

INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN TURISMO: CASOS PRÁCTICOS PARA ESTUDIANTES

Héctor López Villalobos
Salvador Luna Vargas
Daniel Mendoza Bolaños

INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN TURISMO: CASOS PRÁCTICOS PARA ESTUDIANTES

Héctor López Villalobos
hectorlopezipn@hotmail.com

Salvador Luna Vargas
sluna.ipn@gmail.com

Daniel Mendoza Bolaños
damebo07@hotmail.com

1ª Edición, septiembre de 2018

Investigación de operaciones en Turismo: Casos prácticos para estudiantes

Héctor López Villalobos, Salvador Luna Vargas y Daniel Mendoza Bolaños

Diseño de portada: Salvador Luna Vargas

Fotografía de portada: Vidal Trejo Pérez

Escuela Superior de Turismo

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación

Instituto Politécnico Nacional


Av. Miguel Bernard 39, La Escalera, Gustavo A. Madero

C.P. 07630, Ciudad de México, México

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO I. Modelo de asignación	5
I.1 Concepto	5
I.2 Fórmula	6
I.3 Utilidad	8
I.4 Aplicación	8
I.5 Caso práctico	10
I.6 Solución de Excel para el problema de asignación	16
CAPÍTULO II. Modelo de transbordo	23
II.1 Concepto	23
II.2 Fórmula	24
II.3 Utilidad	26
II.4 Aplicación	26
II.5 Caso práctico	28
II.6 Solución de Excel para el problema de transbordo	41
CAPÍTULO III. Modelo de producción	50
III.1 Concepto	50
III.2 Fórmula	54
III.3 Utilidad	55
III.4 Aplicación	56
III.5 Caso práctico	58
III.6 Solución de Excel para el problema de producción	60
CAPÍTULO IV. Modelo de inversión	69
IV.1 Concepto	69
IV.2 Fórmula	71
IV.3 Utilidad	73
IV.4 Aplicación	74
IV.5 Caso práctico	75
SOBRE LOS AUTORES	93
REFERENCIAS	94

PRÓLOGO



Investigación de Operaciones en Turismo: Casos prácticos para estudiantes es una obra que trata de Modelos de Asignación, de Transbordo, de Producción y de Inversión, desarrollado en la asignatura “Técnicas y Modelos para la Toma de Decisiones” como parte de las materias que se imparten en la Maestría en Administración e Innovación del Turismo, en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Turismo del Instituto Politécnico Nacional de la Ciudad de México.

En el Capítulo I se abordará el Modelo de Asignación, iniciando con su concepto, fórmula, utilidad, aplicación y finalizando con el desarrollo de un caso práctico utilizando la Investigación de Operaciones, verificando los resultados con la herramienta informática de EXCEL. El Modelo de Asignación se utiliza en múltiples disciplinas, entre las que destacan las siguientes operaciones de logística, producción, mercadotecnia y de recursos humanos. Puede utilizarse para minimizar o maximizar en cuanto al rendimiento del personal o a su costo social o total.

El Modelo de Transbordo será desarrollado en el Capítulo II, cuyo principal objetivo es la minimización de costos. Aquí se requiere contestar a dos cuestionamientos: ¿Cómo transportar los bienes desde el origen hasta el punto de transbordo? y ¿Cómo transportar los bienes desde el punto de transbordo hacia el destino? Se ejemplificará con un caso práctico de la aerolínea comercial “Delta Air Lines”, que tiene como orígenes la Ciudad de México y Monterrey, intermedios Atlanta y Detroit y destinos finales Washington, Chicago y Nueva York.

El Capítulo III, denominado Modelo de Producción, parte de su concepto, seguido con el uso de fórmulas, su utilidad, la aplicabilidad, y finaliza con un caso práctico, mismo que será verificado en EXCEL. La producción en los servicios es un tema que concierne a la industria turística, ya que en la actualidad se enfrenta a ciertos desafíos como: el dinamismo económico,

político y tecnológico, la disminución de las distancias, en los tiempos de reacción, aumento de la competencia, mayor disponibilidad de información, así como la dependencia de recursos.

Esta obra finaliza con el Modelo de Inversión en el Capítulo IV. Las inversiones pueden ser útiles para maximizar los beneficios de la entidad económica principalmente, o para la adquisición de equipo, materiales, bienes inmuebles, etcétera, ya sea a crédito o plazos fijos. El Modelo utiliza la técnica del Punto de Equilibrio para evaluar negocios en marcha o proyectos de inversión, y consiste en conocer el nivel de ventas (unidades y pesos) requeridos para poder cubrir con los costos fijos y variables y no obtener utilidad ni pérdida.

Términos como Matemáticas Financieras, Investigación de Operaciones, Técnicas y Modelos para la Toma de Decisiones suelen asociarse con términos como difícil, complicado e inaccesible. La presente obra tiene como principal objetivo hacerlo amigable, entendible y de aplicación para la comunidad escolar. Digno de reconocerse, es el uso de la herramienta informática EXCEL paso a paso para la solución de los problemas planteados, con capturas de pantalla para facilitar su entendimiento.

Los autores aprovechamos el espacio para agradecer a todas las personas e instituciones que han hecho posible esta publicación, con el compromiso de continuar con esta línea de investigación pretendiendo aportar en la educación, considerando una necesidad en su acercamiento, difusión y fortalecimiento. La educación como medio para la evolución, estabilidad, movilidad e igualdad, y también para combatir la desigualdad, pobreza, desempleo y falta de movilidad social o socioeconómica.

INTRODUCCIÓN



El turismo, conocido como la industria sin chimeneas, es una de las actividades económicas de mayor crecimiento en el mundo, lo cual representa 1, 323 millones de llegadas de turistas internacionales a nivel global (WTO, 2018), que significan una derrama de 1,332 mil millones de dólares. En México no ha sido la excepción, ya que se ubica en la sexta posición en llegada de turistas internacionales, con 35 millones de visitantes, por encima de Reino Unido, Turquía y Alemania, y en la decimocuarta en ingresos por Turismo Internacional, con 19.6 mil millones de dólares (Sectur, 2017). Dicha dinámica ha derivado en el aumento de la demanda de programas académicos de turismo en bachilleratos técnicos, técnicos profesionales, licenciaturas, y posgrados, con los objetivos de aplicar estrategias que inserten a los estudiantes egresados en un mercado laboral más estable y de mejores ingresos, así como trascender hacia el abandono del empirismo y profesionalizar el área académica turística.

Lo anterior conlleva la necesidad formar de capital humano altamente especializado, que sea capaz de responder a los problemas derivados del fenómeno de la globalización, prestando especial importancia en la innovación de los procesos y servicios que conciernen a la actividad turística, a fin de garantizar una ventaja competitiva a través de la eficiencia, la eficacia y el valor de la calidad. Por tal motivo, la investigación de operaciones se convierte en una herramienta fundamental para la solución de problemas operativos, el desarrollo de proyectos, y la toma de decisiones en las empresas e instituciones.

CAPÍTULO I. Modelo de asignación



I.1 Concepto

La Real Academia Española (RAE, 2018a) define el verbo asignar como “señalar lo que corresponde a alguien o algo”, es decir, fijar o establecer un objetivo determinado a un objeto específico. En el ámbito de la Investigación de Operaciones (IO), el modelo de asignación implica determinar la asignación más eficiente, en el que el principal objetivo es minimizar costos y tiempos, así como maximizar las utilidades para realizar tareas, principalmente en la asignación de trabajadores con diversas habilidades y aptitudes para que realicen trabajos específicos, en el que la habilidad personal afecta el costo de completar un trabajo, donde la meta principal es determinar la asignación de costo mínimo de los trabajadores para cada tarea o trabajo. Sin embargo, no es exclusivo de este modelo la asignación de personal, también pueden asignarse máquinas, vehículos, plantas, habitaciones o incluso periodos a los que se asignan tareas. De acuerdo con Hillier y Lieberman (2010), para que el problema de asignación se pueda resolver, es necesario que se formule cumpliendo los siguientes supuestos:

1. El número de asignados es igual al número de tareas (denotado por n).
2. A cada asignado se le establece sólo *una* tarea.
3. Cada tarea debe realizarla sólo *un* asignado.
4. Existe un costo c_{ij} asociado con el asignado i ($i = 1, 2, \dots, n$) que realiza la tarea: j ($j = 1, \dots, n$).
5. El objetivo es determinar cómo deben hacerse las n asignaciones para minimizar los costos totales.

A pesar de ser una formulación, no son necesariamente estrictos los tres primeros supuestos, ya que son restrictivos, y las aplicaciones potenciales normalmente no las satisfacen en su totalidad. Para satisfacer los supuestos es

posible reformular el problema estableciendo asignados ficticios o tareas ficticias al método.

9

El modelo de asignación es una variación o un caso especial para el modelo de transporte, ya que este puede llegar a ser inadecuado para resolver problemas de asignación, por llegar a no cumplirse la ecuación, en la que las variables no son adecuadas al número de casillas asignadas en el método que se presentará posteriormente. En este caso, se puede comparar el modelo de transporte con el de asignación, considerando a los trabajadores como el origen y a las tareas o los trabajos como destinos (oferta y demanda). La diferencia entre el modelo de transporte y el de asignación radica en que en el segundo la oferta no puede distribuirse o dividirse a más de un destino, es decir, cada individuo se asigna sólo a un puesto de trabajo o tarea y cada tarea requiere únicamente de un individuo (n agentes, objetos o individuos “indivisibles” a n tareas).

Taha (2012) menciona que el modelo de asignación puede ilustrarse con la asignación de trabajadores de diversos niveles de capacitación a los puestos, ejemplificando como un puesto que coincide con los conocimientos de un trabajador cuesta menos que uno en que el trabajador no es tan hábil. El objetivo del modelo es determinar la asignación óptima –de costo mínimo– de trabajadores a puestos.

I.2 Fórmula

El método más apropiado para el problema de asignación es el “Método Húngaro”, algoritmo que obtiene su nombre gracias al artículo publicado por el húngaro Jenő Egerváry, el cual fue ignorado durante décadas por la comunidad matemática internacional. No fue sino hasta su traducción al inglés por Harold W. Kuhn, en 1955, que se abordó de una manera seria y con la debida importancia. El estudio consistía básicamente en dos teoremas: el primero fue la

piedra angular para ese Método aplicado al problema de asignación, que más tarde desarrollaría Kuhn (Martello, 2010).

El problema de asignación el cual determina n trabajadores, objetos o individuos a n trabajos, tareas u objetivos, puede representarse, de acuerdo con Taha (2012), como un modelo de Programación Lineal (PL) de la siguiente manera: c_{ij} el costo de asignar al trabajador (i) al trabajo (j).

Para realizar el problema de asignación se utiliza el modelo matemático con las siguientes variables de decisión:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si se asigna } i \text{ para realizar la tarea } j, \\ 0 & \text{si no es así,} \end{cases}$$

El modelo de PL se da para:

$$\text{Minimizar } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} &= 1, i = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} &= 1, j = 1, 2, \dots, n \\ x_{ij} &= 0 \text{ o } 1 \end{aligned}$$

Como ya se mencionó, el modelo de PL no cambia si se requiere agregar o restar una constante de la matriz de asignación. Además, es importante retomar las variables binarias que se presentaron, tomando valores de 0 o 1. Esto permitirá representar las decisiones *sí* o *no*, formulando las siguientes preguntas: ¿Debe el asignado i realizar la tarea j ? ¿El asignado i contribuirá a minimizar el costo total del producto j ? ¿El asignado i minimizará el tiempo de producción de la tarea j ? ¿El asignado i minimizará el tiempo de trabajo de la tarea j ? ¿La maquinaria i minimizará el costo total de la construcción j ? etcétera.

I.3 Utilidad



La utilidad del modelo de asignación en la vida real es diversa. Si se resuelve a través del método húngaro puede ser utilizado para realizar cálculos manuales, como es el caso de las organizaciones o personas que aún no utilizan la PL por computadora o métodos de resolución especial, como el *Simplex*, empleado por *Solver*. Además, tiene utilidad para el estudio de las técnicas clásicas, las cuales reducen los pasos para culminar en reglas de simplificación para cálculos manuales.

Varios autores (Sánchez, 2004; Anderson, Sweeney, Williams, Camm, & Martin, 2011; Render, Stair, & Hanna, 2012; Taha, 2012) argumentan que la meta del modelo de asignación es principalmente:

1. Minimizar el costo total.
2. Minimizar el tiempo de producción.
3. Minimizar el tiempo de trabajo.
4. Minimizar defectos de producción.
5. Maximizar las utilidades.
6. Maximizar la producción.
7. Maximizar el rendimiento total neto.
8. Determinar la asignación de costo mínimo de los trabajadores a los trabajos.
9. Maximizar ingresos con el menor costo de operación permisible.

Es así que el modelo de asignación tiene ventajas que bien pueden utilizarse para minimizar o para maximizar, según sea el caso, con el objetivo de obtener un resultado óptimo en el mejor de los casos, o bien mejorar la eficiencia o la efectividad de la organización entre todas las alternativas de solución.

I.4 Aplicación

El modelo de asignación tiene múltiples aplicaciones para resolverse en diversas situaciones de la vida real. Algunas de las aplicaciones más frecuentes en las que puede utilizarse el método para la asignación de recursos son las siguientes:

I. Operaciones-logística

- a. Asignación de personal.
- b. Auditores a compañías para auditarlas.
- c. Contratos a licitadores.
- d. Agentes a tareas.
- e. Horarios a profesores.
- f. Huéspedes a habitaciones.
- g. Comensales a mesas.

II. Operaciones- producción

- a. Trabajos a máquinas.
- b. Maquinaria para labores de construcción.
- c. Asignación de especies de semillas a suelo agrícola para maximizar la producción.
- d. Personal a máquinas.
- e. Herramientas a puestos de trabajos.

III. Mercadotecnia

- a. Asignación de la fuerza de ventas.
- b. Vendedores a puntos de venta (territorios).

IV. Recursos humanos

- a. Asignación de personal.
- b. Candidatos a vacantes.

Una característica particular del modelo de asignación es que para su resolución no es necesario que el número de orígenes o fuentes sea igual al número de destino, ya que se pueden agregar variables de decisión para igualar los orígenes y destinos. De esa manera se podrá solucionar el problema. El modelo de asignación, al igual que el modelo de transporte puede representarse mediante una red de problema de asignación, donde la oferta en cada fuente y la demanda en cada destino son iguales a uno. En el caso de la asignación de personal, se asigna un puesto de trabajo a una sola persona.

I.5 Caso práctico

Ejercicio Modelo de Asignación (*Método húngaro*):

El método más utilizado y más sencillo de realizar para el modelo de asignación, es el húngaro, el cual “brinda un medio eficiente para encontrar la solución óptima sin tener que hacer una comparación directa de todas las opciones” (Render, Stair, & Hanna, 2012). Este método funciona sobre el principio de reducción de matrices, el cual reduce el problema a una matriz de costo oportunidad. Esto se asocia con asignar un agente, objeto o individuo a una tarea o proyecto, para ejecutar la asignación más adecuada o la de menor costo.

El método húngaro consiste –según Izar (1996)– en los siguientes pasos, en un caso específico de trabajador (i) a tarea (j) tomando en cuenta el tiempo de trabajo:

Paso 1.- Colocar la información del problema en la matriz de asignación donde los elementos de la misma serán los tiempos en los cuales los trabajadores ubicados como renglones, ejecutan las tareas, situadas como columnas.

Paso 2.- Identificar el menor elemento de cada renglón y restárselo a cada uno de los elementos del renglón en el que fue localizado.

Paso 3.- Identificar el menor elemento de cada columna y restárselo a cada uno de los elementos de la columna en la que se encontró.

Paso 4.- Verificar la convergencia, la cual consiste en checar si en la matriz de asignación hay n elementos cero, siendo n el número de líneas de que consta la matriz, ubicados de tal forma que cada renglón o en una misma columna. Si esto se cumple, el problema habrá sido resuelto, siendo la solución del mismo precisamente el asignar conforme a la ubicación de estos n ceros.

En caso que la convergencia no se satisfaga, ir al paso siguiente.

Paso 5.- Cubrir todos los ceros de la matriz de asignación con el menor número posible de líneas horizontales y verticales, donde cada una de éstas deberá pasar por todo el renglón y/o columna a la que corresponde. El número total de líneas deberá ser menor a n .

Paso 6.- Localizar el menor elemento de la matriz que no esté cubierto por ninguna línea y sumarse a cada elemento cubierto por 2 líneas.

De aquí se regresa al paso 4.

De acuerdo con estos pasos, se presenta un caso para ilustrar el uso del método húngaro:

Interjet (ABC Aerolíneas) es una aerolínea que ofrece servicio a 37 ciudades en México, y 15 en el extranjero, con una operación de 89 rutas, 65 nacionales y 24 internacionales, con una flotilla de 42 Airbus A320-200 y 63 Superjet 100-95, cuyas capacidades como la velocidad, el alcance máximo, empuje, techo de vuelo, capacidad de carga o el ruido generado pueden variar. Sabiendo esto, la aerolínea desea optimizar mediante sus pilotos (creando ventaja competitiva) el itinerario para los principales destinos de playa en México. En consecuencia, el itinerario debe diseñarse para capturar la mayor cantidad de ganancias posibles (mediante la minimización del tiempo de vuelo) con el menor costo de operación permisible, ya que “las aerolíneas requieren mucho capital, combustible y mano de obra. La supervivencia y el éxito

dependen de la capacidad para operar los vuelos con la mayor eficiencia posible, de acuerdo con el itinerario” (Eppen, Gould, Schmidt, Moore, & Weatherford, 2000).

La aerolínea está buscando la manera óptima de asignar a cinco de los pilotos más eficientes a los cinco destinos de playa de mayor demanda en México. Sin embargo, seis pilotos se presentan a la prueba para ser elegidos para pilotear cada uno en uno de los destinos; cinco serán asignados con base en sus habilidades.

Se dispone de una tabla en la que agrupa los tiempos en minutos registrados que realizan en promedio cada piloto para realizar el vuelo saliendo desde la Ciudad de México (MEX) a los principales destinos de playa de México: Cancún (CUN), Acapulco (ACA), Puerto Vallarta (PVR), Los Cabos (SJD) y Huatulco (HUX). Los pilotos que se presentaron para realizar las pruebas de vuelo fueron asignados con un número del 1 al 6.

Piloto \ Destino	Cancún (CUN)	Acapulco (ACA)	Puerto Vallarta (PVR)	Los Cabos (SJD)	Huatulco (HUX)
Piloto 1	134	60	75	132	81
Piloto 2	120	58	77	115	70
Piloto 3	121	55	86	148	73
Piloto 4	119	63	97	170	72
Piloto 5	136	70	80	174	79
Piloto 6	128	75	90	166	74

¿Cómo deberá la aerolínea asignar a sus pilotos de forma que se minimice el tiempo total que registró en minutos cada piloto? Esto para asignar el destino más óptimo a cada piloto, de acuerdo con el menor tiempo establecido por cada uno de ellos.

Solución:

Dado que no siempre coinciden la oferta y la demanda en problemas reales de transporte en este caso se aplicará el método húngaro, debiendo asignar un sexto destino ficticio con tiempos cero, lo que significa que el destino ficticio

maneja un número de unidades igual a la diferencia entre la oferta y la demanda (Izar, 2014) para completar la matriz de 6x6, la cual conforme al paso 1 será:

Destino Piloto	Cancún (CUN)	Acapulco (ACA)	Puerto Vallarta (PVR)	Los Cabos (SJD)	Huatulco (HUX)	Destino ficticio
Piloto 1	134	60	75	132	81	0
Piloto 2	120	58	77	115	70	0
Piloto 3	121	55	86	148	73	0
Piloto 4	119	63	97	170	72	0
Piloto 5	136	70	80	174	79	0
Piloto 6	128	75	90	166	74	0

El paso 2 no altera la matriz, dado que cada renglón tiene un cero (el elemento de la sexta columna) el cual al restarse deja de la misma manera a la matriz.

Conforme al paso 3, se restará a cada columna el menor elemento de la misma, es decir, en la primera columna se restará 119, en la segunda se restará 55, 75 en la tercera, 115 a la cuarta, 70 a la quinta y 0 a la sexta. Con estos cambios la matriz será ahora:

Destino Piloto	Cancún (CUN)	Acapulco (ACA)	Puerto Vallarta (PVR)	Los Cabos (SJD)	Huatulco (HUX)	Destino ficticio
Piloto 1	15	5	0	17	11	0
Piloto 2	1	3	2	0	0	0
Piloto 3	2	0	11	33	3	0
Piloto 4	0	8	22	55	2	0
Piloto 5	17	15	5	59	9	0
Piloto 6	9	20	15	51	4	0

Se puede observar que la convergencia no se logra, dado que los únicos ceros del quinto y sexto renglón se repiten en la misma columna, por lo que de acuerdo al paso 5 cubriremos los ceros de la matriz con el menor número de líneas posible, con eso tendremos:

Destino Piloto	Cancún (CUN)	Acapulco (ACA)	Puerto Vallarta (PVR)	Los Cabos (SJD)	Huatulco (HUX)	Destino ficticio
Piloto 1	15	5	0	17	11	0
Piloto 2	1	3	2	0	0	0
Piloto 3	2	0	11	33	3	0
Piloto 4	0	8	22	55	2	0
Piloto 5	17	15	5	59	9	0
Piloto 6	9	20	15	51	4	0

Lo que se ha logrado con 5 líneas.

Conforme al paso 6, el menor elemento no cubierto por ninguna línea es el 3, que se halla situado en el sexto renglón y la cuarta columna, el cual se restará a los elementos no cubiertos por ninguna línea en la matriz (elementos del quinto y sexto renglón con excepción de los de la sexta columna). Con estas modificaciones, la matriz quedará de la siguiente forma:

Destino Piloto	Cancún (CUN)	Acapulco (ACA)	Puerto Vallarta (PVR)	Los Cabos (SJD)	Huatulco (HUX)	Destino ficticio
Piloto 1	15	5	0*	17	11	4
Piloto 2	1	3	2	0*	0	4
Piloto 3	2	0*	11	33	3	4
Piloto 4	0*	8	22	55	2	4
Piloto 5	13	11	1	55	5	0*
Piloto 6	5	16	11	47	0*	0

De esta manera ya se satisface la convergencia al tener en cada renglón y cada columna un cero que no se repite. Los ceros que se han señalado con un asterisco en la matriz indican la posición en que se han de asignar los trabajadores a las tareas, cuya solución presentamos en la tabla siguiente:

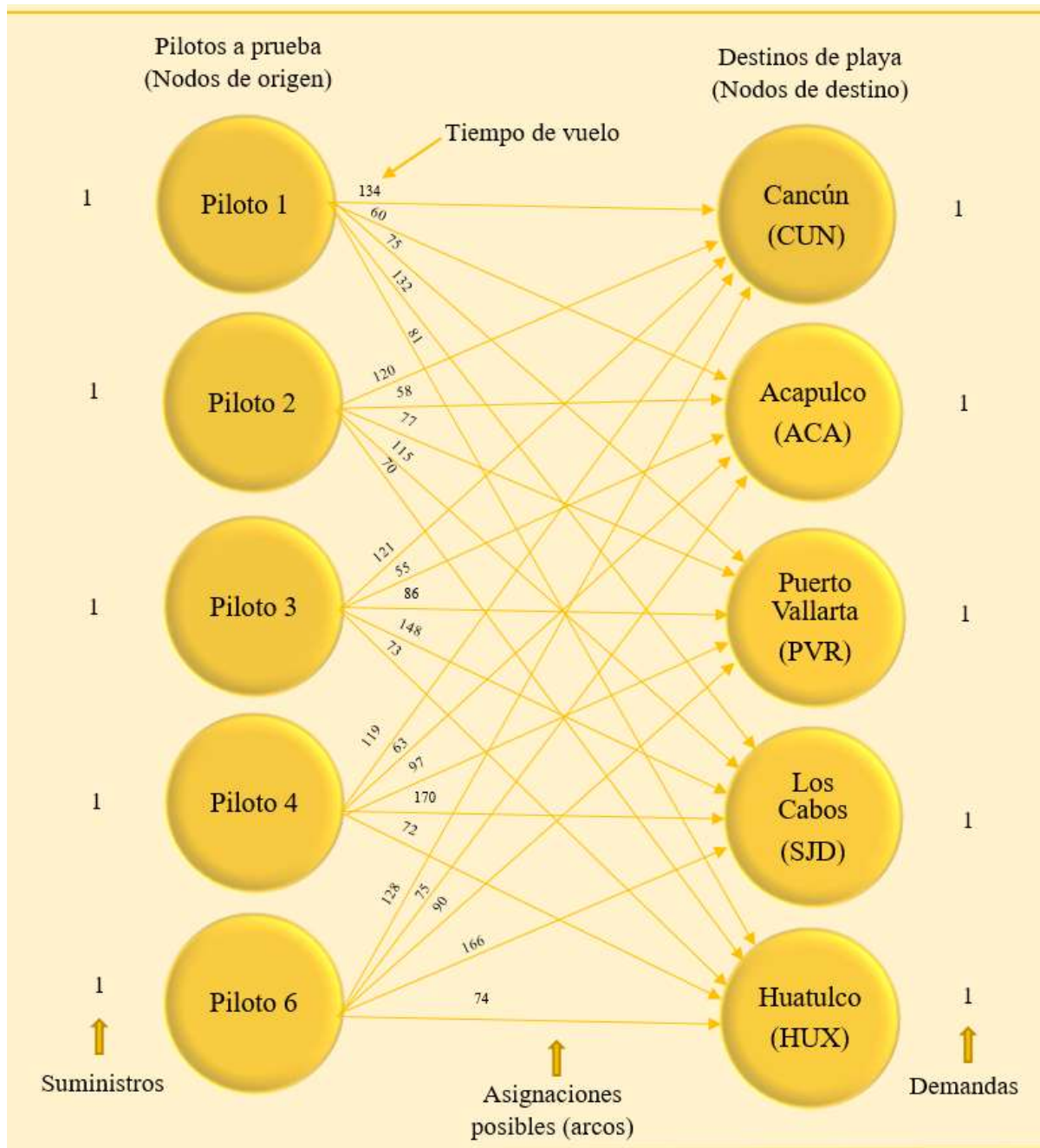
Piloto	Destino	Tiempo
Piloto 1	Puerto Vallarta (PVR)	75 minutos
Piloto 2	Los Cabos (SJD)	115 minutos
Piloto 3	Acapulco (ACA)	55 minutos
Piloto 4	Cancún (CUN)	119 minutos
Piloto 5	Destino ficticio	0
Piloto 6	Huatulco (HUX)	74 minutos
Tiempo total		438 minutos

Después de haber obtenido el resultado del método húngaro, se puede concluir que el piloto 5 es el piloto menos apto para la optimización de vuelo en el itinerario, por tanto, para el requerimiento de la aerolínea, sería el piloto menos óptimo para los cinco destinos de playa requeridos, permitiendo así, la toma de decisión para poder elegir el piloto con mejores habilidades para cada destino con base en sus habilidades para operar los vuelos.

Dado que el problema de asignación es un caso especial del modelo de transporte, se puede diseñar un Modelo de Red del problema de asignación de la Aerolínea Interjet, pues “los nodos también pueden indicar puntos geográficos o estaciones” (Izar, 2014). La Tabla 2 permite esquematizar las restricciones para cada nodo y una variable para cada arco, como se muestra a continuación:

Figura 1

Modelo de Red del Problema de Asignación de la Aerolínea



Fuente: Elaboración de los autores, basado en (Anderson, et. al, 2011).

I.6 Solución de Excel para el problema de asignación

Para poder resolver el problema de asignación del caso práctico de la Aerolínea con Excel 2013, se requiere utilizar el complemento *Solver*. Para comenzar es necesario abrir una hoja de Excel, para introducir los datos de los tiempos de asignación en la parte superior de la hoja de trabajo. A pesar de que el modelo de asignación es un caso especial del modelo de transporte, no es necesario introducir valores para la oferta y la demanda, ya que siempre son iguales a

uno. A continuación, se desarrollará el mismo problema que se realizó anteriormente utilizando Excel 2013 mediante los siguientes pasos:

- 1.- Desarrollar la matriz de asignación en la parte superior de la hoja de cálculo, asignando las variables de decisión con los datos proporcionados en el problema. Como se observa en la figura de las celdas (B3:I10). Una vez que se cuenta con los datos del tiempo de cada piloto se ingresan en las celdas (C4:H9), tomando en cuenta también la columna del destino ficticio para igualar la demanda a la oferta.
- 2.- Agregar una columna de oferta y una fila de demanda a la matriz de asignación, como se observa en la figura.
- 3.- Copiar la matriz que ya se ha realizado y pegarla debajo de la misma matriz en la misma hoja de cálculo. Sin embargo, es necesario borrar los datos en la segunda matriz para trabajar en ella. Esto tiene como finalidad comenzar a desarrollar el ejercicio para posteriormente ejecutarlo con *Solver*.

Piloto \ Destino	Cancún (CUN)	Acapulco (ACA)	Puerto Vallarta (PVR)	Los Cabos (SID)	Huamán (HUN)	Destino ficticio	Oferta
Piloto 1	134	60	75	132	81	0	
Piloto 2	120	58	77	115	70	0	
Piloto 3	121	55	86	148	73	0	
Piloto 4	119	63	97	170	72	0	
Piloto 5	136	70	80	174	79	0	
Piloto 6	128	75	90	166	74	0	
Demanda							

Piloto \ Destino	Cancún (CUN)	Acapulco (ACA)	Puerto Vallarta (PVR)	Los Cabos (SID)	Huamán (HUN)	Destino ficticio	Oferta
Piloto 1							
Piloto 2							
Piloto 3							
Piloto 4							
Piloto 5							
Piloto 6							
Demanda							

- 4.- Agregar el valor 1 a la columna de oferta y a la fila de la demanda de la primera matriz.

120 =SUMA(C20:H20)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3		Piloto \ Destino	Cancún (CUN)	Acapulco (ACA)	Puerto Vallarta (PVR)	Los Cabos (SJD)	Huamla (HUX)	Destino ficticio	Oferta
4		Piloto 1	134	60	75	132	81	0	1
5		Piloto 2	120	58	77	115	70	0	1
6		Piloto 3	121	55	86	148	73	0	1
7		Piloto 4	119	63	97	170	72	0	1
8		Piloto 5	136	70	80	174	79	0	1
9		Piloto 6	128	75	90	166	74	0	1
10		Demanda	1	1	1	1	1	1	
11									

5.- Agregar 0 a las celdas donde irían los tiempos de cada piloto de la primera matriz, como se puede apreciar en la figura:

121

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3		Piloto \ Destino	Cancún (CUN)	Acapulco (ACA)	Puerto Vallarta (PVR)	Los Cabos (SJD)	Huamla (HUX)	Destino ficticio	Oferta
4		Piloto 1	134	60	75	132	81	0	1
5		Piloto 2	120	58	77	115	70	0	1
6		Piloto 3	121	55	86	148	73	0	1
7		Piloto 4	119	63	97	170	72	0	1
8		Piloto 5	136	70	80	174	79	0	1
9		Piloto 6	128	75	90	166	74	0	1
10		Demanda	1	1	1	1	1	1	
11									
12									
13									
14		Piloto \ Destino	Cancún (CUN)	Acapulco (ACA)	Puerto Vallarta (PVR)	Los Cabos (SJD)	Huamla (HUX)	Destino ficticio	Oferta
15		Piloto 1	0	0	0	0	0	0	
16		Piloto 2	0	0	0	0	0	0	
17		Piloto 3	0	0	0	0	0	0	
18		Piloto 4	0	0	0	0	0	0	
19		Piloto 5	0	0	0	0	0	0	
20		Piloto 6	0	0	0	0	0	0	
21		Demanda							
22									

6.- Sumar las columnas de cada destino de playa utilizando la fórmula de SUMA, es decir, se suman verticalmente la columna de Cancún, Acapulco, Puerto Vallarta, y así sucesivamente.

122 =SUMA(B15:N15)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3		Piloto \ Destino	Cancún (CUN)	Acapulco (ACA)	Puerto Vallarta (PVR)	Los Cabos (SJD)	Huamla (HUX)	Destino ficticio	Oferta
4		Piloto 1	134	60	75	132	81	0	1
5		Piloto 2	120	58	77	115	70	0	1
6		Piloto 3	121	55	86	148	73	0	1
7		Piloto 4	119	63	97	170	72	0	1
8		Piloto 5	136	70	80	174	79	0	1
9		Piloto 6	128	75	90	166	74	0	1
10		Demanda	1	1	1	1	1	1	
11									
12									
13									
14		Piloto \ Destino	Cancún (CUN)	Acapulco (ACA)	Puerto Vallarta (PVR)	Los Cabos (SJD)	Huamla (HUX)	Destino ficticio	Oferta
15		Piloto 1	0	0	0	0	0	0	
16		Piloto 2	0	0	0	0	0	0	
17		Piloto 3	0	0	0	0	0	0	
18		Piloto 4	0	0	0	0	0	0	
19		Piloto 5	0	0	0	0	0	0	
20		Piloto 6	0	0	0	0	0	0	
21		Demanda	0	0	0	0	0	0	

7.- Sumar las filas de los pilotos de manera horizontal, utilizando la fórmula de SUMA.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									

8.- En una celda aparte se desarrolla la siguiente fórmula: **=SUMAPRODUCTO(C4:H9;C15:H20)**. Significa que se multiplica la matriz de los tiempos (matriz superior) por la matriz que fue llenada con 0 (matriz inferior).

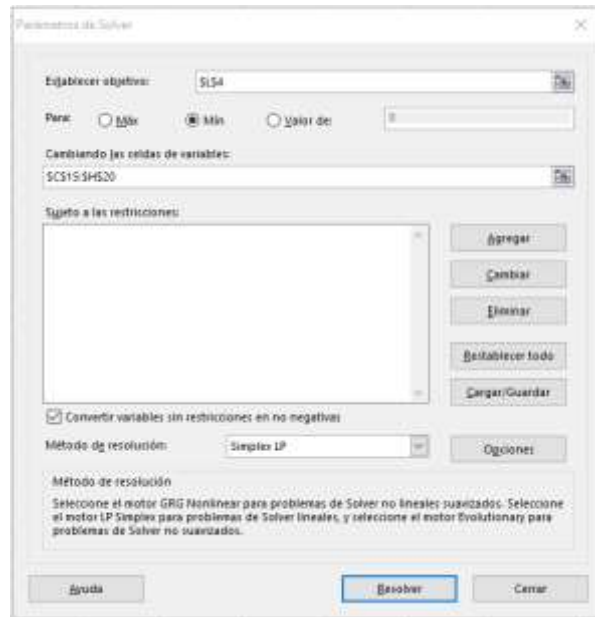
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									

9.- A continuación, se da clic a la pestaña de Datos y se selecciona el complemento *Solver*.

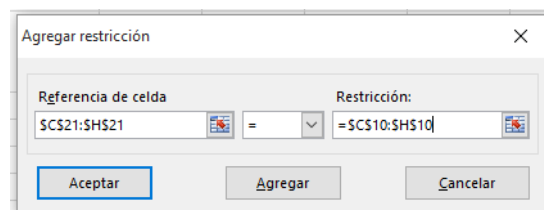


10.- Posteriormente, en la ventana de *Solver* en la opción “Establecer objetivo” seleccionar la celda donde se desarrollará la fórmula.

11.- Aplicar en la opción “Cambiano las celdas de variables”, y seleccionar las celdas donde se agrega 0 (C15:H20). Posteriormente seleccionar la opción “Agregar” para agregar las siguientes restricciones:



12.- La demanda de la matriz inferior para que sea igual a la demanda de la matriz superior. A continuación, seleccionar nuevamente “Agregar”.



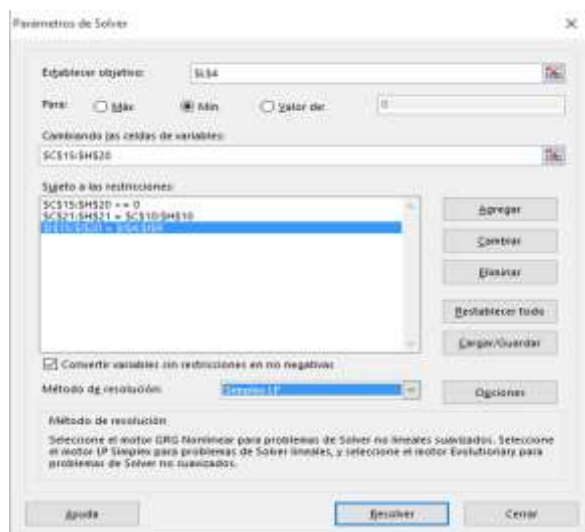
13.- La siguiente restricción será la referencia de celda, la oferta de la celda inferior igual a la oferta de la celda superior. Nuevamente dar clic a “Agregar”.



14.- A continuación, se debe seleccionar la matriz de 0 para la Referencia de celda, y seleccionar $[>=]$ y para la restricción agregar un 0 (mayor-igual a 0). Dar clic en “Aceptar”.



15.- Se volverá a abrir la ventana de parámetros de *Solver*. Por último, se debe seleccionar en la opción de “Método de resolución” la opción Simplex LP, y dar clic en el círculo de “MIN”. Posteriormente dar clic en “Resolver” para concluir con la solución del problema.



16.- Es así como *Solver* resuelve el problema de asignación, observándose de la siguiente forma:

Origen \ Destino	Cancún (CUN)	Acapulco (ACA)	Puerto Vallarta (PVR)	Los Cabos (SJD)	Huamantla (HUN)	Destino ficticio	Oferta
Piloto 1	334	60	75	132	81	0	1
Piloto 2	120	58	77	115	70	0	1
Piloto 3	121	55	86	148	73	0	1
Piloto 4	119	63	97	170	72	0	1
Piloto 5	116	70	80	174	79	0	1
Piloto 6	128	75	90	166	74	0	1
Demanda	1	1	1	1	1	1	

Origen \ Destino	Cancún (CUN)	Acapulco (ACA)	Puerto Vallarta (PVR)	Los Cabos (SJD)	Huamantla (HUN)	Destino ficticio	Oferta
Piloto 1	0	0	1	0	0	0	1
Piloto 2	0	0	0	1	0	0	1
Piloto 3	0	1	0	0	0	0	1
Piloto 4	1	0	0	0	0	0	1
Piloto 5	0	0	0	0	0	1	1
Piloto 6	0	0	0	0	1	0	1
Demanda	1	1	1	1	1	1	

Como se ha visto, el modelo de asignación puede considerarse un caso especial al modelo de transporte. Además, se presentó su utilidad y aplicación en la vida real, esto mediante el método húngaro que permite agregar filas o columnas ficticias para balancear o igualar los problemas de asignación cuando las variables de decisión están desbalanceadas. Un mismo problema pudo solucionarse de manera manual con el método húngaro y con la PL mediante el método *Solver*, utilizando las mismas variables de decisión. Esto demuestra que es posible utilizar estos dos métodos para aplicarlos en los problemas de asignación en la vida real, que pueden hacer más sencilla la toma de decisiones en un futuro, dependiendo de la información disponible y las alternativas de solución con las que se cuenta (Izar, 1998). Asimismo, son ejercicios prácticos que pueden realizar los alumnos que estudien la asignatura de Investigación de Operaciones.

CAPÍTULO II. Modelo de transbordo

II.1 Concepto

La Real Academia Española (RAE, 2018b) define al verbo transbordar como la acción de “trasladar efectos o personas de una embarcación a otra”, o bien “personas o efectos de unos vehículos a otros”. En el área de la investigación de operaciones puede definirse al modelo o problema de transbordo como el “envío de mercadería a través de nodos intermedios antes de llegar al punto de destino final” (Carro, 2009). Es decir, es la etapa intermedia del traslado de mercancías, personas o efectos entre un nodo de origen y un nodo destino, conocido como: empalme (centros de transbordo) (Izar, 1996), nodo intermedio (Prawda, 2004), nodo de transbordo (Anderson *et. al.*, 2011), punto de transbordo (Briš, 2010; Render, Stair, & Hanna, 2012) o zona intermedia (Taha, 2012), donde los bienes pueden ser recibidos temporalmente para después ser transbordados a otros puntos, o bien, a su destino final. El objetivo principal de este modelo es minimizar los costos en el sistema logístico de transporte en el cual el flujo de recursos materiales como materia prima y servicios es interrumpido en al menos un punto entre el origen y el destino (Briš, 2010).

Al igual que el caso anterior, el modelo de transbordo es una extensión del problema de transporte, visto también con anterioridad, y al igual que éste, los problemas se ocupan de la distribución desde cualquier grupo de centros de suministro, llamados orígenes, hacia los grupos de recepción, llamados destinos, con el propósito de minimizar los costos a través de puntos intermedios, ya que puede llegar a resultar más económico enviar mercancías desde esos puntos que realizarlo directamente desde el origen hasta el destino.

En este modelo se permiten embarques de productos desde el punto de origen a los nodos intermedios y de ahí al punto destino, desde uno de origen a otro nodo de origen, desde una zona intermedia a otra, desde un nodo destino a

otro, o bien desde el nodo de origen al nodo destino directamente. Con esas afirmaciones se puede decir que, al igual que el problema de transporte, implica que un artículo pueda ser enviado de m orígenes (i) a n destinos (j), a través de una zona intermedia l que representa la cantidad de nodos de transbordo.

Para poder resolver el problema de transbordo, Briš (2010) asevera que es necesario responder las siguientes preguntas desde un punto de vista de la minimización de costos:

- ¿Cómo transportar los bienes desde el origen hasta el punto de transbordo?
- ¿Cómo transportar los bienes desde el punto de transbordo hacia el destino?

Una vez contestadas esas preguntas se puede continuar a utilizar la fórmula que permitirá resolver el problema de transbordo. Uno de los métodos más utilizados es el modelo basado en los nodos intermedios para convertir el modelo de transbordo en uno de transporte regular, que incluso, también es un caso especial al modelo de red, para encontrar un plan de embarques que satisfaga la demanda a la vez que se busca el costo mínimo, ya que el suministro es limitado.

A continuación, se desarrollará la fórmula para resolver el problema de transbordo:

II.2 Fórmula

El modelo de transbordo puede ser formulado mediante los siguientes problemas de programación lineal (Briš, 2010):

$$\min T = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^r c_{ik} x_k + \sum_{k=1}^r \sum_{j=1}^n c_{jk} x_k + \sum_{k=1}^r c_k \sum_{j=1}^n x_{jk} \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^r x_{jk} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} = \sum_{j=1}^n x_{jk} \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^r x_{ik} \leq a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

$$x_{ik} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, r \quad (5)$$

$$x_{jk} \geq 0, \quad k = 1, 2, \dots, r; j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

Para comprender las formulaciones matemáticas que se representan en la parte superior, es necesario asimilar los elementos que las componen para su desarrollo. Por esa razón, se expresan los elementos que la conforman de acuerdo con la denotación de Briš (2010), en donde:

i -es el símbolo para los orígenes A_i : las cantidades disponibles en oferta a_i ($i = 1, 2, \dots, m$); k -el símbolo para punto de transbordo S_k cuyas cantidades S_k ($k = 1, 2, \dots, r$); j - el símbolo para los destinos B_j cuyas demandas b_j ($j = 1, 2, \dots, n$); x_{ik} - la cantidad para ser transportada desde el origen A_i hacia el punto de transbordo S_k para el destino B_j ; C_{jk} - Costo de transportación por unidad de bienes desde el origen A_i hacia el punto de transbordo S_k ; C_{jk} - Costo de transportación por unidad desde el punto de transbordo S_k hacia el destino B_j y C_k - Costo de almacenaje por unidad de bienes en el punto de transbordo S_k .

Una vez que se conocen los formularios con el significado de sus símbolos, se procede a buscar la solución al problema de transbordo con métodos cuantitativos y de soluciones óptimas que hacen más sencilla su comprensión para alcanzar los objetivos de optimización. Para poder resolver el problema se deben tener en cuenta algunas observaciones como: a) el problema de transbordo se puede solucionar con el algoritmo *Simplex*; b) también se puede intentar la optimización utilizando el Algoritmo de Transporteⁱ, o c) construir la

red de distribución y determinar el costo mínimo desde los nodos de suministro hasta los otros nodos, considerando los costos como unitarios en las respectivas celdas de la tabla de transporte.

II.3 Utilidad

El modelo de transbordo tiene una utilidad mediana en la vida real, ya que no es puesta en práctica regularmente, debido a que “el modelo de transbordo (y, de hecho, el modelo de transporte mismo) es un caso especial de un modelo de red capacitado de costo mínimo altamente eficiente” (Taha, 2012).

El objetivo del modelo de transbordo, al igual que el de transporte, es minimizar el costo total de transporte al enviar bienes, efectos o personas, incluyendo los costos de producción, tomando en cuenta que en la vida real puede resultar más económico enviar mercancías a través de puntos intermedios en lugar de hacerlo directamente desde un nodo de origen hacia un nodo de destino. En este modelo se puede incluir la transportación por vía aérea, terrestre y marítima, con sus diversas combinaciones hacia centros de distribución internacionales, nacionales, regionales y locales.

Siendo este un modelo de la Programación Lineal, se pretende que se alcancen alternativas óptimas para el proceso logístico o transporte de bienes, efectos y servicios desde un conjunto de oferentes hasta un conjunto de destinatarios o demandantes. Cuando el proceso está determinado por nodos intermedios, se puede decir que se está frente a una extensión del modelo básico de transporte, conocido como Modelo de Transporte con Transbordo.

II.4 Aplicación

El modelo de transbordo (al igual que el modelo de transporte) tiene múltiples aplicaciones para su uso práctico y de requerimiento en el mercado, ya sea de

manera comercial, o con fines académicos. Algunas aplicaciones del modelo son las siguientes, según Carro (2009):

1. Transporte de bienes y servicios
 - a) Diagramación de recorridos.
 - b) Diseño de sistemas de distribución.
 - c) Entregas de mercaderías.
 - d) Localización de depósitos.
 - e) Planes de vuelo en aerolíneas.
 - f) Sincronización de semáforos.
 - g) Transportes de personal.
 - h) Producción y distribución de autopartes.
 - i) Determinación de costos marginales.
 - j) Recorridos de ventas.
 - k) Circuitos turísticos.
 - l) Conexiones aéreas.
 - m) Rutas para cruceros.

2. Cadenas de distribución con Transbordo
 - a) Sistemas de distribución de bienes y servicios.
 - b) Producción y transporte de fluidos (gas, líquidos).
 - c) Transporte multimodal (utilización óptima).
 - d) Planeamiento de la producción y financiero.
 - e) Análisis de ubicación de centros de distribución.
 - f) Transportación de materiales perecederos (sustituyendo los costos por tiempo).

Como se podrá ver, el modelo de transbordo tiene múltiples aplicaciones y beneficios para su uso en la vida real. A pesar de ser un modelo utilizado en su mayoría para el traslado de mercancías, también es posible su aplicación para el

sector terciario, como es el caso de la actividad turística, principal objetivo de este trabajo.

Pese al surgimiento de nuevas herramientas para la creación de las rutas más cortas, como *RouteXL*, *Global Map* o incluso *Google Maps*, no es necesario aportar demasiados recursos en software para una mejor planeación, asignación y distribución, dado que un modelo de optimización logística puede lograr los resultados óptimos esperados (Sierra, Zamudio, & Rojas, 2015).

II.5 Caso práctico

Ejercicio problema de transbordo

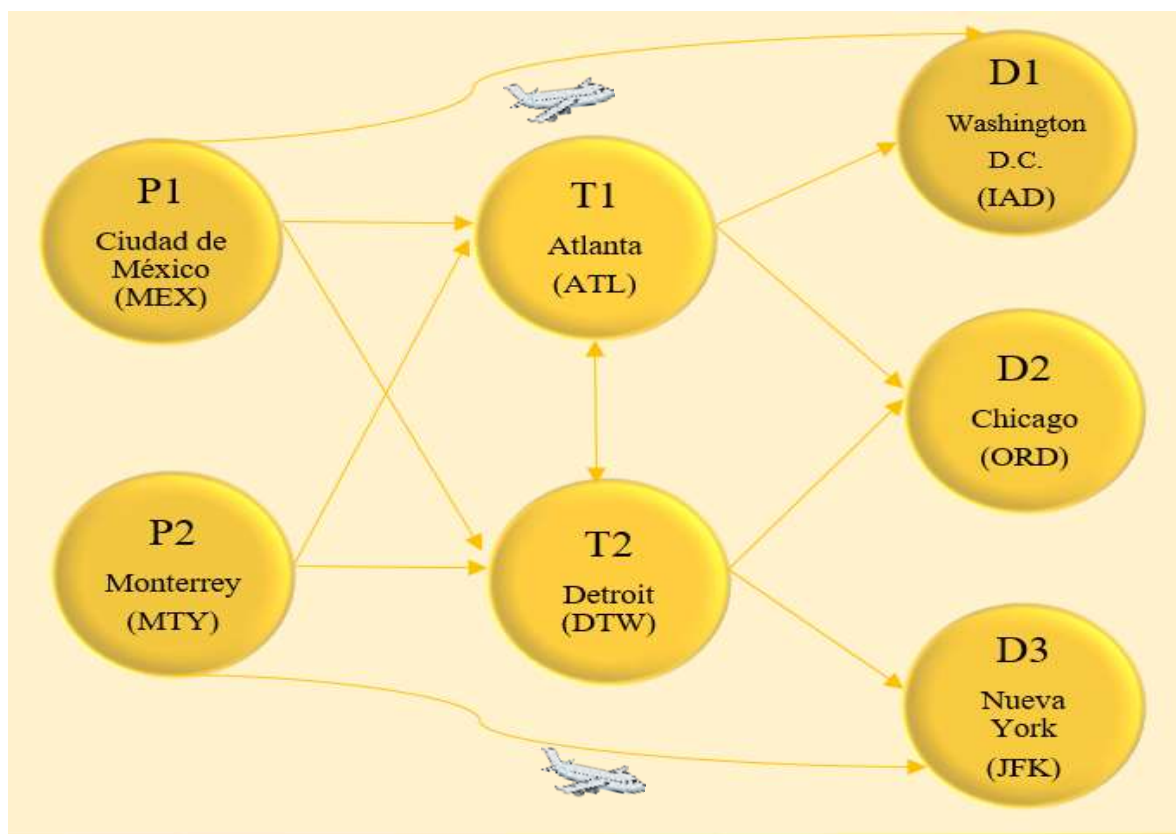
Delta Air Lines es una aerolínea comercial estadounidense cuya base de operación está situada en Atlanta, Georgia, la cual ofrece 375 destinos a 66 países, a través de diversas rutas, además del servicio de rutas futuras. Es, junto con Aeroméxico, Air France, y Korean Air, miembro de la alianza de aerolíneas globales *Sky Team*. Se le considera la aerolínea más grande del mundo; transporta alrededor de 170 millones de pasajeros al año, y cuenta con aproximadamente 75,000 empleados. Su principal centro de conexión (*hub*) es el Aeropuerto Internacional Hartsfield-Jackson, en Atlanta; sus centros de conexión secundarios son Cincinnati, Nueva York-JFK y Salt Lake City, sin embargo, después de la fusión con *Northwest* se amplió con los aeropuertos de Detroit, Memphis, Minneapolis-St. Paul y Tokyo-Narita.

Delta Air Lines realiza vuelos diariamente desde dos de las ciudades más industrializadas de México: Ciudad de México (MEX) y Monterrey (MTY), con destino a tres ciudades de Estados Unidos: Washington D.C. (IAD), Chicago (ORD) y Nueva York (JFK). La aerolínea tiene una oferta de asientos para la demanda de los pasajeros que requieren transportarse a cualquiera de esos tres destinos. Estos vuelos representan un costo de transporte /vuelo del origen al destino. Pueden realizarse de manera directa, como se muestra en la figura 1,

sin embargo, representa un mayor costo de operación para la aerolínea, que da como resultado un mayor precio en los vuelos directos. Los pasajeros demandan vuelos más económicos, y con el mínimo tiempo posible, tomando en cuenta el tiempo de transbordo y de espera. Por esa razón la aerolínea requiere generar las rutas más óptimas para llegar a los destinos más rápido, minimizando los gastos de operación. La aerolínea ha decidido implementar dos puntos de transbordo, los cuales serán en las ciudades de Atlanta (ATL) y Detroit (DTW). Estas nuevas rutas permitirán minimizar los gastos de operación de la aerolínea y por ende la minimización del precio en los vuelos.

Figura 2

Representación gráfica del problema de transbordo



Fuente: Elaboración de los autores

La aerolínea debe transportar a sus pasajeros de acuerdo con la demanda requerida por cada uno de ellos. La aeronave que parte de la Ciudad de México es un Airbus A321, con capacidad para transportar hasta 192 pasajeros por vuelo; mientras que la aeronave que despegue desde la ciudad de Monterrey es

la Airbus A320, con una capacidad máxima de 160 pasajeros. Los viajeros serán transportados hacia las ciudades de Washington D.C., Chicago y Nueva York. De la Ciudad de México son transportados un promedio de 1,000 pasajeros por semana, mientras que en Monterrey promedian 750 pasajeros. Hay una posibilidad de reducir los costos transportando a los pasajeros a través de puntos de transbordo, como las ciudades de Atlanta y Detroit, donde desciende el porcentaje de pasajeros destinados a los puntos de empalme, y posteriormente transportar al resto a sus destinos finales.

Las demandas requeridas para cada ciudad se distribuyen tal y como se indican en la siguiente tabla 1:

<i>Ciudad</i>	<i>Demanda pasajero/semana</i>
Atlanta	600
Detroit	400
Washington D.C.	350
Chicago	300
Nueva York	250
Total	1,900

Tabla 1

Los costos unitarios (dls.) de cada pasajero en cada tramo factible se desglosan en la tabla 2:

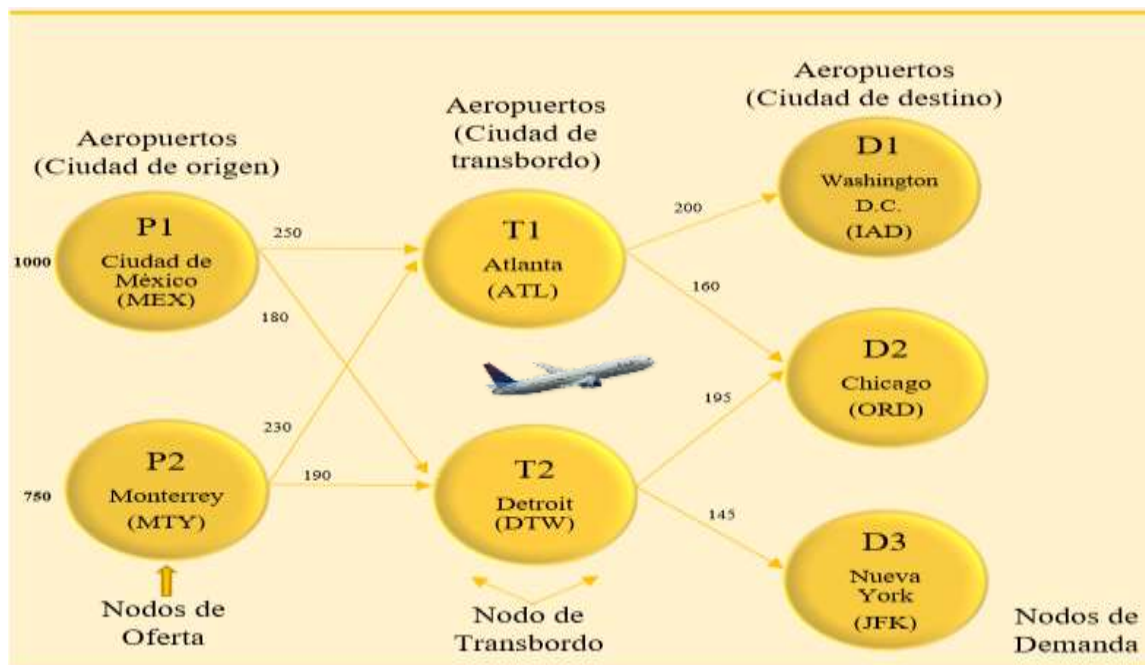
<i>Desde</i>	<i>Hacia</i>				
	<i>Atlanta</i>	<i>Detroit</i>	<i>Washington D.C.</i>	<i>Chicago</i>	<i>Nueva York</i>
<i>Ciudad de México</i>	250	180	-	-	-
<i>Monterrey</i>	230	190	-	-	-
<i>Atlanta</i>	-	-	200	160	-
<i>Detroit</i>	-	-	-	195	145

Tabla 2

La aerolínea desea satisfacer la demanda minimizando el costo de transporte de sus pasajeros. Para una mejor comprensión del problema se presenta un diagrama descriptivo en el que los nodos intermedios representan el punto de conexión entre el origen y el destino. Los nodos de oferta representan las ciudades de origen, los nodos de transbordo son las ciudades en las que se hará la conexión y los nodos de demanda representan los destinos.

Figura 3

Representación de Red del problema de transbordo de la aerolínea.



Fuente: elaboración de los autores

A continuación se debe elaborar una tabla de transporte siguiendo las siguientes reglas (Universidad Santa María, 2003):

- Construir una fila por cada punto de oferta y de transbordo.
- Construir una columna por cada punto de demanda y de transbordo.
- Cada punto i de oferta debe poseer una oferta igual a su oferta original s_i . Cada punto de demanda j debe poseer una demanda igual a su demanda original d_j .

- Cada punto de transbordo debe tener una oferta igual a su oferta original + s y una demanda igual a su demanda original + s . Como de antemano no se conoce la cantidad que transitará por cada punto de transbordo, la idea es asegurar que no se exceda su capacidad. Se agrega s a la oferta y a la demanda del punto de transbordo para no desbalancear la tabla.
- Si el problema lo requiere, se debe de agregar un punto ficticio (con oferta 0 y demanda igual al excedente) para balancear el problema, al igual que los costos de envío deben ser 0.

La tabla quedará como se observa a continuación:

Destino Origen	Atlanta 1	Detroit 2	Washington 3	Chicago 4	Nueva York 5	Ofertas
Ciudad de México 1	250	180	M	M	M	1000
Monterrey 2	230	190	M	M	M	750
Atlanta 3	0	M	200	160	M	1900
Detroit 4	M	0	M	195	145	1900
Centro ficticio 5	0	0	0	0	0	150
Demandas	2500	2300	350	300	250	

Tabla 3

Los costos de las casillas correspondientes a las rutas que están restringidas por los elevados costos o por las complicaciones en logística se representan por M (puede saberse porque no hay flecha que conecte un nodo con otro en la figura 2).

La tabla será utilizada para resolver el problema de transbordo mediante el Método de Aproximación de Vogel (MAV), que es uno de los más utilizados en la resolución de problemas de transporte por ser de solución básica y de muy buenas aproximaciones iniciales, muchas veces resultando en las distribuciones óptimas. También se le conoce como Método de penalizaciones. Aquí se desarrollará de la manera siguiente:

Para poder resolver el problema de transbordo por el método Vogel es necesario tomar en cuenta los siguientes pasos de acuerdo con Izar (1996):

1. Para cada renglón y cada columna encontrar la diferencia de costo entre la casilla más barata y la que le sigue en costo.
2. En aquel renglón o columna donde dicha diferencia sea la máxima, asignar lo máximo posible en la casilla de menor costo. En caso de empates en las diferencias buscadas, se selecciona al azar una de ellas.
3. Se elimina aquella línea (renglón o columna) que haya quedado satisfecha con la asignación del paso anterior.
4. Repetir los pasos anteriores hasta completar la tabla de transporte.

De acuerdo con el primer paso, se hallará para cada renglón y para cada columna la diferencia entre la casilla más barata y la que le sigue en costo, con base en los datos de la tabla 3.

<i>Línea</i>	<i>Diferencia</i>
Primer renglón	$250-180=70$
Segundo renglón	$230-190=40$
Tercer renglón	$160-0=160$
Cuarto renglón	$145-0=145$
Quinto renglón	$0-0=0$
Primera columna	$0-0=0$
Segunda columna	$0-0=0$
Tercera columna	$200-0=200$
Cuarta columna	$160-0=160$
Quinta columna	$145-0=145$

A continuación, al haber una columna ficticia, se elimina en primer lugar, por lo que se selecciona al azar alguna casilla de la quinta columna, asignando 150 unidades de la oferta que balanceaba la demanda, quedando de la siguiente manera:

<i>Destino</i> <i>Origen</i>	<i>Atlanta 1</i>	<i>Detroit 2</i>	<i>Washington 3</i>	<i>Chicago 4</i>	<i>Nueva York 5</i>	<i>Ofertas</i>
<i>Ciudad de México A</i>	250	180	M	M	M	1000
<i>Monterrey B</i>	230	190	M	M	M	750
<i>Atlanta C</i>	0	M	200	160	M	1900
<i>Detroit D</i>	M	0	M	195	145	1900
<i>Centro ficticio E</i>	0 X	0 X	0 150	0 X	0 X	150
<i>Demandas</i>	2500	2300	350	300	250	

De esta manera, se repite el procedimiento conforme al paso 4. Se enlistan nuevamente las diferencias para cada renglón y columna entre las casillas más baratas.

<i>Línea</i>	<i>Diferencia</i>
Primer renglón	$250-180=70$
Segundo renglón	$230-190=40$
Tercer renglón	$160-0=160$
Cuarto renglón	$145-0=145$
Primera columna	$0-0=0$
Segunda columna	$0-0=0$
Tercera columna	$200-0=200$
Cuarta columna	$160-0=160$
Quinta columna	$145-0=145$

En el siguiente procedimiento, de acuerdo con el paso 2, se selecciona la máxima diferencia y se asigna lo máximo posible a la línea que cumpla la máxima diferencia. En este caso sería la tercera columna, asignando lo máximo posible en la casilla de menor costo, que sería C3, ya que la E3 fue asignada en el procedimiento anterior. A esta casilla se le asigna lo restante de la demanda total de 350. Al haber asignado 150 de la fila 5 nos quedan 200 unidades, y queda así:

<i>Destino</i> <i>Origen</i>	<i>Atlanta 1</i>	<i>Detroit 2</i>	<i>Washington 3</i>	<i>Chicago 4</i>	<i>Nueva York 5</i>	<i>Ofertas</i>
<i>Ciudad de México A</i>	250	180	M X	M	M	1000
<i>Monterrey B</i>	230	190	M X	M	M	750
<i>Atlanta C</i>	0	M	200 200	160	M	1900
<i>Detroit D</i>	M	0	M X	195	145	1900
<i>Centro ficticio E</i>	0 X	0 X	0 150	0 X	0 X	150
<i>Demandas</i>	2500	2300	350	300	250	

<i>Línea</i>	<i>Diferencia</i>
Primer renglón	250-180=70
Segundo renglón	230-190=40
Tercer renglón	160-0=160
Cuarto renglón	145-0=145
Primera columna	0-0=0
Segunda columna	0-0=0
Cuarta columna	160-0=160
Quinta columna	145-0=145

Posteriormente, se siguen eliminando las líneas que cumplan con el paso 2. En este caso es el tercer renglón, seleccionado al azar, ya que se empata en la máxima diferencia con la cuarta columna.

<i>Destino</i> <i>Origen</i>	<i>Atlanta 1</i>	<i>Detroit 2</i>	<i>Washington 3</i>	<i>Chicago 4</i>	<i>Nueva York 5</i>	<i>Ofertas</i>
<i>Ciudad de México A</i>	250	180	M X	M	M	1000
<i>Monterrey B</i>	230	190	M X	M	M	750
<i>Atlanta C</i>	0 1900	M X	200 200	160 X	M X	1900
<i>Detroit D</i>	M	0	M X	195	145	1900
<i>Centro ficticio E</i>	0 X	0 X	0 150	0 X	0 X	150
<i>Demandas</i>	2500	2300	350	300	250	

<i>Línea</i>	<i>Diferencia</i>
Primer renglón	250-180=70
Segundo renglón	230-190=40
Cuarto renglón	145-0=145
Primera columna	0-0=0
Segunda columna	0-0=0
Cuarta columna	160-0=160
Quinta columna	145-0=145

Se continúa con la eliminación de las líneas empatadas con la máxima diferencia, la cual se empataba con la línea eliminada anteriormente. En este caso es la cuarta columna, asignando en la casilla de menor costo el máximo posible: 300 unidades.

<i>Destino</i> <i>Origen</i>	<i>Atlanta 1</i>	<i>Detroit 2</i>	<i>Washington 3</i>	<i>Chicago 4</i>	<i>Nueva York 5</i>	<i>Ofertas</i>
<i>Ciudad de México A</i>	250	180	M	M	M	1000
			X	X		
<i>Monterrey B</i>	230	190	M	M	M	750
			X	X		
<i>Atlanta C</i>	0	M	200	160	M	1900
	1900	X	200	X	X	
<i>Detroit D</i>	M	0	M	195	145	1900
			X	300		
<i>Centro ficticio E</i>	0	0	0	0	0	150
	X	X	150	X	X	
<i>Demandas</i>	2500	2300	350	300	250	

La secuencia se observa de la siguiente manera:

<i>Línea</i>	<i>Diferencia</i>
Primer renglón	$250-180=70$
Segundo renglón	$230-190=40$
Cuarto renglón	$145-0=145$
Primera columna	$0-0=0$
Segunda columna	$0-0=0$
Quinta columna	$145-0=145$

De aquí se continúa repitiendo el procedimiento del paso 2 con la máxima diferencia de los empates, eligiendo al azar la quinta columna, asignando lo máximo posible en la casilla de menor costo.

<div>Destino</div> <div>Origen</div>	Atlanta 1	Detroit 2	Washington 3	Chicago 4	Nueva York 5	Ofertas
Ciudad de México A	250	180	M X	M X	M X	1000
Monterrey B	230	190	M X	M X	M X	750
Atlanta C	0 1900	M X	200 200	160 X	M X	1900
Detroit D	M 	0 	M X	195 300	145 250	1900
Centro ficticio E	0 X	0 X	0 150	0 X	0 X	150
Demandas	2500	2300	350	300	250	

Línea	Diferencia
Primer renglón	250-180=70
Segundo renglón	230-190=40
Cuarto renglón	145-0=145
Primera columna	0-0=0
Segunda columna	0-0=0

Se repite el proceso con el cuarto renglón, el cual continúa siendo la máxima diferencia de las opciones posibles.

<i>Destino</i> <i>Origen</i>	<i>Atlanta 1</i>	<i>Detroit 2</i>	<i>Washington 3</i>	<i>Chicago 4</i>	<i>Nueva York 5</i>	<i>Ofertas</i>
<i>Ciudad de México A</i>	250	180	M X	M X	M X	1000
<i>Monterrey B</i>	230	190	M X	M X	M X	750
<i>Atlanta C</i>	0 1900	M X	200 200	160 X	M X	1900
<i>Detroit D</i>	M X	0 1350	M X	195 300	145 250	1900
<i>Centro ficticio E</i>	0 X	0 X	0 150	0 X	0 X	150
<i>Demandas</i>	2500	2300	350	300	250	

Ahora se repiten los pasos del 1 al 3 con la porción de tabla asignada. En este caso permanece un empate entre la primera y la segunda columna, se selecciona al azar la segunda columna y se asigna el máximo posible de la casilla de menor costo, siendo 950 unidades las máximas posibles, ya que ya se habían asignado 1350 unidades en la casilla D2.

<i>Destino</i> <i>Origen</i>	<i>Atlanta 1</i>	<i>Detroit 2</i>	<i>Washington 3</i>	<i>Chicago 4</i>	<i>Nueva York 5</i>	<i>Ofertas</i>
<i>Ciudad de México A</i>	250	180 950	M X	M X	M X	1000
<i>Monterrey B</i>	230	190 X	M X	M X	M X	750
<i>Atlanta C</i>	0 1900	M X	200 200	160 X	M X	1900
<i>Detroit D</i>	M X	0 1350	M X	195 300	145 250	1900
<i>Centro ficticio E</i>	0 X	0 X	0 150	0 X	0 X	150
<i>Demandas</i>	2500	2300	350	300	250	

Línea

Primer renglón
Segundo renglón
Primera columna

Diferencia

250-180=70
230-190=40
0-0=0

Hasta este momento sólo quedan tres opciones para eliminar líneas, podría pensarse que la siguiente sería la opción que resulta en 0, sin embargo, no es la línea con la máxima diferencia, como había ocurrido anteriormente. Por este motivo la línea siguiente a eliminar será el primer renglón que dio como resultado de la resta entre la más barata y la de menor costo en 70. La resta de 950 a 1000 es igual a 50 unidades, las cuales asignamos a la casilla A1.

<i>Destino</i> <i>Origen</i>	<i>Atlanta 1</i>	<i>Detroit 2</i>	<i>Washington 3</i>	<i>Chicago 4</i>	<i>Nueva York 5</i>	<i>Ofertas</i>
<i>Ciudad de México A</i>	250 50	180 950	M X	M X	M X	1000
<i>Monterrey B</i>	230	190 X	M X	M X	M X	750
<i>Atlanta C</i>	0 1900	M X	200 200	160 X	M X	1900
<i>Detroit D</i>	M X	0 1350	M X	195 300	145 250	1900
<i>Centro ficticio E</i>	0 X	0 X	0 150	0 X	0 X	150
<i>Demandas</i>	2500	2300	350	300	250	

<i>Línea</i>	<i>Diferencia</i>
Segundo renglón	230-190=40
Primera columna	0-0=0

De aquí sólo queda el segundo renglón y la primera columna, por esa razón se elige la máxima diferencia: el segundo renglón. Asignando 750 unidades en la casilla B1, tomadas de la oferta.

<i>Destino</i> <i>Origen</i>	<i>Atlanta 1</i>	<i>Detroit 2</i>	<i>Washington 3</i>	<i>Chicago 4</i>	<i>Nueva York 5</i>	<i>Ofertas</i>
<i>Ciudad de México A</i>	250 50	180 950	M X	M X	M X	1000
<i>Monterrey B</i>	230 750	190 X	M X	M X	M X	750
<i>Atlanta C</i>	0 1900	M X	200 200	160 X	M X	1900
<i>Detroit D</i>	M X	0 1350	M X	195 300	145 250	1900
<i>Centro ficticio E</i>	0 X	0 X	0 150	0 X	0 X	150
<i>Demandas</i>	2500	2300	350	300	250	

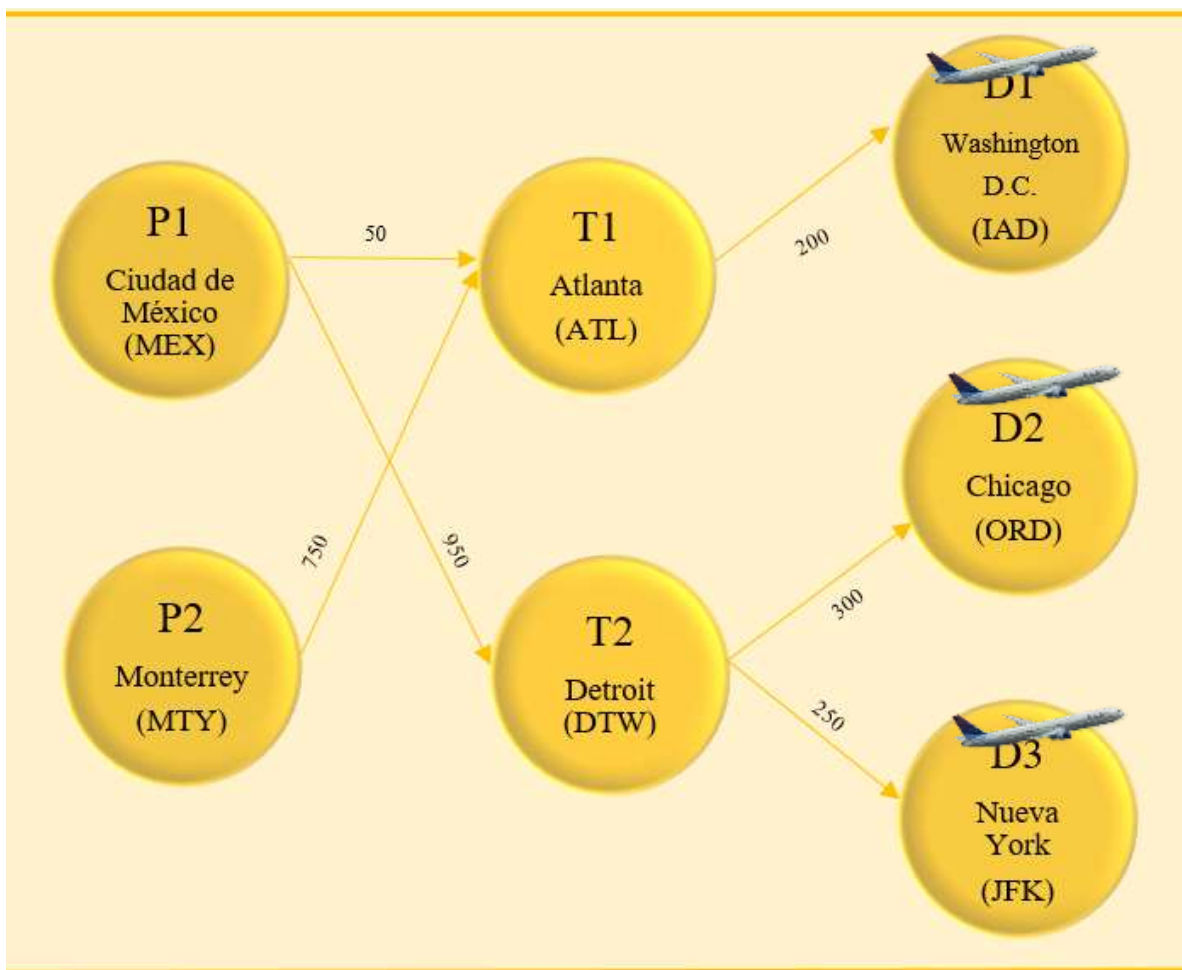
De esta forma queda una distribución completa. Este método da mejores distribuciones iniciales, y además se puede obtener de una manera más sencilla

y más rápida, es decir, reduciendo los procedimientos o cuadros para trabajar en uno sólo. El proceso se elaboró de esta manera para hacer más sencilla su comprensión.

Una vez obtenida la solución óptima se esquematizarán los pasajeros/semana que se deben transportar en las respectivas flechas.

Representación de Red del problema de transbordo con la asignación de pasajeros

Figura 4



Fuente: Elaboración de los autores

Los empalmes, nodos o puntos de transbordo reciben también una cantidad de pasajeros. Algunos de ellos se quedan en ese destino, y otros transbordan hacia su destino final, que hacen la diferencia entre la demanda de los empalmes (T's) y la demanda de los destinos (D's). Es importante mencionar que habrá 150

pasajeros que no se satisfarán en la ciudad de Washington, debido a que las ofertas son menores a las demandas, es decir, que los asientos disponibles (oferta) no cubren la demanda total de los pasajeros.

De acuerdo con la última tabla, el costo total de la red de distribución elaborada será:

$Ct = (50)(250) + (950)(180) + (750)(230) + (200)(200) + (300)(195) + (250)(145) = 490,750.0$ /Semana. Que representa el costo total que surge de satisfacer la demanda de 1,750 pasajeros por semana.

II.6 Solución de Excel para el problema de transbordo

A continuación, se elaborará la solución del problema de transbordo mediante el método *Solver*, utilizando Excel 2013. Para iniciar, se debe abrir una hoja nueva de Excel, para construir una tabla que permita comenzar a realizar el problema.

Es necesario mencionar que en este ejemplo se manejan 2 nodos de Oferta Pura, representados con P1 y P2, es decir, son aquellos nodos que sólo producen sin recibir ninguna oferta. Después se utilizan los nodos T1 y T2, los cuales son simplemente Transbordos, ya que no envían la misma cantidad que reciben, por tal motivo no pueden ser nodos de Transbordo Puro. Por último, se cuenta con 3 Destinos Puros (D1, D2 y D3), ya que únicamente reciben la oferta de los transbordos, mas no ofertan o envían pasajeros a otros destinos.

Una vez entendidos los nodos que se utilizan en el problema se realizarán los siguientes pasos:

1. Desarrollar una matriz de asignación en la parte superior de la hoja de cálculo, asignando los valores con los datos proporcionados en el problema. Como se observa en las celdas (B3:H9), tomando en cuenta que en las celdas donde anteriormente se representaron con "M" los casos donde no hay una ruta directa, se representarán esta vez con una cantidad

mayor; para que la hoja de cálculo identifique que no existe esa ruta, en este caso, utilizaremos la cantidad de 1000, y con “0” se representan los envíos a sí mismos, de la misma manera que se hizo con el método Vogel. Se utilizarán los mismos datos que se utilizaron en la matriz de Vogel en esta nueva matriz de Excel.

C13	:	X	✓	fx					
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1									
2									
3			T1 (ATL)	T2 (DTW)	D1 (IAD)	D2 (ORD)	D3 (JFK)		
4		P1 (MEX)	250	180	1000	1000	1000	1000	
5		P2 (MTY)	230	190	1000	1000	1000	750	
6		T1 (ATL)	0	1000	200	160	1000	1900	
7		T2 (DTW)	1000	0	1000	195	145	1900	
8		FICTICIO	0	0	0	0	0	150	
9			2500	2300	350	300	250		
10									
11									

2. El siguiente paso es copiar la matriz y pegarla debajo de la misma matriz en la hoja de cálculo, pero suprimiendo los datos de la segunda para poder ingresar los datos de decisión, como se observa en la siguiente figura:

J18								
	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3			T1 (ATL)	T2 (DTW)	D1 (IAD)	D2 (ORD)	D3 (JFK)	
4		P1 (MEX)	250	180	1000	1000	1000	1000
5		P2 (MTY)	230	190	1000	1000	1000	750
6		T1 (ATL)	0	1000	200	160	1000	1900
7		T2 (DTW)	1000	0	1000	195	145	1900
8		FICTICIO	0	0	0	0	0	150
9			2500	2300	350	300	250	
10								
11								
12								
13			T1 (ATL)	T2 (DTW)	D1 (IAD)	D2 (ORD)	D3 (JFK)	
14		P1 (MEX)						
15		P2 (MTY)						
16		T1 (ATL)						
17		T2 (DTW)						
18		FICTICIO						
19								
20								

3. Agregar el valor 1 a las celdas (C14:G18) a la matriz de decisión, la cual representa los valores que van a cambiar y determinará qué decisión tomar posteriormente.

C14		:	<div><div>✕</div><div>✓</div><div><i>fx</i></div></div>	1				
	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3			T1 (ATL)	T2 (DTW)	D1 (IAD)	D2 (ORD)	D3 (JFK)	
4		P1 (MEX)	250	180	1000	1000	1000	1000
5		P2 (MTY)	230	190	1000	1000	1000	750
6		T1 (ATL)	0	1000	200	160	1000	1900
7		T2 (DTW)	1000	0	1000	195	145	1900
8		FICTICIO	0	0	0	0	0	150
9			2500	2300	350	300	250	
10								
11								
12								
13			T1 (ATL)	T2 (DTW)	D1 (IAD)	D2 (ORD)	D3 (JFK)	
14		P1 (MEX)	1	1	1	1	1	
15		P2 (MTY)	1	1	1	1	1	
16		T1 (ATL)	1	1	1	1	1	
17		T2 (DTW)	1	1	1	1	1	
18		FICTICIO	1	1	1	1	1	
19								
20								

4. Lo siguiente es sumar las columnas y filas de cada nodo para generar las restricciones.

G19		✕ ✓ <i>f_x</i>		=SUMA(G14:G18)				
	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3			T1 (ATL)	T2 (DTW)	D1 (IAD)	D2 (ORD)	D3 (JFK)	
4		P1 (MEX)	250	180	1000	1000	1000	1000
5		P2 (MTY)	230	190	1000	1000	1000	750
6		T1 (ATL)	0	1000	200	160	1000	1900
7		T2 (DTW)	1000	0	1000	195	145	1900
8		FICTICIO	0	0	0	0	0	150
9			2500	2300	350	300	250	
10								
11								
12								
13			T1 (ATL)	T2 (DTW)	D1 (IAD)	D2 (ORD)	D3 (JFK)	
14		P1 (MEX)	1	1	1	1	1	5
15		P2 (MTY)	1	1	1	1	1	5
16		T1 (ATL)	1	1	1	1	1	5
17		T2 (DTW)	1	1	1	1	1	5
18		FICTICIO	1	1	1	1	1	5
19			5	5	5	5	=SUMA(G14:G18)	
20								

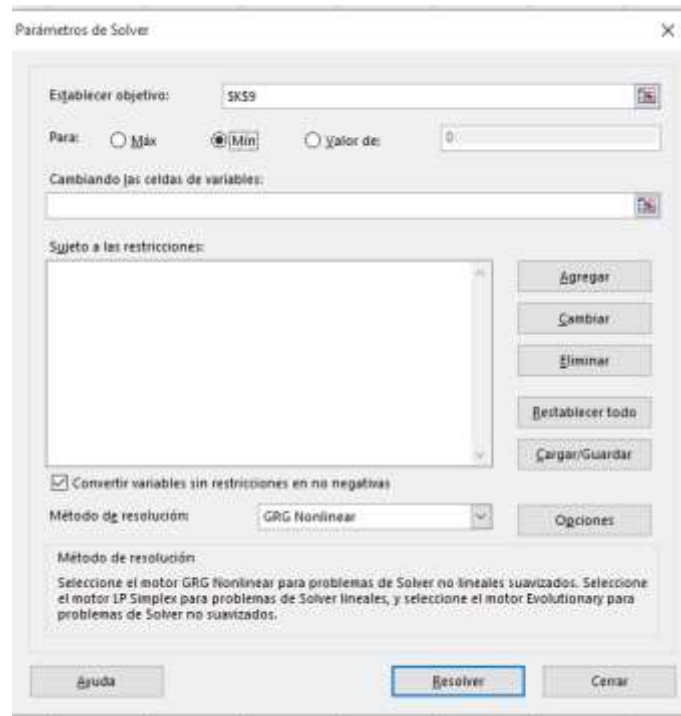
5. A continuación se elige una celda para agregar el costo total del problema, utilizando la siguiente fórmula: =SUMAPRODUCTO(C14:G18;C4;G8), la cual se leería como: la suma del producto de la matriz de decisión por la matriz de valores, dando como resultado un valor de: 11, 550.

K9	=SUMAPRODUCTO(C14:G18;C4:G8)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2											
3			T1 (ATL)	T2 (DTW)	D1 (IAD)	D2 (ORD)	D3 (JFK)				
4		P1 (MEX)	250	180	1000	1000	1000	1000			
5		P2 (MTY)	230	190	1000	1000	1000	750			
6		T1 (ATL)	0	1000	200	160	1000	1900			
7		T2 (DTW)	1000	0	1000	195	145	1900			
8		FICTICIO	0	0	0	0	0	150			
9			2500	2300	350	300	250		COSTO TOTAL	11550	
10											
11											
12											
13			T1 (ATL)	T2 (DTW)	D1 (IAD)	D2 (ORD)	D3 (JFK)				
14		P1 (MEX)	1	1	1	1	1	5			
15		P2 (MTY)	1	1	1	1	1	5			
16		T1 (ATL)	1	1	1	1	1	5			
17		T2 (DTW)	1	1	1	1	1	5			
18		FICTICIO	1	1	1	1	1	5			
19			5	5	5	5	5				
20											

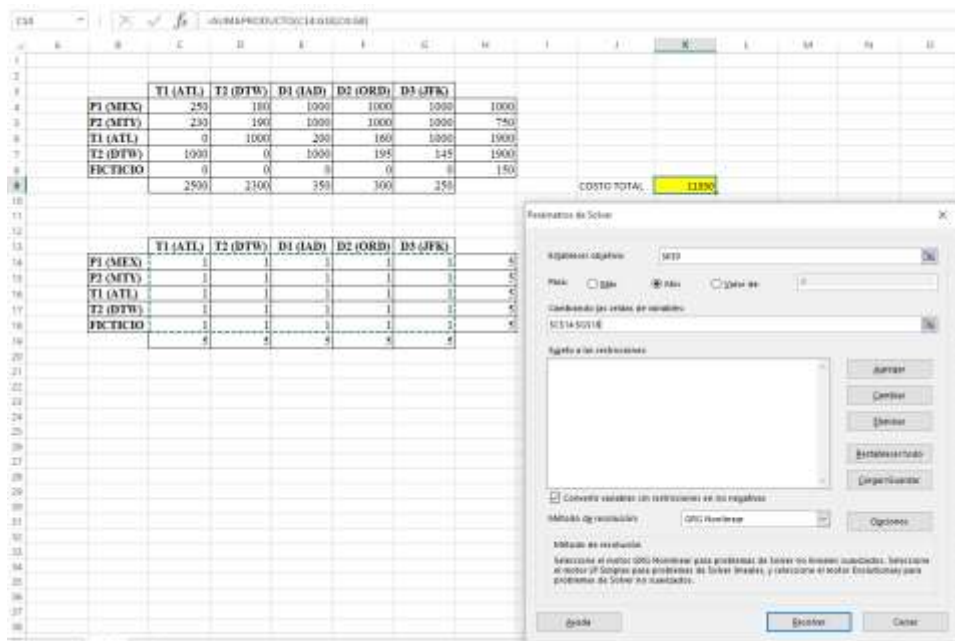
6. Después se abre el complemento *Solver* y se da clic en la pestaña datos y se elige la opción *Solver*.



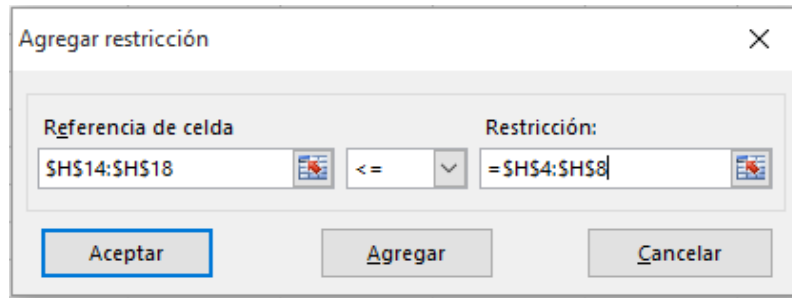
7. En la ventana *Solver*, opción “Establecer Objetivo”, seleccionar la celda de Costo total (K9) y luego la opción “MIN” para minimizar costos, al cambiar las celdas de variables.



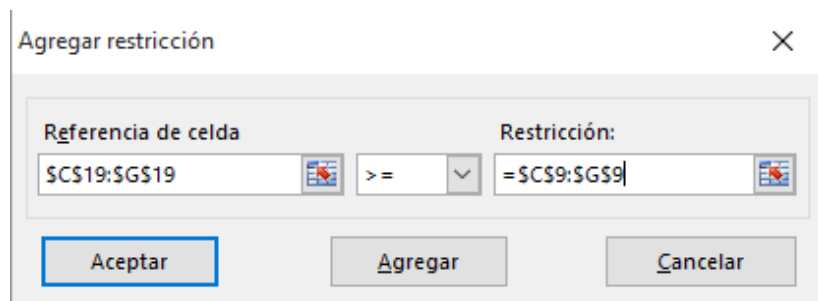
8. En la opción “Cambiando las celdas de variables”, seleccionar los parámetros de *Solver* (C14:G18), que son las variables de decisión.



9. En la opción “Agregar”, agregar las restricciones de la suma de ofertas de la matriz de decisión (H14:H18), la cual tiene que ser $[<=]$ que la oferta de la matriz de valores (H4:H8).



10. Dentro de la misma ventana, seleccionar nuevamente “Agregar” para ingresar una nueva restricción, la cual será: la suma de la demanda de la matriz de decisión (C19:G19) debe ser $[>=]$ que la demanda de la matriz de valores (C9:G9). Seleccionar la opción “Aceptar”.



11. De nueva cuenta se abrirá la ventana de parámetros de *Solver*. Por último, seleccionar en la opción de “Método de resolución” la opción Simplex LP, y posteriormente seleccionar la opción “Resolver” para obtener la solución del problema.

De esta manera, *Solver* resuelve el mismo problema que se realizó mediante el Método Vogel, de una manera más rápida y sencilla, observando el resultado de la siguiente manera:

C12	=SUMAPRODUCTO(C14:G18;C4:G8)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2											
3			T1 (ATL)	T2 (DTW)	D1 (IAD)	D2 (ORD)	D3 (JFK)				
4		P1 (MEX)	250	180	1000	1000	1000	1000			
5		P2 (MTY)	230	190	1000	1000	1000	750			
6		T1 (ATL)	0	1000	200	160	1000	1900			
7		T2 (DTW)	1000	0	1000	195	145	1900			
8		FICTICIO	0	0	0	0	0	150			
9			2500	2300	350	300	250		COSTO TOTAL	490750	
10											
11											
12											
13			T1 (ATL)	T2 (DTW)	D1 (IAD)	D2 (ORD)	D3 (JFK)				
14		P1 (MEX)	50	950	0	0	0	1000			
15		P2 (MTY)	750	0	0	0	0	750			
16		T1 (ATL)	1700	0	200	0	0	1900			
17		T2 (DTW)	0	1350	0	300	250	1900			
18		FICTICIO	0	0	150	0	0	150			
19			2500	2300	350	300	250				
20											
21											

Al igual que el modelo de asignación, el modelo de transbordo puede considerarse una extensión del problema de transporte, y al igual que éste, los problemas son utilizados para la distribución desde cualquier grupo de centros de suministro. Como se pudo ver en este modelo, también es posible aplicarlo para resolver problemas referentes a la actividad turística, ya que esta industria tiene como su principal componente a la transportación, que se determina por el traslado del visitante desde un lugar de origen (residencia habitual) hacia un lugar de destino. Por ese motivo, es importante considerar los modelos de transporte para el turismo, sobre todo para los gestores de la actividad turística.

CAPÍTULO III. Modelo de producción

III.1 Concepto

La Real Academia Española (RAE, 2018c) define al término producción como la “suma de los productos del suelo o de la industria”, es decir, a partir de la suma de productos se busca crear bienes o servicios con valor económico, para rentar, reeditar interés o conseguir una utilidad o beneficio, bajo el efecto de la transformación. Sin embargo, la producción se remonta desde los inicios del desarrollo del ser humano al procurarse los medios necesarios para la producción de bienes y servicios que requería para sobrevivir en su medio; desde la creación de herramientas hasta la invención de máquinas para realizar sus objetivos. El recorrido histórico de la producción se concibe desde el contexto del medio doméstico (herramientas, energía muscular), pequeños talleres (herramientas mecánicas, fuerza de vapor y energía eléctrica), fábricas de manufactura (máquinas, energía hidráulica, química, eléctrica, etcétera), y más recientemente en la producción de bienes y servicios en la empresa pública y multinacional (automatización) con un método de análisis de investigación de operaciones, ya que “los métodos intuitivos y tradicionales han sido reemplazados por técnicas científicas, adaptadas al contexto de la empresa” (Castillo, 2009).

Se puede creer que la producción es un factor exclusivo de la manufactura, la cual implica la transformación de los recursos en un producto tangible, o bien, se podría asociar con el sector primario en donde se incluye el insumo y el producto, construyendo un esquema de producción a partir del insumo hacia las operaciones de transformación y la creación de un producto, sin embargo, también se puede hablar de la producción de servicios, los cuales no se consideraban bienes económicos sino hasta el aumento de la demanda de servicios en las últimas décadas. Para ello fue necesario la adaptación en las técnicas de administración utilizadas en la manufactura de bienes a la

producción de servicios (Castillo, 2009), es decir que a diferencia de la manufactura, los servicios implican la conversión de recursos en un resultado intangible: un acto, un desempeño, un esfuerzo (Adam & Ebert, 1991). En la siguiente figura se pueden apreciar las diferencias más elementales entre la producción de bienes y la producción de servicios:

Figura 5

Conjunto de características de las organizaciones manufactureras y de las de servicios



Fuente: Carro y González (2014).

En la administración de operaciones, la producción puede definirse como “el diseño, y la mejora de los sistemas que crean y producen los principales bienes y servicios, y que está dedicada a la investigación y a la ejecución de todas aquellas acciones que van a generar una mayor productividadⁱⁱ mediante la planificación, organización, dirección y control en la producción” (Vilcarromero, 2013). Por tal motivo, la administración de operaciones es fundamental para la toma de decisiones estratégicas, tácticas, de control y planeación operacional. Además, tiene como objetivo principal la producción de un bien específico, en tiempo y costos mínimos.

Vilcarromero (2013) menciona que las dimensiones básicas en las que se debe sustentar la producción son:

1. Bajos costos de producción (materiales, fuerza de trabajo, entregas, desperdicios, etc.).
2. Mejores tiempos de entrega (justo a tiempo).

3. Mejor calidad de las Manufacturas y servicios (Calidad y confiabilidad del producto).
4. Innovación y flexibilidad (sistema de producción con gran capacidad de adaptarse a nuevas tecnologías).

Como podrá observarse en los puntos anteriores, son dimensiones diseñadas principalmente para el sector secundario, no obstante, los servicios también tienen características especiales para su producción, los cuales se resumen en los siguientes puntos (Gaither & Frazier, 2000):

1. La diversidad con la que se caracterizan los servicios.
2. Hay tres dimensiones en el tipo de servicio: diseño estándar o según el pedido, cantidad de contacto con el cliente y mezcla de bienes con servicios intangibles.
3. También hay tres tipos de operaciones de servicio: cuasimanufactura, el cliente como participante y el cliente como producto.

Estos tres puntos especiales para el desarrollo de los servicios son esenciales en el proceso de producción, que caracterizan a sus operaciones, considerando el último punto para la clasificación de los servicios.

En las organizaciones o empresas de servicio es importante tomar en cuenta que hay diversos tipos de operación como el de los servicios de cuasimanufactura (restaurantes de comida rápida), el cliente como participante (cajeros automáticos, gasolineras) y el cliente como producto (aerolíneas, hoteles, restaurantes, seguros, guía de turistas, autotransportes, agencias de viajes, etcétera). En el caso en el que el cliente forma parte del proceso de producción es necesario que se proporcionen las condiciones físicas para un proceso de producción de servicios adecuado, en donde —como aseveran Krajewski y colaboradores (2008)— el común denominador de las decisiones es principalmente el contacto con el cliente.

La producción en los servicios es un tema que concierne a la industria turística, ya que en la actualidad se enfrenta a ciertos desafíos como: el dinamismo económico, político y tecnológico, la disminución de las distancias,

en los tiempos de reacción, aumento de la competencia, mayor disponibilidad de información, y la dependencia de recursos. Como se mencionó anteriormente, la producción se desarrolla bajo la premisa de la transformación, la cual se refleja en las distintas estrategias desarrolladas en el sector terciario para enfrentar la situación de los mercados actuales como (Szmulewicz & Oyarzún, 2002):

Liderazgo en precios (implica mejor relación precio/calidad y eficiencia empresarial); diferenciación (innovación y diversificación de productos y fidelizar clientes a través de marketing especializado, investigación permanente, alta coordinación en el producto y en los canales de distribución) y especialización (orientación a segmentos específicos a través de la combinación de los mecanismos señalados) (Pág. 9).

La siguiente tabla ejemplifica los requerimientos y productos en el sector de servicios, principalmente en el del turismo, comparándose con el sector primario y secundario:

Tabla 4

<i>Operación</i>	<i>Insumos</i>	<i>Productos</i>
Aerolínea	Aeronaves, instalaciones, pilotos, azafatas y personal de mantenimiento	Transportación de un origen hacia un destino, alimentos y servicios adicionales.
Agencia de viajes	Módulos de atención a clientes, agentes turísticos, mobiliario	Atención personalizada al cliente, cotizaciones, asesoramiento turístico y venta de paquetes turísticos (hoteles, vuelos, tours, traslados, renta de autos).
Hotel	Bell boys, hostess, recepcionistas, mucamas, ama de llaves, personal de limpieza y mantenimiento, meseros, chef, garroteros, barman, equipo e instalaciones.	Alojamiento, hospitalidad, servicios de alimentos y bebidas, y servicios adicionales.
Operadora turística	Agentes turísticos, guías de turistas, vehículos, equipo de seguridad.	Recorridos turísticos, transportación, actividades de aventura (rappel, kayak, rafting tirolesa) y seguro de responsabilidad civil.
Universidad	Profesores, personal administrativo, equipo, medios de investigación, instalaciones, personal de mantenimiento y limpieza.	Profesionales, investigación y servicios de extensión.
Industria manufacturera	Equipo, maquinaria, instalaciones, mano de obra, energía y materia prima.	Productos terminados.
Industria agrícola	Equipo, mano de obra, plaguicidas, fertilizantes, abonos, semillas, material de propagación vegetal y productos para el control de plagas.	Obtención de productos vegetales (verduras, frutos, granos y pastos).

Fuente: elaboración de los autores

La oferta de servicios turísticos requiere de métodos que procesen la información para hacer coincidir la estrategia de procesos para la producción de servicios con la demanda del producto, a fin de satisfacer la demanda, y procurar el costo total mínimo, tomando en cuenta la calidad, tiempo, flexibilidad y costo (Krajewski, Ritzman, & Manoj, 2008). Es aquí donde se echa mano de la investigación de operaciones para resolver los problemas en los procesos con el objetivo de maximizar la utilidad y/o minimizar los costos en el servicio, en donde el cliente es el punto focal de las decisiones y las acciones de la organización, mediante la estrategia del servicio, los sistemas de apoyo y los empleados (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

III.2 Fórmula

Como término general, no hay una fórmula que permita determinar todos los problemas de producción de las organizaciones, sin embargo, se deben tomar en cuenta algunas consideraciones para plantear el modelo de producción:

- a) Se debe plantear el objetivo de programación lineal, ya sea de maximización (de la ganancia o minimización de los costos) en forma de ecuación lineal.
- b) Se establecen las restricciones de la demanda de cada uno de los productos por periodo (semanal, mensual, trimestral, etcétera).
- c) Se pueden establecer restricciones del inventario final del periodo en caso de que sea diferente de 0 (esta condición puede no existir si el inventario quedara vacío luego de la programación).
- d) Se deben establecer las restricciones laborales concernientes a las horas de trabajo para la producción de cada uno de los productos (máximos y mínimos).
- e) Se deben plantear las restricciones de almacenaje por periodo.

Tomando en consideración la cantidad de restricciones que pueden existir en la programación de la producción de una organización, se recomienda el uso de sistemas informáticos que ayuden al tomador de decisiones a resolver el modelo.

III.3 Utilidad

El modelo de producción tiende a ser disperso en su utilización, ya que no cuenta con un método específico para su resolución, sino que se requiere conocer la pregunta de investigación para seleccionar el método más eficiente que permita evaluar la producción de las organizaciones, ya sea privadas o públicas, de bienes o de servicios, sobre todo en el sector servicios, el cual atañe a este trabajo. Por esta razón es importante mencionar que el modelo de producción en los servicios tiene como principal objetivo conseguir la mejor calidad de los servicios, ya que, al ser aparentemente intangible, es crucial que las organizaciones de servicio brinden una buena reputación a los clientes, además de ser un recurso que no se almacena ni se transporta, por tanto, la producción no se puede inventariar.

Según Carro y González (2014) las tendencias en administración de operaciones de la producción adherida a los cambios en la productividad y al impacto tecnológico que produce la aceleración de los cambios, el análisis de la producción tiene como objetivo:

1. El crecimiento de los servicios.
2. Enfoque global.
3. Despachos Justo a Tiempo.
4. Administración de la cadena de abastecimientos (*supply chain management*).
5. Personalización en masa.
6. Decisiones en la base (*empowerment*).
7. Sistemas integrados (ERP).

8. Responsabilidad social de la organización.

Precisamente al abordar el tema de responsabilidad social, es significativo mencionar que de acuerdo con las dinámicas sociales y cambios en la producción, sumado a los impactos tecnológicos y al crecimiento en la demanda de servicios, se sugiere un procedimiento más ético para los negocios (Carro & González, 2014), en el cual, con base en el análisis de la producción las empresas:

1. Tengan responsabilidades más amplias que las de producir bienes y servicios en forma lucrativa;
2. Ayuden a resolver problemas sociales importantes;
3. Respondan a un público más amplio y no sólo a sus accionistas;
4. Produzcan un impacto más allá de las transacciones del mercado; y
5. Estén al servicio de una gama de valores humanos que trascienda los valores económicos.

Por esa razón, Carro y González (2014) mencionan que es necesario que en las decisiones sobre diseño y operación de sistemas de producción se deben tomar en cuenta los problemas sociales, como los centros de trabajo inseguros, la discriminación contra minorías y mujeres, los residuos tóxicos, el envenenamiento del agua potable, la pobreza, la calidad del aire y el calentamiento global. De ahí la importancia de abordar este tipo de asuntos para solucionar problemas de producción en el turismo, una actividad en la que suceden este tipo de fenómenos negativos.

III.4 Aplicación

El modelo de producción se auxilia de diversos métodos para la resolución de problemas y su posterior aplicación, principalmente en el sector primario y secundario, pero también en el de las manufacturas y con valores económicos principalmente. Sin embargo, también tiene aplicación para el sector terciario,

como en la actividad turística. La mayor parte de sus aplicaciones de uso práctico en la vida real pueden hallarse en las consultoras especializadas en la producción, algunas de ellas son, según Quiroga y Aguirre (2014):

- a) Balanceo de líneas.
- b) Ajuste de cargas de trabajo.
- c) Incremento en la productividad de la empresa mediante la implementación de cambios en los métodos de trabajo.
- d) Eliminación de movimientos.
- e) Mejorar los procesos de planeación y control de la producción de una empresa.

O algunas otras aplicaciones tomadas del servicio que ofrecen otras consultoras comerciales como:

- a) Evaluación de las condiciones de higiene, seguridad y ambiente en los procesos de producción de bienes y servicios.
- b) Análisis sistemático de los métodos de trabajo.
- c) Determinación de las necesidades de espacio, recursos técnicos, humanos y financieros para optimizar los servicios, a través de la calidad total de los productos.
- d) Realización de estructuras de costos para los procesos de producción.
- e) Diseño de programas de mantenimiento preventivo, para equipos e instalaciones en las empresas.
- f) Diseño de programas de control de calidad, para materias primas, productos en proceso, productos terminados y servicios.
- g) Desarrollo del producto.
- h) Control de calidad.
- i) Mejora y optimización de procesos.
- j) Investigación y desarrollo.

Como se observa en las aplicaciones para los modelos de producción, es evidente que en su mayoría están destinados al sector secundario. A pesar de eso, también se pueden aplicar al sector terciario, equiparando las

características de las organizaciones manufactureras con las de servicios. El ejercicio siguiente es ejemplo de un modelo de producción en el sector turismo.

III.5 Caso práctico

Ejercicio de Programación de Producción

Royaltur era el nombre de la actual cadena hotelera española Oasis Hotels & Resorts, fundada en 1974, que más tarde en 1987 establecería hoteles en México. Iniciados los años noventa se incorporaron nuevos hoteles a la cadena y la marca se diversificó, fortalecida por las agencias de viajes y transportes. Actualmente cuenta con 8 propiedades en Cancún y Riviera Maya para viajes con fines de descanso, entretenimiento, convenciones, negocios, diversión, familiar o románticos. La cadena en México cuenta con más de 3,000 habitaciones que cubren un gran porcentaje de la oferta de estos dos destinos de Quintana Roo; además, cuenta con 39 restaurantes y 42 bares, sin dejar de mencionar que ofrece nuevos programas de entretenimiento y servicios, como deportes acuáticos no motorizados, campo de golf, spas, gimnasios, discotecas y clubes nocturnos; así como teatros donde se presentan espectáculos para los huéspedes, conformando así, una gran plantilla de trabajadores que puedan satisfacer la demanda de los turistas.

En este caso puede plantearse el problema de la cadena hotelera como un caso de transporte en la investigación de operaciones, en el que la capacidad de producción constituye la oferta y los consumos de artículos para cada periodo son la demanda.

Se debe tener en cuenta que pueden programarse turnos extras de producción, así como un inventario de la plantilla de trabajadores, que podrían

llegar a incrementar la oferta en caso de ser requerido. Sin embargo, también se corre el riesgo de hacerse de los servicios de trabajadores extras durante las temporadas vacacionales y no requerir de su trabajo por las intermitencias en los niveles de ocupación y oscilaciones en tarifas de ingresos por visitante, debido a diversos factores externos que afectan la ocupación hotelera, como: la inseguridad, las condiciones climatológicas y las crisis económicas, que generan mayores costos para la empresa. El siguiente problema se elaborará con base en un problema propuesto por Izar (1996), enfocado en la producción secundaria, sin embargo, esta vez se abordará desde el sector terciario, y más específicamente del sector turismo.

Problema:

La cadena Oasis Hotels & Resorts debe programar la producción de trabajo de sus ocho propiedades, en las áreas de alojamiento, alimentos y bebidas, comercial y administración, para la próxima temporada vacacional de verano, para lo cual la demanda se prevé de la siguiente manera: junio 1,500 empleados, julio 2,000 y agosto 1,300. Su capacidad normal de fuerza laboral es de 1,000 empleados mensuales con un costo promedio de \$175 dólares por empleado.

Se pueden programar empleados extra de hasta 600 puestos más por mes, a un costo de \$250 dólares. Si desea iniciar con un inventario de 300 empleados ¿Cómo deberá la administración de recursos humanos programar la producción para cumplir sus demandas a un costo total mínimo?

El costo de mantener en la nómina a cada empleado es de \$10 dólares mensuales.

Para solucionar este problema se deben considerar los orígenes como las capacidades mensuales de producción de cada mes, la capacidad con turnos extras y el inventario inicial, mientras que los destinos serán las demandas de empleados de cada mes, así como también un centro ficticio de demanda con la finalidad de igualar el total de las demandas con el de las ofertas.

Ya se mencionaron los costos por cada trabajador, y al igual que en el problema de transbordo, se utilizará en principio el método de Vogel. En este caso se asignará como “M” al costo de los trabajadores en un mes, así como también para la casilla cuyo origen es el inventario inicial, y destino el centro ficticio. Las demás casillas de la columna de éste, llevarán costo cero. Cada casilla que corresponda a un origen, o el inventario inicial y a un destino de un periodo posterior de consumo incrementará su costo en \$30 dólares por concepto de pagos de nómina.

Conociendo estos datos, la tabla de transporte será de la siguiente manera:

<i>Destino</i> <i>Origen</i>	<i>Demanda Junio</i>		<i>Demanda Julio</i>		<i>Demanda Agosto</i>		<i>Demanda Ficticia</i>		<i>Ofertas</i>
<i>Producción normal Junio</i>		175		205		235		0	1000
<i>Producción extra Junio</i>		250		280		310		0	600
<i>Producción normal Julio</i>		M		175		205		0	1000
<i>Producción extra Julio</i>		M		250		280		0	600
<i>Producción normal Agosto</i>		M		M		175		0	1000
<i>Producción extra Agosto</i>		M		M		250		0	600
<i>Inventario Inicial</i>		0		30		60		M	300
<i>Demandas</i>	1500		2000		1300		300		5100

Es importante mencionar que se inicia la tabla con el método Vogel, pero en este caso la distribución arroja un resultado degenerado, sin embargo, puede solucionarse de una manera más sencilla con el método *Solver*, sin necesidad de elaborar todo el método de Vogel. A continuación, se muestra el procedimiento:

III.6 Solución de Excel para el problema de producción

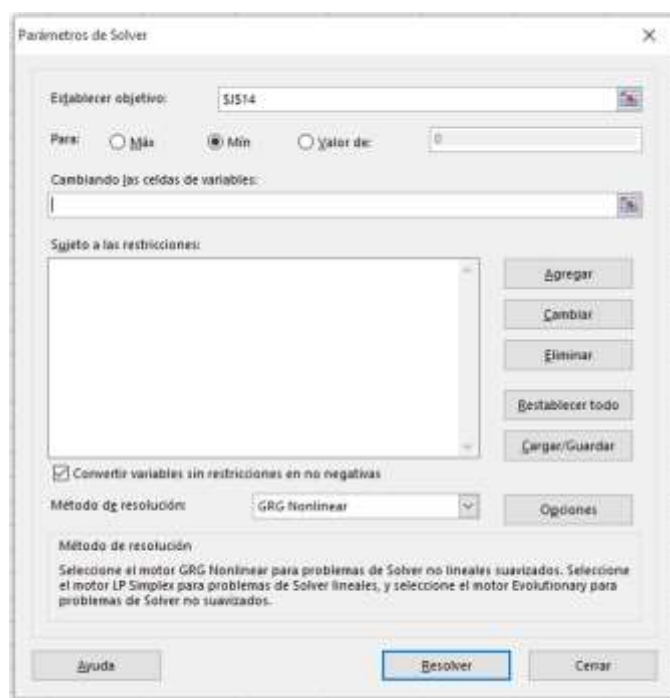
Es de suma relevancia aclarar que la solución del problema de producción aquí presentado se realizará de una manera similar a la mostrada en el problema de transbordo, con algunas modificaciones. Se inicia abriendo una hoja nueva de Excel.

3. Agregar el valor 1 a las celdas (C17:F23) a la matriz de decisión, la cual representa los valores que van a cambiar y determinará qué decisión tomar posteriormente.

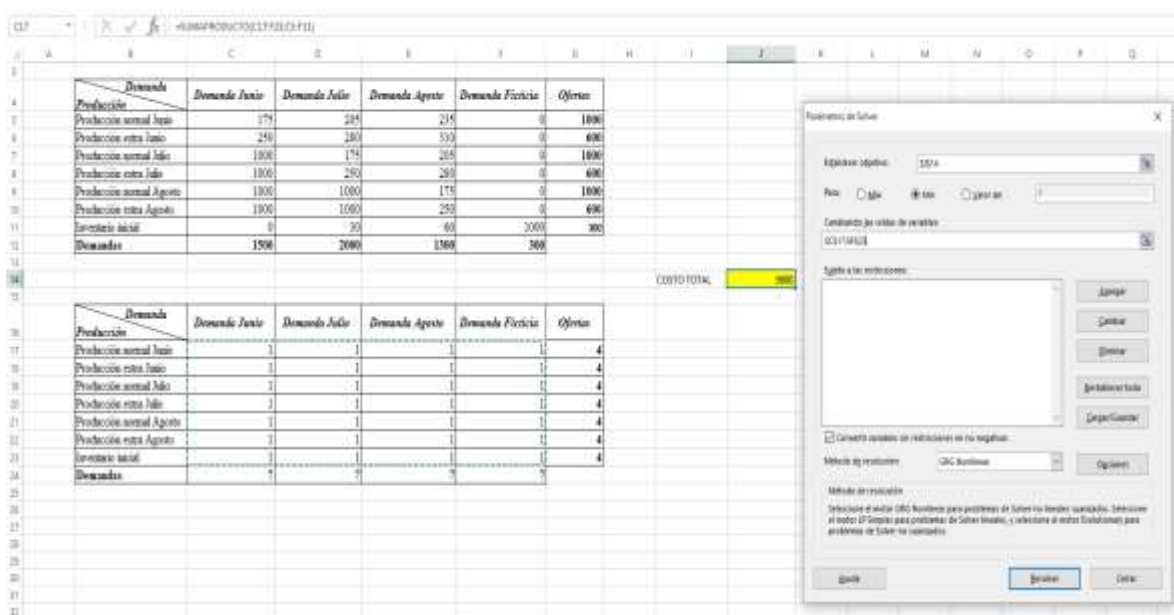
	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3							
4		Demanda	Demanda Junio	Demanda Julio	Demanda Agosto	Demanda Ficticia	Ofertas
5		Producción normal Junio	175	205	235	0	1000
6		Producción extra Junio	250	280	310	0	600
7		Producción normal Julio	1000	175	205	0	1000
8		Producción extra Julio	1000	250	280	0	600
9		Producción normal Agosto	1000	1000	175	0	1000
10		Producción extra Agosto	1000	1000	250	0	600
11		Inventario inicial	0	30	60	1000	300
12		Demandas	1500	2000	1300	300	
13							
14							
15							
16		Demanda	Demanda Junio	Demanda Julio	Demanda Agosto	Demanda Ficticia	Ofertas
17		Producción normal Junio	1	1	1	1	
18		Producción extra Junio	1	1	1	1	
19		Producción normal Julio	1	1	1	1	
20		Producción extra Julio	1	1	1	1	
21		Producción normal Agosto	1	1	1	1	
22		Producción extra Agosto	1	1	1	1	
23		Inventario inicial	1	1	1	1	
24		Demandas					
25							

4. Lo siguiente a ejecutar, es sumar las columnas y filas de las ofertas y las demandas, para generar las restricciones.

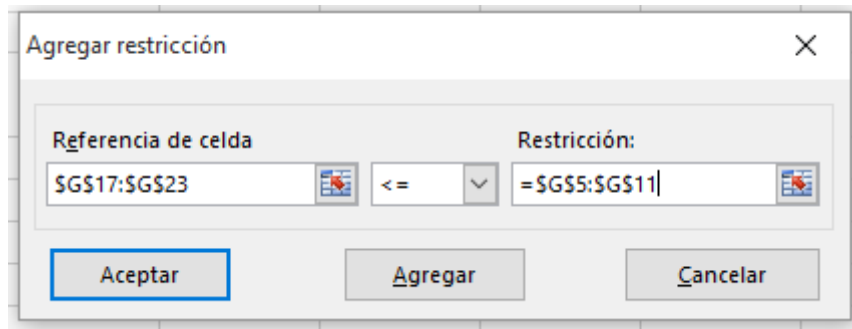
	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3							
4		Demanda	Demanda Junio	Demanda Julio	Demanda Agosto	Demanda Ficticia	Ofertas
5		Producción normal Junio	175	205	235	0	1000
6		Producción extra Junio	250	280	310	0	600
7		Producción normal Julio	1000	175	205	0	1000
8		Producción extra Julio	1000	250	280	0	600
9		Producción normal Agosto	1000	1000	175	0	1000
10		Producción extra Agosto	1000	1000	250	0	600
11		Inventario inicial	0	30	60	1000	300
12		Demandas	1500	2000	1300	300	
13							
14							
15							
16		Demanda	Demanda Junio	Demanda Julio	Demanda Agosto	Demanda Ficticia	Ofertas
17		Producción normal Junio	1	1	1	1	4
18		Producción extra Junio	1	1	1	1	4
19		Producción normal Julio	1	1	1	1	4
20		Producción extra Julio	1	1	1	1	4
21		Producción normal Agosto	1	1	1	1	4
22		Producción extra Agosto	1	1	1	1	4
23		Inventario inicial	1	1	1	1	4
24		Demandas	7	7	7	7	
25							



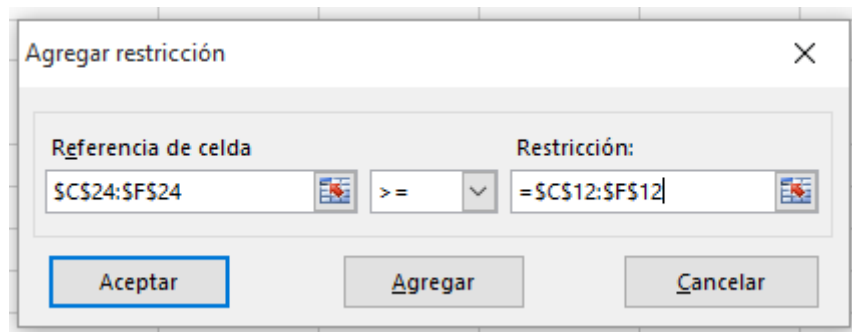
8. En la opción “Cambiando las celdas de variables”, seleccionar los parámetros de *Solver* (C17:F23), las cuales son las variables de decisión.



9. En la opción “Agregar”, incluir las restricciones de la suma de ofertas de la matriz de decisión (G17:G23), la cual tiene que ser $[<=]$ que la oferta de la matriz de valores (G5:511).



10. Dentro de la misma ventana seleccionar nuevamente “Agregar” para ingresar una nueva restricción, la cual será: la suma de la demanda de la matriz de decisión (C24:F24) debe ser [$> =$] que la demanda de la matriz de valores (C12:F12). Seleccionamos la opción “Aceptar”.



11. Nuevamente se abrirá la ventana de parámetros de *Solver*. Por último, seleccionar en la opción de “Método de resolución”, la opción Simplex LP, y posteriormente seleccionar la opción “Resolver” para obtener la solución del problema.

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para: ☐ Máx ☒ Mín ☐ Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

\$C\$24:\$F\$24 >= \$C\$12:\$F\$12
 \$G\$17:\$G\$23 <= \$G\$5:\$G\$11

Agregar

Cambiar

Eliminar

Restablecer todo

Cargar/Guardar

☒ Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución: Simplex LP

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.

Ayuda
Resolver
Cerrar

De esta manera, *Solver* resuelve el mismo problema que se realizó mediante el Método Vogel, de una manera más rápida y sencilla, observando el resultado de la siguiente manera:

[illegible]

Como se podrá observar, el problema quedó resuelto sin necesidad de llevar a cabo todo el procedimiento del método Vogel, mostrando de esta manera que también arroja el resultado de los empleados extra que se requerirán de acuerdo con la demanda de cada mes, con un costo total de \$912,000.

En este caso se demostró que, aunque el problema de producción está enfocado principalmente en la actividad secundaria o de manufacturas, se puede aplicar al sector servicios. Razón importante para considerar los modelos estudiados en este trabajo para la toma de decisiones en el turismo.

Caso extra

El hotel Grand Oasis Cancún cuenta con un total de 400 camas, el cual recibió durante el año pasado un total de 2,323 huéspedes. El número de camas no ocupadas durante ese año se distribuyó de la siguiente manera:

12 camas 20 días

7 camas 30 días

14 camas 50 días

18 camas 58 días

¿Cuál fue la tasa de ocupación del hotel y el número de huéspedes por cama (tasa de rotación) para ese año?

Solución:

Número de camas-días por año:

$$400 \times 365 = 146,000 \text{ camas día.}$$

Número de camas-día desocupadas por año:

$$(20 \times 12) + (30 \times 7) + (50 \times 14) + (58 \times 18) = 2,194 \text{ camas-día.}$$

Por lo tanto, el número de camas-día ocupadas es:

$$146,000 - 2,194 = 143,806$$

Número de camas ocupadas durante el año:

$$143,806/365 = 393.9 \text{ camas}$$

Tasa de ocupación: número de camas ocupadas/número total de camas

$$393.9/400 = 0.984; \text{ es decir, } 98.4\%$$

Tasa de rotación= número de huéspedes alojados/número de camas ocupadas

$$2,323/393.9 = 5.8 \text{ huéspedes/cama}$$

CAPÍTULO IV. Modelo de inversión

IV.1 Concepto

Para fundamentar el concepto de este capítulo es necesario conceptualizar el modelo para poder comprenderlo con más detalle, por esa razón, se cita el concepto de Mankiw (2012), quien define a la inversión como “la compra de bienes que se utilizarán en el futuro para producir más bienes y servicios”, aseverando que es la suma de compras de equipo de capital, existencias y estructuras, es decir, emplear los bienes capitales para mantener e incrementar la capacidad productiva, ya sea de una empresa, organización o de un individuo.

De acuerdo con varios autores, la inversión alcanza un nivel determinado y se guía por el principio de aceleración que determina la respuesta a los cambios condicionantes de la demanda, si esta aumenta, las firmas tienen dos opciones: 1) elevar los precios, o 2) satisfacer la demanda elevando la oferta. Ante esta situación, la consecuencia lógica sería que las organizaciones aumentaran su capacidad de producción invirtiendo en la planta y el equipamiento, sin embargo, en las economías dinámicas mundiales, las organizaciones no aumentan de forma inmediata su capacidad, a menos que sea gradualmente, esto con el propósito de reducir los riesgos de fluctuación o de crisis, mediante el aumento gradual de la oferta en espera de saber si la demanda se sostendrá al mismo nivel, y así satisfacer el nivel deseado de capacidad.

La inversión puede dividirse en material e inmaterial. La primera, específicamente incluye la inversión de una organización en terrenos, construcciones, instalaciones técnicas, maquinaria, utillaje, elementos de transporte y otros activos materiales; la segunda está compuesta por “la

inversión realizada de aplicaciones informáticas, gastos de I+D activados, concesiones, patentes y licencias, etc.” (INE, 2010).

La inversión también se clasifica de la siguiente forma, según Sánchez-Robles, (s.f.):

1. Según la finalidad:
 - a. Inversión bruta: es la inversión total del periodo.
 - b. Inversión de reposición: cubre el capital depreciado u obsoleto.
 - c. Inversión neta: inversión bruta – inversión de reposición.
2. Según el tipo de bien:
 - a. Inversión fija: maquinaria, equipo, estructuras.
 - b. Inversión residencial.
 - c. Inversión en existencias.

En el ámbito de los Proyectos de Inversión existen diferentes criterios para definir la tipología de las inversiones, las cuales se definen en cuatro grupos, los cuales son (Abreu, 2006):

- Inversiones de renovación.
- Inversiones de expansión.
- Inversiones de modernización o de innovación.
- Inversiones estratégicas.

Las inversiones son realizadas con base en la formulación de hipótesis, ya que no es posible predecir el futuro, pero sí utilizar métodos probabilísticos de análisis de alternativas que permiten hacer la toma de decisiones más acertada con base en la función del interés, el cual es la tasa de interés (r) y las expectativas empresariales (e).

Los elementos que caracterizan al inversionista son variados, la principal es que pueden ser individuos o empresas, teniendo como diferencia el perfil de riesgo y rentabilidad. En el caso de las personas depende la edad, situación económica y aversión o no al riesgo. Para las instituciones resulta más difícil la

generalización, pues varía en función de la actividad económica (Díaz & Vázquez, 2013). Como se ha visto, todo depende de las fluctuaciones económicas en los sectores de la producción. Es importante mencionar que en el mundo de las inversiones hay un principio básico que menciona que a mayor rendimiento mayor riesgo y a menor riesgo menor rendimiento.

La evaluación de proyectos de inversión puede ser útil en la toma de decisiones para las MiPyMes (Micro, Pequeñas y Medianas Empresas), que en su mayoría no realizan una planeación que encamine su futuro, razón por la que muchas de ellas fracasan en sus primeros años, sin contar con una serie de indicadores que les permitan saber qué es lo que los llevó al fracaso, y haber invertido en proyectos más rentables mediante los métodos de evaluación para el análisis de la inversión.

El procedimiento lógico de selección de propuestas de inversión debe estar basado en la medición de los méritos financieros de cada propuesta de acuerdo con alguna base de comparación, tales como: Tasa interna de rendimiento, valor presente, periodo de recuperación, retorno sobre la inversión, etcétera (Coss, 2005).

IV.2 Fórmula

En el modelo de inversión (al igual que en el de producción) hay diversas técnicas o métodos para el análisis de la inversión, dependiendo de la utilidad que se le quiera dar y la información que se requiera para poder maximizar los beneficios. Algunos de los métodos utilizados para el análisis de la inversión se dividen de la siguiente manera:

1) Métodos estáticos:

- a. El método de Flujo neto de caja (*Cash-Flow* estático),
- b. El método de *Pay-Back* o Plazo de recuperación, y

c. El método de la Tasa de Rendimiento contable.

2) Métodos dinámicos:

- a. El *Pay-Back* dinámico o descontado,
- b. El Valor Actual Neto (V.A.N), y
- c. La Tasa de Rentabilidad Interna (TIR).

Para realizar alguno de los métodos anteriores es necesario tomar en cuenta ciertas restricciones para elaborar el planteamiento del problema y su posterior formulación:

1. Se debe establecer el objetivo como una maximización de la función (dado que el modelo de inversión busca siempre la máxima obtención de beneficios).
2. Se deben plantear las restricciones de alternativas de inversión que pueden o no ser mutuamente exclusivas (si se invierte en la primera alternativa, no se puede invertir en la segunda) o pueden ser complementarias hasta cierta capacidad de recursos (la suma de las alternativas de inversión no debe ser mayor a "X" cantidad de recursos). Las restricciones deben contener la información del % de beneficios que se pueden obtener por elegir dicha alternativa en el periodo de tiempo que se plantea en el modelo.
3. En caso de ser necesario, se debe realizar una restricción binaria en la que se determine si se debe invertir en una alternativa o no ($X_1 + X_2 + X_3 \dots X_n \leq 1$ es la posibilidad de inversión y 0 significa no inversión).

Una vez consideradas las condiciones anteriores puede realizarse el planteamiento del problema y la selección del método más óptimo para el análisis de la inversión.

La fórmula para los métodos que consideran el transcurso del tiempo son:

Valor Actual Neto (VAN):

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

Donde cada valor representa:

Q_n representa los cash-flows o flujos de caja.

I es el valor del desembolso inicial de la inversión.

N es el número de periodos considerado.

El tipo de interés es r . si el proyecto no tiene riesgo, se tomará como referencia el tipo de la renta fija, de tal manera que con el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro, sin riesgo específico.

Tomando en cuenta que se puede interpretar el VAN de acuerdo con lo siguiente:

$VAN > 0$ = La empresa genera beneficio

$VAN = 0$ = No hay beneficio ni pérdidas, aunque hay pérdida del tiempo

$VAN < 0$ = Hay pérdidas en la empresa, además de la pérdida de tiempo

Posteriormente se realizará un ejercicio para la comprensión más detallada del método.

IV.3 Utilidad

Los métodos de análisis de la inversión tienen diversas utilidades, tanto como herramienta en la toma de decisiones, o bien en la utilización de los estudios de viabilidad o factibilidad, estableciendo las condiciones que hacen viable el proyecto de inversión. Las inversiones pueden ser útiles para maximizar los beneficios de la organización principalmente, o para la adquisición de equipo, materiales, bienes inmuebles, etcétera, ya sea a crédito o plazos fijos.

Esta herramienta será útil en el presente para saber qué decisión tomar cuándo se requiere invertir en un proyecto, asimismo, elegir el más óptimo de todas las opciones posibles.

IV.4 Aplicación

El modelo de inversión tiene diversas aplicaciones en el mundo real, así como variadas técnicas o métodos para el análisis de la inversión. Algunas de sus aplicaciones se tomaron con base en el trabajo que realizan las consultoras especialistas en formulación de proyectos de inversión a empresas e individuos, respecto del modelo visto en este capítulo, como se presenta a continuación:

- a) Fondos de pensiones.
- b) Fondos de ahorro.
- c) Inversión personal de ejecutivos.
- d) Diseño y formulación de proyectos.
- e) Evaluación de factibilidad de proyectos.
- f) Presentación de proyectos ante actores económicos.
- g) Acompañamiento durante el proceso de acceso a capital.
- h) Identificación de oportunidades de negocios en pesca, minería, industria textil, agroindustria, industria y turismo.
- i) Compraventa de participaciones accionarias y de activos de negocios en marcha en proceso de inversión.
- j) Diseño, gestión y control de programas, proyectos e inversiones productivas y de servicios.
- k) Proyectos turísticos, arquitectónicos y de construcción civil.
- l) Valuación de empresas en marcha, de activos fijos e intangibles.

Estas aplicaciones están dirigidas a lograr mejores rendimientos, así como la administración más eficiente de la organización y de sus recursos.

IV.5 Caso práctico

Experiencias Xcaret es una empresa que comenzó su historia a partir de 1984 con la adquisición de cinco hectáreas en la Riviera Maya, en Quintana Roo, entre cenotes y ríos subterráneos. El grupo se ha consolidado como una compañía líder en recreación turística sustentable y socialmente responsable, capaz de responder a las necesidades de más de 6 millones de turistas que visitan el Caribe Mexicano al año. El grupo Xcaret actualmente cuenta con una diversidad de productos que fortalecen las actividades turísticas en la Riviera Maya, como: Parque ecológico Xcaret, Parque acuático Xel-Há, Parque de aventura Xplor, Parque temático Xoximilco, tour Xenotes Oasis Maya y tour arqueológico a Chichén Itzá y Cobá, en la Península de Yucatán.

Experiencias Xcaret emprendió, hace poco, un programa de expansión del parque temático Xoximilco, en el que se exhibe el folclor mexicano, combinado con la fiesta y la música; como homenaje y tributo a la tradición, belleza, y majestuosidad de Xochimilco, Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO desde 1987. El atractivo consiste en dar un recorrido sobre trajineras, a través la selva quintanarroense, a lo largo de dos kilómetros y medio de canales, mientras el turista disfruta de música en vivo, bailes, juegos y comida típica mexicana. El parque está ubicado en 60 hectáreas de terreno, que incluyen siete kilómetros y medio de canales artificiales, que fueron creados con la extracción de *sascab*, material utilizado en la preparación de mezclas para la construcción.

El grupo Xcaret se ha cuestionado la decisión de trabajar en la segunda fase del proyecto, que consta de la construcción de restaurantes, en los que se ofrezcan platillos de la gastronomía mexicana, con base en la buena respuesta de la población, así como de visitantes nacionales y extranjeros, en un punto en el que no se cuestiona si debe emprenderse el proyecto, sino de hasta qué punto debe implementarse. Las consideraciones fundamentales se centran en: 1) Se deberían construir instalaciones básicas o en un nivel de lujo y suntuosidad; 2)

enfocado al mercado nacional o internacional, y 3) el diseño de actividades creativas que complementen las ya ofertadas para atraer a los visitantes, como los programas de lealtad.

Los directivos de la empresa consideran tres opciones para el parque. El primero es la construcción de restaurantes, el segundo: la construcción de un sendero con obstáculos para vehículos todo terreno, y la tercera: la construcción de estanques artificiales para la acuicultura. La primera opción se considera una solución a corto plazo, mientras que las dos restantes se proyectan como opciones a largo plazo.

El equipo gerencial de Experiencias Xcaret, con el apoyo del área de operaciones de campo, preparó un análisis exhaustivo de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) para comprender el entorno y las dinámicas de la empresa. El equipo utilizará el resultado del análisis FODA para la identificación del conjunto de actividades encaminadas a cada decisión. El área de ingeniería, diseño y construcción desarrolló los planos arquitectónicos, así como la estructura de la división del trabajo y los diagramas que muestran la ruta crítica (o *critical path method*, CPM), la cual se basa en las técnicas de IO basadas en redes, para ayudar a los directores de proyectores en la planeación y coordinación de las distintas actividades de un proyecto, como “desarrollar un calendario realista para éste y luego supervisar el avance del proyecto después de que éste se puso en marcha” (Hillier & Lieberman, 2010), y que en la actualidad se fusiona con la técnica de evaluación y revisión de programas (*program evaluation and review technique*, PERT), conocido como la técnica PERT/CPM.

La siguiente tabla presenta la estructura de división de trabajo, los tiempos de las actividades y las relaciones entre una actividad con otra:

Estructura de división del trabajo	Tiempo de la actividad (días)	Relaciones de precedencia entre actividades
Concepción del proyecto		
A. Reunión de puesta en marcha del proyecto	7	
B. Creación de las especificaciones de los servicios	30	A
Investigación geotécnica		
C. Caracterizaciones preliminares del sitio	15	B
D. investigación del subsuelo	20	C
E. Pruebas de laboratorio	5	D
F. Evaluación de riesgos geológicos	15	E
Desarrollo del diseño		
G. Diseños iniciales	70	B
H. Plano preliminar de cumplimiento con la zonificación	30	C,G
I. Diseños finales	25	H
J. Aprobación de los diseños por parte del propietario	5	I
Documentación y estimación de costos		
K. Documentación para la construcción y paquete de paisajismo	86	F,I
L. Adquisición de estimaciones y ofertas de contratistas	90	J,K
Decisión		
M. Aprobación de uno de los tres proyectos por parte del propietario	60	L

Fuente: Adaptado de (Krajewski, Ritzman, & Manoj, 2008)

La coordinación de proyectos representan un reto importante para las organizaciones en la toma de decisiones, ya que se debe contemplar si la inversión para los proyectos son viables para: a) definir y organizar el proyecto; b) planificar el proyecto, y c) monitorear y controlar el proyecto, ya que “muchas veces, las personas que toman las decisiones sobre los proyectos no se basan exclusivamente en indicadores financieros, como el retorno de inversión o las tasas internas de rendimiento, sino que atribuyen mucha importancia a factores intangibles” (Krajewski, Ritzman, & Manoj, 2008).

Para la creación de los nuevos servicios que se pretenden instaurar, se debe considerar la restricción de recursos, ya que sólo una de ellas podrá comercializarse por el momento. Se han elaborado las siguientes estimaciones para cinco criterios de desempeño, que de acuerdo con las estimaciones del área de operaciones de campo se establece en 1= peor y 10= mejor. Suponiendo que

el Rendimiento Esperado de la Inversión (ROI) se le asigna el doble de ponderación que, a cada uno de los demás criterios, ¿cuál debe ser el producto nuevo que deberá lanzarse al mercado de acuerdo a su prioridad?

Criterio de desempeño	Calificación		
	Restaurantes	Sendero con obstáculos	Acuicultura
Inversión requerida en equipo de capital	0.3	0.8	0.6
Rendimiento esperado de la inversión (ROI)	0.8 (1.6)	0.5 (1.0)	0.4 (0.8)
Compatibilidad con las competencias actuales del personal	0.8	0.4	0.3
Ventaja competitiva	0.5	0.7	0.8
Compatibilidad con las disposiciones de la Agencia de Protección Ambiental	0.4	0.4	0.7
Total	3,6	3,3	3,2

Fuente: Adaptado de (Krajewski, Ritzman, & Manoj, 2008)

Para la identificación del producto más viable, respecto de los criterios de desempeño, debe sumarse la calificación de las columnas de productos, tomando en cuenta que el segundo criterio tiene el doble de ponderación que los demás. De esta manera obtendremos la solución más viable. En el caso de los restaurantes la suma arroja como resultado 3.6, mientras que el sendero de obstáculos resulta en 3.3, y por último el proyecto de acuicultura arroja un resultado de 3.2. Por tal motivo, el proyecto más viable para la inversión de recursos y su realización en el corto plazo es el de restaurantes, tomando en cuenta la capacidad o restricción de recursos.

VI.1 Punto de Equilibrio Operativo

Es importante mencionar que, para iniciar un nuevo proyecto, es necesario evaluar la viabilidad, o bien compararlo con otros proyectos, y de esta manera elegir el más redituable. Hay diversos métodos para evaluar un Proyecto de Inversión, entre los más populares están el método de Retorno Sobre la Inversión (ROI), el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Análisis del Punto de Equilibrio (PE), y el Análisis de Costo-Beneficio. Para la evaluación de los proyectos de inversión, los cuales son “la guía para la toma de decisiones acerca de la creación de una futura inversión que muestra el diseño comercial, técnico-organizacional, económico y

financiero de la misma. En caso de resultar viable el proyecto, este documento se convierte en un plan que guía la realización del mismo” (Abreu, 2006).

En este caso, para hacer la evaluación del Proyecto de Inversión utilizaremos el método del PE, el cual es la cantidad mínima económicamente que se producirá; considerando la tasa de rendimiento mínima aceptable de acuerdo con el costo de oportunidad (Abreu, 2006). Para este método se debe tomar en cuenta que llega a tener alteraciones que cambian su clasificación, como sucede a continuación (Guerrero, 2002):

- 1) Si los costos fijos bajan y los costos variables suben, el Punto de Equilibrio baja.
- 2) Si los costos fijos suben y los costos variables bajan, el Punto de Equilibrio sube.

Para la determinación de las utilidades de operación en el Proyecto de Inversión se utilizan los gastos y los costos, en el cual se denomina Punto de Equilibrio Operativo. Los costos y gastos se clasifican en fijos y variables. Esta clasificación se establecerá sólo durante el primer año de operación del proyecto.

VI.2 Caso Práctico

La Secretaría de Turismo en coordinación con el Instituto de Competitividad Turística realizará el “Congreso de Investigación Turística Aplicada 2018”, con la temática de “El Turismo y la transformación digital”, que se llevará a cabo en una reconocida universidad. Para la logística y realización del congreso se asignó presupuesto para invitar a las autoridades del turismo en México, como son: el Secretario de Turismo, el rector de la universidad, la subsecretaria de Planeación y Política Turística, el Director General del ICTUR, el presidente de la AMESTUR, y la presidente de AMIT; además de un conferencista invitado. La empresa encargada de la logística debe establecer los costos del evento con tres días de duración, que constan de: registro, ceremonia inaugural, tres conferencias magistrales, tres coffee-break, tres sesiones de ponencias simultáneas, tres paneles, cuatro talleres, y la ceremonia de clausura.

La empresa encargada de la logística necesita saber cuántos asistentes al congreso se requieren para que no se gane ni se pierda dinero. Para calcular esa cantidad es necesario saber cuánto deben cobrar por asistir al evento, a lo cual ellos calcularon que el precio sería de \$1,200 por cada asistente.

A continuación se hace una tabla de Excel para ingresar los costos fijos que conllevaría el desarrollo del congreso, tomando en cuenta todos los elementos para su realización, como se puede observar en la siguiente tabla:

COSTOS FIJOS	Precio por Unidad (pesos)	Cantidad	Costo (pesos)
Alquiler del auditorio	\$ 15,000.00	3	\$ 45,000.00
Alquiler de las aulas para ponencias (3 aulas)	\$ 2,000.00	9	\$ 18,000.00
Alquiler del mobiliario	\$ 16,000.00	3	\$ 48,000.00
Pago del conferencista	\$ 35,000.00	1	\$ 35,000.00
Pago del vuelo redondo al conferencista invitado	\$ 12,000.00	1	\$ 12,000.00
Pago de viáticos diarios	\$ 3,000.00	3	\$ 9,000.00
Pago de hospedaje en hotel cinco estrellas (3 noches)	\$ 3,328.00	3	\$ 9,984.00
Alquiler del equipo de sonido e iluminación	\$ 7,000.00	3	\$ 21,000.00
Alquiler de los equipos de cómputo y proyección	\$ 3,000.00	3	\$ 9,000.00
Campaña publicitaria por internet	\$ 7,000.00	1	\$ 7,000.00
Costo de banner publicitario	\$ 300.00	32	\$ 9,600.00
Edición e impresión de memorias del congreso	\$ 18.00	500	\$ 9,000.00
Pago por servicio de refrigerios	\$ 2,000.00	3	\$ 6,000.00
Pago por servicio de cafetería	\$ 500.00	3	\$ 1,500.00
COSTO FIJO			\$ 240,084.00

Para este caso, la cantidad se establece acorde al número de días que se realizará el congreso (3 días), y el costo es el precio unitario por la cantidad. El Excel lo puede hacer de manera automática al ingresar la fórmula `=B4*C4_ENTER` en la celda donde deseamos generar el resultado. De esta manera Excel presentará el resultado, y de manera sencilla sólo recorreremos el cuadro del cursor hasta D17.

D4	:	<input type="button" value="X"/> <input type="button" value="✓"/> <input type="button" value="fx"/>	=B4*C4	
	A	B	C	D
1				
2	COSTOS FIJOS	Precio por Unidad (pesos)	Cantidad	Costo (pesos)
3				
4		Alquiler del auditorio	\$15,000.00	3
5	Alquiler de las aulas para ponencias (3 aulas)	\$ 2,000.00	9	
6	Alquiler del mobiliario	\$16,000.00	3	
7	Pago del conferencista	\$35,000.00	1	
8	Pago del vuelo redondo al conferencista invitado	\$12,000.00	1	
9	Pago de viáticos diarios	\$ 3,000.00	3	
10	Pago de hospedaje en hotel cinco estrellas (3 noches)	\$ 3,328.00	3	
11	Alquiler del equipo de sonido e iluminación	\$ 7,000.00	3	
12	Alquiler de los equipos de cómputo y proyección	\$ 3,000.00	3	
13	Campaña publicitaria por internet	\$ 7,000.00	1	
14	Costo de banner publicitario	\$ 300.00	32	
15	Edición e impresión de memorias del congreso	\$ 18.00	500	
16	Pago por servicio de refrigerios	\$ 2,000.00	3	
17	Pago por servicio de cafetería	\$ 500.00	3	
18	COSTO FIJO			

Para obtener el resultado del Costo Fijo seleccionamos la celda D18 e ingresamos la fórmula =SUMA(D4:D17)_ENTER.

D18	:	<input type="button" value="X"/> <input type="button" value="✓"/> <input type="button" value="fx"/>	=SUMA(D4:D17)	
	A	B	C	D
1				
2	COSTOS FIJOS	Precio por Unidad (pesos)	Cantidad	Costo (pesos)
3				
4	Alquiler del auditorio	\$15,000.00	3	\$ 45,000.00
5	Alquiler de las aulas para ponencias (3 aulas)	\$ 2,000.00	9	\$ 18,000.00
6	Alquiler del mobiliario	\$16,000.00	3	\$ 48,000.00
7	Pago del conferencista	\$35,000.00	1	\$ 35,000.00
8	Pago del vuelo redondo al conferencista invitado	\$12,000.00	1	\$ 12,000.00
9	Pago de viáticos diarios	\$ 3,000.00	3	\$ 9,000.00
10	Pago de hospedaje en hotel cinco estrellas (3 noches)	\$ 3,328.00	3	\$ 9,984.00
11	Alquiler del equipo de sonido e iluminación	\$ 7,000.00	3	\$ 21,000.00
12	Alquiler de los equipos de cómputo y proyección	\$ 3,000.00	3	\$ 9,000.00
13	Campaña publicitaria por internet	\$ 7,000.00	1	\$ 7,000.00
14	Costo de banner publicitario	\$ 300.00	32	\$ 9,600.00
15	Edición e impresión de memorias del congreso	\$ 18.00	500	\$ 9,000.00
16	Pago por servicio de refrigerios	\$ 2,000.00	3	\$ 6,000.00
17	Pago por servicio de cafetería	\$ 500.00	3	\$ 1,500.00
18	COSTO FIJO			\$240,084.00

Posteriormente se hace otra tabla con los costos variables, para poder generar el costo variable unitario, que sería a partir de la suma de los precios por unidad, como se observa a continuación:

COSTOS VARIABLES	Precio por Unidad (pesos)
Carpetas de vinipiel con grabado	\$ 120.00
Bolígrafo serigrafiado	\$ 10.00
Bolsa serigrafiada	\$ 16.00
libreta serigrafiada	\$ 35.00
Paquete de galletas	\$ 45.00
Portagafetes	\$ 14.00
Gafetes	\$ 5.00
Souvenirs	\$ 17.00
TOTAL Cvu	\$ 262.00

Entonces, para saber cuántos asistentes se requieren para que la empresa de logística no pierda ni gane dinero por la organización del congreso, debe tomar en cuenta que el precio probable por asistente sería de \$1,200, y se aplica la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{CF}{(P - CVu)}$$

Donde:

Q = Cantidad (asistentes que se requieren para no ganar ni perder)

CF = Costo Fijo

P = Precio

CVu = Costo Variable Unitario

La manera de resolverlo en Excel es muy sencilla, simplemente despejamos la fórmula en la celda donde queremos obtener el resultado, dividiendo el costo fijo entre el precio por asistente, menos el costo variable unitario, como se observa en la siguiente figura:

D33	:	\times	\checkmark	f_x	=D18/(D32-B29)
	A	B	C	D	
1					
2	COSTOS FIJOS	Precio por Unidad (pesos)	Cantidad	Costo (pesos)	
3					
4	Alquiler del auditorio	\$15,000.00	3	\$ 45,000.00	
5	Alquiler de las aulas para ponencias (3 aulas)	\$ 2,000.00	9	\$ 18,000.00	
6	Alquiler del mobiliario	\$16,000.00	3	\$ 48,000.00	
7	Pago del conferencista	\$35,000.00	1	\$ 35,000.00	
8	Pago del vuelo redondo al conferencista invitado	\$12,000.00	1	\$ 12,000.00	
9	Pago de viáticos diarios	\$ 3,000.00	3	\$ 9,000.00	
10	Pago de hospedaje en hotel cinco estrellas (3 noches)	\$ 3,328.00	3	\$ 9,984.00	
11	Alquiler del equipo de sonido e iluminación	\$ 7,000.00	3	\$ 21,000.00	
12	Alquiler de los equipos de cómputo y proyección	\$ 3,000.00	3	\$ 9,000.00	
13	Campaña publicitaria por internet	\$ 7,000.00	1	\$ 7,000.00	
14	Costo de banner publicitario	\$ 300.00	32	\$ 9,600.00	
15	Edición e impresión de memorias del congreso	\$ 18.00	500	\$ 9,000.00	
16	Pago por servicio de refrigerios	\$ 2,000.00	3	\$ 6,000.00	
17	Pago por servicio de cafetería	\$ 500.00	3	\$ 1,500.00	
18	COSTO FIJO			\$240,084.00	
19					
20	COSTOS VARIABLES	Precio por Unidad	Cantidad	Costo (pesos)	
21	Carpetas de vinipiel con grabado	\$ 120.00	500	\$ 60,000.00	
22	Bolígrafo serigrafiado	\$ 10.00	500	\$ 5,000.00	
23	Bolsa serigrafiada	\$ 16.00	500	\$ 8,000.00	
24	libreta serigrafiada	\$ 35.00	500	\$ 17,500.00	
25	Paquete de galletas	\$ 45.00	50	\$ 2,250.00	
26	Portagafetes	\$ 14.00	500	\$ 7,000.00	
27	Gafetes	\$ 5.00	500	\$ 2,500.00	
28	Souvenirs	\$ 17.00	500	\$ 8,500.00	
29	TOTAL Cvu	\$ 262.00		\$ 110,750.00	
30					
31	Número de asistentes al congreso (estimación)			X	
32	Costo por asistente (precio)			\$ 1,200.00	
33	PUNTO DE EQUILIBRIO OPERATIVO			256	
34					

Es decir, que la empresa que se encargará de la organización del evento no ganaría ni perdería dinero si asisten 256 personas, por lo que es necesario que asistan más de 256 personas para comenzar a percibir ingresos.

Para graficar el ejercicio y hacerlo de manera más clara, se debe realizar un anexo de las tablas anteriores, donde se ingresen los datos de la cantidad (Q), el precio (P), y el ingreso Total (IT). En la cantidad (Q) ingresamos el número de personas que podrían asistir. En este caso se escriben de 0 a 700 asistentes con una secuencia de 50 en 50. El precio (P) no varía, ya que se estableció cobrar \$1,200 por persona. El ingreso total (IT) se ejecuta multiplicando el precio por la cantidad, ya que es el ingreso que se genera depende del número de asistentes. El ejercicio se puede observar en la siguiente tabla:

Q	P	IT
0	\$1,200.00	0
50	\$1,200.00	\$ 60,000
100	\$1,200.00	\$ 120,000
150	\$1,200.00	\$ 180,000
200	\$1,200.00	\$ 240,000
250	\$1,200.00	\$ 300,000
300	\$1,200.00	\$ 360,000
350	\$1,200.00	\$ 420,000
400	\$1,200.00	\$ 480,000
450	\$1,200.00	\$ 540,000
500	\$1,200.00	\$ 600,000
550	\$1,200.00	\$ 660,000
600	\$1,200.00	\$ 720,000
650	\$1,200.00	\$ 780,000
700	\$1,200.00	\$ 840,000

Posteriormente debemos obtener el Costo total (CT), el cual obtendremos a partir de la operación $CT=CF+CVT$, en donde el costo fijo se obtuvo de la suma de todos los costos fijos, por lo que no varía de acuerdo al número de asistentes. Además el costo variable total lo obtenemos del total del costo variable unitario por la cantidad de personas, como se observa a continuación:

Q	P	IT	CT	CF	CVT
0	\$1,200.00	0.00		\$ 240,084	0.00
50	\$1,200.00	\$ 60,000		\$ 240,084	\$ 13,100
100	\$1,200.00	\$ 120,000		\$ 240,084	\$ 26,200
150	\$1,200.00	\$ 180,000		\$ 240,084	\$ 39,300
200	\$1,200.00	\$ 240,000		\$ 240,084	\$ 52,400
250	\$1,200.00	\$ 300,000		\$ 240,084	\$ 65,500
300	\$1,200.00	\$ 360,000		\$ 240,084	\$ 78,600
350	\$1,200.00	\$ 420,000		\$ 240,084	\$ 91,700
400	\$1,200.00	\$ 480,000		\$ 240,084	\$ 104,800
450	\$1,200.00	\$ 540,000		\$ 240,084	\$ 117,900
500	\$1,200.00	\$ 600,000		\$ 240,084	\$ 131,000
550	\$1,200.00	\$ 660,000		\$ 240,084	\$ 144,100
600	\$1,200.00	\$ 720,000		\$ 240,084	\$ 157,200
650	\$1,200.00	\$ 780,000		\$ 240,084	\$ 170,300
700	\$1,200.00	\$ 840,000		\$ 240,084	\$ 183,400

Por último, se agrega el CT a partir de la suma del Costo Fijo (CF) y del Costo Variable Total (CVT).

I4							
	E	F	G	H	I	J	K
1							
2		Q	P	IT	CT	CF	CVT
3							
4		0	\$1,200.00	0.00	\$ 240,084	\$ 240,084	0.00
5		50	\$1,200.00	\$ 60,000		\$ 240,084	\$ 13,100
6		100	\$1,200.00	\$ 120,000		\$ 240,084	\$ 26,200
7		150	\$1,200.00	\$ 180,000		\$ 240,084	\$ 39,300
8		200	\$1,200.00	\$ 240,000		\$ 240,084	\$ 52,400
9		250	\$1,200.00	\$ 300,000		\$ 240,084	\$ 65,500
10		300	\$1,200.00	\$ 360,000		\$ 240,084	\$ 78,600
11		350	\$1,200.00	\$ 420,000		\$ 240,084	\$ 91,700
12		400	\$1,200.00	\$ 480,000		\$ 240,084	\$ 104,800
13		450	\$1,200.00	\$ 540,000		\$ 240,084	\$ 117,900
14		500	\$1,200.00	\$ 600,000		\$ 240,084	\$ 131,000
15		550	\$1,200.00	\$ 660,000		\$ 240,084	\$ 144,100
16		600	\$1,200.00	\$ 720,000		\$ 240,084	\$ 157,200
17		650	\$1,200.00	\$ 780,000		\$ 240,084	\$ 170,300
18		700	\$1,200.00	\$ 840,000		\$ 240,084	\$ 183,400

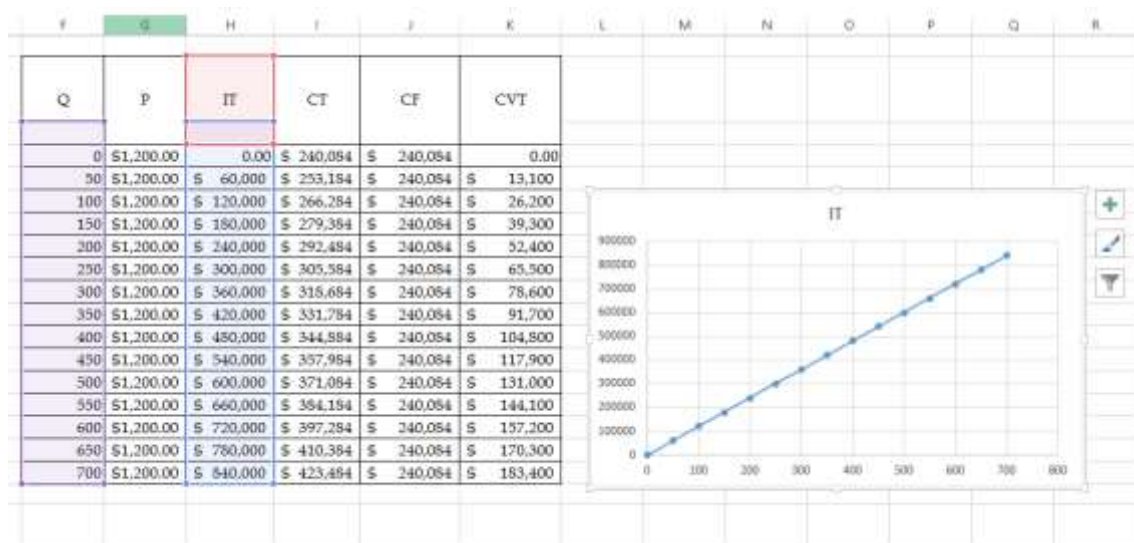
Una vez más se arrastra el puntero hacia abajo para que Excel repita la fórmula del Costo Total.

I4							
	E	F	G	H	I	J	K
1							
2		Q	P	IT	CT	CF	CVT
3							
4		0	\$1,200.00	0.00	\$ 240,084	\$ 240,084	0.00
5		50	\$1,200.00	\$ 60,000	\$ 253,184	\$ 240,084	\$ 13,100
6		100	\$1,200.00	\$ 120,000	\$ 266,284	\$ 240,084	\$ 26,200
7		150	\$1,200.00	\$ 180,000	\$ 279,384	\$ 240,084	\$ 39,300
8		200	\$1,200.00	\$ 240,000	\$ 292,484	\$ 240,084	\$ 52,400
9		250	\$1,200.00	\$ 300,000	\$ 305,584	\$ 240,084	\$ 65,500
10		300	\$1,200.00	\$ 360,000	\$ 318,684	\$ 240,084	\$ 78,600
11		350	\$1,200.00	\$ 420,000	\$ 331,784	\$ 240,084	\$ 91,700
12		400	\$1,200.00	\$ 480,000	\$ 344,884	\$ 240,084	\$ 104,800
13		450	\$1,200.00	\$ 540,000	\$ 357,984	\$ 240,084	\$ 117,900
14		500	\$1,200.00	\$ 600,000	\$ 371,084	\$ 240,084	\$ 131,000
15		550	\$1,200.00	\$ 660,000	\$ 384,184	\$ 240,084	\$ 144,100
16		600	\$1,200.00	\$ 720,000	\$ 397,284	\$ 240,084	\$ 157,200
17		650	\$1,200.00	\$ 780,000	\$ 410,384	\$ 240,084	\$ 170,300
18		700	\$1,200.00	\$ 840,000	\$ 423,484	\$ 240,084	\$ 183,400

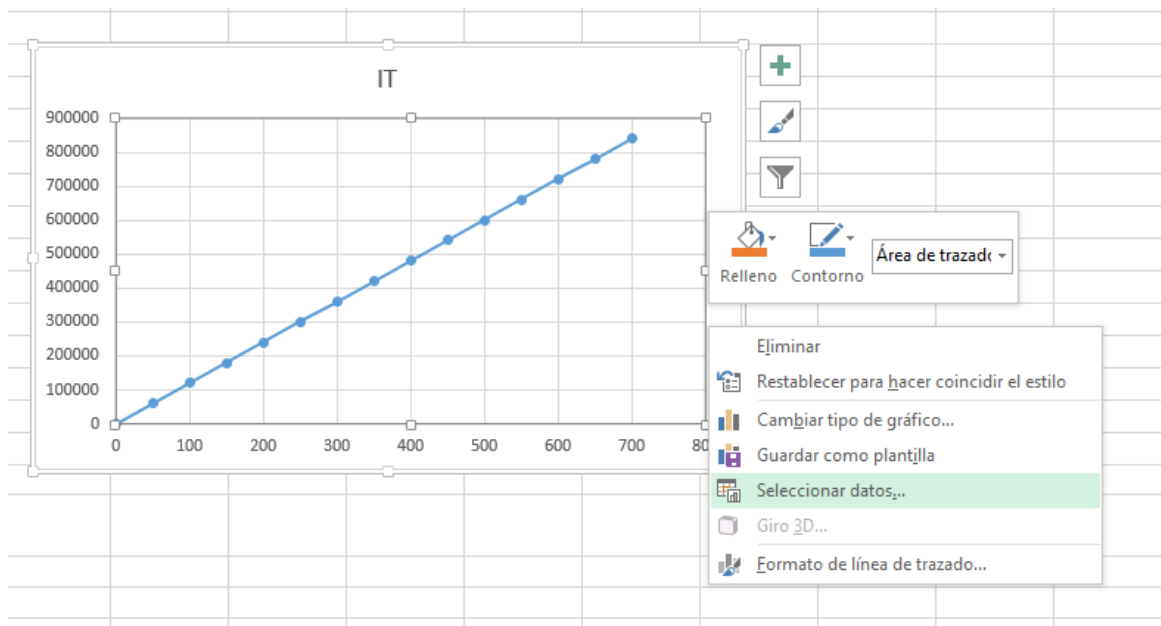
Como se puede observar en la figura anterior, el ingreso total se acerca al costo total, por lo que como se había mencionado anteriormente, 256 asistentes al congreso sería la cantidad en la que no se pierde ni se gana dinero. Con estos datos podemos comenzar a graficar de la siguiente manera:

F2	:	X	✓	<i>f_x</i>	Q						
	E	F	G	H	I	J	K				
1											
2		Q	P	IT	CT	CF	CVT				
3											
4		0	\$1,200.00	0.00	\$ 240,084	\$ 240,084	0.00				
5		50	\$1,200.00	\$ 60,000	\$ 253,184	\$ 240,084	\$ 13,100				
6		100	\$1,200.00	\$ 120,000	\$ 266,284	\$ 240,084	\$ 26,200				
7		150	\$1,200.00	\$ 180,000	\$ 279,384	\$ 240,084	\$ 39,300				
8		200	\$1,200.00	\$ 240,000	\$ 292,484	\$ 240,084	\$ 52,400				
9		250	\$1,200.00	\$ 300,000	\$ 305,584	\$ 240,084	\$ 65,500				
10		300	\$1,200.00	\$ 360,000	\$ 318,684	\$ 240,084	\$ 78,600				
11		350	\$1,200.00	\$ 420,000	\$ 331,784	\$ 240,084	\$ 91,700				
12		400	\$1,200.00	\$ 480,000	\$ 344,884	\$ 240,084	\$ 104,800				
13		450	\$1,200.00	\$ 540,000	\$ 357,984	\$ 240,084	\$ 117,900				
14		500	\$1,200.00	\$ 600,000	\$ 371,084	\$ 240,084	\$ 131,000				
15		550	\$1,200.00	\$ 660,000	\$ 384,184	\$ 240,084	\$ 144,100				
16		600	\$1,200.00	\$ 720,000	\$ 397,284	\$ 240,084	\$ 157,200				
17		650	\$1,200.00	\$ 780,000	\$ 410,384	\$ 240,084	\$ 170,300				
18		700	\$1,200.00	\$ 840,000	\$ 423,484	\$ 240,084	\$ 183,400				
19											

Presionamos Ctrl y seleccionamos las cantidades de Ingreso Total (IT) y de las Cantidades (Q). Posteriormente seleccionamos la pestaña Insertar y buscamos la opción de gráficos, y seleccionamos: gráficos de dispersión con líneas rectas y marcadores.



De esta manera se genera la gráfica de ingresos, pero aún es necesario agregar la línea del costo total (CT). Para ello seleccionamos la gráfica y damos clic secundario. Aparecerá la opción Seleccionar datos.



Una vez dado el clic, seleccionamos la pestaña Agregar.

Una vez que seleccionamos agregar, nos aparecerá la siguiente ventana, en donde: 1) elegiremos el rango del nombre de la serie de (CT); 2) en valores X de la serie o abscisa seleccionaremos todas las celdas de cantidad (Q), y 3) valores Y de la serie, las celdas de (CT):

Modificar serie ? x

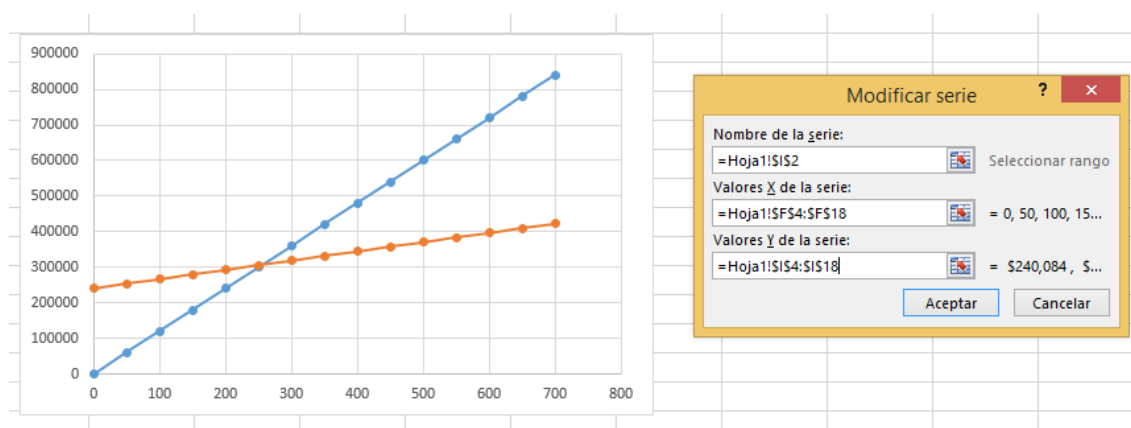
Nombre de la serie:
 Seleccionar rango

Valores X de la serie:
 Seleccionar rango

Valores Y de la serie:
 = 1

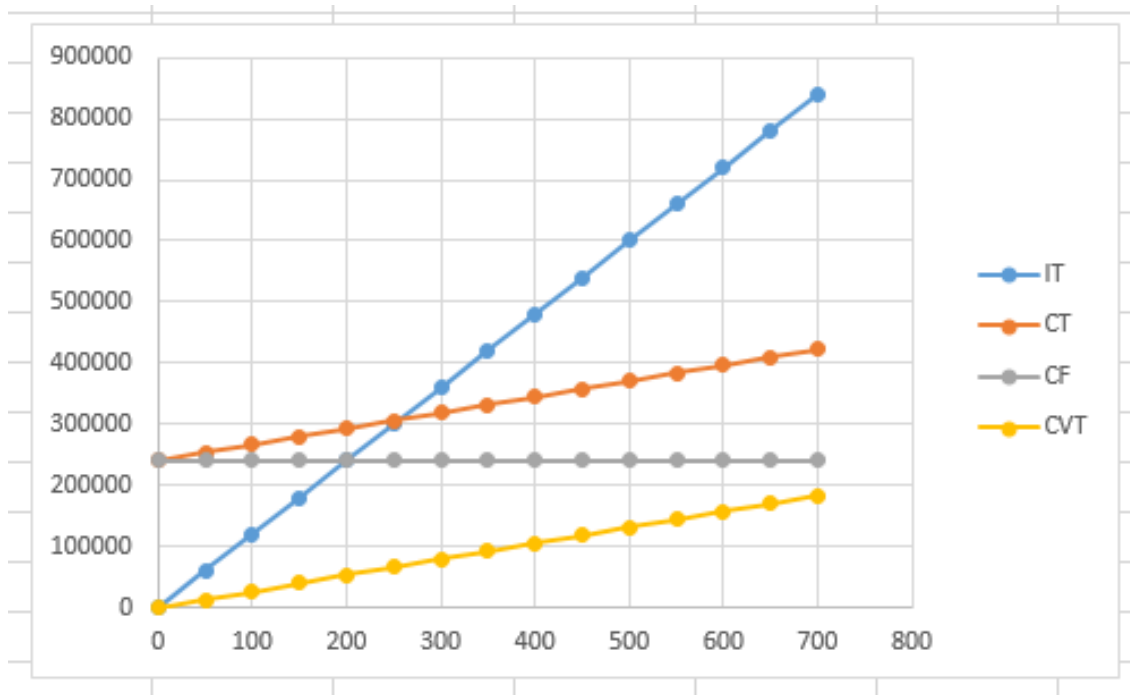
Aceptar Cancelar

La gráfica quedaría de la siguiente manera:

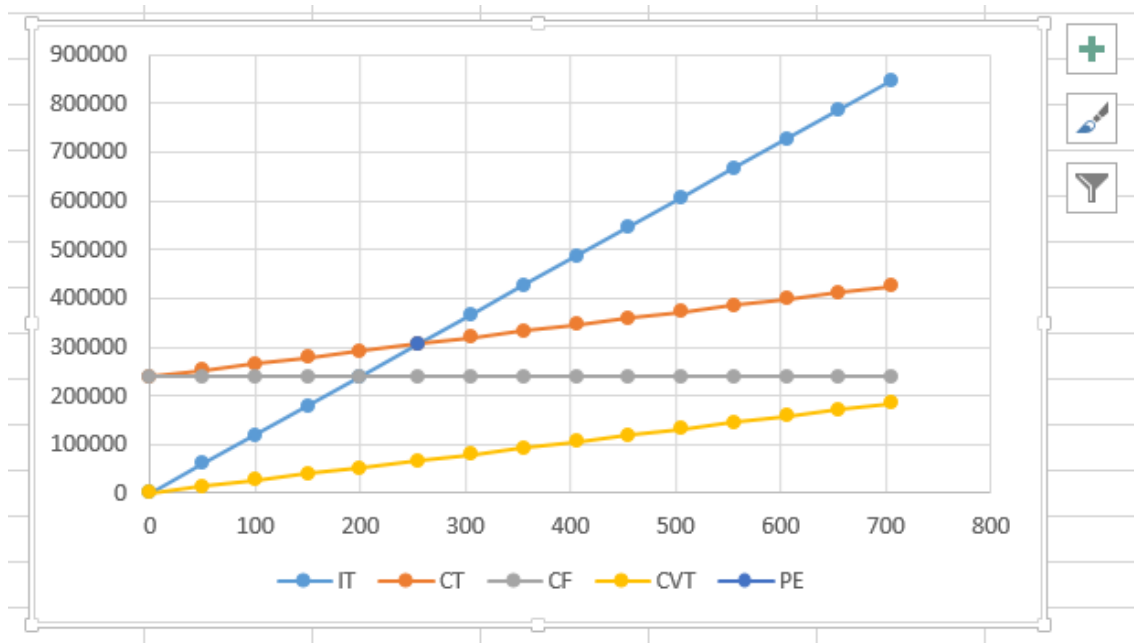


Como se puede observar en la figura anterior, el punto de Equilibrio Operativo yace en el cruce de las líneas de Ingreso Total (IT) y la línea de (CT), donde se puede comprobar que 256 asistentes es el punto de equilibrio.

También se pueden ingresar las líneas de Costo Fijo (CF), y Costo Variable Total (CVT), de la misma manera que se hizo con las líneas anteriores, seleccionando el nombre específico que queremos ingresar en nombre de la serie, en valores de la X seleccionar de igual manera las celdas de cantidad (Q), y en valores Y de la serie, las celdas de la línea que queremos agregar. Por lo que quedaría de la siguiente manera:



Para este caso, se igualó en la fila de cantidad (Q) a 256, que es la cantidad de asistentes que resultó del punto de equilibrio, además se agregó el punto de equilibrio dentro de las líneas. Como se puede observar el Punto de Equilibrio (PE) ya aparece dentro de la leyenda.



Por último, la gráfica se puede editar de tal manera que pueda ser más comprensible para el lector. En este caso se cambió el color del Punto de Equilibrio (PE), para que de esta forma se pueda visualizar mejor. Además, se pueden hacer algunas adecuaciones en el diseño para hacerla más atractiva. La gráfica del Punto de Equilibrio Operativo se representa de la siguiente forma:



Como se podrá observar, el resultado obtenido en el Punto de Equilibrio, nos brinda un panorama bastante atractivo y alentador, indicando que es un Proyecto de Inversión redituable para la empresa, ya que las pérdidas son mínimas.

De esta manera es posible demostrar que, para realizar un proyecto de inversión, es necesario evaluarlo desde distintos enfoques antes de ofertarlos comercialmente, con el objetivo de satisfacer las necesidades humanas, mediante la toma de decisiones, la cual debe estar basada siempre en los antecedentes y en la aplicación de una metodología, considerando los factores que afectan al proyecto.

Como se pudo observar, este tipo de métodos pueden ser utilizados en la actividad turística, principalmente en la gestión de proyectos encaminados al

turismo. Es importante mencionar, que se utilizaron ejemplos que fueran apegados a la realidad, con la finalidad de mejorar la comprensión del estudiante. Por tal motivo se eligieron empresas líderes en la prestación de servicios turísticos, con fines únicamente académicos y no comerciales.

SOBRE LOS AUTORES



Héctor López Villalobos es Doctor en Ciencias de lo Fiscal por el Instituto de Especialización para Ejecutivos (IEE), Maestro en Derecho Fiscal por la Universidad del Valle de México (UVM) y Contador Público Certificado por la Escuela Superior de Comercio del Instituto Politécnico Nacional. Es profesor en el IEE, donde imparte las asignaturas Sistemas Fiscales Comparados y Administración Financiera Empresarial a niveles de maestría y doctorado. Además, imparte diversas materias en la Escuela Superior de Turismo y en la UVM, entre ellas: Técnicas y



Modelos para la toma de decisiones y Administración Estratégica de las Organizaciones. Ha sido director de múltiples tesis y sínodo en exámenes de grado.

Salvador Luna Vargas obtuvo mención honorífica en la Maestría en Administración e Innovación del Turismo por el Instituto Politécnico Nacional. Es licenciado en Turismo Sustentable por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Cuenta con experiencia en el desarrollo de metodologías y evaluación de la sustentabilidad en la actividad turística. Forma parte de la red de Investigadores y Centros de Investigación en Turismo, de la Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas y del equipo de investigadores mexicanos de la Red Iberoamericana de Ciencia, Naturaleza y Turismo. Actualmente es Jefe del Departamento de Promoción y Transferencia de Metodologías, en el Centro de Incubación de Empresas de Base Tecnológica, del IPN. Además, se desempeña como investigador independiente y profesor de licenciatura en el programa de turismo en la Universidad Tres Culturas.



Daniel Mendoza Bolaños es Doctorante en Ciencias en la Especialidad de Investigaciones Educativas por el Departamento de Investigaciones Educativas del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, donde obtuvo el grado de Maestro en la misma especialidad. Licenciado en Pedagogía por la Universidad Nacional Autónoma de México. Es profesor en los diversos niveles educativos donde ha impartido varias asignaturas, entre ellas: Seminario de titulación y Diseño de proyecto de investigación, en maestría; Estrategias del crecimiento empresarial y Desarrollo humano, en licenciatura. Ha publicado artículos en revistas especializadas en historia de la educación, su actual línea

de investigación. Escribe una columna en el diario digital dominicano Acento.com.

REFERENCIAS

- Abreu, M. (2006): Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión en México. *Administración Contemporánea. Revista de Investigación*, 1(5), 1-24.
- Adam, E., & Ebert, R. (1991): *Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento* (Cuarta ed.). D.F., México: Pearson Educación.
- Anderson, D., Sweeney, D., Williams, T., Camm, J., & Martin, K. (2011): *Métodos Cuantitativos para los Negocios* (11a ed.). D.F., México: Cengage Learning.
- Briš, M. (2010): Transshipment Model In The Function Of Cost Minimization In A Logistics System. *Interdisciplinary Management Research*, 6, 48-59.
- Carro, R. (2009): *Investigación de Operaciones en Administración* (Segunda ed.). Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Carro, R., & González, D. (2014): El Sistema de Producción y Operaciones. En R. Carro, *Administración de Operaciones: Construcción de Operaciones de Clase Mundial* (págs. 1-28). Mar del Plata, Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Castillo, J. (2009): *Administración de la producción y operaciones. Antología*. Maestría en Negocios Internacionales. D.F.: Centro de Estudios Avanzados de las Américas.
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009): *Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros* (Duodécima ed.). D.F., México: McGraw-Hill.
- Coss, R. (2005): *Análisis y evaluación de proyectos de inversión*. D.F., México: Limusa.
- Díaz, M., & Vázquez, N. (2013): *Mercados Financieros Internacionales*. D.F.: Trillas.
- Eppen, G., Gould, F., Schmidt, C., Moore, J., & Weatherford, L. (2000): *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa* (Quinta ed.). Naucalpan, México: Prentice-Hall.
- Gaither, N., & Frazier, G. (2000): *Administración de Producción y Operaciones* (Octava ed.). D.F., México: Thomson.

- Guerrero, F. (2002): *Análisis de Factibilidad para la Comercialización de Gas LP ante las Perspectivas de Privatización de la Industria Petroquímica*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Economía. D.F.: UNAM.
- Hillier, F., & Lieberman, G. J. (2010): *Introducción a la Investigación de Operaciones* (Novena ed.). D.F., México: McGraw Hill.
- INE. (2010): *Panorámica de la industria*. Madrid, España: Instituto Nacional de Estadística.
- INEGI. (2003): *El ABC de los Indicadores de la Productividad*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Izar, J. M. (1996): *Fundamentos de Investigación de Operaciones para Administración* (Vol. I). San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- _____. (1998): *Fundamentos de Investigación de Operaciones para Administración* (Vol. II). San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- _____. (2014): *Investigación de Operaciones* (Segunda ed.). D.F.: Trillas.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Manoj, M. (2008): *Administración de Operaciones: Procesos y cadenas de valor* (Octava ed.). Naucalpan, Estado de México: Pearson Educación.
- Mankiw, G. (2012): *Principios de Economía* (Sexta ed.). D.F., México: Cengage Learning.
- Martello, S. (2010): Jen"o Egerváry: from the origins of the Hungarian algorithm to satellite communication. *Central European Journal of Operations Research*, 18(47), 47-58. doi:10.1007/s10100-009-0125-z
- OMT. (2017). *Panorama OMT del turismo internacional*. Edición 2017. Madrid: Organización Mundial del Turismo.
- Prawda, J. (2004): *Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones I: Modelos Determinísticos*. D.F.: Limusa.
- Quiroga, C., & Aguirre, J. (2014): Solución de Problemas de Producción en una Empresa Manufacturera de Calzado en León Guanajuato, México. *Revista CEA*, 1(1), 121-130.
- RAE. (2018a): *Real Academia Española*. Recuperado el 12 de agosto de 2018, de Asociación de Academias de la Lengua Española: <http://dle.rae.es/?id=3zmNLMJ>
- _____. (2018b): *Real Academia Española*. Recuperado el 11 de agosto de 2018, de Asociación de Academias de la Lengua Española: <http://dle.rae.es/?id=aIPqbUd>
- _____. (2018c): *Real Academia Española*. Recuperado el 12 de agosto de 2018, de Asociación de Academias de la Lengua Española: <http://dle.rae.es/?id=UGzaxVf>
- Render, B., Stair, R., & Hanna, M. (2012): *Métodos cuantitativos para los negocios*. Naucalpan, Estado de México, México: Pearson Educación.

- Salazar, B. (2016): *Ingeniería Industrial Online.com*. Recuperado el 11 de agosto de 2018, de Herramientas para el Ingeniero Industrial: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/an%C3%A1lisis-del-punto-de-equilibrio/>
- Sánchez, C. A. (2004): *Investigación de Operaciones I*. Llorente, San José, Costa Rica: Universidad Hispanoamericana.
- Sánchez-Robles, B. (s.f.): La Inversión. *Macroeconomía II* (págs. 1-10). Cantabria: Universidad de Cantabria.
- Sectur. (julio de 2017). *DATATUR*. Obtenido de Ranking Mundial del Turismo Internacional: <http://www.datatur.sectur.gob.mx/SitePages/RankingOMT.aspx>
- Sierra, J. J., Zamudio, E., & Rojas, O. (2015): Modelo de Transbordo Multimodal Multiperiodo. *Congreso Internacional de Logística y Cadena de Suministro (CiLOG2015)* (págs. 1-8). Guadalajara: Asociación Mexicana de Logística y Cadena de Suministro, A.C. (AML).
- Szmulewicz, P., & Oyarzún, E. (2002): Fortalecimiento de la Gestión en Destinos Turísticos. Recomendaciones para el diseño de programas operativos. *Turismo y Sociedad, I*, 10-15.
- Taha, H. A. (2012): *Investigación de Operaciones* (Novena ed.). Naucalpan, Estado de México, México: Pearson Educación.
- Universidad Santa María. (2003): *Fundamentos de Investigación de Operaciones: Investigación de Operaciones 1. El problema de Transporte*. Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Informática. Valparaíso: Universidad Santa María.
- Vilcarromero, R. (2013): *La Gestión de la Producción*. Málaga, España: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso.
- WTO. (June de 2018). World Tourism Barometer. *UNWTO*, 16(3), 1-5.



ⁱ El método para resolver este tipo de problemas de transporte especial fue propuesto por el matemático ruso V. A. Maš. El método de Maš reduce el problema de transbordo a un problema de transporte clásico, gracias a un diseño especial de la tabla de transporte (Briš, 2010).

ⁱⁱ Como productividad se puede entender la relación entre la producción de bienes en la industria manufacturera, o de ventas en el sector servicios, y las cantidades de insumos utilizados. La productividad indica cuánto producto generarán los insumos utilizados en una actividad económica, de esta forma, se puede saber si es más eficiente o no la transformación de los insumos en producto (INEGI, 2003).