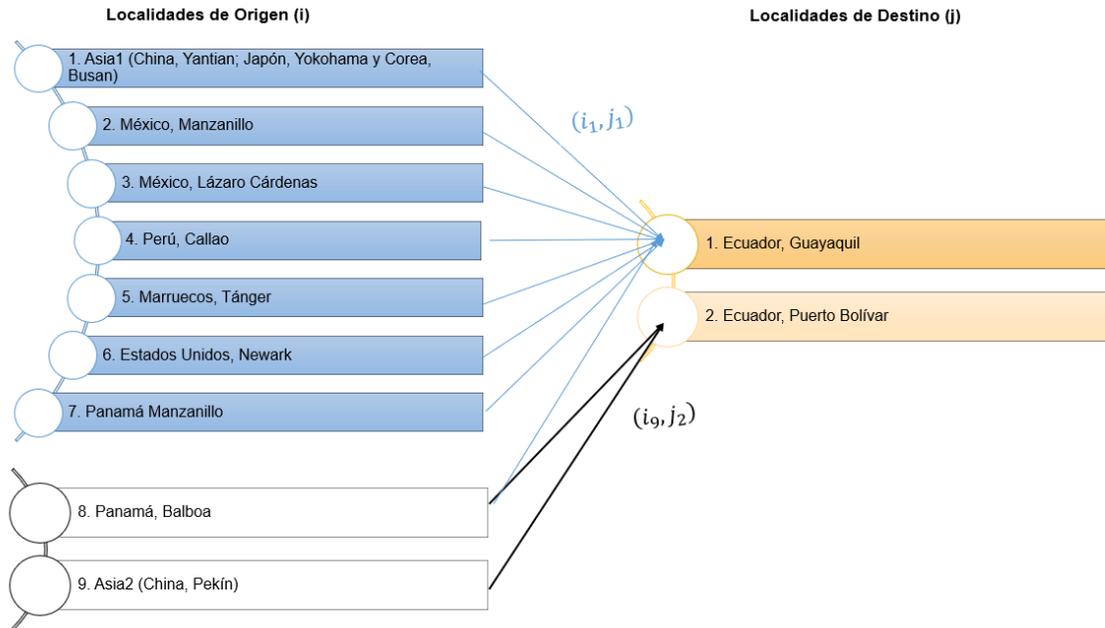


Figura 2.1 Red de nodos de localidades origen y destino de contenedores vacíos refrigerados en Ecuador

2.3 Supuestos del modelo

El modelo matemático propuesto busca minimizar el costo total de abastecimiento y manejo de contenedores vacíos de 40 pies refrigerados. En la estructura de esta función se toma en cuenta distintos costos relacionados al proceso como el valor de reparaciones en origen y en destino, el flete marítimo, el transporte terrestre una vez que se descargan del barco, el costo de ingreso y salida de unidades una vez que ya están reparadas al igual que el costo de almacenamiento de los vacíos en los distintos talleres hasta su retiro de los clientes. También se toma en cuenta el periodo de planificación de recepción de unidades de descarga de buque y que todos los contenedores que llegan por este medio son trasladados a los distintos talleres de manera inmediata. Además, se toma como premisa que todos los contenedores que se reciben en vía terrestre de parte de los clientes, luego de que descargaron su mercadería y estos están vacíos, son de tipo estándar al igual que los contenedores que se declaran dadas de baja de la flota.

En este caso de estudio se asume que todos los contenedores que se tienen en el sistema son de propiedad de la compañía y ninguno se encuentra arrendado por lo que los costos anteriormente identificados son aquellos desde que ingresan a la red de transporte y reparación. Sin embargo, se puntualiza que si este no fuera el caso y sí existieran contenedores arrendados entonces esto no tendría un efecto significativo en la solución del modelo dado que la cantidad de contenedores en este estado y el periodo de retorno es tal que implica que el costo incurrido al entregar las unidades arrendadas a la compañía propietaria es mínimo en comparación con los demás componentes de la función.

Adicionalmente se detallan los supuestos a continuación los cuales se toman en cuenta en la mayoría de la literatura acerca de transportación de contenedores:

1. Los mínimos y máximos de contenedores que se embarcan desde una localidad origen en un tiempo determinado son conocidos.
2. Los mínimos y máximos de contenedores que arriban a una localidad destino en un tiempo determinado son conocidos.
3. Los contenedores que han llegado vía marítima y que se reciben en cada puerto destino van a llegar en diferentes instantes de tiempo durante el mismo mes, por ende, esto no va a afectar a la satisfacción de la demanda dado que el periodo de planificación en el que se solicita el abastecimiento de contenedores a cada localidad es el mismo en el que se recibe.
4. Los contenedores vacíos no son embarcados con antelación para cumplir futuras demandas.
5. Los tipos de contenedores que se analizan son dos: estándar y especial.
6. Las órdenes perdidas no se permiten ni se acumulan para el siguiente periodo.
7. Los contenedores sin utilizar y resultantes del periodo anterior es conocido. El inventario disponible se considera como el inventario inicial al inicio del periodo de planificación menos las exportaciones más los ingresos del mismo periodo.
8. Los contenedores se movilizan mediante dos tipos de transporte: marítimo y terrestre -se incluye el ferrocarril y transporte pesado-.
9. En la locación de origen existe transporte marítimo y terrestre -exclusivamente ferrocarril- mientras que en la locación destino solamente hay medios terrestres -transporte pesado-.
10. Los costos detallados son independientes del periodo en el que se tome en cuenta.
11. La capacidad de almacenamiento en cada origen es lo suficiente para almacenar hasta cuatro veces la demanda de cada localidad por lo que se considera que esto no es una limitación para el modelo.
12. Todos los contenedores que se entregan al exportador están reparados y una vez despachados ya no generan costos para la empresa.
13. Todas las operaciones del contenedor una vez se encuentre lleno están fuera del alcance de este proyecto.
14. El pago del almacenaje se considera un valor fijo por contenedor por día en la localidad de destino. Se descarta la existencia de pagos por sobrepasar el límite permitido de almacenamiento en un taller de alguna localidad origen y/o destino.

2.4 Datos del caso en estudio

La demanda de contenedores del mercado es estacional y alcanza su máximo nivel en el primer cuatrimestre del año cuando las exportaciones a Europa llegan a su pico debido al periodo de verano de este continente. Esta demanda impacta en la cadena de suministro de Naviera S.A. porque causa que el proceso de abastecimiento y reparación se ajuste a las necesidades de los clientes. Por ende, las opciones que tiene la empresa son traer contenedores reparados y dañados de otros países al igual que maximizar las

reparaciones locales del inventario actual. Con la finalidad de optimizar los recursos se inicia el proceso de definición del pronóstico de contenedores a satisfacer su demanda, en conjunto con los exportadores principales de banano y otras frutas y verduras que utilizan de los contenedores para movilizar su carga hacia el destino final, esta información está consolidada en la tabla 2.1.

Localidad	Año	Periodo	Demanda de contenedores estándar reparados (unidades/mes)	Demanda de contenedores especiales reparados (unidades/mes)	Demanda Total de contenedores reparados (unidades/mes)
Guayaquil	2020	0	6135	1080	7215
Guayaquil	2021	1	6700	1150	7850
Guayaquil	2021	2	7300	1280	8580
Guayaquil	2021	3	7500	1300	8800
Guayaquil	2021	4	7000	1500	8500
Guayaquil	2021	5	6950	1450	8400
Guayaquil	2021	6	6800	1300	8100
Guayaquil	2021	7	6500	1200	7700
Guayaquil	2021	8	6400	1100	7500
Guayaquil	2021	9	6300	1050	7350
Guayaquil	2021	10	6200	1000	7200
Guayaquil	2021	11	6600	1080	7680
Guayaquil	2021	12	6750	1100	7850
Guayaquil	2022	13	6800	1200	8000
Guayaquil	2022	14	7400	1250	8650
Guayaquil	2022	15	7500	1325	8825
Puerto Bolívar	2020	0	1716	462	2178
Puerto Bolívar	2021	1	2100	480	2580
Puerto Bolívar	2021	2	2280	534	2814
Puerto Bolívar	2021	3	2300	540	2840
Puerto Bolívar	2021	4	2250	525	2775
Puerto Bolívar	2021	5	2100	480	2580
Puerto Bolívar	2021	6	1900	420	2320
Puerto Bolívar	2021	7	1850	405	2255
Puerto Bolívar	2021	8	1800	390	2190
Puerto Bolívar	2021	9	1700	360	2060
Puerto Bolívar	2021	10	1850	405	2255
Puerto Bolívar	2021	11	1900	420	2320
Puerto Bolívar	2021	12	2000	450	2450
Puerto Bolívar	2022	13	2050	465	2515

Puerto Bolívar	2022	14	2100	480	2580
Puerto Bolívar	2022	15	2225	518	2743

Tabla 2.1 Pronóstico de la demanda de Naviera S.A.

Como se identificó anteriormente existe un límite del total de contenedores que pueden enviarse desde una ciudad origen a otra ciudad destino. Por ejemplo, de la ciudad de Qingdao en China se puede enviar un total 4200 en el periodo de un mes por ende como mucho se puede recibir esta cantidad en Guayaquil para los contenedores de tipo estándar. Por esto, en tabla 2.2 se colocan las siguientes cantidades máximas de contenedores de tipo estándar que por cada ruta pueden llegar al destino particular.

Tipo de contenedor	Ciudad de Origen	Ciudad de Destino	Capacidad máxima de abastecimiento (unidades/mes)
1. Estándar	1. China - Qingdao	1. Ecuador - Guayaquil	4200
1. Estándar	2. México - Manzanillo	1. Ecuador - Guayaquil	1200
1. Estándar	3. México - Lázaro Cárdenas	1. Ecuador - Guayaquil	400
1. Estándar	4. Perú - Callao	1. Ecuador - Guayaquil	800
1. Estándar	5. Marruecos - Tánger	1. Ecuador - Guayaquil	0
1. Estándar	6. EE. UU. – Newark	1. Ecuador - Guayaquil	1200
1. Estándar	7. Panamá - Manzanillo	1. Ecuador - Guayaquil	2000
1. Estándar	8. Panamá – Balboa	1. Ecuador - Guayaquil	1600
1. Estándar	9. China – Pekín	1. Ecuador - Guayaquil	800
1. Estándar	8. Panamá - Balboa	2. Ecuador - Puerto Bolívar	1600
1. Estándar	9. China – Pekín	2. Ecuador - Puerto Bolívar	800

Tabla 2.2 Cantidades de contenedores estándar que se pueden recibir por ruta en Guayaquil y Puerto Bolívar.

Se describe lo equivalente para las unidades tipo especiales que también tienen de destino ambas ciudades de Ecuador en tabla 2.3. Para ejemplificar, en la empresa Naviera S.A. se puede abastecer a la ciudad de Guayaquil, Ecuador como mucho con 200 contenedores de tipo especiales desde la ciudad de origen Qingdao, China; sin embargo, desde la ciudad de Manzanillo y Lázaro Cárdenas de México no existe abastecimiento de este tipo de contenedor. El mismo escenario se repite tanto para Callao, Tánger, Newark y Pekín.

Tipo de contenedor	Ciudad de Origen	Ciudad de Destino	Capacidad máxima de abastecimiento (unidades/mes)
---------------------------	-------------------------	--------------------------	--

2. Especiales	1. China – Qingdao	1. Ecuador - Guayaquil	200
2. Especiales	2. México - Manzanillo	1. Ecuador - Guayaquil	0
2. Especiales	3. México - Lázaro Cárdenas	1. Ecuador - Guayaquil	0
2. Especiales	4. Perú - Callao	1. Ecuador - Guayaquil	0
2. Especiales	5. Marruecos – Tánger	1. Ecuador - Guayaquil	400
2. Especiales	6. EE. UU. – Newark	1. Ecuador - Guayaquil	0
2. Especiales	7. Panamá - Manzanillo	1. Ecuador - Guayaquil	800
2. Especiales	8. Panamá - Balboa	1. Ecuador - Guayaquil	400
2. Especiales	9. China – Pekín	1. Ecuador - Guayaquil	0
2. Especiales	8. Panamá - Balboa	2. Ecuador - Puerto Bolívar	600

Tabla 2.3 Cantidades de contenedores especiales que se pueden recibir por ruta en Guayaquil y Puerto Bolívar.

En la actualidad la empresa cuenta con una serie de costos operativos entre ellos el costo marítimo, que cubre la operación de traslado por ruta se describen según la tabla 2.4. De tal forma, que periódicamente, indistinto del periodo, el espacio en el buque para cargar un contenedor vacío tipo estándar o especial desde la ciudad de Qingdao hacia la ciudad de Guayaquil en Ecuador tiene una tarifa fija de \$2,000.00 por transportar una unidad. Mientras que, desde la última localidad, de la ruta de Pekín, China hacia la ciudad de Puerto Bolívar tiene su tarifa de \$1,800.00 por unidad.

Tipo de contenedor	Ciudad de Origen	Ciudad de Destino	Tarifa de transporte marítimo (\$/unidad)
1. Estándar 2. Especial	1. China – Qingdao	1. Ecuador - Guayaquil	2,000.00
1. Estándar 2. Especial	2. México - Manzanillo	1. Ecuador - Guayaquil	1,300.00
1. Estándar 2. Especial	3. México - Lázaro Cárdenas	1. Ecuador - Guayaquil	1,350.00
1. Estándar 2. Especial	4. Perú - Callao	1. Ecuador - Guayaquil	200.00
1. Estándar 2. Especial	5. Marruecos – Tánger	1. Ecuador - Guayaquil	1,900.00
1. Estándar 2. Especial	6. EE. UU. – Newark	1. Ecuador - Guayaquil	700.00
1. Estándar 2. Especial	7. Panamá - Manzanillo	1. Ecuador - Guayaquil	500.00
1. Estándar 2. Especial	8. Panamá – Balboa	1. Ecuador - Guayaquil	600.00
1. Estándar 2. Especial	9. China – Pekín	1. Ecuador - Guayaquil	2,000.00
1. Estándar	8. Panamá –	2. Ecuador - Puerto Bolívar	500.00

2. Especial	Balboa		
1. Estándar 2. Especial	9. China – Pekín	2. Ecuador - Puerto Bolívar	1,800.00

Tabla 2.4 Costos de fletes marítimos para transportar un contenedor por ruta en Guayaquil y Puerto Bolívar.

Una vez que los contenedores arriban a las distintas ciudades destino, se descargan vacíos en las diferentes terminales de cada localidad. Por régimen naviero las unidades deben de entregarse exclusivamente desde un patio de contenedores. Por ende, debe existir el transporte vía terrestre para este caso que permita movilizar las unidades de tipo especial y estándar vacías que llegan a cada ciudad. Los valores de la tabla 2.5 indican la tarifa que Naviera S.A. paga a los transportistas por realizar esta movilización.

Tipo de contenedor	Ciudad de Origen	Ciudad de Destino	Tarifa de transporte terrestre (\$/unidad)
1. Estándar	Todos	1. Ecuador – Guayaquil	62.50
2. Especial	Todos	1. Ecuador – Guayaquil	62.50
1. Estándar	Todos	2. Ecuador - Puerto Bolívar	31.00
2. Especial	Todos	2. Ecuador - Puerto Bolívar	31.00

Tabla 2.5 Costos de transporte de vacíos para recibir un contenedor en los talleres de Guayaquil y Puerto Bolívar.

Existe otra fuente de contenedores para el inventario de cada ciudad se debe a la devolución de contenedores dañados estándar que realizan periódicamente los exportadores a los diferentes talleres de Naviera S.A. De tal forma, que cuando un contenedor ingresa por vía terrestre por concepto de devolución luego de su uso por política de la empresa el exportador debe devolver la unidad vacía al depósito de Guayaquil. Así que al generarse el ingreso del contenedor a las instalaciones de los depósitos de reparación del grupo Naviera S.A. se generan valores estipulados por contrato con el proveedor de servicios de recepción y reparación que se detallan en la tabla 2.6. Aquí la tarifa de \$12.50 por unidad aplica tanto para contenedores estándar, indiferentemente del origen del que proviene, cuando se devuelve en algún depósito de Guayaquil en Ecuador y de \$11 por contenedor cuando se realiza la entrega de este en Puerto Bolívar.

Tipo de contenedor	Ciudad de Origen	Ciudad de Destino	Tarifa de devolución (\$/unidad)
1. Estándar	Todos	1. Ecuador - Guayaquil	12.50
2. Especial	Todos	1. Ecuador - Guayaquil	12.50
1. Estándar	Todos	2. Ecuador - Puerto Bolívar	11.00

2. Especial	Todos	2. Ecuador - Puerto Bolívar	11.00
-------------	-------	-----------------------------	-------

Tabla 2.6 Costos del depósito por recibir un contenedor por devolución del cliente en los talleres de Guayaquil y Puerto Bolívar.

El inventario que existe disponible en Guayaquil y en Puerto Bolívar tiene asociado un valor por almacenamiento de \$7.50 por cada contenedor por cada mes que repose en un taller -como se aprecia en la tabla 2.7-. El tipo de contenedor ya sea estándar o especial que llegue de alguna ciudad destino o por concepto de devolución del cliente es el mismo.

Tipo de contenedor	Ciudad de Origen	Ciudad de Destino	Tarifa de almacenamiento (\$/unidad * mes)
1. Estándar	Todos	1. Ecuador - Guayaquil	7.50
2. Especial	Todos	1. Ecuador - Guayaquil	7.50
1. Estándar	Todos	2. Ecuador - Puerto Bolívar	7.50
2. Especial	Todos	2. Ecuador - Puerto Bolívar	7.50

Tabla 2.7 Costos del depósito por almacenaje de un contenedor en los talleres de Guayaquil y Puerto Bolívar.

La compañía Naviera S.A. tiene como actividad laboral reparar cada contenedor dañado - siempre que sea necesario para satisfacer la demanda- que arribe a la ciudad destino. La finalidad de la reparación es que cambie el estado de dañado a reparado entonces se pueda disponer de la unidad y entregarla a un cliente de exportación. Para ello, existe una tarifa que está estipulada por contrato que se indican en la tabla 2.8 por ejemplo para reparar un contenedor vacío tipo estándar que llegue desde Qingdao en China y que se reciba en Guayaquil Ecuador es de \$75 por contenedor. Pero si el contenedor se es reparado en Guayaquil para entregarse a un exportador de Guayaquil para una unidad estándar su valor de mantenimiento es de \$140 por contenedor.

Tipo de contenedor	Ciudad de Reparación	Ciudad de Destino	Tarifa de mantenimiento (\$/unidad)
1. Estándar	Qingdao, China	1. Ecuador - Guayaquil	75.00
1. Estándar	Guayaquil, Ecuador	1. Ecuador - Guayaquil	140.00
1. Estándar	Pekín, China	2. Ecuador - Puerto Bolívar	75.00
1. Estándar	Puerto Bolívar, Ecuador	2. Ecuador - Puerto Bolívar	140.00
2. Especial	Guayaquil,	1. Ecuador - Guayaquil	225.00

	Ecuador		
2. Especial	Puerto Bolívar, Ecuador	2. Ecuador - Puerto Bolívar	225.00

Tabla 2.8 Costos por reparar un contenedor en los talleres de Asia y Ecuador

Finalmente se colocan tanto los costos de despachar una unidad para un cliente cuando esta se declara reparada y está lista para usarse para exportación. Los costos varían por localidad desde donde se entrega cada contenedor y es de \$12.50 por unidad en Guayaquil para todo tipo de contenedor y de \$11.00 en Puerto Bolívar. En la tabla 2.9 se indican estos valores.

Tipo de contenedor	Ciudad de Origen	Ciudad de Destino	Tarifa de recepción de contenedor (\$/unidad)
1. Estándar	Todos	1. Ecuador - Guayaquil	12.50
2. Especial	Todos	1. Ecuador - Guayaquil	12.50
1. Estándar	Todos	2. Ecuador - Puerto Bolívar	11.00
2. Especial	Todos	2. Ecuador - Puerto Bolívar	11.00

Tabla 2.9 Costos por entregar un contenedor en los talleres de Guayaquil y Puerto Bolívar.

2.5 Definición de las variables de decisión

El primer paso para construir el modelo de planeación agregada es identificar el conjunto de variables de decisión cuyos valores serán determinados en el plan agregado. Para la empresa Naviera S.A. se definen las siguientes variables de decisión para el modelo de programación lineal:

X_{ijrt} = Número de contenedores estándar que arriban

por abastecimiento marítimo programado desde

un origen i a un destino j en un estado de reparación r en el mes t ; $\left(\frac{\text{contenedores}}{\text{mes}}\right)$

$$i = 1, \dots, 9$$

$$j = 1, 2$$

$$r = 1, 2$$

$$t = 1, \dots, 15$$

Y_{ijrt} = Número de contenedores especiales que arriban

por abastecimiento marítimo programado desde

un origen i a un destino j en un estado de reparación r en el mes t ; $(\frac{\text{contenedores}}{\text{mes}})$

$$i = 1, \dots, 9$$

$$j = 1, 2$$

$$r = 1, 2$$

$$t = 1, \dots, 15$$

R_{jt} = número de contenedores estándar reparados en un destino j en el mes t ;

$$(\frac{\text{contenedores}}{\text{mes}})$$

$$j = 1, 2$$

$$t = 1, \dots, 15$$

E_{jt} = número de contenedores especiales reparados en un destino j en el mes t ;

$$(\frac{\text{contenedores}}{\text{mes}})$$

$$j = 1, 2$$

$$t = 1, \dots, 15$$

Para mantener la estructura del modelo a continuación se definen los parámetros del modelo:

F_j = Demanda de contenedores estándar de la ciudad j del mes t ; $(\frac{\text{contenedores}}{\text{mes}})$

$$t = 1, \dots, 15$$

G_j = Demanda de contenedores especiales de la ciudad j del mes t ; $(\frac{\text{contenedores}}{\text{mes}})$

$$t = 1, \dots, 15$$

I_{jrt} = Inventario de contenedores estándar en un destino j en un estado de reparación r al final del mes t ; $(\frac{\text{contenedores}}{\text{mes}})$

$$i = 1, \dots, 9$$

$$j = 1, 2$$

$$r = 1, 2$$

$$t = 1, \dots, 15$$

K_{jrt} = Inventario de contenedores especiales en un destino j en un estado de reparación r al final del mes t ; $(\frac{\text{contenedores}}{\text{mes}})$

$$i = 1, \dots, 9$$

$$j = 1, 2$$

$$r = 1, 2$$

$$t = 1, \dots, 15$$

Asimismo, se definen las siguientes variables, correspondiente al ingreso de stock por concepto de devolución de unidades vacías (L), y aquellas salidas del sistema de inventario que son las unidades que se declaran chatarra (M) por lo que se dan de baja en la flota:

L_{rt} = Número de contenedores estándar que se reciben en Guayaquil

en estado de reparación dañados en un mes t ; $(\frac{\text{contenedores}}{\text{mes}})$

$$r = 1$$

$$t = 1, \dots, 15$$

N_{jt} : Número de contenedores estándar dañados chatarrizados

en un destino j al final del mes t ; $(\frac{\text{contenedores}}{\text{mes}})$

$$r = 2$$

$$t = 1, \dots, 15$$

El siguiente paso en la construcción del modelo de planificación agregada es definir la función objetivo.

2.6 Definición de la función objetivo

Dado que se definió como F_t y G_t como la demanda de los contenedores estándar y especiales respectivamente, descritos en la tabla 1.1. La función objetivo es minimizar el costo de abastecimiento de contenedores vacíos mientras se satisface las necesidades del mercado en el periodo de tiempo en evaluación. Por ello, el costo que Naviera S.A. incurre para esta operación tiene los componentes descritos a continuación:

- Costo de transporte marítimo de contenedores
- Costo de reparación de contenedores en origen
- Costo de reparación de contenedores en destino
- Costo de transporte terrestre de contenedores en destino
- Costo de recepción de contenedores por devolución
- Costo de almacenamiento de contenedores
- Costo de despacho de contenedores a clientes

Estos costos se evalúan según lo siguiente:

1. Costo de transporte marítimo

Existe un cobro por la utilización del espacio en el buque que se denomina costo de flete marítimo:

M_{ijr} : Costo del flete marítimo de contenedores desde un origen i a un destino j

en un estado de reparación r ; $\left(\frac{\$}{\text{contenedor}}\right)$

$$i = 1, \dots, 9$$

$$j = 1, 2$$

$$r = 1, 2$$

$$t = 1, \dots, 15$$

2. Costo de reparación

En cuanto a los costos de reparación por tipo de tecnología tanto para enviar de un origen a un destino como para reparar en localidad final tenemos:

C_{ijr} = Costo de reparar un contenedor estándar vacío que envía la localidad i

para entregar en destino j en un estado de reparación r $\left(\frac{\$}{\text{contenedor}}\right)$

$$i = 1, \dots, 9$$

$$j = 1, 2$$

$$r = 1, 2$$

$$t = 1, \dots, 15$$

B_{ijr} = Costo de reparar un contenedor especial que envía la localidad i

de estado de reparación r para entregar en destino j $\left(\frac{\$}{\text{contenedor}}\right)$;

$$i = 1, 5, 7, 8$$

$$j = 1, 2$$

$$r = 2$$

$$t = 1, \dots, 15$$

3. Costo de transporte terrestre

Adicional dado a que para movilizar desde los puertos destinos hacia los talleres de entrega de contenedores existe un costo de flete terrestre el cual se identifica como:

T_{ijr} = Costo de flete terrestre e ingreso de un contenedor en

un estado de reparación r en la ciudad j $\left(\frac{\$}{\text{contenedor}}\right)$;

$$i = 1, \dots, 9$$

$$j = 1, 2$$

$$r = 1, 2$$

$$t = 1, \dots, 15$$

4. Costo de recepción

En la operación también existe un costo relacionado a la devolución de contenedores de los clientes que se denomina importación de unidades para ello cada vez que el usuario devuelve un contenedor luego de haberlo utilizado en los talleres de reparación de Naviera S.A. se genera un costo de ingreso de contenedor por importación que se define como:

U_j = Costo de recepción de contenedor vacío por devolución de

importación del cliente en la localidad j $\left(\frac{\$}{\text{contenedor}}\right)$; $j = 1$; $t = 1, \dots, 15$

5. Costo de almacenamiento

Se cuenta con el dato del costo del almacenaje de cada contenedor vacío que se toma como:

H_j : Costo de almacenaje de un contenedor vacío en una

localidad j en el tiempo t $\left(\frac{\$}{\text{contenedor} * \text{mes}}\right)$; $j = 1, 2$; $t = 1, \dots, 15$

6. Costo de despachos

Finalmente, al igual que el costo asociado a la entrega de contenedores una vez confirmada su reparación:

O_{jr} : Costo de entregar un contenedor vacío en estado de reparación r

al cliente en la localidad j $\left(\frac{\$}{\text{contenedor}}\right)$; $r = 1$; $j = 1, 2$; $t = 1, \dots, 15$

De tal forma que la función objetivo del costo total durante el horizonte de planeación es la suma de todos los costos relacionados y se identifica como:

Mín $Z =$

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^2 \sum_{r=1}^2 \sum_{t=1}^{15} (C_{ijr} * X_{ijrt}) + \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^2 \sum_{r=1}^2 \sum_{t=1}^{15} M_{ijr} * (X_{ijrt} + Y_{ijrt}) + \\ & \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^2 \sum_{r=1}^2 \sum_{t=1}^{15} T_{ijrt} (X_{ijrt} + Y_{ijrt}) + \sum_{j=1}^2 \sum_{r=1}^2 \sum_{t=1}^{15} (U_{jr} * L_{jrt}) + \\ & \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^2 \sum_{r=1}^2 \sum_{t=1}^{15} H_{ijrt} * (X_{ijrt} + Y_{ijrt} + I_{jrt} + K_{jrt}) + \sum_{j=1}^2 \sum_{r=1}^2 \sum_{t=1}^{15} (C_{jr} * R_{jrt}) + \\ & \sum_{j=1}^2 \sum_{r=1}^2 \sum_{t=1}^{15} (B_{jr} * E_{jrt}) + \sum_{j=1}^2 \sum_{r=1}^2 \sum_{t=1}^{15} O_{jr} * (F_{jrt} + G_{jrt}) \end{aligned}$$

Donde:

$$X_{ijrt} \geq 0, \in Z +$$

$$Y_{ijrt} \geq 0, \in Z +$$

$$L_{jrt} \geq 0, \in Z +$$

$$I_{jrt} \geq 0, \in Z +$$

$$K_{jrt} \geq 0, \in Z +$$

$$R_{jrt} \geq 0, \in Z +$$

$$E_{jrt} \geq 0, \in Z +$$

$$F_{jrt} \geq 0, \in Z +$$

$$G_{jrt} \geq 0, \in Z +$$

$$C_{ijrt}, \in Q +$$

$$M_{ijrt}, \in Q +$$

$$T_{ijrt}, \in Q +$$

$$H_{ijrt}, \in Q +$$

$$U_{jrt}, \in Q +$$

$$B_{jrt}, \in Q +$$

$$O_{jrt}, \in Q +$$

2.7 Definición de restricciones

Una vez identificado lo anterior, se procede a especificar las restricciones que las variables de decisión deben de sujetarse. Estas son las siguientes:

Restricciones de capacidad de abastecimiento

- A. La cantidad total de contenedores estándar X_{ijrt} de todo tipo de condición de reparación (r) que se pueden recibir por mes desde los distintos orígenes (i) en los puertos de destino (j) en el tiempo (t) se obtiene en función del máximo valor de contenedores según sigue:

$$X_{11rt} \leq 4800; \forall r = 1,2; t = 1, \dots, 15 \quad (1)$$

$$X_{21rt} \leq 1200; \forall r = 1,2; t = 1, \dots, 15 \quad (2)$$

$$X_{31rt} \leq 400; \forall r = 1,2; t = 1, \dots, 15 \quad (3)$$

$$X_{41rt} \leq 800; \forall r = 1,2; t = 1, \dots, 15 \quad (4)$$

$$X_{61rt} \leq 1200; \forall r = 1,2; t = 1, \dots, 15 \quad (5)$$

$$X_{71rt} \leq 2000; \forall r = 1,2; t = 1, \dots, 15 \quad (6)$$

$$X_{81rt} \leq 400; \forall r = 1,2; t = 1, \dots, 15 \quad (7)$$

$$X_{92rt} \leq 800; \forall r = 1,2; t = 1, \dots, 15 \quad (8)$$

$$X_{82rt} \leq 1600; \forall r = 1,2; t = 1, \dots, 15 \quad (9)$$

- B. De igual forma la cantidad total de contenedores especiales Y_{ijrt} cuya condición de reparación es dañado ($r = 2$) y que se pueden recibir por semana desde los distintos orígenes (i) en los puertos de destino (j) lo tenemos como sigue:

$$Y_{112t} \leq 200; \forall t = 1, \dots, 15 \quad (10)$$

$$Y_{512t} \leq 400; \forall t = 1, \dots, 15 \quad (11)$$

$$Y_{712t} \leq 800; \forall t = 1, \dots, 15 \quad (12)$$

$$Y_{812t} \leq 400; \forall t = 1, \dots, 15 \quad (13)$$

$$Y_{822t} \leq 600; \forall t = 1, \dots, 15 \quad (14)$$

Se coloca cero como límite inferior en los puntos A y B dado a que es posible que en ninguno de los países origen se carguen contenedores vacíos hacia el destino particular.

- C. Cantidad total de contenedores estándar que están en condición operativos y que se pueden recibir por semana desde los distintos orígenes en los puertos de destino.

$$600 \leq X_{111t} \leq 1200; t = 1,2,3,4,12 \quad (15)$$

$$600 \leq X_{921t} \leq 800; t = 1,2,3,4,12 \quad (16)$$

El valor establecido de cotas se debe a la política de la empresa que indica los rangos de total de contenedores vacíos que se deben enviar reparados hacia cada destino de Ecuador.

Restricciones de capacidad de reparación

D. Capacidad de reparación

$$\sum_{j=1}^2 \sum_{t=1}^{15} R_{j2t} \leq 0.60 \sum_{j=1}^2 \sum_{t=1}^{15} (I_{j2t} + L_{j2t} + X_{j2t} - N_t); \forall j = 1,2; \\ t = 1, \dots, 15(17)$$

$$\sum_{j=1}^2 \sum_{t=1}^{15} E_{j2t} \leq 0.60 \sum_{j=1}^2 \sum_{t=1}^{15} (K_{j2t} + Y_{j2t}); \forall j = 1,2; t = 1, \dots, 15(18)$$

Así en cada periodo la cantidad producida de contenedores reparados R_{j2t} no puede exceder la capacidad disponible, que por política interna se define el 60% de los contenedores existentes en piso en el inventario, en este caso para los contenedores de tipo estándar se denotan por I_{j2t} . Debido a que existe una limitación de recursos de horas hombre, maquinaria, aprobaciones de proformas de reparación que se ejecutan por el departamento de Servicios Generales cuya máxima utilización es de tal porcentaje. Por ende, si un contenedor no está aprobado por el área en mención entonces no es posible reparar un contenedor. De lo contrario, esta reparación no sería cancelada por Naviera S.A. al proveedor.

También se debe incluir como parte del stock los contenedores que llegan a los depósitos de reparación vía terrestre por concepto de devolución del cliente L_{j2t} , al igual que los contenedores que llegan en buque en el mismo periodo de tiempo X_{j2t} y disminuyendo la porción de la flota que se chatarriza N_t y que no constan como parte de la flota. Lo equivalente se aplica para los contenedores especiales E_{j2t} que se reparan solo el 60% de lo que está en inventario I_{j2t} sumado al total de contenedores que arriben de la descarga marítima Y_{j2t} .

Restricciones de balance de inventario

E. Inventario disponible de contenedores por tipo de tecnología por cada localidad en un periodo de tiempo definido.

$$I_{jrt} = \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^2 \sum_{r=1}^2 \sum_{t=1}^{15} (I_{jr(t-1)} + X_{jrt} + R_{jrt} + R_{jr(t-1)} + L_{12t} - F_{j1t} \\ - N_{jt}); \\ j = 1,2; \\ r = 1,2; \\ t = 1, \dots, 15(19)$$

$$K_{jrt} = \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^2 \sum_{r=1}^2 \sum_{t=1}^{15} (K_{jr(t-1)} + Y_{jrt} + E_{jrt} + E_{jr(t-1)} - G_{j1t}) \quad ; \quad (20)$$

$$j = 1,2;$$

$$r = 1,2;$$

$$t = 1, \dots, 15$$

El tercer conjunto de restricciones corresponde al balanceo del inventario al iniciar cada periodo I_{jrt} . Aquí se tomará el inventario existente al final del periodo anterior $I_{jr(t-1)}$. Luego, se le sumará la cantidad de contenedores que arriban vía marítima X_{jrt} en el periodo t más los contenedores que se reparen en el mismo periodo R_{jrt} y los contenedores que se encuentren en estado reparados y que hayan restado en el periodo anterior $R_{jr(t-1)}$ junto a los contenedores dañados que lleguen a los talleres por devolución de clientes L_{12t} . A todo ello se le deduce la demanda local F_{j1t} y el inventario de contenedores que se dan de baja en el inventario N_{jt} . Esta relación se expresa para los contenedores estándar en la ecuación 19 y para los contenedores especiales en la ecuación 20.

Paralelamente tenemos el inventario tanto de contenedores reparados como de contenedores dañados que se describen como:

$$I_{j1t} = \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^2 \sum_{r=1}^2 \sum_{t=1}^{15} (R_{jr(t-1)} + R_{jrt} + X_{j1t} - F_{j1t});$$

$$j = 1,2;$$

$$r = 1,2;$$

$$t = 1, \dots, 15(21)$$

$$K_{j1t} = \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^2 \sum_{r=1}^2 \sum_{t=1}^{15} (E_{jr(t-1)} + E_{jrt} - G_{j1t});$$

$$j = 1,2;$$

$$r = 1,2;$$

$$t = 1, \dots, 15(22)$$

Restricciones de satisfacción de demanda local

F. Satisfacción de la demanda

$$\sum_{j=1}^2 \sum_{t=1}^{15} (R_{j2(t-1)} + R_{j2t} + X_{j2t}) \geq F_{jt} ;$$

$$j = 1,2;$$

$$t = 1, \dots, 15(23)$$

$$\sum_{j=1}^2 \sum_{t=1}^{15} (E_{j2(t-1)} + E_{j2t}) \geq G_{jt} ;$$

$$j = 1,2;$$

$$t = 1, \dots, 15(24)$$

La ecuación 21 denota el inventario de contenedores reparados se conforma por la cantidad de contenedores reparados que se dejaron operativas en exceso el periodo anterior $R_{j2(t-1)}$ junto a los contenedores que se les dio mantenimiento en el mismo periodo t , R_{j2t} , para satisfacer las necesidades del mercado más X_{j2t} que será el total de contenedores que lleguen desde China operativos a Ecuador debe ser mayor o igual a F_{jt} con la finalidad de que se satisfaga la demanda del mercado local. El mismo principio aplica para los contenedores especiales reparados en el periodo t E_{j2t} sumado a los que se repararon en exceso el periodo anterior $E_{j2(t-1)}$ para cumplir con su demanda G_{jt} .

Parámetros

G. Porción de contenedores estándar que se declara chatarra y se eliminan de la flota de la empresa.

$$\sum_{t=1}^{15} N_{1t} = 270; \forall t = 1, \dots, 15 (25)$$

$$\sum_{t=1}^{15} N_{2t} = 70; \forall t = 1, \dots, 15 (26)$$

Aquellos contenedores cuyas estimaciones de mantenimientos superan el límite de reparación permitido por la organización se declaran automáticamente pérdida total por ende se los elimina de la flota. Luego se solicita su venta en calidad de

chatarra N_{1t} y no cuenta como inventario para entregar a los clientes para Guayaquil existe un constante de 270 unidades declaradas fuera de la flota y en Puerto Bolívar en cambio son 70 unidades estándar.

H. Porción de contenedores estándar que se devuelven exclusivamente en Guayaquil.

$$\sum_{t=1}^{15} L_{12t} = 0.10 \sum_{t=1}^{15} F_{12t}; \forall t, j = 1 \quad (27)$$

Una vez que los clientes han utilizado los contenedores estos los devuelven a los distintos talleres para que sean reparados y de no realizar la devolución dentro del periodo determinado se genera una multa al cliente. El total de contenedores recibidos por importación o devolución del cliente L_{12t} en Guayaquil solamente es del 10% del total de contenedores pronosticados que se deberán de entregar desde los talleres para la exportación.

CAPÍTULO 3

3 PLANEACIÓN AGREGADA

3.1 Planeación agregada en Excel

A continuación, se detalla el método de generar el plan agregado para la operación logística de contenedores de Naviera S.A. en la figura 3.1 usando Excel. Las variables de decisión están descritas en las celdas D8 a la N22 y de R8 a R22; y cada celda corresponde a una variable que el modelo va a definir. De tal forma, que en la celda D8 se identifica el total de contenedores estándar vacíos de estado reparado que se van a enviar desde Qingdao a Guayaquil; sin embargo, se inicia el modelo colocando 0 en las celdas como se muestra en este campo; lo equivalente se aplicará para las unidades estándar cuyo destino sea Puerto Bolívar y para las unidades especiales con destino Guayaquil y Puerto Bolívar.

En este orden de ideas, también en la celda R8 se colocará por medio de Solver el total de contenedores estándar que se hayan reparado en Guayaquil, Ecuador para cumplir con la demanda local de esta ciudad.

	A	C	D	E	J	K	L	M	N	R
1	Plan Agregado de Producción									
2	VARIABLES DE DECISIÓN									
3	VARIABLES DE DECISIÓN									
4	VARIABLES DE DECISIÓN									
5		<i>Nt</i>	<i>X11t</i>	<i>X12t</i>	<i>X62t</i>	<i>X72t</i>	<i>X82t</i>	<i>X91t</i>	<i>X92t</i>	<i>Rt</i>
6	Period	Chatarrizados	Solicitado a 1. China (Reparado)	Solicitado a 1. China, Quimgdao (Dañado)	Solicitado a 6. USA, Newark (Dañado)	Solicitado a 7. Panamá, Manzanillo (Dañado)	Solicitado a 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Solicitado a 9. China, Pekin (Reparado)	Solicitado a 9. China, Pekin (Dañado)	Unidades reparadas localmente EC
7	0	270	600	300	500	1000	300	0	0	5133
8	1	270	-	-	-	-	-	-	-	0
9	2	270	-	-	-	-	-	-	-	0
10	3	270	-	-	-	-	-	-	-	0
11	4	270	-	-	-	-	-	-	-	0
12	5	270	-	-	-	-	-	-	-	0
13	6	270	-	-	-	-	-	-	-	0
14	7	270	-	-	-	-	-	-	-	0
15	8	270	-	-	-	-	-	-	-	0
16	9	270	-	-	-	-	-	-	-	0
17	10	270	-	-	-	-	-	-	-	0
18	11	270	-	-	-	-	-	-	-	0
19	12	270	-	-	-	-	-	-	-	0
20	13	270	-	-	-	-	-	-	-	0
21	14	270	-	-	-	-	-	-	-	0
22	15	270	-	-	-	-	-	-	-	0

Figura 3.1 Área de la hoja de cálculo para las variables de decisión

También se puede visualizar en la figura 3.2 que en la columna V se expresa la demanda de contenedores estándar de Guayaquil de la empresa Naviera S.A. Se incluye este dato de entrada para realizar el cálculo del plan agregado. Cabe recalcar que en esta imagen se han ocultado las celdas presentadas en la tabla 1.10 -donde se expresa el total de contenedores a enviar desde un origen *i* un destino *j*- con la finalidad de simplificar su visualización. Sin embargo, la información de estas variables de decisión se encuentra totalizadas en las columnas S y T donde se han colocado la sumatoria de los contenedores que arriban desde todas las localidades de origen hacia el destino en el estado tanto dañado como reparado respectivamente.

	A	B	C	D	E	M	N	O	P	Q	R	S	T	V	W	X	Y	Z	
1	Plan Agregado de Producción																		
2	VARIABLES DE DECISIÓN																		
3	VARIABLES DE DECISIÓN																		
4		<i>Nt</i>	<i>X11t</i>	<i>X12t</i>	<i>X91t</i>	<i>X92t</i>	<i>Ht</i>	<i>Dt</i>	<i>Lt</i>	<i>Rt</i>	<i>X0t</i>	<i>X1t</i>	<i>Ft</i>	<i>X0t</i>	<i>L11t</i>	<i>L12t</i>	<i>L11t</i>		
5	Period	Año	Chatarrizados	Solicitado a 1. China (Reparado)	Solicitado a 1. China, Quimgdao (Dañado)	Solicitado a 9. China, Pekin (Reparado)	Solicitado a 9. China, Pekin (Dañado)	Inventario 1 Reparados al inicio del periodo	Inventario 2 Dañados al inicio del periodo	Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas localmente EC	Arribos marítimos (Dañados)	Arribos marítimos Reparados	Demanda (Reparados)	Arribo marítimo	Inventario 1 Reparados al final del periodo	Inventario 2 Dañados al final del periodo	Inventario al final del periodo	
6	7	0	2020	270	600	300	0	402	10180	613	5133	4000	600	6135	4500	0	9390	9190	
7	8	1	2021	270	-	-	-	-	9390	670	0	0	0	6700	0	-6700	9790	3090	
8	9	2	2021	270	-	-	-	-	6700	730	0	0	0	7300	0	-14000	10250	-3750	
9	10	3	2021	270	-	-	-	-	14000	750	0	0	0	7500	0	-21500	10730	-10770	
10	11	4	2021	270	-	-	-	-	21500	700	0	0	0	7000	0	-28500	12160	-17340	
11	12	5	2021	270	-	-	-	-	28500	695	0	0	0	6950	0	-35450	11585	-23865	
12	13	6	2021	270	-	-	-	-	35450	680	0	0	0	6800	0	-42250	11995	-30255	
13	14	7	2021	270	-	-	-	-	42250	650	0	0	0	6500	0	-48750	12375	-38375	
14	15	8	2021	270	-	-	-	-	48750	640	0	0	0	6400	0	-55150	12745	-42405	
15	16	9	2021	270	-	-	-	-	55150	630	0	0	0	6300	0	-61450	13105	-48345	
16	17	10	2021	270	-	-	-	-	61450	620	0	0	0	6200	0	-67650	13455	-54195	
17	18	11	2021	270	-	-	-	-	67650	600	0	0	0	6000	0	-74250	13845	-60405	
18	19	12	2021	270	-	-	-	-	74250	675	0	0	0	6750	0	-81000	14250	-66750	
19	20	13	2022	270	-	-	-	-	81000	680	0	0	0	6800	0	-87800	14660	-73140	
20	21	14	2022	270	-	-	-	-	87800	740	0	0	0	7400	0	-95200	15130	-80070	
21	22	15	2022	270	-	-	-	-	95200	750	0	0	0	7500	0	-102700	15610	-87090	

Figura 3.2 Área de la hoja de cálculo para las variables de decisión y parámetros de unidades estándar en Guayaquil, Ecuador.

Después de haber identificado las variables de decisión y los parámetros en el modelo se debe de identificar un área en el Excel que permita identificar los costos como se muestra en la figura 3.3. La celda C70, por ejemplo, contiene los costos de abastecimiento de contenedores vacíos al inicio del periodo 0 como dato de entrada. Se puede tomar los costos de la celda P52 que expresa el costo de mantener inventario dañado de contenedores estándar en Guayaquil esto es el producto de las celdas P51 que es de

\$7.50 por almacenar un contenedor por mes por el valor de P8 que son los contenedores que se mantuvieron en inventario durante el periodo 1 como se visualiza en la figura 1.6.

Periodo	X11t	X92t	I1t	I2t	L1(X10)	Rt	XI2t	XI1t	Ft	XIrt
	Solicitado a 1. China (Reparado)	Solicitado a 9. China, Pekin (Dañado)	Inventario 1 Reparados	Inventario 2 Dañados	Solicitados a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas EC	Solicitado internacional dañado	Solicitado internacional Reparado	Demanda Reparados	Arribo marítimo
	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)
Costos	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 7.50	\$ 7.50	\$ 12.50	\$ 140.00	\$ -	\$ 75.00	\$ 12.50	\$ 62.50
1	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 70,425.00	\$ 8,375.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 83,750.00	\$ -
2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 50,250.00	\$ 73,425.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 91,250.00	\$ -
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 105,000.00	\$ 76,875.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 93,750.00	\$ -
4	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 161,250.00	\$ 80,475.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 97,500.00	\$ -
5	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 213,750.00	\$ 83,700.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 96,875.00	\$ -
6	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 265,875.00	\$ 86,887.50	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 85,000.00	\$ -
7	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 316,875.00	\$ 89,962.50	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 81,250.00	\$ -
8	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 365,625.00	\$ 92,812.50	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 80,000.00	\$ -
9	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 413,625.00	\$ 95,587.50	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 78,750.00	\$ -
10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 460,875.00	\$ 98,287.50	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 77,500.00	\$ -
11	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 507,375.00	\$ 100,912.50	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 82,500.00	\$ -
12	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 556,875.00	\$ 103,837.50	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 84,375.00	\$ -
13	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 607,500.00	\$ 106,875.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 85,000.00	\$ -
14	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 658,500.00	\$ 109,950.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 92,500.00	\$ -
15	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 714,000.00	\$ 113,475.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 93,750.00	\$ -
COSTO TOTAL	\$ 2,601,762.50									

Figura 3.3 Área de la hoja de cálculo para cálculos de costos de unidades estándar en Guayaquil, Ecuador.

El siguiente paso es utilizar en Datos, Análisis y escoger Solver. En la ventana emergente se introducirá la información que se utilizó en la sección anterior para representar el modelo de programación lineal como se ve en la figura 3.4. También tenemos las distintas ecuaciones con cálculos intermedios copiadas en la siguiente tabla 3.2.

Celda	Fórmula de celda	Referencia de la ecuación	Denotada en
X8	=+O8+T8+R8-V8	23	O8:O22
Y8	=+P8+Q8+S8-C8-R8	24	P8:P22
Q8	=0.1*V7	27	Q8:Q22

Tabla 3.1 Área de la hoja de cálculo para las restricciones.

Modelamiento de contenedores estándar en Guayaquil

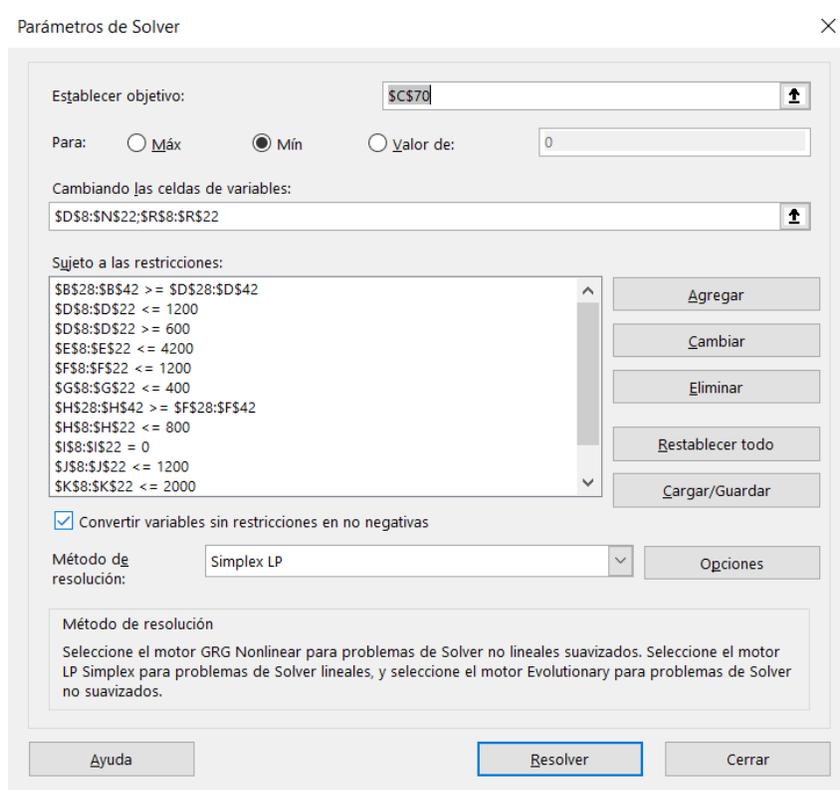


Figura 3.4 Cuadro de diálogo de Parámetros de Solver de unidades estándar en Guayaquil, Ecuador.

- Establecer objetivo : C70
- Para : Mín (Minimizar el objetivo)
- Cambiando las celdas de variables : D8:N22 (corresponde a los contenedores a traer por cada país en cada estado de reparación); R8:R22 (donde están el número de contenedores estándar a reparar en cada localidad destino)
- Sujeto a las restricciones :

Capacidad de abastecimiento de origen

- D8:D22 \geq 600
El total de contenedores a enviar a Guayaquil en estado reparado desde China, Qingdao será como mínimo 600 unidades estándar.
- D8:D22 \leq 1200
El total de contenedores a enviar a Guayaquil en estado reparado desde China, Qingdao será como máximo 1200 unidades estándar.
- E8:E22 \leq 4200

El total de contenedores a enviar a Guayaquil en estado reparado desde China, Qingdao será como máximo 4200 unidades estándar.

- F8:F22<= 1200
El total de contenedores a enviar a Guayaquil en estado dañado desde México, Manzanillo será como máximo 1200 unidades estándar.
- G8:G22<= 400
El total de contenedores a enviar a Guayaquil en estado dañado desde México, Lázaro Cárdenas será como máximo 400 unidades estándar.
- H8:H22<= 800
El total de contenedores a enviar a Guayaquil en estado dañado desde Perú, Callo será como máximo 800 unidades estándar.
- I8:I22= 0
El total de contenedores a enviar a Guayaquil en estado dañado desde Marruecos, Tánger será 0 unidades estándar dado que esta localidad solo abastece contenedores especiales en esta sección se deja en 0.
- J8:J22<= 1200
El total de contenedores a enviar a Guayaquil en estado dañado desde EE. UU., Newark será como máximo 1200 unidades estándar.
- K8:K22<= 2000
El total de contenedores a enviar a Guayaquil en estado dañado desde Panamá, Manzanillo será como máximo 2000 unidades estándar.
- L8:L22<= 400
El total de contenedores a enviar a Guayaquil en estado dañado desde Panamá, Balboa será como máximo 400 unidades estándar.

Capacidad de reparación

- H28:H42<= F28:F42
La figura 1.9 denota la cantidad de contenedores reparados en Ecuador debe ser menor o igual a la capacidad de reparación de contenedores en el país.

$$\sum_{t=1}^{15} R_{12t} \leq 0.60 \sum_{t=1}^{15} (I_{12t} + L_{12t} + X_{12t} - N_t); \forall t = 1, \dots, 15$$

	E	F	G	H
24				
25		Capacidad de reparación		
26				0.6
27		Unidades reparadas localmente EC		Capacidad de reparación
28		-	<=	5,874
29		-	<=	6,150
30		-	<=	6,438
31		-	<=	6,696
32		-	<=	6,951
33		-	<=	7,197
34		-	<=	7,425
35		-	<=	7,647
36		-	<=	7,863
37		-	<=	8,073
38		-	<=	8,307
39		-	<=	8,550
40		-	<=	8,796
41		-	<=	9,078
42		-	<=	9,366

Figura 3.5 Área de la hoja de cálculo para la restricción de capacidad de reparación de unidades estándar en Guayaquil, Ecuador.

Balance de Inventario

- B28:B42 >= D8:D42

La figura 1.10 expresa esta restricción donde el total de contenedores estándar reparados sea siempre mayor o igual a la demanda del periodo.

$$\sum_{t=1}^{15} (R_{j2(t-1)} + R_{j2t} + X_{j2t}) \geq F_{jt}; \forall t = 1, \dots, 15$$

	A	B	C	D
24	RESTRICCIONES			
25				
26	Satisfacción de demanda (entrega de reparados)			
27	Periodo	<i>I</i> t		<i>F</i> t
28	1	-	>=	6,700.00
29	2	(6,700)	>=	7,300.00
30	3	(14,000)	>=	7,500.00
31	4	(21,500)	>=	7,000.00
32	5	(28,500)	>=	6,950.00
33	6	(35,450)	>=	6,800.00
34	7	(42,250)	>=	6,500.00
35	8	(48,750)	>=	6,400.00
36	9	(55,150)	>=	6,300.00
37	10	(61,450)	>=	6,200.00
38	11	(67,650)	>=	6,600.00
39	12	(74,250)	>=	6,750.00
40	13	(81,000)	>=	6,800.00
41	14	(87,800)	>=	7,400.00
42	15	(95,200)	>=	7,500.00

Figura 3.6 Área de la hoja de cálculo para la restricción de satisfacción de demanda de unidades estándar en Guayaquil, Ecuador.

Del mismo modo se aplican las restricciones para los contenedores tipo especiales en la figura 3.7 para las unidades que vayan a estar en el proceso operativo de Guayaquil. La

diferencia principal en esta hoja con aquella detallada en la figura 1.5 es el origen de donde se obtienen los contenedores que van a abastecer a la demanda de la ciudad de Guayaquil. De la misma manera va a variar la cantidad de unidades que se reparen en esta localidad.

	A	E	I	K	L	O	P	Q	R	S	T	V	W
		Y1zt	Y2zt	Y7zt	Y8zt	I1t	I2t	Lt (Y10)	Rt	Y1zt	Y11t	Ft	Y1zt
Period	Solicitado a 1. China, Qingdao (Dañado)	Solicitado a 5. Marruecos, Tanger (Dañado)	Solicitado a 7. Panamá, Manzanillo (Dañado)	Solicitado a 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Inventario 1 Reparados a inicio del periodo	Inventario 2 Dañados al inicio del periodo	Solicitados a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas localment EC	Arribos maritimos dañado	Arribos maritimos Reparado	Demanda (Reparados)	Arribo marítimo	
0	0	0	800	280	800	3422	0	280	1080	0	1080	1080	
1	0	0	0	0	0	4222	0	0	0	0	1150	0	
2	0	0	0	0	-1150	4222	0	0	0	0	1280	0	
3	0	0	0	0	-2430	4222	0	0	0	0	1300	0	
4	0	0	0	0	-3730	4222	0	0	0	0	1500	0	
5	0	0	0	0	-5230	4222	0	0	0	0	1450	0	
6	0	0	0	0	-6680	4222	0	0	0	0	1300	0	
7	0	0	0	0	-7980	4222	0	0	0	0	1200	0	
8	0	0	0	0	-9180	4222	0	0	0	0	1100	0	
9	0	0	0	0	-10280	4222	0	0	0	0	1050	0	
10	0	0	0	0	-11330	4222	0	0	0	0	1000	0	
11	0	0	0	0	-12330	4222	0	0	0	0	1080	0	
12	0	0	0	0	-13410	4222	0	0	0	0	1100	0	
13	0	0	0	0	-14510	4222	0	0	0	0	1200	0	
14	0	0	0	0	-15710	4222	0	0	0	0	1250	0	
15	0	0	0	0	-16960	4222	0	0	0	0	1325	0	

Figura 3.7 Área de la hoja de cálculo para las variables de decisión y parámetros de unidades especiales en Guayaquil, Ecuador.

Modelamiento de contenedores especiales en Guayaquil

Paralelamente a continuación se detallan las restricciones a las que se somete el modelo para el caso de los contenedores especiales en Guayaquil tal como se aprecia en la figura 3.8.

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para: Máx Mín Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

-
-
-
-
-
-

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Figura 3.8 Cuadro de diálogo de Parámetros de Solver de unidades especiales en Guayaquil, Ecuador.

Se mantiene el objetivo invariable

- Establecer objetivo : C70
- Para : Mín (Minimizar el objetivo)
- Cambiando las celdas de variables : I8:I22 (corresponde a los contenedores a traer desde Qingdao, Manzanillo o Balboa en estado dañado); R8:R22 (donde están el número de contenedores especiales a reparar en cada localidad destino)
- Sujeto a las restricciones :

Capacidad de abastecimiento de origen

- E8:E22 <= 200
El total de contenedores a enviar a Guayaquil en calidad de dañado desde China, Qingdao será como máximo 200 unidades especiales.
- I8:I22 <= 400
El total de contenedores a enviar a Guayaquil en estado dañado desde Marruecos, Tánger será como mucho de 400 unidades especiales.
- K8:K22 <= 800
El total de contenedores a enviar a Guayaquil en estado dañado desde Panamá, Manzanillo será como máximo 800 unidades especiales.
- L8:L22 <= 400
El total de contenedores a enviar a Guayaquil en estado dañado desde Panamá, Balboa será como máximo 400 unidades especiales.

Capacidad de reparación

- H28:H42 <= F28:F42
Aquí se denota la cantidad de contenedores reparados especiales en Ecuador debe ser menor o igual a la capacidad de reparación de contenedores en el país.

$$\sum_{j=1}^2 \sum_{t=1}^{15} E_{jzt} \leq 0.60 \sum_{j=1}^2 \sum_{t=1}^{15} (I_{jzt} + Y_{jzt}); \forall j = 1,2; t = 1, \dots, 15 \quad (18)$$

Balance de Inventario

- B28:B42 >= D8:D42

Esta restricción expresa que el total de contenedores especiales reparados sea siempre mayor o igual a la demanda del periodo.

$$\sum_{t=1}^{15} (E_{12(t-1)} + E_{12t}) \geq G_{1t}; \forall t = 1, \dots, 15$$

El mismo procedimiento se aplicó para el modelamiento de los contenedores tipo estándar y especiales en Puerto Bolívar estos se encuentran detallados en la sección de Anexos 5, 6,7 y 8 de este documento.

Resolución del modelo

Luego de haber ejecutado el modelo para la ciudad de Guayaquil para los contenedores estándar se puede apreciar sus valores óptimos en la figura 3.9.

Period	<i>Nt</i>	<i>I1t</i>	<i>I2t</i>	<i>Lt</i>	<i>Rt</i>	<i>X2t</i>	<i>X1t</i>	<i>Ft</i>	<i>Xirt</i>
	Chatarrizados	Inventario 1 Reparados a inicio del periodo	Inventario 2 Dañados al inicio del periodo	Solicitados a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas localmente en EC	Arribos marítimos dañado	Arribos marítimos Reparado	Demanda (Reparados)	Arribo marítimo
0	270	402	10180	613	5133	4000	600	6135	4600
1	270	0	9390	670	8869	4991	600	6700	5591
2	270	2769	5913	730	7184	5600	600	7300	6200
3	270	3252	4789	750	6521	5600	600	7500	6200
4	270	2874	4348	700	6227	5600	600	7000	6200
5	270	2700	4151	695	6106	5600	600	6950	6200
6	270	2456	4070	680	6048	5600	600	6800	6200
7	270	2304	4032	650	6007	5600	600	6500	6200
8	270	2412	4005	640	6225	6000	600	6400	6600
9	270	2836	4150	630	6306	6000	600	6300	6600
10	270	3442	4204	620	6332	6000	600	6200	6600
11	270	4175	4222	660	6367	6000	600	6600	6600
12	270	4542	4245	675	6150	5600	600	6750	6200
13	270	4542	4100	680	5346	4400	600	6800	5000
14	270	3687	3564	740	5060	4400	600	7400	5000
15	270	1948	3374	750	4952	4400	600	7500	5000

Figura 3.9 Resolución de hoja de cálculo del total de contenedores estándar a enviar y reparar a Guayaquil.

- Se debe de aumentar el total de unidades reparadas de 5133 en el periodo 0 a 8869 en el periodo 1. Durante los 15 periodos el total de contenedores reparados oscilará como mínimo en 4952 unidades y como máximo 8859 unidades.
- También la cantidad de contenedores que deberán de arribar desde los diferentes países por vía marítima, que se aprecia al detalle en el Anexo 1, oscilará entre 4400 y 6000 contenedores vacíos estándar dañados a reabastecer para cumplir con la demanda.
- Se mantiene nivelado en 600 unidades el total de contenedores reparados estándar que arriban desde China a Guayaquil.
- Por un costo total operativo de 93,387,162.05 USD para los 15 meses en análisis.

En cambio, la solución del modelo para los contenedores especiales vacíos que deben de arribar y repararse en Guayaquil se detalla en la figura 3.10 siguiente:

Period	Y72t	Y82t	I1t	I2t	Lt	Rt	Y12t	Y11t	Gt	Y1rt
	Solicitado a 7. Panamá, Manzanillo (Dañado)	Solicitado 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Inventario 1 Reparados a inicio del periodo	Inventario 2 Dañados al inicio del periodo	Solicitados a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas localmente EC	Arribos marítimos dañado	Arribos marítimos Reparado	Demanda (Reparados)	Arribo marítimo
0	800	280	800	3422	0	280	1080	0	1080	1080
1	800	0	0	4222	0	3013	800	0	1150	800
2	800	0	1863	2009	0	1685	800	0	1280	800
3	800	0	2268	1124	0	1154	800	0	1300	800
4	800	0	2123	769	0	942	800	0	1500	800
5	800	0	1564	628	0	857	800	0	1450	800
6	800	319	971	571	0	1014	1119	0	1300	1119
7	800	400	685	676	0	1126	1200	0	1200	1200
8	800	400	611	750	0	1170	1200	0	1100	1200
9	800	400	681	780	0	1188	1200	0	1050	1200
10	800	400	819	792	0	1195	1200	0	1000	1200
11	800	400	1014	797	0	1198	1200	0	1080	1200
12	800	400	1132	799	0	1199	1200	0	1100	1200
13	800	400	1231	799	0	1200	1200	0	1100	1200
14	800	0	1231	800	0	960	800	0	1250	800
15	0	0	941	640	0	384	0	0	1325	0

Figura 3.10 Resolución de hoja de cálculo del total de contenedores especiales a enviar y reparar a Guayaquil.

- Se debe de aumentar el total de unidades reparadas de 280 en el periodo 0 a 3013 en el periodo 1. A pesar de ser un incremento significativo se debe de tomar en cuenta que existía un inventario inicial de 800 contenedores lo cual está en línea con la demanda de este periodo.
- También la cantidad de contenedores que deberán de arribar desde los diferentes países por vía marítima, que se aprecia al detalle en el Anexo 3, oscilará entre 0 y 1200 contenedores vacíos especiales dañados a reabastecer para cumplir con la demanda.
- No existe inventario de contenedores reparados especiales que arriben desde China a Guayaquil debido a que esta localidad no envía este tipo de equipo a ningún destino.
- Por un costo total operativo de 12, 931, 256.27 USD para los 15 meses en análisis.

En cambio, para Puerto Bolívar, como se aprecia en la figura 3.11, se mantiene nivelada la cantidad de unidades a solicitar desde Panamá, Balboa con 1600 contenedores durante los periodos 5 al 13. En los meses 1,2,3, 14 y 15 no se deberán solicitar el envío de contenedores para reabastecer el stock de Puerto Bolívar. Sino solo aquellos reparados desde Pekín manteniéndose en 600 unidades estándar para esta localidad. También la variable de que indica el número de contenedores a reparar varía de ampliamente. El costo total de la operación durante los 15 meses asciende a 28, 099, 955.77 USD.

Period	Nt	X82t	X91t	I1t	I2t	Rt	Xi2t	Xi1t	Ft	Xirt
	Chatarrizados	Solicitado 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Solicitado a 9. China, Pekin (Reparado)	Inventario 1 Reparados a inicio del periodo	Inventario 2 Dañados al inicio del periodo	Unidades reparadas localmente en EC	Arribos marítimos dañado	Arribos marítimos Reparado	Demanda (Reparados)	Arribo marítimo
0	70	1116	600	4119	3969	402	1116	600	1716	1716
1	70	0	600	3405	4613	2726	0	600	2100	600
2	70	0	600	4631	1817	1048	0	600	2280	600
3	70	0	600	3999	699	377	0	600	2300	600
4	70	161	600	2676	252	206	161	600	2250	761
5	70	1600	600	1232	137	1000	1600	600	2100	2200
6	70	1600	600	732	667	1318	1600	600	1900	2200
7	70	1600	600	750	879	1445	1600	600	1850	2200
8	70	1600	600	945	963	1496	1600	600	1800	2200
9	70	1600	600	1242	997	1516	1600	600	1700	2200
10	70	1600	600	1658	1011	1525	1600	600	1850	2200
11	70	1600	600	1933	1016	1528	1600	600	1900	2200
12	70	1600	600	2160	1019	1529	1600	600	2000	2200
13	70	1600	600	2290	1019	1530	1600	600	2050	2200
14	70	0	600	2369	1020	570	0	600	2100	600
15	70	0	600	1439	380	186	0	600	2225	600

Figura 3.11 Resolución de hoja de cálculo del total de contenedores estándar a enviar y reparar a Puerto Bolívar.

Finalmente se obtiene en la figura 3.12 la información de contenedores especiales a traer desde Balboa y la cantidad de unidades a reparar mensualmente.

Desde el periodo 1 al 2 el modelo pide que no se envíen contenedores especiales para reparar porque el stock le es suficiente para cumplir con la demanda. Luego al tercer mes ya se inicia con la petición de unidades desde Balboa y se envían un lote inicial de 224 unidades especiales dañadas para su reparación local. También las unidades reparadas tienen amplios rangos de totales de reparación que es cercano a la realidad debida a la capacidad de reparación ajustable que se maneja en Ecuador. La operación tiene un costo total de 4, 537, 800.31 USD para los 15 periodos.

Period	Y82t	K1t	K2t	Et	Yi2t	Yi1t	Gt	Xirt
	Solicitado 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Inventario 1 Reparados a inicio del periodo	Inventario 2 Dañados al inicio del periodo	Unidades reparadas localment EC	Arribos marítimos dañado	Arribos marítimos Reparado	Demanda (Reparados)	Arribo marítimo
0	600	333	1100	135	600	0	462	600
1	0	6	1565	939	0	0	480	0
2	0	465	626	376	0	0	534	0
3	224	307	250	285	224	0	540	224
4	600	51	190	474	600	0	525	600
5	484	0	316	480	484	0	480	484
6	380	0	320	420	380	0	420	380
7	395	0	280	405	395	0	405	395
8	380	0	270	390	380	0	390	380
9	600	0	260	516	600	0	360	600
10	600	156	344	566	600	0	405	600
11	600	317	378	587	600	0	420	600
12	600	484	391	595	600	0	450	600
13	495	629	396	535	495	0	465	495
14	0	698	357	214	0	0	480	0
15	0	432	143	86	0	0	518	0

Figura 3.12 Resolución de hoja de cálculo del total de contenedores especiales a enviar y reparar a Puerto Bolívar.

De tal forma, que al conglomerar todos los costos logísticos relevantes para ambas localidades tanto para los contenedores estándar como especiales durante el 2021; de haber utilizado la herramienta propuesta se totaliza una operación anual por \$138,956,174.42.

Localidad	Tipo	Costo de logístico relevante
Guayaquil; Estándar	Estándar	\$ 93,387,162.05
Guayaquil; Especial	Especial	\$ 12,931,256.28
Puerto Bolívar; Estándar	Estándar	\$ 28,099,955.78
Puerto Bolívar; Especial	Especial	\$ 4,537,800.32
Costo Total durante 2021		\$ 138,956,174.42

Tabla 3.2 Costo total de abastecimiento de contenedores vacíos en Ecuador

3.2 Validación del cliente

En esta fase del proyecto se validó con el dueño del proceso de abastecimiento y mantenimiento de contenedores vacíos en Ecuador los datos, restricciones y solución del modelo obtenidos anteriormente como lo evidencia en la reunión de presentación de modelo como se ve en la figura 3.13 y figura 3.14.

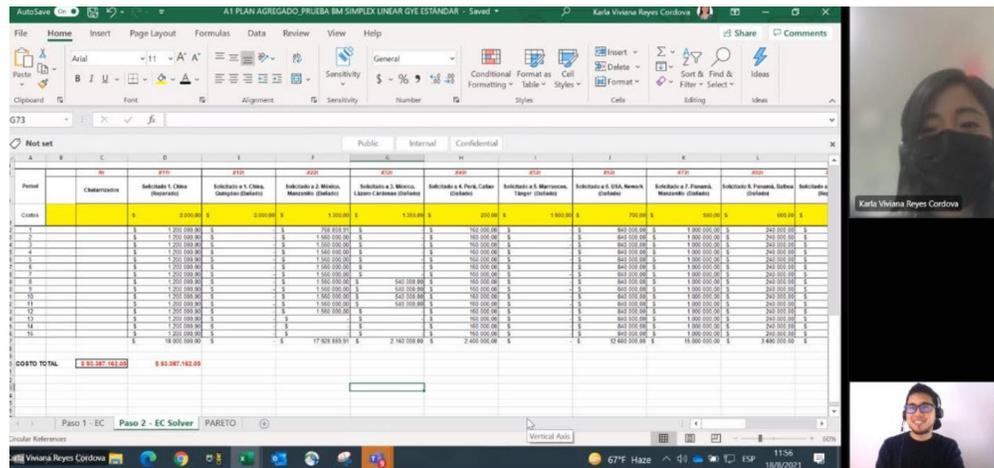


Figura 3.13 Evidencia de reunión de socialización del modelo de PL con el cliente.

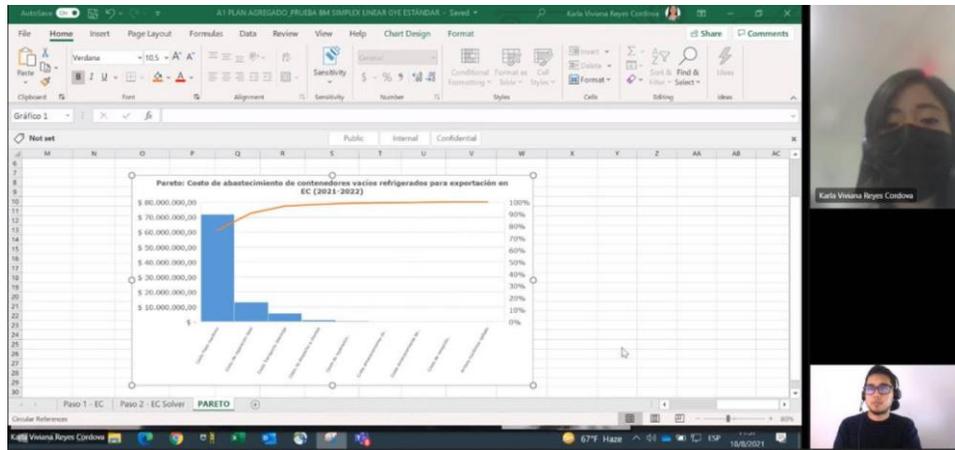


Figura 3.14 Evidencia de recepción de información del cliente

La retroalimentación dada fue que el modelo capta de manera resumida las aristas principales del proceso que son los ingresos vía terrestre y marítima de contenedores, despachos al igual que las reparaciones que se ejecutan diariamente. Por ello, la herramienta propuesta permite dar una visibilidad global de la operación que involucra la entrega de contenedores en el país.

A pesar de que Naviera S.A. es un grupo de unidades de operación, cuenta con diferentes sistemas que permiten obtener una data histórica a la que predice el modelo. Sin embargo, el acceso y el tiempo de cargar la información es considerable y en el día a día no es manejable para el dueño del proceso. Por ende, confirió que el proceso de abastecimiento y reparación que actualmente se ejecuta de manera natural; ahora podría tener una opción de comparación de escenarios tanto en unidades como en costos en el tiempo que le interesa a la organización mantener al mínimo. Se acordó tener la oportunidad de replicar el modelo para Chile donde la operación es similar a la de Ecuador.

Con la finalidad de obtener una calificación numérica que retrate la modelación realizada se ejecutó una encuesta de percepción que se puede observar en las siguientes figuras 3.15 a la figura 3.19 donde su principal punto a favor fue la visibilidad y la utilidad que otorga la herramienta propuesta con 10 puntos en toda la audiencia encuestada y una calificación promedio de 7 puntos a la captura de la realidad de la operación al igual que para la oportunidad de replicación.

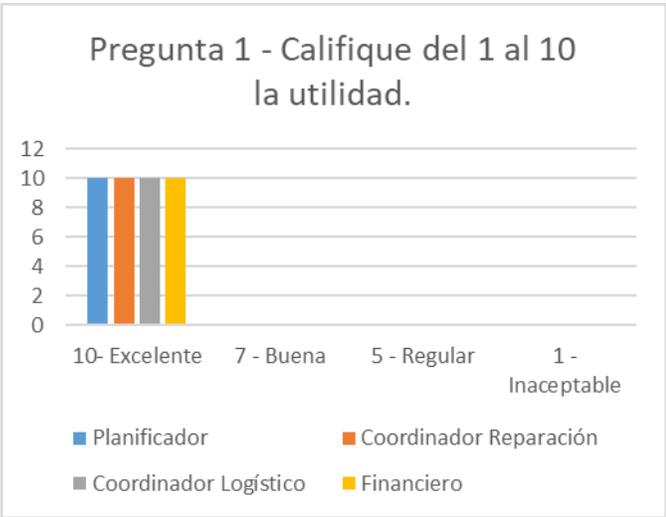


Figura 3.15 Respuestas a pregunta # 1 de encuesta realizada a los usuarios del modelo.

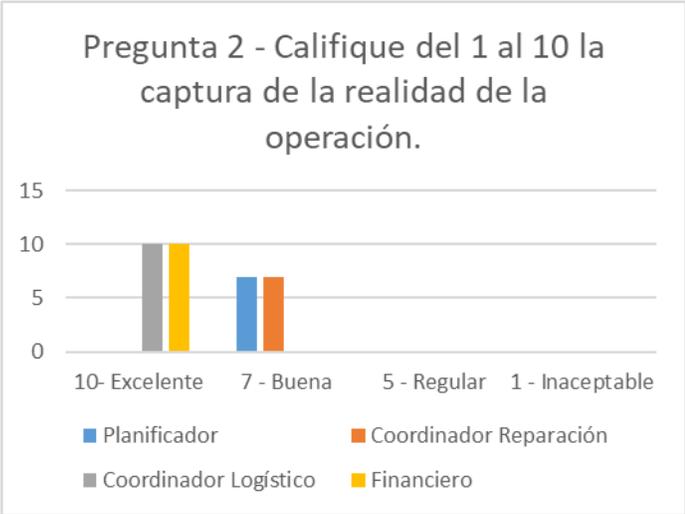


Figura 3.16 Respuestas a pregunta # 2 de encuesta realizada a los usuarios del modelo.

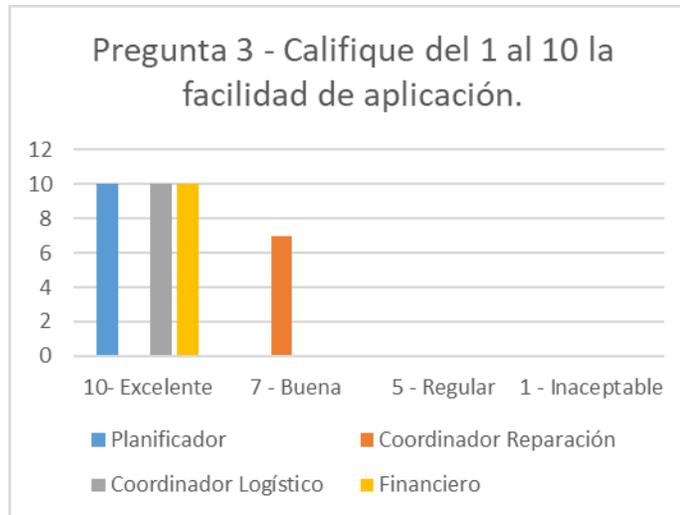


Figura 3.17 Respuestas a pregunta # 3 de encuesta realizada a los usuarios del modelo.

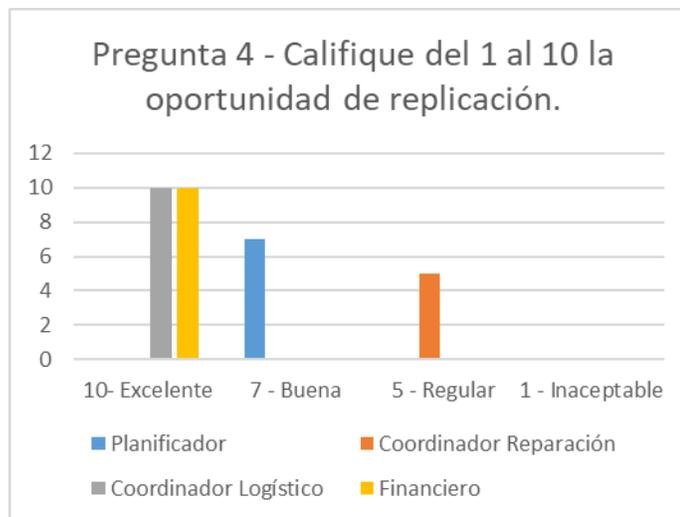


Figura 3.18 Respuestas a pregunta # 4 de encuesta realizada a los usuarios del modelo.

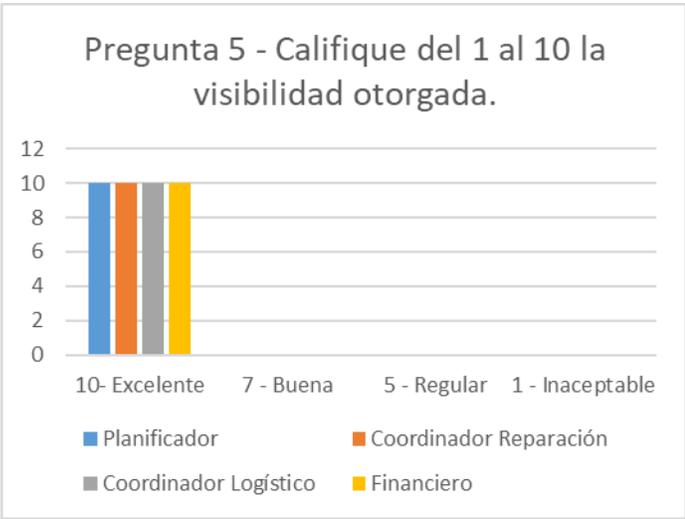


Figura 3.19 Respuestas a pregunta # 5 de encuesta realizada a los usuarios del modelo.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN

4.2 Validación del modelo

Una vez construido el modelo con sus restricciones y características; se procede con la fase de validación del mismo. Tomando en cuenta como dato de entrada se deberá de colocar la demanda del 2020. Por ende, para simular esta situación, se dispone de la herramienta solver donde se ingresaron los datos históricos de la venta de contenedores refrigerados de 40 pies de cada ciudad durante los 12 meses del 2020 en las tablas 4.1 y 4.2 para Guayaquil y Puerto Bolívar respectivamente. La finalidad es obtener y visualizar los costos logísticos totales que se obtuvieren al disponer del modelo de programación lineal y así poder comparar los resultados históricos anuales obtenidos sin la aplicación de la herramienta.

Localidad	Año	Mes	Estándar	Especial	Total
Guayaquil	2020	1	6931	1207	8138
Guayaquil	2020	2	6443	906	7349
Guayaquil	2020	3	5786	875	6661
Guayaquil	2020	4	6656	874	7530
Guayaquil	2020	5	5615	729	6344
Guayaquil	2020	6	4974	667	5641
Guayaquil	2020	7	5219	684	5903
Guayaquil	2020	8	5882	835	6717
Guayaquil	2020	9	5069	672	5741
Guayaquil	2020	10	7355	1002	8357
Guayaquil	2020	11	5386	671	6057
Guayaquil	2020	12	5022	753	5775

Tabla 4.1 Datos históricos de demanda de contenedores vacíos refrigerados para exportación en Guayaquil durante 2020

Localidad	Año	Mes	Estándar	Especial	Total
Puerto Bolívar	2020	1	1448	274	1722
Puerto Bolívar	2020	2	1290	304	1594
Puerto Bolívar	2020	3	1266	440	1706
Puerto Bolívar	2020	4	1613	329	1942
Puerto Bolívar	2020	5	1434	270	1704
Puerto Bolívar	2020	6	1358	276	1634
Puerto Bolívar	2020	7	1434	438	1872

Puerto Bolívar	2020	8	1133	378	1511
Puerto Bolívar	2020	9	1112	343	1455
Puerto Bolívar	2020	10	1368	326	1694
Puerto Bolívar	2020	11	1107	248	1355
Puerto Bolívar	2020	12	1716	395	2111

Tabla 4.2 Datos históricos de demanda de contenedores vacíos refrigerados para exportación en Puerto Bolívar durante 2020

Resolución del modelo para Guayaquil

Se procede con la ejecución de la programación lineal en el módulo Solver de Excel; donde se utilizó como datos de entrada la demanda anterior mencionada. Aquí se obtuvo una solución óptima de un costo total logístico relevante de \$50.140,840.41 para la operación que conlleva el abastecimiento, reparación y despacho de contenedores estándar en Guayaquil como se aprecia en la Figura 4.1 que se hubiera generado en el 2020. Cabe recalcar que en la sección de Anexos se visualiza el total generado por abastecimiento por país que se omiten en la Figura 1.24 con la finalidad de que se aprecien los valores totales de los demás parámetros y variables del proyecto.

Periodo	Abastecimientos solicitados al exterior	I1t	I2t	Lt (X10)	Rt	X2t	X1t	Ft	X1t
		Inventario 1 Reparados	Inventario 2 Dañados	Solicitados a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas EC	Solicitado internacional dañado	Solicitado internacional Reparado	Demanda Reparados	Arribo marítimo
	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)
Costos		\$ 7.50	\$ 7.50	\$ 12.50	\$ 140.00	\$ -	\$ 75.00	\$ 12.50	\$ 62.50
1	\$ 2,240,000.00	\$ 18,022.50	\$ 69,167.50	\$ 8,662.50	\$ 1,168,608.00	\$ -	\$ -	\$ 86,637.50	\$ 275,000.00
2	\$ 2,240,000.00	\$ 28,644.00	\$ 41,736.00	\$ 8,050.00	\$ 868,459.20	\$ -	\$ -	\$ 80,537.50	\$ 275,000.00
3	\$ 3,440,000.00	\$ 26,846.10	\$ 31,016.40	\$ 7,225.00	\$ 742,855.68	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 72,325.00	\$ 312,500.00
4	\$ 3,440,000.00	\$ 27,746.94	\$ 26,530.56	\$ 8,312.50	\$ 699,922.27	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 83,200.00	\$ 312,500.00
5	\$ 3,440,000.00	\$ 19,822.78	\$ 24,997.22	\$ 7,012.50	\$ 674,012.91	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 70,187.50	\$ 312,500.00
6	\$ 4,201,913.52	\$ 19,318.11	\$ 24,071.89	\$ 6,212.50	\$ 707,504.50	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 62,175.00	\$ 349,130.46
7	\$ 3,800,000.00	\$ 23,415.14	\$ 25,268.02	\$ 6,512.50	\$ 774,485.80	\$ -	\$ -	\$ 65,237.50	\$ 350,000.00
8	\$ 3,800,000.00	\$ 25,762.95	\$ 27,660.21	\$ 7,350.00	\$ 806,906.32	\$ -	\$ -	\$ 73,525.00	\$ 350,000.00
9	\$ 2,240,000.00	\$ 24,875.07	\$ 28,818.08	\$ 6,325.00	\$ 712,186.53	\$ -	\$ -	\$ 63,362.50	\$ 275,000.00
10	\$ 2,240,000.00	\$ 25,010.42	\$ 25,435.23	\$ 9,187.50	\$ 693,534.61	\$ -	\$ -	\$ 91,937.50	\$ 275,000.00
11	\$ 2,240,000.00	\$ 7,001.56	\$ 24,769.09	\$ 6,725.00	\$ 669,525.84	\$ -	\$ -	\$ 67,325.00	\$ 275,000.00
12	\$ 2,240,000.00	\$ 2,474.02	\$ 23,911.64	\$ 6,275.00	\$ 656,898.34	\$ -	\$ -	\$ 62,775.00	\$ 275,000.00
		\$ 247,939.58	\$ 372,381.85	\$ 87,850.00	\$ 9,174,900.00	\$ -	\$ 180,000.00	\$ 879,225.00	\$ 3,636,630.46
COSTO TI		\$ 50,140,840.41							

Figura 4.1 Resolución de hoja de cálculo del costo total de contenedores estándar a enviar y reparar durante el 2020 para Guayaquil utilizando Solver

Luego se lo compara contra la información histórica para esta misma operación logística la cual asciende según los registros obtenidos a un total de \$90.521,578.24 para el 2020 para exportar contenedores estándar de 40 pies en Guayaquil como se aprecia en la figura 4.2. En el mismo tema, como se aprecia en la sección de Anexo 9, se destaca que el modelo de Solver sugiere recoger solo los 600 contenedores estándar reparados desde China y tener como centro de acopio a Perú, Panamá, Estados Unidos para tomar contenedores y enviar a Guayaquil; cuando históricamente existen periodos en los que se obtiene aproximadamente 1000 contenedores desde China para abastecer a Guayaquil. Por ende, para esta localidad la ruta óptima sería iniciar el recorrido por China en los meses 3 al 6, luego pasar por México solo en los meses 6 al 7 y en todos los

periodos siempre pasar por Newark, Perú y Panamá tanto en las localidades Balboa como Manzanillo para el 2020 en los contenedores estándar.

Periodo	Abastecimientos solicitados al exterior	I1t	I2t	Lt (X10)	Rt	XI2t	XI1t	Ft	Xirt
		Inventario 1 Reparados	Inventario 2 Dañados	Solicitados a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas EC	Solicitado internacional dañado	Solicitado internacional Reparado	Demanda Reparados	Arribo marítimo
	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)
Costos		\$ 7.50	\$ 7.50	\$ 12.50	\$ 140.00	\$ -	\$ 75.00	\$ 12.50	\$ 62.50
1	\$ 5,350,600.00	\$ 18,022.50	\$ 68,167.50	\$ 8,662.50	\$ 1,038,940.00	\$ -	\$ -	\$ 86,637.50	\$ 283,812.50
2	\$ 7,255,100.00	\$ 21,697.50	\$ 49,740.00	\$ 8,050.00	\$ 799,400.00	\$ -	\$ -	\$ 80,537.50	\$ 371,812.50
3	\$ 8,565,700.00	\$ 16,200.00	\$ 54,337.50	\$ 7,225.00	\$ 700,000.00	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 72,325.00	\$ 412,000.00
4	\$ 7,358,150.00	\$ 14,805.00	\$ 64,087.50	\$ 8,312.50	\$ 577,360.00	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 83,200.00	\$ 413,562.50
5	\$ 9,036,450.00	\$ 315.00	\$ 81,247.50	\$ 7,012.50	\$ 803,600.00	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 70,187.50	\$ 445,000.00
6	\$ 7,959,313.52	\$ 5,752.50	\$ 89,280.00	\$ 6,212.50	\$ 685,440.00	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 62,175.00	\$ 399,380.46
7	\$ 6,442,400.00	\$ 9,667.50	\$ 97,688.15	\$ 6,512.50	\$ 770,140.00	\$ -	\$ -	\$ 65,237.50	\$ 372,375.00
8	\$ 5,643,200.00	\$ 11,782.50	\$ 102,998.15	\$ 7,350.00	\$ 756,980.00	\$ -	\$ -	\$ 73,525.00	\$ 341,500.00
9	\$ 6,022,450.00	\$ 8,220.00	\$ 105,810.65	\$ 6,325.00	\$ 840,000.00	\$ -	\$ -	\$ 63,362.50	\$ 335,750.00
10	\$ 4,180,450.00	\$ 15,202.50	\$ 102,870.65	\$ 9,187.50	\$ 757,400.00	\$ -	\$ -	\$ 91,837.50	\$ 275,500.00
11	\$ 4,870,900.00	\$ 615.00	\$ 98,843.15	\$ 6,725.00	\$ 798,000.00	\$ -	\$ -	\$ 67,325.00	\$ 304,812.50
12	\$ 2,209,000.00	\$ 2,970.00	\$ 94,680.65	\$ 6,275.00	\$ 656,898.34	\$ -	\$ -	\$ 62,775.00	\$ 206,125.00
	\$ 74,893,713.52	\$ 125,250.00	\$ 1,009,751.43	\$ 87,850.00	\$ 9,184,158.34	\$ -	\$ 180,000.00	\$ 879,225.00	\$ 4,161,630.46
COSTO TOTAL			\$ 90,521,578.74						

Figura 4.2 Costo histórico total de contenedores estándar de 40 pies reparados y recibidos durante el 2020 para Guayaquil.

Paralelamente se utiliza también el Solver para la operación de Puerto Bolívar. En la Figura 4.3 se muestra que el costo total logístico relevante, de haber ejecutado esta herramienta con el modelo de abastecimiento en Excel, pudo generar un costo total de \$8,128,412.61 para el 2020.

Periodo	Abastecimiento Int.	I1t	I2t	Lt (X10)	Rt	XI2t	XI1t	Ft	Xirt
		Inventario 1 Reparados	Inventario 2 Dañados	Solicitados a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas EC	Solicitado internacional dañado	Solicitado internacional Reparado	Demanda Reparados	Arribo marítimo
	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)
Costos		\$ 7.50	\$ 7.50	\$ 11.00	\$ 140.00	\$ -	\$ 75.00	\$ 11.00	\$ 31.00
1	\$ -	\$ 17,700.00	\$ 21,112.50	\$ -	\$ 203,000.00	\$ -	\$ -	\$ 6,813.80	\$ -
2	\$ -	\$ 23,929.22	\$ 9,712.50	\$ -	\$ 102,900.00	\$ -	\$ -	\$ 7,725.22	\$ -
3	\$ 1,080,000.00	\$ 24,174.53	\$ 3,675.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 8,371.70	\$ 18,600.00
4	\$ 1,080,000.00	\$ 22,966.55	\$ 3,150.00	\$ -	\$ 29,400.00	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 8,927.13	\$ 18,600.00
5	\$ 1,080,000.00	\$ 22,954.87	\$ 1,050.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 9,808.72	\$ 18,600.00
6	\$ 1,080,000.00	\$ 20,767.11	\$ 525.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 10,405.25	\$ 18,600.00
7	\$ 543,237.98	\$ 18,172.62	\$ 0.00	\$ -	\$ 85,383.98	\$ -	\$ -	\$ 10,858.52	\$ 33,680.75
8	\$ 800,000.00	\$ 15,343.23	\$ 3,049.43	\$ -	\$ 162,673.59	\$ -	\$ -	\$ 11,350.07	\$ 49,600.00
9	\$ 800,000.00	\$ 16,319.20	\$ 5,809.77	\$ -	\$ 193,589.44	\$ -	\$ -	\$ 11,461.36	\$ 49,600.00
10	\$ -	\$ 18,875.50	\$ 6,913.91	\$ -	\$ 71,555.77	\$ -	\$ -	\$ 11,538.43	\$ -
11	\$ -	\$ 14,841.73	\$ 2,555.56	\$ -	\$ 22,742.31	\$ -	\$ -	\$ 11,889.38	\$ -
12	\$ -	\$ 7,953.67	\$ 812.23	\$ -	\$ 3,216.92	\$ -	\$ -	\$ 11,918.15	\$ -
	\$ 6,463,237.98	\$ 223,998.22	\$ 58,365.90	\$ -	\$ 874,462.02	\$ -	\$ 180,000.00	\$ 121,067.73	\$ 207,280.75
COSTO TOTAL		\$ 8,128,412.61							

Figura 4.3 Resolución de hoja de cálculo del costo total de contenedores estándar a enviar y reparar durante el 2020 para Puerto Bolívar utilizando Solver.

Sin embargo, históricamente se obtuvo un costo logístico relevante de \$14,166,701.50 como se visualiza en figura 4.4. Aquí es clave también identificar que históricamente el buque atracaba mensualmente en Panamá para poder llevar los aproximadamente 1000 contenedores estándar vacíos al mes a Puerto Bolívar durante todo el año y solo pasaba por Pekín en los meses del 3 al 6. Sin embargo, luego de ejecutar la programación lineal; esta sugiere en cambio mantener la ruta por China para retirar los 600 contenedores por mes estándar en condición reparados por orden de la gerencia de la compañía y solo mantener en ruta a Panamá para abastecer a Puerto Bolívar en los meses 6 al 9 con 1600 unidades mensualmente y en el mes 10 disminuirla a 891 unidades para esta localidad.

Periodo	Abastecimiento Int.	I1t	I2t	Lt (X10)	Rt	XI2t	XI1t	Ft	Xirt
		Inventario 1 Reparados	Inventario 2 Dañados	Solicitados a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas EC	Solicitado internacional dañado	Solicitado internacional Reparado	Demanda Reparados	Arribo marítimo
	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)
Costos		\$ 7.50	\$ 7.50	\$ 11.00	\$ 140.00	\$ -	\$ 75.00	\$ 11.00	\$ 31.00
1	\$ 750,000.00	\$ 11,085.00	\$ 21,112.50	\$ -	\$ 140,000.00	\$ -	\$ -	\$ 15,928.00	\$ 46,500.00
2	\$ 750,000.00	\$ 7,725.00	\$ 24,337.50	\$ -	\$ 220,360.00	\$ -	\$ -	\$ 14,190.00	\$ 46,500.00
3	\$ 1,680,000.00	\$ 9,855.00	\$ 23,257.50	\$ -	\$ 182,000.00	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 13,926.00	\$ 55,800.00
4	\$ 1,230,000.00	\$ 14,610.00	\$ 21,982.50	\$ -	\$ 224,000.00	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 17,743.00	\$ 27,900.00
5	\$ 1,230,000.00	\$ 19,012.50	\$ 11,707.50	\$ -	\$ 224,000.00	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 15,774.00	\$ 27,900.00
6	\$ 1,480,000.00	\$ 24,757.50	\$ 1,432.50	\$ -	\$ 140,000.00	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 14,938.00	\$ 43,400.00
7	\$ 750,000.00	\$ 26,572.50	\$ 592.50	\$ -	\$ 140,000.00	\$ -	\$ -	\$ 15,774.00	\$ 46,500.00
8	\$ 700,000.00	\$ 23,317.50	\$ 2,632.50	\$ -	\$ 140,000.00	\$ -	\$ -	\$ 12,463.00	\$ 43,400.00
9	\$ 650,000.00	\$ 22,320.00	\$ 5,107.50	\$ -	\$ 140,000.00	\$ -	\$ -	\$ 12,232.00	\$ 40,300.00
10	\$ 675,000.00	\$ 21,480.00	\$ 6,832.50	\$ -	\$ 140,000.00	\$ -	\$ -	\$ 15,048.00	\$ 41,850.00
11	\$ 600,000.00	\$ 18,720.00	\$ 8,932.50	\$ -	\$ 140,000.00	\$ -	\$ -	\$ 12,177.00	\$ 37,200.00
12	\$ 500,000.00	\$ 17,917.50	\$ 9,907.50	\$ -	\$ 140,000.00	\$ -	\$ -	\$ 18,876.00	\$ 31,000.00
13		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
14		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
15		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	\$ 10,995,000.00	\$ 217,372.50	\$ 136,650.00	\$ -	\$ 1,970,360.00	\$ -	\$ 180,000.00	\$ 179,069.00	\$ 488,250.00
COSTO TOTAL		\$ 14,166,701.50							

Figura 4.4 Costo histórico total de contenedores estándar de 40 pies reparados y recibidos durante el 2020 para Puerto Bolívar

El mismo proceso se realiza para las unidades especiales de para Puerto Bolívar detallados en la sección de Anexos.

4.3 Medición de mejora

Una vez obtenidos los costos de la operación con el uso de la herramienta de programación lineal realizada en el proyecto y utilizando la información histórica del proceso para el año 2020 se compararon ambos escenarios y sus resultados de costos totales para identificar la mejora que supone la utilización de este modelo en la operación.

Localidad	Guayaquil (2020)	Puerto Bolívar (2020)	Ecuador (2020)
Costo logístico histórico sin programación lineal	↑ \$ 98,311,453.78	↑ \$ 17,459,613.00	↑ \$ 113,687,873.07
Costo logístico utilizando modelo de programación lineal	↓ \$ 55,626,378.78	↓ \$ 9,827,433.09	↓ \$ 63,786,947.32
Diferencia	\$ 42,685,075.00	\$ 7,632,179.91	\$ 49,900,925.75
Mejora %	43%	44%	44%

Tabla 4.3 Comparación de costo total relevante en operación logística relacionada a la exportación de contenedores refrigerados Ecuador durante el 2020

En la tabla 4.3 se evidencian los resultados que se hubieran conseguido para el año 2020 utilizando el modelo de programación lineal donde se generó un costo total logístico relevante de \$63,786,947.32 durante todo el año para la operación relacionada a la exportación de contenedores refrigerados en Ecuador -que involucra tanto los abastecimientos internacionales, locales, reparaciones y despachos de contenedores refrigerados de 40 pies- cuando históricamente se dispusieron para este mismo rubro \$113,387,873.07; con lo que se obtiene una mejora del 44% en relación con lo actual lo que representa un ahorro de \$49,900,925.75 anualmente con la aplicación el modelo de optimización. De igual forma, se visualiza el desglose de costos operativos relevantes por ciudad que según los datos recolectados se obtiene una mejora del 43% en comparación con los costos históricos que se generaron en Guayaquil; esto es un ahorro de \$42,685,075.00 anualmente de haber utilizado el modelo de programación lineal. Asimismo, por Puerto Bolívar se pudo observar que históricamente existió un costo total operativo de \$17,59,613.00 que aplicando la herramienta propuesta en el proyecto pudo haber sido reducido hasta un valor de \$9,827,422.09 generando un beneficio que se refleja en la reducción del 44% de los costos logísticos relevantes operativos por \$7,632,179.91 a favor de Naviera S.A.

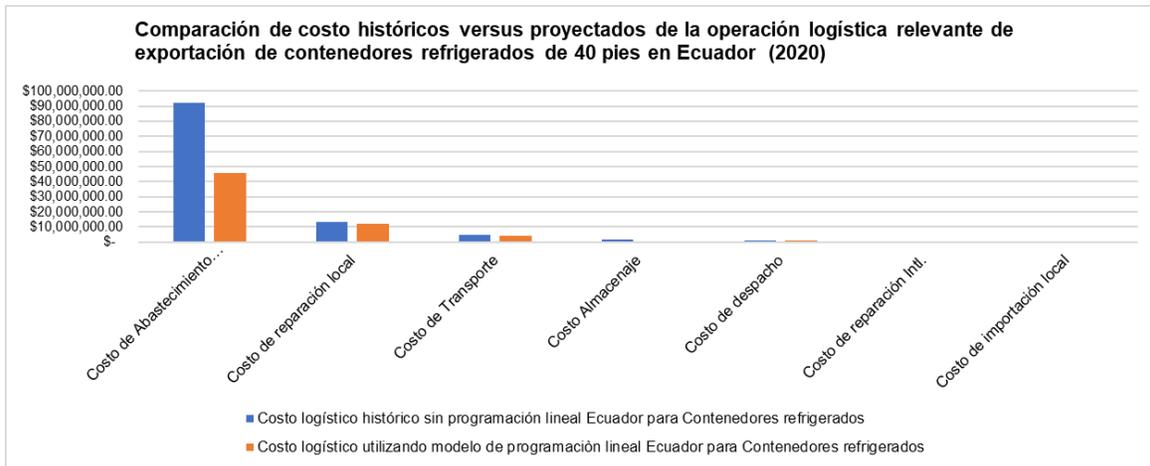


Figura 4.5 Detalle comparativo de costos logísticos de Ecuador durante 2020

Una vez identificadas estos óptimos globales se comparan los diferentes costos relevantes operativos históricos contra lo obtenido mediante el modelo propuesto como se visualiza en la figura 4.5. Aquí se aprecia que la mayor reducción obtenida es en el costo de abastecimiento internacional el cual ascendió históricamente a \$92,134,381.12 cuando con el hacer uso de la programación lineal se obtuvo que este fue reducido a \$45,614.813.00, es decir, se obtuvo según el modelo un ahorro de \$46,516,568.12 anualmente; al igual que otros ahorros a favor de Naviera S.A lo que se muestra en la tabla 4.4 a continuación:

Tipo de costo	Costo de Abastecimiento Intl.	Costo de reparación local	Costo de Transporte	Costo Almacenaje	Costo de despacho	Costo de reparación Intl.	Costo de importación local	Costo Logístico Total
Costo logístico histórico sin programación lineal	\$ 92,134,381.12	\$ 13,285,043.34	\$ 4,991,332.10	\$ 1,489,023.93	\$ 1,166,919.00	\$ 360,000.00	\$ 87,850.00	\$ 113,687,873.07
Costo logístico utilizando modelo de programación lineal	\$ 45,614,813.00	\$ 11,863,868.85	\$ 4,161,213.91	\$ 620,321.43	\$ 987,850.00	\$ 180,000.00	\$ 87,850.00	\$ 63,786,947.32
Diferencia	\$ 46,519,568.12	\$ 1,421,174.49	\$ 830,118.19	\$ 868,702.50	\$ 179,069.00	\$ 180,000.00	\$ -	\$ 49,900,925.75

Tabla 4.4 Comparación por tipos de costos operativos logísticos relacionados a la exportación de contenedores refrigerados Ecuador durante el 2020

Siendo así que al realizar un diagrama de Pareto descrito en la figura 4.6 de los costos históricos se pudo identificar que la operación de abastecimiento internacional de contenedores refrigerados vacíos de 40 pies para la exportación desde Ecuador representó 90% del total de los costos relacionados al proceso en estudio. Por ende, se cristaliza la oportunidad de mejora en identificar los países de origen y el total de unidades por tipo de tecnología que se traduzca en una óptima utilización de los recursos de Naviera S.A. y así que cada ciudad tanto Guayaquil como Puerto Bolívar reciba la asignación ideal. Igualmente se evidencia que el segundo componente con mayor peso del costo total es aquel relacionado con la reparación local de unidades; lo cual también es una variable crítica en el proyecto. Dado a ello, se da paso a que tanto las unidades que se traigan a abastecer el mercado ecuatoriano desde el extranjero como la cantidad de unidades que se les ejecute el procedo de mantenimiento de manera local son dos puntos clave para la mejora en los costos de Ecuador.

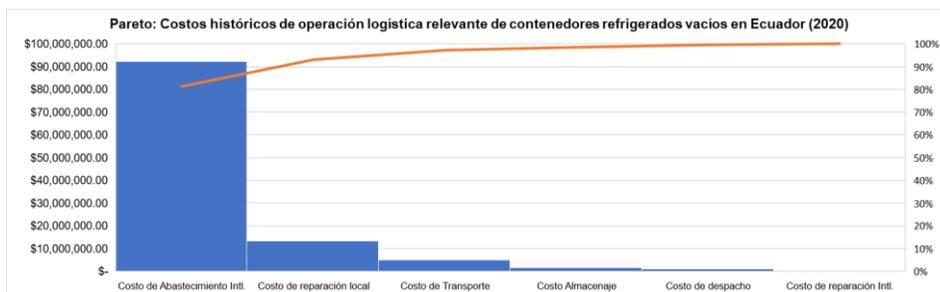


Figura 4.6 Pareto de costos logísticos históricos relevantes durante el 2020 en Ecuador

En la tabla 4.5 se detallan cada uno de los costos relevantes operativos históricos y se comparan sus totales con los valores obtenidos con el modelo propuesto. En ella se aprecia, al igual que para todo Ecuador, que la mayor reducción obtenida es en el costo de abastecimiento internacional el cual ascendió históricamente a \$40.796,854.45 en Guayaquil y a \$13.444,000.00 en Puerto Bolívar. Sin embargo, de hacer uso de la programación lineal se obtuvo que este fue reducido en \$40.796,854.45 en el puerto principal de Guayaquil y en \$5.722,713.68 en Puerto Bolívar tal como se registran en las tablas 4.5 y 4.6 de este documento.

Tipo de costo	Costo de Abastecimiento Internacional	Costo de reparación local	Costo de Transporte	Costo Almacenaje	Costo de despacho	Costo de reparación internacional	Costo de importación local	Costo Logístico Total
Costo logístico histórico sin programación lineal	\$ 79,090,381.12	\$ 11,873,127.19	\$ 4,686,213.91	\$1,135,001.43	\$ 987,850.00	\$ 180,000.00	\$ 87,850.00	\$ 98,311,453.78
Costo logístico utilizando modelo de programación lineal	\$ 38,293,526.67	\$ 11,305,425.00	\$ 3,978,082.10	\$ 620,321.43	\$ 987,850.00	\$ 180,000.00	\$ 87,850.00	\$ 55,626,378.78
Diferencia	\$ 40,796,854.45	\$ 567,702.19	\$ 708,131.81	\$ 514,680.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 42,685,075.00

Tabla 4.5 Comparación por tipos de costos operativos logísticos relacionados a la exportación de contenedores refrigerados Guayaquil durante el 2020

Tipo de costo	Costo de Abastecimiento Intl.	Costo de reparación local	Costo de Transporte	Costo Almacenaje	Costo de despacho	Costo de reparación internacional	Costo Logístico Total
Costo logístico histórico sin programación lineal	\$13,044,000.00	\$2,911,760.00	\$ 615,288.00	\$ 354,022.50	\$ 223,300.00	\$ 180,000.00	\$17,459,613.00
Costo logístico utilizando modelo de programación lineal	\$ 7,321,286.32	\$1,567,339.50	\$ 260,479.75	\$ 282,364.12	\$ 155,667.74	\$ 180,000.00	\$ 9,827,433.09
Diferencia	\$ 5,722,713.68	\$1,344,420.50	\$ 354,808.25	\$ 71,658.38	\$ 67,632.26	\$ -	\$ 7,632,179.91

Tabla 4.6 Comparación por tipos de costos operativos logísticos relacionados a la exportación de contenedores refrigerados Puerto Bolívar durante el 2020

Paralelamente, se replica la estructura de reducción de costos anterior mencionados en ambas ciudades por lo que se puede apreciar la disminución de costos identificadas en las figuras 4.7 y 4.8. Por lo que se mantiene la oportunidad de mejora sobre todo en aquellos costos relacionados al abastecimiento internacional como en las reparaciones realizadas en cada ciudad de Ecuador. También se visualiza aquí que los costos

relacionados al almacenaje, despacho, importación local como en la reparación internacional son mínimos y algunos nulos de tal forma que una mejora en estos rubros no supone una mejora que impacte sustancialmente a la operación local.

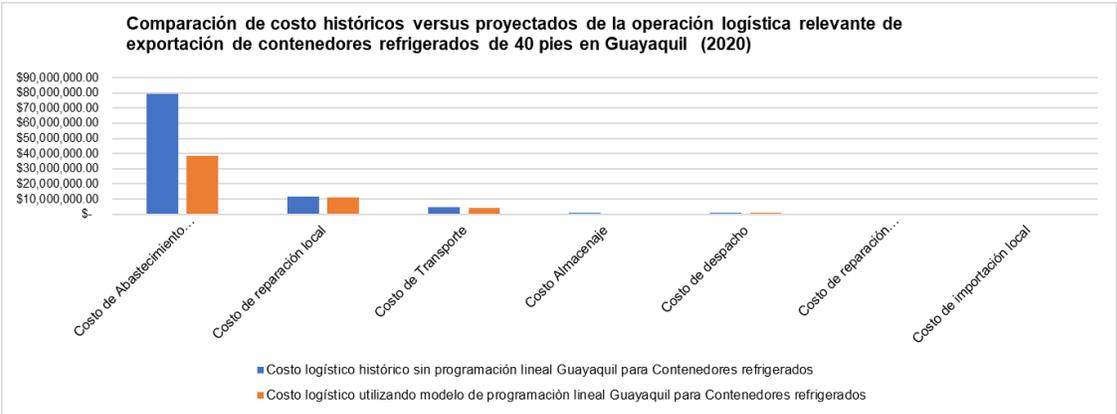


Figura 4.7 Detalle comparativo de costos logísticos de Guayaquil durante 2020

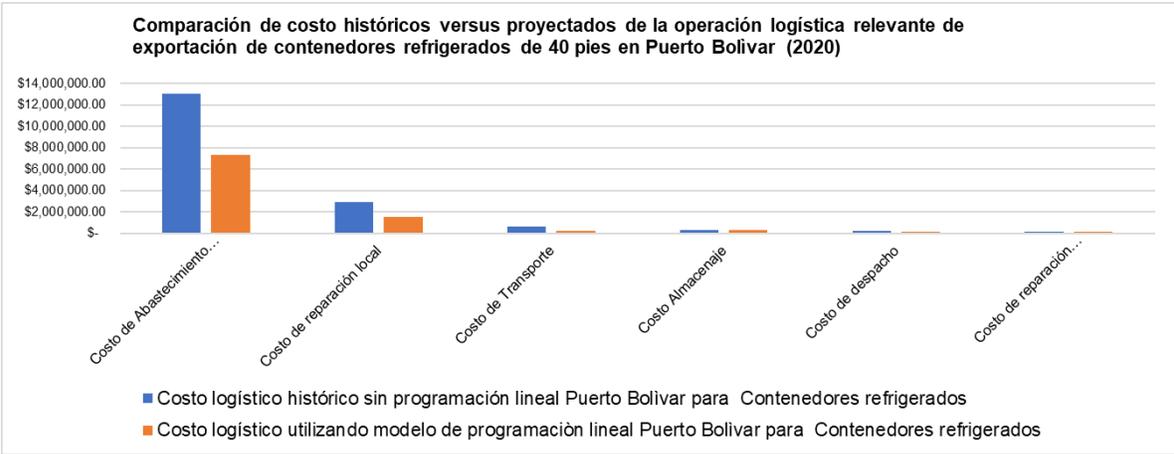


Figura 4.8 Detalle comparativo de costos logísticos de Puerto Bolívar durante 2020

4.4 Impacto Financiero

Para proseguir con la evaluación del proyecto propuesto, se definió hacer presentar el impacto financiero que permita identificar la viabilidad y rentabilidad de aplicar la herramienta en comparación con el método histórico de operación. Por ende, a continuación, en la figura 1.32 se presenta el flujo de caja actual del proceso logístico en estudio para los contenedores especiales y estándar que han sido gestionados en Guayaquil para el periodo 2020 con los datos históricos del caso. El análisis presenta un periodo de estudio de 12 meses calendario para validar la propuesta. También incluye un costo unitario de reparación de \$350 por cada unidad reparada y entrega a

los clientes y un precio unitario estimado en \$5000 por contenedores despachado para su exportación.

Aquí se visualiza como la utilidad bruta varía entre \$37, 841,700.00 en el mes 1 hasta \$26, 853, 750.00 en el mes 12. En relación con los gastos operacionales estos incluyeron todos los parámetros que se definieron en el modelo de programación lineal; por lo que se tomaron en cuenta en esta categoría el costo de abastecimiento internacional, es decir el total de contenedores que se recibieron desde cada origen en cada ciudad destino, costo de reparación local, costo de transporte de contenedores que arribaron desde la terminal hacia los talleres, costo de recepción de devoluciones, costo de entrega de contenedores al cliente y costos de almacenamiento. Así, este rubro contiene en su flujo de caja de costos relevantes para la operación un valor inicial de \$7, 440, 947.00 y culmina con \$4, 394, 266.99 en el último periodo de análisis. Finalmente, su flujo de caja neto fluctúa como mínimo entre \$11, 320, 866. 74 en el periodo 9 y como máximo \$20, 495, 961. 18 en el periodo 10.

Luego se realiza un segundo flujo de caja para el mismo escenario de operación de contenedores estándar y especial de 40 pies vacíos en Guayaquil durante el 2020, pero con la diferencia que supone la utilización del modelo de programación lineal propuesto detallado en la figura 1.33. Por ende, según la sección anterior al haber identificado la mejora del 43% de los costos operativos relevantes entonces se procedió a ajustar los gastos operacionales pertinentes. Adicional, se tomaron en cuenta otras consideraciones que suponen la ejecución del modelo:

1. Incremento de la materia prima: Se coloca un aumento de \$350 a \$450 por contenedor reparado; esto se soporta en que dada la disminución de contenedores abastecidos internacionalmente que sugiere el modelo significa que se deberá entonces de reparar del inventario local aquellos cuyos daños mayores de altos costos actualmente se evitan reparar. La razón por la cual esto sucede actualmente es por la oportunidad de disminuir costos locales de reparación a expensas de uso de contenedores nuevos que lleguen de la descarga semanal que como mostró el modelo es mucho mayor el impacto económico para Naviera S.A. este proceder.
2. Inversión en equipos: También se considera que, para estos efectos, se necesitará la compra de maquinaria pesada como portac contenedores y otras grúas que permitan un flujo adecuado de contenedores desde el área de almacenamiento a las diferentes estaciones de reparación; esta inversión asciende a \$1, 000, 000.00 y se toma como valor de salvamento el 10% del total que es acorde a la respuesta del mercado para tales equipos.
3. Incremento en mano de obra: Adicional, se asume que para minimizar los costos operativos entonces se deberán de activar la contratación de 75 colaboradores con un sueldo estándar de \$700 mensuales para el área operativa de lavado, reparación y mantenimiento de contenedores vacíos también a razón del aumento en reparaciones que sugiere el modelo versus lo generado históricamente.

En conclusión, tal como se observa en la figura 1.34 se pudo verificar que, con lo anterior mencionado al término de los 12 meses de análisis la utilización de la programación lineal pudo obtener una generación de \$13, 205, 748.79 de holgura financiera para la empresa durante el 2020 y una TIR de 389% lo cual supera la rentabilidad mínima esperada por la compañía que se sostuvo en el 20%, para todo proyecto de mejora para la operación de Guayaquil. Cabe recalcar que, aunque la TIR sea muy superior a la rentabilidad anual mínima esto se justifica en que durante el periodo 2020 los fletes marítimos fueron mucho mayores a lo esperado como lo mencionaron varios artículos de la industria (El Observador, 2020). A más de ello, se debe hacer mención que el grupo corporativo al que pertenece la organización en estudio es un conglomerado de empresas que globalmente guardan un alto nivel de hermetismo en sus operaciones por lo cual los costos incrementales aproximados aquí mencionados son aquellos principales a los cuales se dispuso para su análisis.

De la misma manera se analizaron los costos relacionados a la operación de Puerto Bolívar para los 12 meses del 2020. Aquí también se evidenció como la utilidad bruta varía entre \$1, 249,100.00 en el mes 1 hasta \$1, 811, 750.00 en el mes 12. Por cuanto los gastos operacionales estos fueron aquellos tomados en cuenta para Guayaquil que abarcan desde el abastecimiento hasta la salida del contenedor exportado al cliente. Así, este rubro contiene en costos operativos relevantes un valor inicial de \$1, 143, 687.00 y culmina con \$1, 006, 833.00 en el último periodo de análisis. Finalmente, su flujo de caja neto fluctúa en pérdidas desde el periodo 2 hasta el 6 y su máximo valor fue de \$-467,395.24 en el periodo 6 pero que fueron aplacados con los flujos de los demás periodos del año.

Luego se realiza un segundo flujo de caja para el mismo escenario de operación de contenedores estándar y especiales en Puerto Bolívar durante el 2020, pero con la diferencia que supone la utilización del modelo de programación lineal propuesto detallado en la figura 1.35. Por ende, según la sección anterior al haber identificado la mejora del 44% de los costos operativos relevantes entonces se procedió a ajustar los gastos operacionales pertinentes. Conjuntamente, se tomó en cuenta las mismas tres consideraciones que suponen la ejecución del modelo para Guayaquil que son incremento en materia prima en la misma proporción de \$350 a \$450, inversión en maquinarias por \$1, 000, 000.00 e incremento en mano de obra de 50 técnicos operativos con un sueldo mensual de \$700.

En conclusión, tal como se observa en la figura 4.9 se pudo verificar que, ya no existieron pérdidas en ningún periodo como antes de la aplicación de la mejora. También se visualizó que, durante los 12 meses de análisis, la utilización de la programación lineal pudo obtener una generación de \$595,981.23 de holgura financiera para la empresa durante el 2020 y una TIR de 80% lo cual supera la rentabilidad mínima esperada por la compañía que se sostuvo en el 20%, para todo proyecto de mejora para la operación de Puerto Bolívar al igual que en Guayaquil.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Contenedores		8138	7349	6661	7530	6344	5641	5903	6717	5741	8357	6057	5775
Precio	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
Ingreso	\$40,690,000.00	\$36,745,000.00	\$33,305,000.00	\$37,650,000.00	\$31,720,000.00	\$28,205,000.00	\$29,515,000.00	\$33,585,000.00	\$28,705,000.00	\$41,785,000.00	\$30,285,000.00	\$28,875,000.00	\$28,875,000.00
Depreciación Maq.	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo de Ventas	\$ 2,848,300.00	\$ 2,572,150.00	\$ 2,331,350.00	\$ 2,635,500.00	\$ 2,220,400.00	\$ 1,974,350.00	\$ 2,066,050.00	\$ 2,350,950.00	\$ 2,009,350.00	\$ 2,924,950.00	\$ 2,119,950.00	\$ 2,021,250.00	\$ 2,021,250.00
MP	\$ 2,848,300.00	\$ 2,572,150.00	\$ 2,331,350.00	\$ 2,635,500.00	\$ 2,220,400.00	\$ 1,974,350.00	\$ 2,066,050.00	\$ 2,350,950.00	\$ 2,009,350.00	\$ 2,924,950.00	\$ 2,119,950.00	\$ 2,021,250.00	\$ 2,021,250.00
Precio MP	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00
MOD	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos Indirecto de Fabricación	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Ut. Bruta	\$37,841,700.00	\$34,172,850.00	\$30,973,650.00	\$35,014,500.00	\$29,499,600.00	\$26,230,650.00	\$27,448,950.00	\$31,234,050.00	\$26,695,650.00	\$38,860,050.00	\$28,165,050.00	\$26,853,750.00	\$26,853,750.00
Gastos Operacionales	\$ 7,440,947.00	\$ 9,742,891.00	\$ 10,625,645.00	\$ 9,460,291.50	\$ 11,737,316.50	\$ 10,066,243.48	\$ 8,957,629.65	\$ 8,144,378.15	\$ 8,937,427.65	\$ 6,709,522.65	\$ 6,948,631.65	\$ 4,394,266.99	\$ 4,394,266.99
Gtos. Adm.	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos de abastecimiento	\$ 5,675,600.00	\$ 8,014,100.00	\$ 9,101,400.00	\$ 7,973,950.00	\$ 10,092,950.00	\$ 8,616,513.52	\$ 7,382,100.00	\$ 6,579,100.00	\$ 7,291,050.00	\$ 5,125,950.00	\$ 5,447,900.00	\$ 3,097,100.00	\$ 3,097,100.00
Costo de reparación	\$ 1,261,607.50	\$ 1,127,360.00	\$ 894,002.50	\$ 830,650.00	\$ 960,822.50	\$ 805,710.00	\$ 934,022.50	\$ 947,037.50	\$ 1,034,250.00	\$ 1,006,797.50	\$ 936,652.50	\$ 834,348.34	\$ 834,348.34
Costo de transporte terrestre	\$ 296,312.50	\$ 428,500.00	\$ 463,562.50	\$ 468,000.00	\$ 493,625.00	\$ 454,880.46	\$ 437,500.00	\$ 395,437.50	\$ 398,937.50	\$ 330,062.50	\$ 352,312.50	\$ 258,187.50	\$ 258,187.50
Costo de recepción	\$ 8,662.50	\$ 7,225.00	\$ 8,312.50	\$ 8,312.50	\$ 7,012.50	\$ 6,212.50	\$ 6,512.50	\$ 7,350.00	\$ 6,325.00	\$ 9,187.50	\$ 6,725.00	\$ 6,275.00	\$ 6,275.00
Costo de despacho	\$ 99,914.50	\$ 90,503.50	\$ 81,950.00	\$ 92,814.00	\$ 78,206.50	\$ 69,512.00	\$ 72,761.50	\$ 82,710.00	\$ 70,754.50	\$ 102,959.50	\$ 74,706.00	\$ 71,058.00	\$ 71,058.00
Costo de Almacenamiento	\$ 98,850.00	\$ 75,202.50	\$ 76,417.50	\$ 86,565.00	\$ 104,700.00	\$ 113,415.00	\$ 124,733.15	\$ 132,743.15	\$ 136,110.65	\$ 134,565.65	\$ 130,335.65	\$ 127,298.15	\$ 127,298.15
Gastos Generales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Depreciación	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad operacional/Utilidad Oper.	\$ -	\$30,400,753.00	\$24,429,959.00	\$20,348,005.00	\$25,554,208.50	\$17,762,283.50	\$16,164,406.52	\$18,491,320.35	\$23,089,671.85	\$17,758,222.35	\$32,150,527.35	\$21,216,418.35	\$22,459,483.01
Ingresos/Gastos no operativos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Intereses ganados	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Ganancia por venta activo fijo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Gtos. intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pérdida por venta de activo fijo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes impuestos y part. Trabajadores	\$30,400,753.00	\$24,429,959.00	\$20,348,005.00	\$25,554,208.50	\$17,762,283.50	\$16,164,406.52	\$18,491,320.35	\$23,089,671.85	\$17,758,222.35	\$32,150,527.35	\$21,216,418.35	\$22,459,483.01	\$22,459,483.01

Figura 4.9 Flujo de caja histórico para la operación logística de Guayaquil durante el 2020.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Contenedores		8130	7349	6661	7530	6344	5903	6717	5741	8557	6057	5775	
Precio	\$	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00
Ingreso	\$	40,690,000.00	36,745,000.00	33,300,000.00	37,650,000.00	31,720,000.00	28,205,000.00	29,515,000.00	33,585,000.00	28,705,000.00	41,785,000.00	30,285,000.00	28,875,000.00
Depreciación Maq.	\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costo de Ventas	\$	3,714,600.00	3,359,550.00	3,049,950.00	3,441,000.00	2,907,300.00	2,590,950.00	2,708,850.00	3,075,150.00	2,635,950.00	3,813,150.00	2,778,150.00	2,651,250.00
MP	\$	3,662,100.00	3,307,050.00	2,997,450.00	3,388,500.00	2,854,800.00	2,538,450.00	2,656,350.00	3,022,650.00	2,583,450.00	3,760,650.00	2,725,650.00	2,598,750.00
Precio MP	\$	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00
) trabajadores con 700S c/u													
MOD	\$	52,500.00	52,500.00	52,500.00	52,500.00	52,500.00	52,500.00	52,500.00	52,500.00	52,500.00	52,500.00	52,500.00	52,500.00
Costos Indirecto de Fabricación	\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U. Bruta	\$	36,975,400.00	33,385,450.00	30,250,050.00	34,209,000.00	28,812,700.00	25,614,050.00	26,806,150.00	30,509,850.00	26,069,050.00	37,971,850.00	27,506,850.00	26,223,750.00
Gastos Operacionales	\$	390,935.51	3,283,077.51	3,331,973.09	4,472,462.68	4,456,181.23	4,432,461.45	5,219,125.57	4,851,550.79	4,870,947.72	3,228,258.04	3,238,123.42	3,207,521.05
Glos. Adm.	\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos de abastecimiento	\$	6,256.50	2,436,667.60	2,640,000.00	3,840,000.00	3,840,000.00	3,840,000.00	4,601,913.52	4,200,000.00	4,200,000.00	2,640,000.00	2,640,000.00	2,640,000.00
Costo de reparación	\$	238,853.33	633,410.10	485,663.38	418,712.52	389,407.68	383,712.11	387,389.97	428,442.17	443,185.85	386,044.45	393,821.23	376,163.67
Costo de transporte terrestre	\$	118,250.00	128,820.88	139,750.00	155,875.00	155,875.00	171,628.10	172,000.00	172,000.00	172,000.00	139,750.00	139,750.00	139,750.00
Costo de recepción	\$	8,662.50	8,050.00	7,225.00	7,225.00	6,312.50	7,012.50	6,212.50	6,512.50	7,350.00	6,325.00	9,187.50	6,725.00
Costo de despacho	\$	5,714.49	41,630.61	39,760.68	29,233.77	29,233.77	33,335.54	29,970.57	32,016.64	34,794.91	31,865.34	42,706.96	32,611.44
Costo de Almacenamiento	\$	13,196.70	34,589.42	20,564.84	15,416.40	13,271.88	12,526.30	12,526.30	12,594.45	14,113.25	14,113.25	12,370.95	12,370.95
Gastos Generales	\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Depreciación	\$	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00
Utilidad Operacional/Utilidad Operativa	\$	36,576,964.49	30,094,872.49	26,915,576.91	29,729,037.32	24,349,018.77	21,174,088.55	21,579,524.43	25,650,799.21	21,190,602.28	34,736,091.96	24,261,226.58	23,008,728.95
Utilidad antes impuestos y part. Trabajadores	\$	36,576,964.49	30,094,872.49	26,915,576.91	29,729,037.32	24,349,018.77	21,174,088.55	21,579,524.43	25,650,799.21	21,190,602.28	34,736,091.96	24,261,226.58	23,008,728.95
(-) Participación trabajadores (15%)	\$	5,486,544.67	4,514,230.87	4,037,336.54	4,459,355.60	3,652,352.82	3,176,113.28	3,236,526.67	3,847,619.88	3,178,590.34	5,210,413.79	3,639,183.99	3,451,309.34
(=) Utilidad antes de impuestos	\$	31,090,419.82	25,580,641.62	22,878,240.37	25,269,681.72	20,696,665.96	17,997,975.27	18,342,997.77	21,803,179.33	18,012,011.93	29,525,678.17	20,622,042.59	19,557,419.60
(-) I.R. (25%)	\$	7,772,604.95	6,395,160.40	5,719,560.09	6,317,420.43	5,174,166.49	4,499,493.82	4,585,648.94	5,450,794.83	4,503,002.98	7,381,419.54	5,155,510.65	4,889,354.90
Utilidad Neta	\$	23,317,814.86	19,185,481.21	17,158,680.28	18,952,261.29	15,522,499.47	13,498,481.45	13,756,946.83	16,352,384.50	13,509,008.95	22,144,258.63	15,466,531.94	14,668,064.70
(+) Depreciaciones	\$	1,000,000.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00
(-) Compra equipos	\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(-) Capital de trabajo	\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(+) Venta activo fijo	\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) Flujo de caja neto	\$	-1,000,000.00	23,325,314.86	19,192,981.21	17,166,180.28	18,959,781.29	15,529,999.47	13,505,981.45	13,764,446.83	16,359,884.50	13,516,508.95	22,151,758.63	15,474,031.94

PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
FLUJO ACTUAL (1)	\$	19,380,480.04	15,574,098.86	12,971,853.19	16,290,807.92	11,323,455.73	10,304,809.16	11,786,216.72	14,719,665.80	11,320,866.74	20,495,961.18	13,525,466.69	14,317,920.42
FLUJO CON APLICACIÓN DE PROGRAMACIÓN LINEAL (2)	\$	-1,000,000.00	23,325,314.86	19,192,981.21	17,166,180.28	18,959,781.29	15,529,999.47	13,505,981.45	13,764,446.83	16,359,884.50	13,516,508.95	22,151,758.63	15,474,031.94
FLUJO DEL PROYECTO (2) - (1)	\$	-1,000,000.00	3,944,834.82	3,618,862.35	4,184,372.05	2,688,953.37	4,208,543.71	3,201,172.28	1,978,230.11	1,840,218.69	2,195,642.21	1,865,797.47	357,644.29

VAN	\$	13,205,748.79											
TIR		385%											

Figura 4.10 Flujo de caja utilizando programación lineal para la operación logística de Guayaquil durante el 2020.

PERIODO	7	8	9	10	11	12
FLUJO ACTUAL (1)	\$ 11,788,216.72	\$ 14,719,665.80	\$ 11,320,866.74	\$ 20,495,961.18	\$ 13,525,466.69	\$ 14,317,920.42
FLUJO CON APLICACIÓN DE PROGRAMACIÓN LINEAL (2)	\$ 13,764,446.83	\$ 16,359,884.50	\$ 13,516,508.95	\$ 22,151,758.63	\$ 15,474,031.94	\$ 14,675,564.70
FLUJO DEL PROYECTO (2) - (1)	\$ 1,976,230.11	\$ 1,640,218.69	\$ 2,195,642.21	\$ 1,655,797.44	\$ 1,948,565.25	\$ 357,644.29

Figura 4.11 Flujo de caja diferencial con aplicación de programación lineal para operación logística de Guayaquil en el 2020.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unidades (contenedores)		274	304	440	329	270	276	438	378	343	326	248	395
Precio	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
Ingreso	\$ 1,370,000.00	\$ 1,520,000.00	\$ 2,200,000.00	\$ 1,645,000.00	\$ 1,350,000.00	\$ 1,380,000.00	\$ 2,190,000.00	\$ 1,890,000.00	\$ 1,715,000.00	\$ 1,630,000.00	\$ 1,240,000.00	\$ 1,975,000.00	\$ 1,975,000.00
Depreciación Maq.	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo de Ventas	\$ 120,900.00	\$ 131,400.00	\$ 179,000.00	\$ 140,150.00	\$ 119,500.00	\$ 121,600.00	\$ 178,300.00	\$ 157,300.00	\$ 145,050.00	\$ 139,100.00	\$ 111,800.00	\$ 163,250.00	\$ 163,250.00
MP	\$ 95,900.00	\$ 106,400.00	\$ 154,000.00	\$ 115,150.00	\$ 94,500.00	\$ 96,600.00	\$ 153,300.00	\$ 132,300.00	\$ 120,050.00	\$ 114,100.00	\$ 86,800.00	\$ 138,250.00	\$ 138,250.00
Precio MP	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 350.00
MOD	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos Indirecto de Fabricación	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00
Ut. Bruta	\$ 1,249,100.00	\$ 1,388,600.00	\$ 2,021,000.00	\$ 1,504,850.00	\$ 1,230,500.00	\$ 1,258,400.00	\$ 2,011,700.00	\$ 1,732,700.00	\$ 1,569,950.00	\$ 1,490,900.00	\$ 1,128,200.00	\$ 1,811,750.00	\$ 1,811,750.00
Gastos Operacionales	\$ 1,143,687.00	\$ 1,490,224.00	\$ 2,372,266.00	\$ 1,772,957.00	\$ 1,773,027.00	\$ 1,991,569.00	\$ 1,345,182.00	\$ 1,156,246.00	\$ 1,130,722.50	\$ 1,223,456.50	\$ 1,084,180.00	\$ 1,006,883.50	\$ 1,006,883.50
Gtos. Adm.	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00
Costos de abastecimiento	\$ 750,000.00	\$ 1,050,000.00	\$ 1,930,000.00	\$ 1,330,000.00	\$ 1,369,000.00	\$ 1,680,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 825,000.00	\$ 800,000.00	\$ 860,000.00	\$ 750,000.00	\$ 700,000.00	\$ 700,000.00
Costo de reparación	\$ 280,730.00	\$ 311,155.00	\$ 305,022.50	\$ 341,510.00	\$ 314,472.50	\$ 213,942.50	\$ 239,262.50	\$ 235,475.00	\$ 235,085.00	\$ 259,850.00	\$ 239,232.50	\$ 206,097.50	\$ 206,097.50
Costo de transporte terrestre	\$ 46,500.00	\$ 65,100.00	\$ 71,300.00	\$ 34,100.00	\$ 36,518.00	\$ 55,800.00	\$ 62,000.00	\$ 51,150.00	\$ 49,600.00	\$ 53,320.00	\$ 46,500.00	\$ 43,400.00	\$ 43,400.00
Costo de recepción	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo de despacho	\$ 18,942.00	\$ 17,534.00	\$ 18,766.00	\$ 21,362.00	\$ 18,744.00	\$ 17,974.00	\$ 20,592.00	\$ 16,621.00	\$ 16,005.00	\$ 18,634.00	\$ 14,905.00	\$ 23,221.00	\$ 23,221.00
Costo de Almacenamiento	\$ 31,515.00	\$ 30,435.00	\$ 31,177.50	\$ 29,985.00	\$ 18,292.50	\$ 7,852.50	\$ 7,327.50	\$ 12,000.00	\$ 14,032.50	\$ 15,652.50	\$ 17,542.50	\$ 18,165.00	\$ 18,165.00
Depreciación	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad operacional/Utilidad Operativa	\$ -	\$ 105,413.00	\$ -101,624.00	\$ -351,266.00	\$ -268,107.00	\$ -542,527.00	\$ -733,169.00	\$ 666,518.00	\$ 576,454.00	\$ 439,227.50	\$ 267,443.50	\$ 44,020.00	\$ 804,866.50
Ingresos/Gastos no operativos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Intereses ganados	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Ganancia por venta activo fijo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Gtos. intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pérdida por venta de activo fijo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes impuestos y part. Trabajadores	\$ 105,413.00	\$ -101,624.00	\$ -351,266.00	\$ -268,107.00	\$ -542,527.00	\$ -733,169.00	\$ 666,518.00	\$ 576,454.00	\$ 439,227.50	\$ 267,443.50	\$ 44,020.00	\$ 804,866.50	\$ 804,866.50
(-) Participación trabajadores (15%)	\$ 15,811.95	\$ -15,243.60	\$ -52,689.90	\$ -40,216.05	\$ -81,379.05	\$ -109,975.35	\$ 99,977.70	\$ 86,468.10	\$ 65,884.13	\$ 40,116.53	\$ 6,603.00	\$ 120,729.98	\$ 120,729.98
(=) Utilidad antes de impuestos	\$ 89,601.05	\$ -86,380.40	\$ -298,576.10	\$ -227,890.95	\$ -461,147.95	\$ -623,193.65	\$ 566,540.30	\$ 489,985.90	\$ 373,343.38	\$ 227,326.98	\$ 37,417.00	\$ 684,136.53	\$ 684,136.53
(-) I.R. (25%)	\$ 22,400.26	\$ -21,595.10	\$ -74,644.03	\$ -56,972.74	\$ -115,286.99	\$ -155,798.41	\$ 141,635.08	\$ 122,496.48	\$ 93,335.84	\$ 56,831.74	\$ 9,354.25	\$ 171,034.13	\$ 171,034.13
Utilidad Neta	\$ 67,200.79	\$ -64,785.30	\$ -223,932.08	\$ -170,918.21	\$ -345,860.96	\$ -467,395.24	\$ 424,905.23	\$ 367,489.43	\$ 280,007.53	\$ 170,495.23	\$ 28,062.75	\$ 513,102.39	\$ 513,102.39
(+) Depreciaciones	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(-) Compra equipos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(-) Capital de trabajo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(+) Venta activo fijo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(=) Flujo de caja neto	\$ -	\$ 67,200.79	\$ -64,785.30	\$ -223,932.08	\$ -170,918.21	\$ -345,860.96	\$ -467,395.24	\$ 424,905.23	\$ 367,489.43	\$ 280,007.53	\$ 170,495.23	\$ 28,062.75	\$ 513,102.39

Figura 4.12 Flujo de caja histórico para la operación logística de Puerto Bolívar durante el 2020.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Unidades (contenedores)		274	304	440	329	270	276	438	378	343	326	248	395	
Precio	\$	5,000.00	\$	5,000.00	\$	5,000.00	\$	5,000.00	\$	5,000.00	\$	5,000.00	\$	5,000.00
Ingreso	\$	1,370,000.00	\$	1,520,000.00	\$	2,200,000.00	\$	1,645,000.00	\$	1,330,000.00	\$	1,380,000.00	\$	2,190,000.00
Depreciación Maq.	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
Costo de Ventas	\$	183,300.00	\$	198,550.00	\$	261,587.50	\$	213,566.88	\$	189,042.72	\$	193,869.85	\$	269,003.35
MP	\$	123,300.00	\$	136,800.00	\$	198,000.00	\$	148,050.00	\$	121,500.00	\$	124,200.00	\$	197,100.00
Costos Indirecto de Fabricación	\$	450.00	\$	450.00	\$	450.00	\$	450.00	\$	450.00	\$	450.00	\$	450.00
Trabajadores con 7005 c/u														
MOD	\$	35,000.00	\$	36,750.00	\$	38,587.50	\$	40,516.88	\$	42,542.72	\$	44,669.85	\$	46,903.35
Costos Indirecto de Fabricación	\$	25,000.00	\$	25,000.00	\$	25,000.00	\$	25,000.00	\$	25,000.00	\$	25,000.00	\$	25,000.00
Util. Bruta	\$	1,186,700.00	\$	1,321,450.00	\$	1,938,412.50	\$	1,431,433.13	\$	1,160,957.28	\$	1,186,130.15	\$	1,920,996.65
Gastos Operacionales	\$	49,293.72	\$	168,682.20	\$	102,863.56	\$	519,602.14	\$	539,461.09	\$	524,372.95	\$	673,668.94
Gtos. Adm.	\$	16,000.00	\$	16,000.00	\$	16,000.00	\$	16,000.00	\$	16,000.00	\$	16,000.00	\$	16,000.00
Costos de abastecimiento	\$	6,402.00	\$	-	\$	-	\$	475,200.00	\$	475,200.00	\$	475,200.00	\$	588,741.27
Costo de reparación	\$	82,670.50	\$	132,317.44	\$	71,610.55	\$	7,182.75	\$	26,806.50	\$	11,818.11	\$	40,177.59
Costo de transporte terrestre	\$	-	\$	-	\$	-	\$	8,184.00	\$	8,184.00	\$	8,184.00	\$	15,222.56
Costo de recepción	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
Costo de despacho	\$	2,378.29	\$	9,244.41	\$	10,247.17	\$	11,125.46	\$	11,767.41	\$	12,661.97	\$	13,276.77
Costo de Almacenamiento	\$	4,580.40	\$	11,120.34	\$	5,055.84	\$	1,909.93	\$	1,503.17	\$	508.87	\$	249.75
Gastos Generales	\$	7,500.00	\$	7,500.00	\$	7,500.00	\$	7,500.00	\$	7,500.00	\$	7,500.00	\$	7,500.00
Depreciación	\$	7,500.00	\$	7,500.00	\$	7,500.00	\$	7,500.00	\$	7,500.00	\$	7,500.00	\$	7,500.00
Utilidad operacional/Utilidad Operativa	\$	-	\$	1,129,906.28	\$	1,145,267.80	\$	1,828,048.94	\$	904,330.98	\$	613,996.19	\$	654,257.20
Ingresos/Gastos no operativos	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
Intereses ganados	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
Ganancia por venta activo fijo	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
Gtos. Intereses	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
Pérdida por venta de activo fijo	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
Utilidad antes impuestos y part. Trabajadores	\$	1,129,906.28	\$	1,145,267.80	\$	1,828,048.94	\$	904,330.98	\$	613,996.19	\$	654,257.20	\$	1,239,827.71
(-) Participación trabajadores (15%)	\$	169,485.94	\$	171,790.17	\$	274,207.34	\$	135,649.65	\$	92,099.43	\$	98,138.58	\$	185,974.16
(=) Utilidad antes de impuestos	\$	960,420.33	\$	973,477.63	\$	1,553,841.60	\$	768,681.33	\$	521,896.76	\$	556,118.62	\$	1,053,853.55
(-) I.R. (25%)	\$	240,105.08	\$	243,369.41	\$	388,460.40	\$	192,170.33	\$	130,474.19	\$	139,029.65	\$	263,463.39
Utilidad Neta	\$	720,315.25	\$	730,108.22	\$	1,165,381.20	\$	576,511.00	\$	391,422.57	\$	417,088.96	\$	790,390.17
(+) Depreciaciones	\$	7,500.00	\$	7,500.00	\$	7,500.00	\$	7,500.00	\$	7,500.00	\$	7,500.00	\$	7,500.00
(-) Compra equipos	\$	1,000,000.00	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
(-) Capital de trabajo	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
(+) Venta activo fijo	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
(=) Flujo de caja neto	\$	-1,000,000.00	\$	727,815.25	\$	737,608.22	\$	1,172,881.20	\$	584,011.00	\$	398,922.57	\$	424,588.96
PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
FLUJO ACTUAL (1)	\$	67,200.79	\$	-64,785.30	\$	-223,932.08	\$	-170,918.21	\$	-345,860.96	\$	-467,395.24	\$	424,905.23
FLUJO CON APLICACIÓN DE PROYECTO (2)	\$	-1,000,000.00	\$	727,815.25	\$	737,608.22	\$	1,172,881.20	\$	584,011.00	\$	398,922.57	\$	424,588.96
FLUJO DEL PROYECTO (2)-(1)	\$	-1,000,000.00	\$	660,614.46	\$	802,399.52	\$	1,396,813.27	\$	754,929.21	\$	744,783.54	\$	891,984.20
VAN	\$	595,981.23	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
TIR		80%												

Figura 4.13 Flujo de caja utilizando programación lineal para la operación logística de Puerto Bolívar durante el 2020.

4.5 Conclusiones

- Se identificaron y recopilaron los datos necesarios para la definición y programación del modelo de operación logística; por ejemplo: ciudades y países de origen para abastecer tanto a Guayaquil como Puerto Bolívar; cantidades mínimas y máximas de contenedores por tipo de tecnología y por estado de reparación con posibilidad de ser enviados a Ecuador junto a los periodos en los cuales podían hacerse uso; demanda mensual, capacidad de reparación local, total de unidades que se disponen fuera de la flota de manera periódica y total de unidades que se reciben por concepto de devoluciones y que forman parte del inventario de cada localidad.
- Se desarrolló una herramienta operativa que permite identificar cuál es el set de países que debe de idealmente recorrer el buque para embarcar contenedores vacíos para la operación de ambas ciudades tanto Guayaquil como Puerto Bolívar. Se identificaron que existen meses donde es posible pasar por 5 ciudades (Qingdao, Newark, Manzanillo, Balboa, Callao) en lugar de por los 7 (Qingdao, Lázaro Cárdenas, Veracruz, Newark, Manzanillo, Balboa, Callao) que históricamente tenían en ruta para abastecer a Guayaquil. En cambio, por Puerto Bolívar se mantuvieron las ciudades por las que pasa el buque en ruta (Pekín y Balboa) pero se identificó existen periodos donde solo es rentable pasar por una de ellas como lo fue para los meses del 3 al 6 en el análisis realizado.
- Se permitió también, haciendo uso de la programación lineal, conocer con antelación el costo mínimo de la operación logística desde las distintas etapas del proceso logístico desde el abastecimiento, reparación hasta el despacho de contenedores vacíos al cliente en Ecuador para el 2021 y el primer trimestre del 2022.
- Se identificó el impacto financiero de aplicar la programación lineal para un año calendario, debido a las temporadas que tiene la industria, tomando en cuenta los costos logísticos relevantes mencionados en el modelo siendo estos mejorados en un 43% para la operación de Guayaquil en correspondencia con los datos históricos del 2020 y lo equivalente para Puerto Bolívar con una mejora en costos logísticos relevantes del 44 %. Así mismo, se dio a conocer que la herramienta supone una disminución de costos totales para la operación de Ecuador en 44%. De tal manera que se prueba la robustez del modelo dado a que existe una mejora significativa incluso en un ambiente atípico por efecto de la pandemia COVID-19.

4.6 Recomendaciones

- Combinar la planeación agregada con técnicas de pronósticos empleando metodologías de series de tiempo. En el mismo punto, identificar los componentes de los pronósticos y su importancia en la cadena de suministro que permita tener una visión acertada de la demanda futura en función del histórico y tomando en cuenta las condiciones actuales del mercado (Sunil Chopra, 2013).
- Realizar calibraciones del modelo periódicamente que den paso al ajuste de restricciones para que la programación se mantenga vigente para la operación. De tal forma que se pueda identificar los factores a actualizar, incluir o eliminar en la toma de decisiones operativas de abastecimiento y reparación local en ambas ciudades analizadas.
- Proponer capacitaciones al personal administrativo del área de operaciones logísticas de Naviera S.A. para que se promueva el uso de herramientas tales como la programación lineal en el giro del negocio.
- Replicar el modelo en los diferentes países donde el modelo de negocio para la operación logística de contenedores refrigerados sea similar a la de Ecuador.
- Entender a fondo los acuerdos comerciales que implica la utilización de algunos países como centro de acopio en función de otro para darle una ponderación y potencialización del modelo.

5. Bibliografía

- Anataram, B., & Van Karsten, C. (2017). Container shipping services selection and cargo routing with transshipment limits. *European Journal of Operation Research*, 652-663.
- Chung-Yee Lee, D.-P. S. (2017). Ocean container transport in global supply chains: Overview and research opportunities. *Transportation Research Part B*, 442-474.
- Dong, P. S. (2015). Empty Container Repositioning. En L. CY, *Handbook of Ocean Container Transport Logistics* (págs. 1181-1190). Liverpool: Springer .
- El Observador. (12 de 11 de 2020). *Cámara Marítima del Ecuador*. Obtenido de CAMAE: <http://www.camae.org/fletes-maritimos/demanda-por-fletes-maritimos-hace-que-el-costo-se-dispare-hasta-un-760/>
- Furió, S., Andrés, C., Adenso, B., & Lozano, S. (2013). Optimization of empty container movements using street-turn: Application to Valencia hinterland. *Computer & Industrial Engineering*, 909-917.
- Hillier, F., & Lieberman, G. (2001). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. New York: Mc Graw Hill.
- Huang, Y., & Hu, F. (2015). Liner services network design and fleet deployment with empty container repositioning. *Computer & Industrial Engineering*, 116-124.
- Pesantes, E. (10 de Marzo de 2021). Empresas se disputan espacio en las navieras; fletes se encarecen. *El Comercio*, pág. 13.
- Rahime, N., & Gelareh, S. (2017). Network design, fleet deployment & empty repositioning in liner shipping. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 60-79.
- Sook Tying Choong, C. M. (2002). Empty container management for intermodal. *Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review*, 423 - 438.
- Sunil Chopra, M. P. (2013). *Administración de la Cadena de Suministro*. México: Pearson.
- T. Hjortnaes, B. W. (2016). Minimizing cost of empty container repositioning in port hinterlands,. *Journal of Transport Geography*, 209-219.
- Taha, H. (2007). *Operations Research: An Introduction*. Arkansas: Pearson Education Inc.

- United Nations. (03 de 06 de 2021). *United Nations Conference on Trade & Development*. Obtenido de COVID-19 Implications for Commercial Contracts: https://unctad.org/system/files/official-document/dtltlbinf2021d1_en.pdf
- Wang, S., & Meng, Q. (2012). Liner ship fleet deployment with container transshipment operations. *Logistics and Transportation Review*, 470-484.
- Zhang, Y., & Facanha, C. (2013). *Strategic planning of empty container repositioning in the transpacific market*. San Francisco: Taylor Francis.

6. Anexos

Period	Nt	X11t	X12t	X22t	X32t	X42t	X62t	X72t	X82t	I1t	I2t	L1(X10)	Rt	X2t	X11t	Rt	X1rt	Irt
0	270	600	300	1000	300	600	500	1000	300	402	10180	613	5133	4000	600	6135	4600	9300
1	270	600	0	591	0	800	1200	2000	400	0	9390	670	8869	4991	600	6700	5591	8681
2	270	600	0	1200	0	800	1200	2000	400	2769	5913	730	7184	5600	600	7300	6200	8041
3	270	600	0	1200	0	800	1200	2000	400	3252	4769	750	6227	5600	600	7000	6200	7221
4	270	600	0	1200	0	800	1200	2000	400	2874	4348	700	6227	5600	600	6300	6200	6851
5	270	600	0	1200	0	800	1200	2000	400	2700	4151	695	6106	5600	600	6850	6200	6526
6	270	600	0	1200	0	800	1200	2000	400	2456	4070	680	6048	5600	600	6800	6200	6336
7	270	600	0	1200	0	800	1200	2000	400	2304	4032	650	6007	5600	600	6500	6200	6416
8	270	600	0	1200	400	800	1200	2000	400	2412	4005	640	6225	6000	600	6400	6600	6986
9	270	600	0	1200	400	800	1200	2000	400	2836	4150	630	6306	6000	600	6600	6600	7646
10	270	600	0	1200	400	800	1200	2000	400	3442	4204	620	6332	6000	600	6200	6600	8306
11	270	600	0	1200	400	800	1200	2000	400	4175	4222	660	6367	6000	600	6600	6600	8786
12	270	600	0	1200	0	800	1200	2000	400	4542	4245	675	6150	5600	600	6750	6200	8641
13	270	600	0	0	0	800	1200	2000	400	4542	4100	680	5346	4400	600	6800	5000	7251
14	270	600	0	0	0	800	1200	2000	400	3687	3564	740	5050	4400	600	7400	5000	5321
15	270	600	0	0	0	800	1200	2000	400	1946	3374	750	4952	4400	600	7500	5000	3301

Anexo 1 Resolución de hoja de cálculo de total de contenedores a estándar en Guayaquil.

Periodo	X11t	X12t	X22t	X32t	X42t	X52t	X62t	X72t	X82t	X91t	X92t	I1t	I2t	L1(X10)	Rt	X2t	X11t	Rt	X1rt
	Solicitado 1. China (Reparado)	Solicitado a 1. China, Quingdao (Dañado)	Solicitado a 2. México, Manzanillo (Dañado)	Solicitado a 3. México, Lázaro Cárdenas (Dañado)	Solicitado a 4. Perú, Callao (Dañado)	Solicitado a 5. Marruecos, Tánger (Dañado)	Solicitado a 6. USA, Newark (Dañado)	Solicitado a 7. Panamá, Manzanillo (Dañado)	Solicitado 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Solicitado a 9. China, Pekin (Reparado)	Solicitado a 9. China, Pekin (Dañado)	Inventario 1 Reparados	Inventario 2 Dañados	Solicitados a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas EC	Solicitado internacional dañado	Solicitado internacional Reparado	Demanda Reparados	Arribo marítimo
	(\$Unidad/mes)	(\$Unidad/mes)	(\$Unidad/mes)	(\$Unidad/mes)	(\$Unidad/mes)	(\$Unidad/mes)	(\$Unidad/mes)	(\$Unidad/mes)	(\$Unidad/mes)	(\$Unidad/mes)	(\$Unidad/mes)	(\$Unidad/mes)	(\$Unidad/mes)	(\$Unidad)	(\$Unidad/mes)	(\$Unidad)	(\$Unidad)	(\$Unidad)	(\$Unidad)
Costos	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 1,300.00	\$ 1,350.00	\$ 200.00	\$ 1,900.00	\$ 700.00	\$ 500.00	\$ 600.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 7.50	\$ 7.50	\$ 12.50	\$ 140.00	\$ -	\$ 75.00	\$ 12.50	\$ 62.50
1	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ 768,859.91	\$ -	\$ 160,000.00	\$ -	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 70,425.00	\$ 8,375.00	\$ 1,241,640.18	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 83,750.00	\$ 349,464.42
2	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ 1,560,000.00	\$ -	\$ 160,000.00	\$ -	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 20,766.44	\$ 44,344.29	\$ 9,125.00	\$ 1,005,696.07	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 91,250.00	\$ 387,500.00
3	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ 1,560,000.00	\$ -	\$ 160,000.00	\$ -	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 24,399.01	\$ 35,917.72	\$ 9,375.00	\$ 912,998.43	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 93,750.00	\$ 387,500.00
4	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ 1,560,000.00	\$ -	\$ 160,000.00	\$ -	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 21,553.64	\$ 32,607.09	\$ 8,750.00	\$ 871,719.37	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 87,500.00	\$ 387,500.00
5	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ 1,560,000.00	\$ -	\$ 160,000.00	\$ -	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 20,252.90	\$ 31,132.83	\$ 8,687.50	\$ 854,787.75	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 86,875.00	\$ 387,500.00
6	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ 1,560,000.00	\$ -	\$ 160,000.00	\$ -	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 18,420.10	\$ 30,528.13	\$ 8,500.00	\$ 846,757.10	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 85,000.00	\$ 387,500.00
7	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ 1,560,000.00	\$ -	\$ 160,000.00	\$ -	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 17,281.98	\$ 30,241.25	\$ 8,125.00	\$ 841,022.04	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 81,250.00	\$ 387,500.00
8	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ 1,560,000.00	\$ 540,000.00	\$ 160,000.00	\$ -	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 18,086.73	\$ 30,036.50	\$ 8,000.00	\$ 871,488.82	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 80,000.00	\$ 412,500.00
9	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ 1,560,000.00	\$ 540,000.00	\$ 160,000.00	\$ -	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 21,273.63	\$ 31,124.60	\$ 7,875.00	\$ 882,835.53	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 78,750.00	\$ 412,500.00
10	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ 1,560,000.00	\$ 540,000.00	\$ 160,000.00	\$ -	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 25,818.39	\$ 31,529.84	\$ 7,750.00	\$ 886,534.21	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 77,500.00	\$ 412,500.00
11	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ 1,560,000.00	\$ 540,000.00	\$ 160,000.00	\$ -	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 21,311.29	\$ 31,661.94	\$ 8,250.00	\$ 891,378.68	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 82,500.00	\$ 412,500.00
12	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ 1,560,000.00	\$ -	\$ 160,000.00	\$ -	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 34,063.46	\$ 31,834.77	\$ 8,437.50	\$ 860,969.47	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 84,375.00	\$ 387,500.00
13	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 160,000.00	\$ -	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 34,061.82	\$ 30,748.91	\$ 8,500.00	\$ 748,427.79	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 85,000.00	\$ 312,500.00
14	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 160,000.00	\$ -	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 27,656.17	\$ 26,729.56	\$ 9,250.00	\$ 708,451.12	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 92,500.00	\$ 312,500.00
15	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 160,000.00	\$ -	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 14,608.90	\$ 25,301.83	\$ 9,375.00	\$ 693,300.45	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 93,750.00	\$ 312,500.00
	\$ 18,000,000.00	\$ -	\$ 17,928,859.91	\$ 2,160,000.00	\$ 2,400,000.00	\$ -	\$ 12,600,000.00	\$ 15,000,000.00	\$ 3,600,000.00	\$ -	\$ -	\$ 329,548.45	\$ 514,164.27	\$ 128,375.00	\$ 13,118,000.00	\$ -	\$ 675,000.00	\$ 1,283,750.00	\$ 5,649,464.42
COSTO TOTAL	\$ 93,387,162.05																		

Anexo 2 Resolución de hoja de cálculo de costo total de contenedores estándar en Guayaquil.

Period	Y12t	Y52t	Y72t	Y82t	I1t	I2t	Lt (Y10)	Rt	Y2t	Y11t	Ft	Y1rt
	Solicitado a 1. China, Quingdao (Dañado)	Solicitado a 5. Marruecos, Tánger (Dañado)	Solicitado a 7. Panamá, Manzanillo (Dañado)	Solicitado a 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Inventario 1 Reparados a inicio del periodo	Inventario 2 Dañados al inicio del periodo	Solicitados a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas localment EC	Arribos marítimos dañado	Arribos marítimos Reparado	Demanda (Reparados)	Arribo marítimo
0	0	0	800	280	800	3422	0	280	1080	0	1080	1080
1	0	0	800	0	0	4222	0	3013	800	0	1150	800
2	0	0	800	0	1863	2009	0	1685	800	0	1280	800
3	0	0	800	0	2268	1124	0	1154	800	0	1300	800
4	0	0	800	0	2123	769	0	942	800	0	1500	800
5	0	0	800	0	1564	628	0	857	800	0	1450	800
6	0	0	800	319	971	571	0	1014	1119	0	1300	1119
7	0	0	800	400	685	676	0	1126	1200	0	1200	1200
8	0	0	800	400	611	750	0	1170	1200	0	1100	1200
9	0	0	800	400	681	780	0	1188	1200	0	1050	1200
10	0	0	800	400	819	792	0	1195	1200	0	1000	1200
11	0	0	800	400	1014	797	0	1198	1200	0	1080	1200
12	0	0	800	400	1132	799	0	1199	1200	0	1100	1200
13	0	0	800	400	1231	799	0	1200	1200	0	1200	1200
14	0	0	800	0	1231	800	0	960	800	0	1250	800
15	0	0	0	0	941	640	0	384	0	0	1325	0

Anexo 3 Resolución de hoja de cálculo de total de contenedores especiales en Guayaquil.

Periodo	Y12t	Y52t	Y72t	Y82t	I1t	I2t	Lt (Y10)	Rt	Y2t	Y11t	Gt	Y1rt
	Solicitado a 1. China, Quingdao (Dañado)	Solicitado a 5. Marruecos, Tánger (Dañado)	Solicitado a 7. Panamá, Manzanillo (Dañado)	Solicitado a 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Inventario 1 Reparados	Inventario 2 Dañados	Solicitados a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas EC	Solicitado internacional dañado	Solicitado internacional Reparado	Demanda Reparados	Arribo marítimo
	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)
Costos	\$ 2,000.00	\$ 1,900.00	\$ 500.00	\$ 600.00	\$ 7.50	\$ 7.50	\$ 11.00	\$ 225.00	\$ -	\$ 225.00	\$ 11.00	\$ 62.50
1	\$ -	\$ -	\$ 400,000.00	\$ -	\$ -	\$ 31,665.00	\$ -	\$ 677,970.00	\$ -	\$ -	\$ 12,650.00	\$ 50,000.00
2	\$ -	\$ -	\$ 400,000.00	\$ -	\$ 13,974.00	\$ 15,066.00	\$ -	\$ 379,188.00	\$ -	\$ -	\$ 14,080.00	\$ 50,000.00
3	\$ -	\$ -	\$ 400,000.00	\$ -	\$ 17,013.60	\$ 8,426.40	\$ -	\$ 259,675.20	\$ -	\$ -	\$ 14,300.00	\$ 50,000.00
4	\$ -	\$ -	\$ 400,000.00	\$ -	\$ 15,919.44	\$ 5,770.56	\$ -	\$ 211,870.08	\$ -	\$ -	\$ 16,500.00	\$ 50,000.00
5	\$ -	\$ -	\$ 400,000.00	\$ -	\$ 11,731.78	\$ 4,708.22	\$ -	\$ 192,748.03	\$ -	\$ -	\$ 15,950.00	\$ 50,000.00
6	\$ -	\$ -	\$ 400,000.00	\$ 191,380.50	\$ 7,281.71	\$ 4,283.29	\$ -	\$ 228,159.83	\$ -	\$ -	\$ 14,300.00	\$ 69,935.47
7	\$ -	\$ -	\$ 400,000.00	\$ 240,000.00	\$ 5,137.04	\$ 5,070.22	\$ -	\$ 253,263.93	\$ -	\$ -	\$ 13,200.00	\$ 75,000.00
8	\$ -	\$ -	\$ 400,000.00	\$ 240,000.00	\$ 4,579.17	\$ 5,628.09	\$ -	\$ 263,305.57	\$ -	\$ -	\$ 12,100.00	\$ 75,000.00
9	\$ -	\$ -	\$ 400,000.00	\$ 240,000.00	\$ 5,106.02	\$ 5,851.23	\$ -	\$ 267,322.23	\$ -	\$ -	\$ 11,550.00	\$ 75,000.00
10	\$ -	\$ -	\$ 400,000.00	\$ 240,000.00	\$ 6,141.76	\$ 5,940.49	\$ -	\$ 268,928.89	\$ -	\$ -	\$ 11,000.00	\$ 75,000.00
11	\$ -	\$ -	\$ 400,000.00	\$ 240,000.00	\$ 7,606.06	\$ 5,976.20	\$ -	\$ 269,571.56	\$ -	\$ -	\$ 11,880.00	\$ 75,000.00
12	\$ -	\$ -	\$ 400,000.00	\$ 240,000.00	\$ 8,491.78	\$ 5,990.48	\$ -	\$ 269,828.62	\$ -	\$ -	\$ 12,100.00	\$ 75,000.00
13	\$ -	\$ -	\$ 400,000.00	\$ 240,000.00	\$ 9,236.06	\$ 5,996.19	\$ -	\$ 269,931.45	\$ -	\$ -	\$ 13,200.00	\$ 75,000.00
14	\$ -	\$ -	\$ 400,000.00	\$ -	\$ 9,233.78	\$ 5,998.48	\$ -	\$ 215,972.58	\$ -	\$ -	\$ 13,750.00	\$ 50,000.00
15	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 7,057.87	\$ 4,799.39	\$ -	\$ 86,389.03	\$ -	\$ -	\$ 14,575.00	\$ -
COSTO TOTAL	\$ 12,931,256.28											

Anexo 4 Resolución de hoja de cálculo de costo total de contenedores especiales en Guayaquil.

Period	<i>Nt</i>	<i>X82t</i>	<i>X91t</i>	<i>I1t</i>	<i>I2t</i>	<i>Lt (X10)</i>	<i>Rt</i>	<i>Xi2t</i>	<i>Xi1t</i>	<i>Ft</i>	<i>Xirt</i>
	Chatarrizados	Solicitado 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Solicitado a 9. China, Pekín (Reparado)	Inventario 1 Reparados a inicio del periodo	Inventario 2 Dañados al inicio del periodo	Solicitados a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas localment EC	Arribos marítimos dañado	Arribos marítimos Reparado	Demanda (Reparados)	Arribo marítimo
0	70	1116	600	4119	3969	0	402	1116	600	1716	1716
1	70	0	600	3405	4613	0	2726	0	600	2100	600
2	70	0	600	4631	1817	0	1048	0	600	2280	600
3	70	0	600	3999	699	0	377	0	600	2300	600
4	70	161	600	2676	252	0	206	161	600	2250	761
5	70	1600	600	1232	137	0	1000	1600	600	2100	2200
6	70	1600	600	732	667	0	1318	1600	600	1900	2200
7	70	1600	600	750	879	0	1445	1600	600	1850	2200
8	70	1600	600	945	963	0	1496	1600	600	1800	2200
9	70	1600	600	1242	997	0	1516	1600	600	1700	2200
10	70	1600	600	1658	1011	0	1525	1600	600	1850	2200
11	70	1600	600	1933	1016	0	1528	1600	600	1900	2200
12	70	1600	600	2160	1019	0	1529	1600	600	2000	2200
13	70	1600	600	2290	1019	0	1530	1600	600	2050	2200
14	70	0	600	2369	1020	0	570	0	600	2100	600
15	70	0	600	1439	380	0	186	0	600	2225	600

Anexo 5 Resolución de hoja de cálculo de total de contenedores estándar en Puerto Bolívar.

TABLA DE COSTOS											
Periodo	<i>X82t</i>	<i>X91t</i>	<i>I1t</i>	<i>I2t</i>	<i>Lt (X10)</i>	<i>Rt</i>	<i>Xi2t</i>	<i>Xi1t</i>	<i>Ft</i>	<i>Xirt</i>	
	Solicitado 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Solicitado a 9. China, Pekín (Reparado)	Inventario 1 Reparados	Inventario 2 Dañados	Solicitados a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas EC	Solicitado internacional dañado	Solicitado internacional Reparado	Demanda Reparados	Arribo marítimo	
	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	
Costos	\$ 500.00	\$ 1,800.00	\$ 7.50	\$ 7.50	\$ 11.00	\$ 140.00	\$ -	\$ 75.00	\$ 11.00	\$ 31.00	
1	\$ -	\$ 1,080,000.00	\$ 25,537.50	\$ 34,597.50	\$ -	\$ 381,612.00	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 23,100.00	\$ 18,600.00	
2	\$ -	\$ 1,080,000.00	\$ 34,731.00	\$ 13,629.00	\$ -	\$ 146,764.80	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 25,080.00	\$ 18,600.00	
3	\$ -	\$ 1,080,000.00	\$ 29,993.40	\$ 5,241.60	\$ -	\$ 52,825.92	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 25,300.00	\$ 18,600.00	
4	\$ 80,481.48	\$ 1,080,000.00	\$ 20,073.36	\$ 1,886.64	\$ -	\$ 28,771.26	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 24,750.00	\$ 23,589.85	
5	\$ 800,000.00	\$ 1,080,000.00	\$ 9,239.68	\$ 1,027.54	\$ -	\$ 140,028.50	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 23,100.00	\$ 68,200.00	
6	\$ 800,000.00	\$ 1,080,000.00	\$ 5,491.20	\$ 5,001.02	\$ -	\$ 184,531.40	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 20,900.00	\$ 68,200.00	
7	\$ 800,000.00	\$ 1,080,000.00	\$ 5,626.82	\$ 6,590.41	\$ -	\$ 202,332.56	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 20,350.00	\$ 68,200.00	
8	\$ 800,000.00	\$ 1,080,000.00	\$ 7,091.06	\$ 7,226.16	\$ -	\$ 209,453.02	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 19,800.00	\$ 68,200.00	
9	\$ 800,000.00	\$ 1,080,000.00	\$ 9,311.76	\$ 7,480.47	\$ -	\$ 212,301.21	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 18,700.00	\$ 68,200.00	
10	\$ 800,000.00	\$ 1,080,000.00	\$ 12,435.04	\$ 7,582.19	\$ -	\$ 213,440.48	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 20,350.00	\$ 68,200.00	
11	\$ 800,000.00	\$ 1,080,000.00	\$ 14,494.35	\$ 7,622.87	\$ -	\$ 213,896.19	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 20,900.00	\$ 68,200.00	
12	\$ 800,000.00	\$ 1,080,000.00	\$ 16,203.07	\$ 7,639.15	\$ -	\$ 214,078.48	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 22,000.00	\$ 68,200.00	
13	\$ 800,000.00	\$ 1,080,000.00	\$ 17,171.56	\$ 7,645.66	\$ -	\$ 214,151.39	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 22,550.00	\$ 68,200.00	
14	\$ -	\$ 1,080,000.00	\$ 17,768.96	\$ 7,648.26	\$ -	\$ 79,780.56	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 23,100.00	\$ 18,600.00	
15	\$ -	\$ 1,080,000.00	\$ 10,792.92	\$ 2,849.31	\$ -	\$ 26,032.22	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 24,475.00	\$ 18,600.00	
COSTO TOTAL	\$ 28,099,955.78										

Anexo 6 Resolución de hoja de cálculo de costo total de contenedores estándar en Puerto Bolívar.

Period	Y82t	K1t	K2t	Et	Y2t	Y1t	Gt	Xirt
	Solicitado 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Inventario 1 Reparados a inicio del periodo	Inventario 2 Dañados al inicio del periodo	Unidades reparadas localment EC	Arribos marítimos dañado	Arribos marítimos Reparado	Demanda (Reparados)	Arribo marítimo
0	600	333	1100	135	600	0	462	600
1	0	6	1565	939	0	0	480	0
2	0	465	626	376	0	0	534	0
3	224	307	250	285	224	0	540	224
4	600	51	190	474	600	0	525	600
5	484	0	316	480	484	0	480	484
6	380	0	320	420	380	0	420	380
7	395	0	280	405	395	0	405	395
8	380	0	270	390	380	0	390	380
9	600	0	260	516	600	0	360	600
10	600	156	344	566	600	0	405	600
11	600	317	378	587	600	0	420	600
12	600	484	391	595	600	0	450	600
13	495	629	396	535	495	0	465	495
14	0	698	357	214	0	0	480	0
15	0	432	143	86	0	0	518	0

Anexo 7 Resolución de hoja de cálculo de total de contenedores especiales en Puerto Bolívar.

TABLA DE COSTOS								
Periodo	Y82t	K1t	K2t	Et	Y12t	Y11t	Gt	Xirt
	Solicitado 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Inventario 1 Reparados	Inventario 2 Dañados	Unidades reparadas EC	Solicitado internacional dañado	Solicitado internacional Reparado	Demanda Reparados	Arribo marítimo
	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)
Costos	\$ 500.00	\$ 7.50	\$ 7.50	\$ 225.00	\$ -	\$ 225.00	\$ 11.00	\$ 31.00
1	\$ -	\$ 45.00	\$ 11,737.50	\$ 211,275.00	\$ -	\$ -	\$ 5,280.00	\$ -
2	\$ -	\$ 3,487.50	\$ 4,695.00	\$ 84,510.00	\$ -	\$ -	\$ 5,874.00	\$ -
3	\$ 111,942.86	\$ 2,299.50	\$ 1,878.00	\$ 64,028.57	\$ -	\$ -	\$ 5,940.00	\$ 6,940.46
4	\$ 300,000.00	\$ 383.79	\$ 1,422.86	\$ 106,611.43	\$ -	\$ -	\$ 5,775.00	\$ 18,600.00
5	\$ 242,057.14	\$ -	\$ 2,369.14	\$ 108,000.00	\$ -	\$ -	\$ 5,280.00	\$ 15,007.54
6	\$ 190,000.00	\$ -	\$ 2,400.00	\$ 94,500.00	\$ -	\$ -	\$ 4,620.00	\$ 11,780.00
7	\$ 197,500.00	\$ -	\$ 2,100.00	\$ 91,125.00	\$ -	\$ -	\$ 4,455.00	\$ 12,245.00
8	\$ 190,000.00	\$ -0.00	\$ 2,025.00	\$ 87,750.00	\$ -	\$ -	\$ 4,290.00	\$ 11,780.00
9	\$ 300,000.00	\$ -	\$ 1,950.00	\$ 116,100.00	\$ -	\$ -	\$ 3,960.00	\$ 18,600.00
10	\$ 300,000.00	\$ 1,170.00	\$ 2,580.00	\$ 127,440.00	\$ -	\$ -	\$ 4,455.00	\$ 18,600.00
11	\$ 300,000.00	\$ 2,380.50	\$ 2,832.00	\$ 131,976.00	\$ -	\$ -	\$ 4,620.00	\$ 18,600.00
12	\$ 300,000.00	\$ 3,629.70	\$ 2,932.80	\$ 133,790.40	\$ -	\$ -	\$ 4,950.00	\$ 18,600.00
13	\$ 247,527.04	\$ 4,714.38	\$ 2,973.12	\$ 120,348.46	\$ -	\$ -	\$ 5,115.00	\$ 15,346.68
14	\$ -	\$ 5,238.50	\$ 2,674.41	\$ 48,139.38	\$ -	\$ -	\$ 5,280.00	\$ -
15	\$ -	\$ 3,243.14	\$ 1,069.76	\$ 19,255.75	\$ -	\$ -	\$ 5,698.00	\$ -
COSTO TOTAL		\$ 4,537,800.32						

Anexo 8 Resolución de hoja de cálculo de costo total de contenedores especiales en Puerto Bolívar.

Periodo	X11t	X22t	X42t	X62t	X72t	X82t	I1t	I2t	Lt	Rt	X12t	X11t	Ft	X1t
	Solicitado 1. China (Reparado)	Solicitado a 2. México, Manzanillo (Dañado)	Solicitado a 4. Perú, Callao (Dañado)	Solicitado a 6. USA, Newark (Dañado)	Solicitado a 7. Panamá, Manzanillo (Dañado)	Solicitado 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Inventario 1 Reparados a inicio del periodo	Inventario 2 Dañados al inicio del periodo	Solicitudes a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas localmente en EC	Arribos marítimos dañados	Arribos marítimos Reparado	Demanda (Reparados)	Arribo marítimo
0	0	1200	600	850	1800	300	500	9800	409	6000	5150	0	4097	5150
1	0	0	800	1200	2000	400	2403	9089	693	8347	4400	0	6931	4400
2	0	0	800	1200	2000	400	3819	5565	644	6203	4400	0	6443	4400
3	600	0	800	1200	2000	400	3579	4136	578	5306	4400	600	5786	5000
4	600	0	800	1200	2000	400	3700	3537	665	4999	4400	600	6656	5000
5	600	0	800	1200	2000	400	2643	3333	561	4814	4400	600	5615	5000
6	600	586	800	1200	2000	400	2442	3210	497	5054	4986	600	4974	5586
7	0	1200	800	1200	2000	400	3122	3369	521	5532	5600	0	5219	5600
8	0	1200	800	1200	2000	400	3435	3688	588	5764	5600	0	5882	5600
9	0	0	800	1200	2000	400	3317	3842	506	5087	4400	0	5069	4400
10	0	0	800	1200	2000	400	3335	3391	735	4954	4400	0	7355	4400
11	0	0	800	1200	2000	400	934	3303	538	4782	4400	0	5386	4400
12	0	0	800	1200	2000	400	330	3188	502	4692	4400	0	5022	4400

Anexo 9 Resolución de hoja de cálculo de total de contenedores estándar en Guayaquil (periodo: 2020) utilizando programación lineal.

Periodo	Abastecimientos solicitados al exterior	X11t	X22t	X42t	X62t	X72t	X82t	I2t	Lt (X10)	Rt	X2t	X1t	Ft	X1t
		Solicitado 1. China (Reparado)	Solicitado a 2. México, Manzanillo (Dañado)	Solicitado a 4. Perú, Callao (Dañado)	Solicitado a 6. USA, Newark (Dañado)	Solicitado a 7. Panamá, Manzanillo (Dañado)	Solicitado 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Inventario 2 Dañados	Solicitudes a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas EC	Solicitado internacional dañado	Solicitado internacional Reparado	Demanda Reparados	Arribo marítimo
Costos		(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)
Costos		\$ 2,000.00	\$ 1,300.00	\$ 200.00	\$ 700.00	\$ 500.00	\$ 600.00	\$ 7.50	\$ 12.50	\$ 140.00	\$ -	\$ 75.00	\$ 12.50	\$ 62.50
1	\$ 2,240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 160,000.00	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ 68,167.50	\$ 8,662.50	\$ 1,168,608.00	\$ -	\$ -	\$ 86,637.50	\$ 275,000.00
2	\$ 2,240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 160,000.00	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ 41,736.00	\$ 8,050.00	\$ 868,459.20	\$ -	\$ -	\$ 80,537.50	\$ 275,000.00
3	\$ 3,440,000.00	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ 160,000.00	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ 31,016.40	\$ 7,225.00	\$ 742,855.68	\$ -	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 312,500.00
4	\$ 3,440,000.00	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ 160,000.00	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ 26,530.56	\$ 8,312.50	\$ 699,922.27	\$ -	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 312,500.00
5	\$ 3,440,000.00	\$ 1,200,000.00	\$ -	\$ 160,000.00	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ 24,997.22	\$ 7,012.50	\$ 674,012.91	\$ -	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 312,500.00
6	\$ 4,201,913.52	\$ 1,200,000.00	\$ 761,913.52	\$ 160,000.00	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ 24,071.89	\$ 6,212.50	\$ 707,504.50	\$ -	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 349,130.46
7	\$ 3,800,000.00	\$ -	\$ 1,560,000.00	\$ 160,000.00	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ 25,268.02	\$ 6,512.50	\$ 774,485.80	\$ -	\$ -	\$ 65,237.50	\$ 350,000.00
8	\$ 3,800,000.00	\$ -	\$ 1,560,000.00	\$ 160,000.00	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ 27,660.21	\$ 7,350.00	\$ 806,906.32	\$ -	\$ -	\$ 73,525.00	\$ 350,000.00
9	\$ 2,240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 160,000.00	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ 28,818.08	\$ 6,325.00	\$ 712,186.53	\$ -	\$ -	\$ 63,362.50	\$ 275,000.00
10	\$ 2,240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 160,000.00	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ 25,435.23	\$ 9,187.50	\$ 693,534.61	\$ -	\$ -	\$ 91,937.50	\$ 275,000.00
11	\$ 2,240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 160,000.00	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ 24,769.09	\$ 6,725.00	\$ 689,525.94	\$ -	\$ -	\$ 67,325.00	\$ 275,000.00
12	\$ 2,240,000.00	\$ -	\$ -	\$ 160,000.00	\$ 840,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 240,000.00	\$ 23,911.64	\$ 6,275.00	\$ 656,898.34	\$ -	\$ -	\$ 62,775.00	\$ 275,000.00
COSTO TOTAL		\$ 4,800,000.00	\$ 3,881,913.52	\$ 1,920,000.00	\$ 10,080,000.00	\$ 12,000,000.00	\$ 2,880,000.00	\$ 372,381.85	\$ 87,850.00	\$ 9,174,900.00	\$ -	\$ 180,000.00	\$ 879,225.00	\$ 3,636,630.46

Anexo 10 Resolución de hoja de cálculo de costo total en el 2020 de contenedores estándar en Guayaquil utilizando programación lineal.

Period	Y72t Solicitado a 7. Panamá, Manzanillo (Dañado)	I1t Inventario 1 Reparados a inicio del periodo	I2t Inventario 2 Dañados al inicio del periodo	Lt Solicitados a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Et Unidades reparadas localmente EC	Y2t Arribos marítimos dañado	Y1ft Arribos marítimos Reparado	Gt Demanda (Reparados)	Yirt Arribo marítimo
0	750	783	3333	0	312	1070	0	689	1070
1	0	406	4091	0	2455	0	0	1207	0
2	0	1654	1636	0	982	0	0	906	0
3	0	1729	655	0	393	0	0	875	0
4	663	1247	262	0	555	663	0	874	663
5	800	928	370	0	702	800	0	729	800
6	800	901	468	0	761	800	0	667	800
7	800	995	507	0	784	800	0	684	800
8	800	1095	523	0	794	800	0	835	800
9	800	1054	529	0	797	800	0	672	800
10	800	1180	532	0	799	800	0	1002	800
11	0	977	533	0	320	0	0	671	0
12	0	625	213	0	128	0	0	753	0

Anexo 11 Resolución de hoja de cálculo de total de contenedores especiales en Guayaquil (periodo: 2020) utilizando programación lineal.

Periodo	Abastecimientos solicitados al exterior	Y72t Solicitado a 7. Panamá, Manzanillo (Dañado)	I1t Inventario 1 Reparados	I2t Inventario 2 Dañados	Lt (Y10) Solicitados a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Rt Unidades reparadas EC	Y2t Solicitado internacional dañado	Y1ft Solicitado internacional Reparado	Gt Demanda Reparados	Yirt Arribo marítimo
	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)
Costos		\$ 500.00	\$ 7.50	\$ 7.50	\$ 11.00	\$ 225.00	\$ -	\$ 225.00	\$ 11.00	\$ 62.50
1	\$ -	\$ -	\$ 3,045.00	\$ 30,682.50	\$ -	\$ 552,285.00	\$ -	\$ -	\$ 13,277.00	\$ -
2	\$ -	\$ -	\$ 12,402.00	\$ 12,273.00	\$ -	\$ 220,914.00	\$ -	\$ -	\$ 9,966.00	\$ -
3	\$ -	\$ -	\$ 12,970.80	\$ 4,909.20	\$ -	\$ 88,365.60	\$ -	\$ -	\$ 9,625.00	\$ -
4	\$ 331,613.15	\$ 331,613.15	\$ 9,353.82	\$ 1,963.68	\$ -	\$ 124,881.79	\$ -	\$ -	\$ 9,614.00	\$ 41,451.64
5	\$ 400,000.00	\$ 400,000.00	\$ 6,961.55	\$ 2,775.15	\$ -	\$ 157,952.72	\$ -	\$ -	\$ 8,019.00	\$ 50,000.00
6	\$ 400,000.00	\$ 400,000.00	\$ 6,759.14	\$ 3,510.06	\$ -	\$ 171,181.09	\$ -	\$ -	\$ 7,337.00	\$ 50,000.00
7	\$ 400,000.00	\$ 400,000.00	\$ 7,462.67	\$ 3,804.02	\$ -	\$ 176,472.43	\$ -	\$ -	\$ 7,524.00	\$ 50,000.00
8	\$ 400,000.00	\$ 400,000.00	\$ 8,215.09	\$ 3,921.61	\$ -	\$ 178,588.97	\$ -	\$ -	\$ 9,185.00	\$ 50,000.00
9	\$ 400,000.00	\$ 400,000.00	\$ 7,905.55	\$ 3,968.64	\$ -	\$ 179,435.59	\$ -	\$ -	\$ 7,392.00	\$ 50,000.00
10	\$ 400,000.00	\$ 400,000.00	\$ 8,846.74	\$ 3,987.46	\$ -	\$ 179,774.24	\$ -	\$ -	\$ 11,022.00	\$ 50,000.00
11	\$ -	\$ -	\$ 7,324.21	\$ 3,994.98	\$ -	\$ 71,909.69	\$ -	\$ -	\$ 7,381.00	\$ -
12	\$ -	\$ -	\$ 4,688.70	\$ 1,597.99	\$ -	\$ 28,763.88	\$ -	\$ -	\$ 8,283.00	\$ -
13	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
14	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
15	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
COSTO TOTAL	\$ 2,731,613.15	\$ 2,731,613.15	\$ 95,935.28	\$ 77,388.30	\$ -	\$ 2,130,525.00	\$ -	\$ -	\$ 108,625.00	\$ 341,451.64

Anexo 12 Resolución de hoja de cálculo de costo total de contenedores especiales en Guayaquil (periodo 2020) utilizando programación lineal.

Period	Y82t	X91t	X92t	K1t	K2t	Et	Yi2t	Yi1t	Gt	Xirt
	Solicitado 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Solicitado a 9. China, Pekín (Reparado)	Solicitado a 9. China, Pekín (Dañado)	Inventario 1 Reparados a inicio del periodo	Inventario 2 Dañados al inicio del periodo	Unidades reparadas localment EC	Arribos marítimos dañado	Arribos marítimos Reparado	Demanda (Reparados)	Arribo marítimo
0	600	0	0	147	987	200	600	0	281	600
1	0	0	0	66	1387	832	0	0	215	0
2	0	0	0	683	555	333	0	0	221	0
3	0	0	0	795	222	133	0	0	229	0
4	0	0	0	699	89	53	0	0	250	0
5	0	0	0	502	36	21	0	0	258	0
6	0	0	0	265	14	9	0	0	259	0
7	516	0	0	14	6	313	516	0	261	516
8	600	0	0	66	209	485	600	0	279	600
9	600	0	0	273	323	554	600	0	289	600
10	0	0	0	538	369	222	0	0	294	0
11	0	0	0	466	148	89	0	0	297	0
12	0	0	0	257	59	35	0	0	292	0

Anexo 13 Resolución de hoja de cálculo de total de contenedores especiales en Puerto Bolívar (periodo: 2020) utilizando programación lineal.

Periodo	Y82t	X91t	X92t	K1t	K2t	Et	Yi2t	Yi1t	Gt	Xirt
	Solicitado 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Solicitado a 9. China, Pekín (Reparado)	Solicitado a 9. China, Pekín (Dañado)	Inventario 1 Reparados	Inventario 2 Dañados	Unidades reparadas EC	Solicitado internaciona l dañado	Solicitado internaciona l Reparado	Demanda Reparados	Arribo marítimo
	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)
Costos	\$ 500.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 7.50	\$ 7.50	\$ 225.00	\$ -	\$ 225.00	\$ 11.00	\$ 31.00
1	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 495.00	\$ 10,402.50	\$ 187,245.00	\$ -	\$ -	\$ 2,365.79	\$ -
2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5,123.46	\$ 4,161.00	\$ 74,898.00	\$ -	\$ -	\$ 2,430.61	\$ -
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5,962.83	\$ 1,664.40	\$ 29,959.20	\$ -	\$ -	\$ 2,521.95	\$ -
4	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5,241.96	\$ 665.76	\$ 11,983.68	\$ -	\$ -	\$ 2,753.75	\$ -
5	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,763.85	\$ 266.30	\$ 4,793.47	\$ -	\$ -	\$ 2,840.28	\$ -
6	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,987.08	\$ 106.52	\$ 1,917.39	\$ -	\$ -	\$ 2,853.25	\$ -
7	\$ 258,048.34	\$ -	\$ -	\$ 105.59	\$ 42.61	\$ 70,440.01	\$ -	\$ -	\$ 2,871.53	\$ 15,999.00
8	\$ 300,000.00	\$ -	\$ -	\$ 495.73	\$ 1,565.33	\$ 109,176.00	\$ -	\$ -	\$ 3,066.17	\$ 18,600.00
9	\$ 300,000.00	\$ -	\$ -	\$ 2,044.36	\$ 2,426.13	\$ 124,670.40	\$ -	\$ -	\$ 3,175.36	\$ 18,600.00
10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4,035.03	\$ 2,770.45	\$ 49,868.16	\$ -	\$ -	\$ 3,235.12	\$ -
11	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,491.53	\$ 1,108.18	\$ 19,947.26	\$ -	\$ -	\$ 3,270.21	\$ -
12	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,926.76	\$ 443.27	\$ 7,978.91	\$ -	\$ -	\$ 3,215.99	\$ -
13	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
14	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
15	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
				\$ 34,673.18	\$ 25,622.47	\$ 692,877.48	\$ -	\$ -	\$ 34,600.01	\$ 53,199.00
COSTO TOTAL				\$ 1,699,020.48						

Anexo 14 Resolución de hoja de cálculo de total de contenedores especiales en Puerto Bolívar (periodo: 2020) utilizando programación lineal.

Period	X11t	X12t	X22t	X32t	X42t	X62t	X72t	X82t	I1t	I2t	Lt	Rt	Xi2t	Xi1t	Ft	Xir
	Solicitado 1. China (Reparado)	Solicitado a 1. China, Quingdao (Dañado)	Solicitado a 2. México, Manzanillo (Dañado)	Solicitado a 3. México, Lázaro Cárdenas (Dañado)	Solicitado a 4. Perú, Callao (Dañado)	Solicitado a 6. USA, Newark (Dañado)	Solicitado a 7. Panamá, Manzanillo (Dañado)	Solicitado 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Inventario 1 Reparados a inicio del periodo	Inventario 2 Dañados al inicio del periodo	Solicitados a 10. Arribos locales (terrestres (Dañados))	Unidades reparadas localmente en EC	Arribos maritimos dañado	Arribos maritimos Reparado	Demanda (Reparados)	Arribo marítimo
0	0	0	1200	400	600	850	1800	300	500	8000	409	6000	5150	0	4097	5150
1	0	2000	0	0	485	1000	800	256	2403	9089	693	7421	4541	0	6931	4541
2	0	2572	500	0	1200	945	1200	256	2993	6532	644	5710	5949	0	6443	5949
3	500	2597	294	268	400	859	1500	354	2160	7245	578	5000	6592	500	5798	6592
4	600	1657	542	103	400	1115	1800	400	1974	8545	665	4124	6017	600	6656	6017
5	800	2483	580	297	1800	870	1800	300	42	10833	261	3740	6520	600	2615	7120
6	800	2000	686	300	150	177	1500	300	787	11984	487	4896	5780	600	4874	6390
7	0	1574	1101	354	400	500	1572	257	1289	13025	521	3501	6258	0	5219	6258
8	0	1254	1033	258	400	400	1874	400	245	13733	588	5407	5464	0	5882	5464
9	0	1953	300	345	400	300	1987	187	1096	14168	508	6000	6372	0	5089	6372
10	0	1000	126	369	400	754	1450	300	2027	13716	735	5410	4408	0	7355	4408
11	0	1000	874	204	400	899	1300	400	82	13179	538	5700	4877	0	5386	4877
12	0	0	500	0	400	1200	798	400	396	12624	502	4692	3298	0	5022	3298

Anexo 15 Histórico de operación logística relevante total para abastecimiento, entrega y reparación contenedores estándar en Guayaquil sin uso de programación lineal (periodo: 2020)

Periodo	Abastecimientos solicitados al exterior	I1t	I2t	Lt (X10)	Rt	Xi2t	Xi1t	Ft	Xirt
		Inventario 1 Reparados	Inventario 2 Dañados	Solicitados a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas EC	Solicitado internacional dañado	Solicitado internacional Reparado	Demanda Reparados	Arribo marítimo
	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)
Costos		\$ 7.50	\$ 7.50	\$ 12.50	\$ 140.00	\$ -	\$ 75.00	\$ 12.50	\$ 62.50
1	\$ 5,350,600.00	\$ 18,022.50	\$ 68,167.50	\$ 8,662.50	\$ 1,038,940.00	\$ -	\$ -	\$ 86,637.50	\$ 283,812.50
2	\$ 7,255,100.00	\$ 21,697.50	\$ 49,740.00	\$ 8,050.00	\$ 799,400.00	\$ -	\$ -	\$ 80,537.50	\$ 371,812.50
3	\$ 8,565,700.00	\$ 16,200.00	\$ 54,337.50	\$ 7,225.00	\$ 700,000.00	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 72,325.00	\$ 412,000.00
4	\$ 7,358,150.00	\$ 14,805.00	\$ 64,087.50	\$ 8,312.50	\$ 577,360.00	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 83,200.00	\$ 413,562.50
5	\$ 9,036,450.00	\$ 315.00	\$ 81,247.50	\$ 7,012.50	\$ 803,600.00	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 70,187.50	\$ 445,000.00
6	\$ 7,959,313.52	\$ 5,752.50	\$ 89,280.00	\$ 6,212.50	\$ 685,440.00	\$ -	\$ 45,000.00	\$ 62,175.00	\$ 399,380.46
7	\$ 6,442,400.00	\$ 9,667.50	\$ 97,688.15	\$ 6,512.50	\$ 770,140.00	\$ -	\$ -	\$ 65,237.50	\$ 372,375.00
8	\$ 5,643,200.00	\$ 11,782.50	\$ 102,998.15	\$ 7,350.00	\$ 756,980.00	\$ -	\$ -	\$ 73,525.00	\$ 341,500.00
9	\$ 6,022,450.00	\$ 8,220.00	\$ 105,810.65	\$ 6,325.00	\$ 840,000.00	\$ -	\$ -	\$ 63,362.50	\$ 335,750.00
10	\$ 4,180,450.00	\$ 15,202.50	\$ 102,870.65	\$ 9,187.50	\$ 757,400.00	\$ -	\$ -	\$ 91,937.50	\$ 275,500.00
11	\$ 4,870,900.00	\$ 615.00	\$ 98,843.15	\$ 6,725.00	\$ 798,000.00	\$ -	\$ -	\$ 67,325.00	\$ 304,812.50
12	\$ 2,209,000.00	\$ 2,970.00	\$ 94,680.65	\$ 6,275.00	\$ 656,898.34	\$ -	\$ -	\$ 62,775.00	\$ 206,125.00
	\$ 74,893,713.52	\$ 125,250.00	\$ 1,009,751.43	\$ 87,850.00	\$ 9,184,158.34	\$ -	\$ 180,000.00	\$ 879,225.00	\$ 4,161,630.46
COSTO TOTAL			\$ 90,521,578.74						

Anexo 16 Costo histórico logístico relevante total de operación para abastecimiento, entrega y reparación contenedores estándar en Guayaquil sin uso de programación lineal (periodo: 2020).

Period	Abastecimiento internacional	X82t	X91t	X92t	I1t	I2t	Lt	Rt	Xi2t	Xi1t	Ft	Xirt
		Solicitado 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Solicitado a 9. China, Pekín (Reparado)	Solicitado a 9. China, Pekín (Dañado)	Inventario 1 Reparados a inicio del periodo	Inventario 2 Dañados al inicio del periodo	Solicitados a 10. Arribos locales terrestres (Dañados)	Unidades reparadas localmente en EC	Arribos marítimos dañado	Arribos marítimos Reparado	Demanda (Reparados)	Arribo marítimo
0	0	500	0	0	2886	2635	0	250	500	0	1658	500
1	1500	1500	0	0	1478	2815	0	1000	1500	0	1448	1500
2	1500	1500	0	0	1030	3245	0	1574	1500	0	1290	1500
3	1800	1200	600	0	1314	3101	0	1300	1200	600	1266	1800
4	900	300	600	0	1948	2931	0	1600	300	600	1613	900
5	1600	1000	600	0	2535	1561	0	1600	1000	600	1434	1600
6	1600	1000	600	0	3301	891	0	1200	1000	600	1358	1600
7	1500	1500	0	0	3743	621	0	1000	1500	0	1434	1500
8	1400	1400	0	0	3309	1051	0	1000	1400	0	1133	1400
9	1300	1300	0	0	3176	1381	0	1000	1300	0	1112	1300
10	1350	1350	0	0	3064	1611	0	1000	1350	0	1368	1350
11	1200	1200	0	0	2696	1891	0	1000	1200	0	1107	1200
12	1000	1000	0	0	2589	2021	0	1000	1000	0	1716	1000

Anexo 17 Histórico de operación logística relevante total para abastecimiento, entrega y reparación contenedores estándar en Puerto Bolívar sin uso de programación lineal (periodo: 2020)

Periodo	Abastecimiento Int.	Y82t	X91t	X92t	K1t	K2t	Et	Yi2t	Yi1t	Gt	Xirt
		Solicitado 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Solicitado a 9. China, Pekín (Reparado)	Solicitado a 9. China, Pekín (Dañado)	Inventario 1 Reparados	Inventario 2 Dañados	Unidades reparadas EC	Solicitado internaciona l dañado	Solicitado internaciona l Reparado	Demanda Reparados	Arribo marítimo
	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)
Costos		\$ 500.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 7.50	\$ 7.50	\$ 225.00	\$ -	\$ 225.00	\$ 11.00	\$ 31.00
1	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 495.00	\$ 10,402.50	\$ 129,150.00	\$ -	\$ -	\$ 3,014.00	\$ -
2	\$ 300,000.00	\$ 300,000.00	\$ -	\$ -	\$ 2,745.00	\$ 6,097.50	\$ 80,325.00	\$ -	\$ -	\$ 3,344.00	\$ 18,600.00
3	\$ 250,000.00	\$ 250,000.00	\$ -	\$ -	\$ 3,142.50	\$ 7,920.00	\$ 110,025.00	\$ -	\$ -	\$ 4,840.00	\$ 15,500.00
4	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00	\$ -	\$ -	\$ 3,510.00	\$ 8,002.50	\$ 87,525.00	\$ -	\$ -	\$ 3,619.00	\$ 6,200.00
5	\$ 139,000.00	\$ 139,000.00	\$ -	\$ -	\$ 3,960.00	\$ 6,585.00	\$ 67,500.00	\$ -	\$ -	\$ 2,970.00	\$ 8,618.00
6	\$ 200,000.00	\$ 200,000.00	\$ -	\$ -	\$ 4,185.00	\$ 6,420.00	\$ 45,000.00	\$ -	\$ -	\$ 3,036.00	\$ 12,400.00
7	\$ 250,000.00	\$ 250,000.00	\$ -	\$ -	\$ 3,615.00	\$ 7,920.00	\$ 69,075.00	\$ -	\$ -	\$ 4,818.00	\$ 15,500.00
8	\$ 125,000.00	\$ 125,000.00	\$ -	\$ -	\$ 2,632.50	\$ 9,367.50	\$ 69,525.00	\$ -	\$ -	\$ 4,158.00	\$ 7,750.00
9	\$ 150,000.00	\$ 150,000.00	\$ -	\$ -	\$ 2,115.00	\$ 8,925.00	\$ 70,650.00	\$ -	\$ -	\$ 3,773.00	\$ 9,300.00
10	\$ 185,000.00	\$ 185,000.00	\$ -	\$ -	\$ 1,897.50	\$ 8,820.00	\$ 89,550.00	\$ -	\$ -	\$ 3,586.00	\$ 11,470.00
11	\$ 150,000.00	\$ 150,000.00	\$ -	\$ -	\$ 2,437.50	\$ 8,610.00	\$ 78,075.00	\$ -	\$ -	\$ 2,728.00	\$ 9,300.00
12	\$ 200,000.00	\$ 200,000.00	\$ -	\$ -	\$ 3,180.00	\$ 8,257.50	\$ 45,000.00	\$ -	\$ -	\$ 4,345.00	\$ 12,400.00

Anexo 18 Costo histórico logístico relevante total de operación para abastecimiento, entrega y reparación contenedores estándar en Puerto Bolívar sin uso de programación lineal (periodo: 2020).

Period	Abastecimiento Int.	Y82t	X91t	X92t	K1t	K2t	Et	Yi2t	Yi1t	Gt	Xirt
		Solicitado 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Solicitado a 9. China, Pekín (Reparado)	Solicitado a 9. China, Pekín (Dañado)	Inventario 1 Reparados a inicio del periodo	Inventario 2 Dañados al inicio del periodo	Unidades reparadas localment EC	Arribos marítimos dañado	Arribos marítimos Reparado	Demanda (Reparados)	Arribo marítimo
0	0	600	0	0	147	987	200	600	0	281	600
1	0	0	0	0	66	1387	574	0	0	274	0
2	600	600	0	0	366	813	357	600	0	304	600
3	500	500	0	0	419	1056	489	500	0	440	500
4	200	200	0	0	468	1067	389	200	0	329	200
5	278	278	0	0	528	878	300	278	0	270	278
6	400	400	0	0	558	856	200	400	0	276	400
7	500	500	0	0	482	1056	307	500	0	438	500
8	250	250	0	0	351	1249	309	250	0	378	250
9	300	300	0	0	282	1190	314	300	0	343	300
10	370	370	0	0	253	1176	398	370	0	326	370
11	300	300	0	0	325	1148	347	300	0	248	300
12	400	400	0	0	424	1101	200	400	0	395	400

Anexo 19 Histórico de operación logística relevante total para abastecimiento, entrega y reparación contenedores especiales en Puerto Bolívar sin uso de programación lineal (periodo: 2020)

Periodo		Y82t	X91t	X92t	K1t	K2t	Et	Yi2t	Yi1t	Gt	Xirt
	Abastecimiento Int.	Solicitado 8. Panamá, Balboa (Dañado)	Solicitado a 9. China, Pekín (Reparado)	Solicitado a 9. China, Pekín (Dañado)	Inventario 1 Reparados	Inventario 2 Dañados	Unidades reparadas EC	Solicitado internacional I dañado	Solicitado internacional I Reparado	Demanda Reparados	Arribo marítimo
	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad/mes)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)	(\$/unidad)
Costos		\$ 500.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 7.50	\$ 7.50	\$ 225.00	\$ -	\$ 225.00	\$ 11.00	\$ 31.00
1	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 495.00	\$ 10,402.50	\$ 129,150.00	\$ -	\$ -	\$ 3,014.00	\$ -
2	\$ 300,000.00	\$ 300,000.00	\$ -	\$ -	\$ 2,745.00	\$ 6,097.50	\$ 80,325.00	\$ -	\$ -	\$ 3,344.00	\$ 18,600.00
3	\$ 250,000.00	\$ 250,000.00	\$ -	\$ -	\$ 3,142.50	\$ 7,920.00	\$ 110,025.00	\$ -	\$ -	\$ 4,840.00	\$ 15,500.00
4	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00	\$ -	\$ -	\$ 3,510.00	\$ 8,002.50	\$ 87,525.00	\$ -	\$ -	\$ 3,619.00	\$ 6,200.00
5	\$ 139,000.00	\$ 139,000.00	\$ -	\$ -	\$ 3,960.00	\$ 6,585.00	\$ 67,500.00	\$ -	\$ -	\$ 2,970.00	\$ 8,618.00
6	\$ 200,000.00	\$ 200,000.00	\$ -	\$ -	\$ 4,185.00	\$ 6,420.00	\$ 45,000.00	\$ -	\$ -	\$ 3,036.00	\$ 12,400.00
7	\$ 250,000.00	\$ 250,000.00	\$ -	\$ -	\$ 3,615.00	\$ 7,920.00	\$ 69,075.00	\$ -	\$ -	\$ 4,818.00	\$ 15,500.00
8	\$ 125,000.00	\$ 125,000.00	\$ -	\$ -	\$ 2,632.50	\$ 9,367.50	\$ 69,525.00	\$ -	\$ -	\$ 4,158.00	\$ 7,750.00
9	\$ 150,000.00	\$ 150,000.00	\$ -	\$ -	\$ 2,115.00	\$ 8,925.00	\$ 70,650.00	\$ -	\$ -	\$ 3,773.00	\$ 9,300.00
10	\$ 185,000.00	\$ 185,000.00	\$ -	\$ -	\$ 1,897.50	\$ 8,820.00	\$ 89,550.00	\$ -	\$ -	\$ 3,586.00	\$ 11,470.00
11	\$ 150,000.00	\$ 150,000.00	\$ -	\$ -	\$ 2,437.50	\$ 8,610.00	\$ 78,075.00	\$ -	\$ -	\$ 2,728.00	\$ 9,300.00
12	\$ 200,000.00	\$ 200,000.00	\$ -	\$ -	\$ 3,180.00	\$ 8,257.50	\$ 45,000.00	\$ -	\$ -	\$ 4,345.00	\$ 12,400.00
	\$ 2,049,000.00				\$ 33,915.00	\$ 97,327.50	\$ 941,400.00	\$ -	\$ -	\$ 44,231.00	\$127,038.00
COSTO TOTAL					\$ 3,292,911.50						

Anexo 20 Costo histórico logístico relevante total de operación para abastecimiento, entrega y reparación contenedores especiales en Puerto Bolívar sin uso de programación lineal (periodo: 2020)

