



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

## OPTIMIZACIÓN DE LA ASIGNACIÓN DE PRESUPUESTO EN LA CATEGORÍA DE SERVICIOS PROFESIONALES DE LATAM AIRLINES

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

FRANCO LUCIO ALFERO KARA

PROFESOR GUÍA:  
CLAUDIO ORSINI GUIDUGLI

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
RICARDO LOYOLA MORAGA  
HÉCTOR ÁLVAREZ VALDÉS

SANTIAGO DE CHILE  
2020

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR  
AL TÍTULO DE:** Ingeniero Civil Industrial  
**POR:** Franco Lucio Alfero Kara  
**FECHA:** 13/01/2020  
**PROFESOR GUÍA:** Claudio Orsini Guidugli

## **OPTIMIZACIÓN DE LA ASIGNACIÓN DE PRESUPUESTO EN LA CATEGORÍA DE SERVICIOS PROFESIONALES DE LATAM AIRLINES**

El presupuesto ha sido históricamente un elemento central en la mayoría de los sistemas de control de gestión de las organizaciones. En la actualidad tanto su comprensión como sus posibles aplicaciones han evolucionado, ampliándose más allá de la función de control, y tomando mayor relevancia un enfoque presupuestario que fortalece el desarrollo estratégico.

LATAM Airlines es una empresa multinacional con sede en Santiago de Chile, y la única en el mercado latino con rutas a los 5 continentes. Desde el año 2015 ha sufrido una situación adversa económicamente, por lo que optó por tomar una postura de ahorro con el objetivo de ordenar financieramente la empresa y todas sus áreas. Entre sus áreas más importantes se encuentra la subgerencia de servicios externos encargada de controlar y gestionar todos los servicios externos que contrata la empresa. El problema principal de la subgerencia yace en la incapacidad de predecir los gastos en los diversos servicios externos que debe contratar una empresa como LATAM. En los últimos 4 años el área ha tenido gastos finales cercanos a un 20% menor al presupuestado inicialmente lo que genera pérdidas a nivel de costo de oportunidad además de ser un síntoma de fallas en el diseño del proceso y su implementación.

El presente trabajo de título tiene como objetivo principal optimizar la asignación de presupuesto de los servicios profesionales que contrata LATAM Airlines, para lo cual se realizó lo siguiente: Se creó un indicador que establece niveles de prioridad a cada categoría de servicio en la empresa, integrando los KPI ya utilizados por LATAM. Las categorías utilizadas para la creación del indicador fueron elaboradas a partir de un análisis de cluster en conjunto con el trabajo de la subgerencia. Se diseñó un modelo matemático a partir del planteado por Sinuany-Stern (1993) el cual optimiza no solo el proceso, sino que une la estrategia de la empresa con el proceso de presupuestación.

El modelo diseñado fue evaluado utilizando dos métricas de logro y cumple parcialmente con los objetivos planteados. Por una parte, la precisión del modelo obtuvo el cumplimiento deseado con un porcentaje de precisión del 90%. La segunda métrica utilizada fue el logro de los servicios, ítem en el cual el modelo obtuvo un logro cercano al 80% (utilizando simulación de Montecarlo), sin embargo, en este ítem se esperaba obtener un logro del 95% el cual, aunque no muy lejano a lo obtenido si representa una desviación de los objetivos de este trabajo de título. No obstante, este modelo tiene un gran impacto en el desempeño de la subgerencia y se espera obtener un ahorro sustancial de su implementación.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia, a mi mamá por siempre estar ahí apoyándome y guiándome en este largo y difícil camino que es la universidad, y aunque a veces tuviéramos diferencias siempre las superamos juntos con amor. A mi papá a quien agradezco no solo por iniciarme tempranamente con la tecnología y el deporte, sino que también por apoyarme y brindarme algunas de las mejores experiencias de mi vida. Y a mi hermana que si bien no hablamos mucho sentí su incondicional apoyo a lo largo de estos años.

También quiero agradecer a los cabros de la U, Cristian, PL, Pino, Carlos, Vicho, Ale, Zamo, Fabian, Claudio, Pérez, Feña, Santiago, Hans, Jorge, Max, Fredy, Sergio, Angela y Vale. Con ellos son mis mejores memorias y experiencias en la facultad, ya sea jugando cartas en la cafeta o tomando en las bancas, siempre hubo buenos momentos. También agradecer a mis compañeros del Southern Cross School a quienes nombraría, pero son demasiados y no me caben en los agradecimientos. Que sepan que me apoyaron y me dieron la confianza necesaria para abordar todas mis experiencias universitarias.

A mis grandes amigos del intercambio, a Isa, Cate, Anna, Joan y Marco, ya que incluso a la distancia y tras más de dos años seguimos siendo igual de cercanos y con una gran amistad. Además, un agradecimiento especial a Marco y Joan, pues si no fuera por ellos habría terminado esta tesis meses antes.

A mis primos Alfero y Kara por haber estado apoyándome y ayudándome en mi carrera universitaria en especial al Mati, Benja y Nacho quienes siempre supieron cómo hacerme reír y también me apoyaron a superar esta etapa. Además, un especial agradecimiento a mi primo Tomas por toda su ayuda a convertirme en el profesional que soy hoy.

Gracias a mis profesores Claudio Orsini, Ricardo Loyola y Orlando Castillo por su gran apoyo durante el año y sus infaltables ganas de ayudar a mejorar tanto mi trabajo de título como mi carrera profesional.

Y, por último, pero igual de importante, agradecer a mi hermosa polola Nati, fue uno de mis pilares más importantes a lo largo de este arduo camino y sin ella de seguro no habría llegado a donde estoy hoy, su infinita paciencia conmigo y amor es incomparable.

# TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción .....	1
1.1	Antecedentes generales .....	2
1.2	Organigrama de LATAM.....	6
1.3	Subgerencia de Servicios Externos .....	7
1.3.1	Tareas de la subgerencia.....	8
2.	Descripción del Problema .....	10
3.	Objetivos .....	13
4.	Alcances .....	14
5.	Resultados Esperados.....	15
6.	Marco teórico .....	16
6.1	Programación Lineal .....	16
6.2	Programación No Lineal.....	16
6.3	Proceso Analítico Jerárquico (AHP).....	17
6.4	Proceso Analítico de Redes (ANP) .....	18
6.5	Análisis de cluster .....	19
6.5.1	Partición Alrededor de Medoides (PAM) .....	20
6.6	Simulación de Montecarlo.....	21
6.7	Activity Based Budget .....	21
6.8	Beyond Budget .....	22
6.9	Network Optimization Model for Budget Planning in Multi-Objective Hierarchical Systems.....	23
6.9.1	Definición del modelo .....	23
7.	Elección del modelo a desarrollar .....	26
8.	Metodología .....	28
8.1	Levantamiento de procesos .....	28
8.2	Construcción del modelo .....	28
8.3	Plan de implementación .....	29
9.	Levantamiento de procesos .....	30
10.	Construcción del modelo de optimización .....	34
10.1	Construcción del indicador de decisión .....	34
10.1.1	Proceso Analítico Jerárquico .....	34
10.1.2	Análisis de cluster.....	39

10.1.3 Ponderaciones.....	44
10.2 Construcción del modelo .....	46
10.2.1 Construcción de variables del modelo.....	46
10.2.2 Elaboración del modelo en RStudio .....	48
10.2.3 Construcción de simulación Montecarlo .....	49
11. Resultados .....	52
11.1 Precisión del presupuesto .....	52
11.1.1 Resultados simulación .....	53
11.2 Logro de servicios .....	54
12. Plan de implementación .....	57
12.1 Etapa de preparación .....	57
12.2 Etapa de implementación .....	59
13. Conclusiones .....	62
14. Recomendaciones .....	65
14.1 Base de datos .....	65
14.2 Eje de proveedores.....	66
15. Bibliografía.....	69
16. Anexos .....	71
16.1 BPM: Proceso de asignación de presupuesto LATAM.....	71
16.2 Código de RStudio para análisis de cluster.....	72
16.3 Código de modelo matemático .....	73
16.4 Matriz de materialidad LATAM .....	74
16.5 Encuesta exploratoria de criterios.....	75
16.6 Encuesta de puntaje de criterios.....	79
16.7 Matriz de proveedores por país y tipo de servicio.....	80
16.8 Caracterización AHP.....	81
16.9 Comparaciones criterios (Método AHP).....	87

# 1. INTRODUCCIÓN

El presupuesto ha sido históricamente un elemento central en la mayoría de los sistemas de control de gestión de las organizaciones. Sin embargo, desde hace ya unos 20 años el modelo tradicional de presupuestación ha sido objeto de considerables críticas. Este ha sido considerado como "roto" (Jensen, 2001), "una cosa del pasado" (Gurton, 1999), o un "mal innecesario" (Wallander, 1999). Sin embargo, aun frente a todas estas críticas, el sistema de presupuestación en las compañías no ha sufrido mayores cambios en su proceso. Las encuestas europeas también informan de un creciente descontento entre las organizaciones con sus sistemas de presupuestación (Neely et al., 2003; Eckholm y Wallin, 2000) y encuestas en Norteamérica señalan la presencia mayoritaria de presupuestos de control en las empresas al igual que un mínimo interés por abandonar estos métodos por procesos más recientes e innovadores (Libby y Lindsay, 2010).

El caso contra la presupuestación tradicional ha sido argumentado con mayor fuerza por Hope y Fraser (2003) como parte de la Beyond Budgeting Roundtable (BBRT). Los autores argumentan que los sistemas de presupuesto a menudo resultan en un comportamiento disfuncional y consumen grandes cantidades de tiempo de gestión. Además, a menudo impiden que las empresas sean flexibles y adaptables en los entornos cada vez más impredecibles a los que se enfrentan las organizaciones contemporáneas; y están desconectados de la estrategia y, por lo tanto, fuera de sintonía con los requisitos de la competencia. Según Hope y Fraser el proceso de presupuestación clásico es defectuoso conceptualmente.

Sin embargo, el argumento de Hope y Fraser se presenta como una receta universal para el éxito. Es difícil aceptar que sean tantas las organizaciones que continúan utilizando el presupuesto con fines de control (es decir, para la motivación de los gerentes y la evaluación del desempeño) si es que está fundamentalmente defectuoso. Sin embargo, aparte del documento de trabajo de Epstein y Manzoni (2002), hay muy pocas pruebas recientes sobre si las empresas están adaptando sus sistemas presupuestarios y cómo lo están haciendo. Además, existen ejemplos en la literatura en los que empresas muy exitosas utilizan ampliamente la presupuestación tanto para la planificación como para el control (Knight and Dyer, 2005). Con estos ejemplos entra la pregunta de ¿Por qué estas empresas han tenido tanto éxito y han sido tan innovadoras si la presupuestación es inherentemente defectuosa?

Por último, es posible que Hope y Fraser hayan hecho demasiado hincapié en la afirmación de que los sistemas de presupuestación son

intrínsecamente antitéticos a la adaptación exitosa en entornos inciertos o impredecibles. Para demostrar esto el caso Codman & Shurtleff (Simons, 1987) muestra una filial de Johnson & Johnson que depende en gran medida de la elaboración de presupuestos clásicos en una industria altamente innovadora e inestable. Parece que el caso de la presupuestación implica consideraciones distintas a la incertidumbre o a la imprevisibilidad medioambiental.

Finalmente, estos puntos sugieren que aún no se posee una comprensión clara de la presupuestación en las empresas que sea capaz de explicar los procesos que dan lugar resultados satisfactorios o insatisfactorios, es por esto por lo que este trabajo de título busca ofrecer un mayor entendimiento del proceso de presupuestación en las empresas y una solución para aquellas empresas que se sientan encerradas en el proceso clásico de presupuestación.

## 1.1 Antecedentes generales

LATAM Airlines Group es una empresa multinacional del rubro de transporte aéreo con sede en Santiago de Chile y formada en 2012, luego de la fusión entre la aerolínea LAN de Chile y la aerolínea TAM de Brasil, es la aerolínea más grande de Sudamérica con respecto al tamaño de su flota y la cantidad de pasajeros que transporta y la 10° en el mundo. Además, es la aerolínea con rutas a más países en Sudamérica siendo la única en el mercado latino con rutas a los 5 continentes.

Tiene la visión de convertirse en uno de los grupos de aerolíneas más admirados del mundo y su misión es conectar a las personas de manera segura, con excelencia operativa y un toque personal.

La razón de su gran crecimiento y ventaja competitiva en el rubro de transporte aéreo en Sudamérica ha sido principalmente su estrategia de optimización de flota y rutas para el transporte de pasajeros y carga, de tal manera de tener menores costos en ambos al poder unir ambos servicios en cada viaje que se realiza. Además de esto, una marca fuerte complementada con alianzas estratégicas como OneWorld, una de las alianzas de aerolíneas más grande del mundo.

Desde la fusión con TAM en 2012 la empresa tuvo unos primeros años difíciles, pero a mediados del año 2016 empezaron a crecer sus acciones con la adquisición del 10% de su propiedad a Qatar Airways (Acción de LATAM Airlines continúa subiendo e impulsa a la Bolsa de Santiago, 2016) y luego llegó a sus primeros números azules a finales de 2016 acumulando una utilidad

de US\$23,5 millones y aumentando su acción a su máximo en dos años (¿A quién le importa la amenaza low cost?: acciones de LATAM despegan en bolsa y tocan su máximo en dos años, 2017). Luego de esto la acción de LATAM se mantuvo al alza por más de 1 año logrando aumentar el valor de su acción en un 108% entre enero de 2017 y enero de 2018, mes en el que alcanzó su máximo en 5 años. (ver gráfico 1)

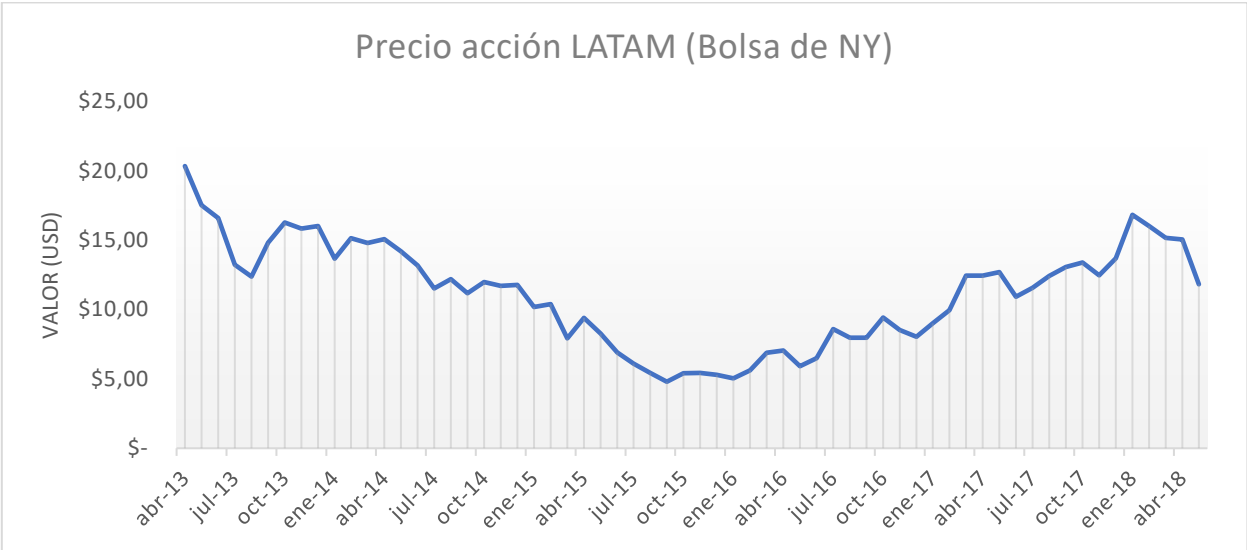


Gráfico 1: Precio acción LATAM en la bolsa de Nueva York. Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

Pero entre abril y junio del año 2018 LATAM experimentó una baja en sus acciones de un 31%. (ver gráfico 2)



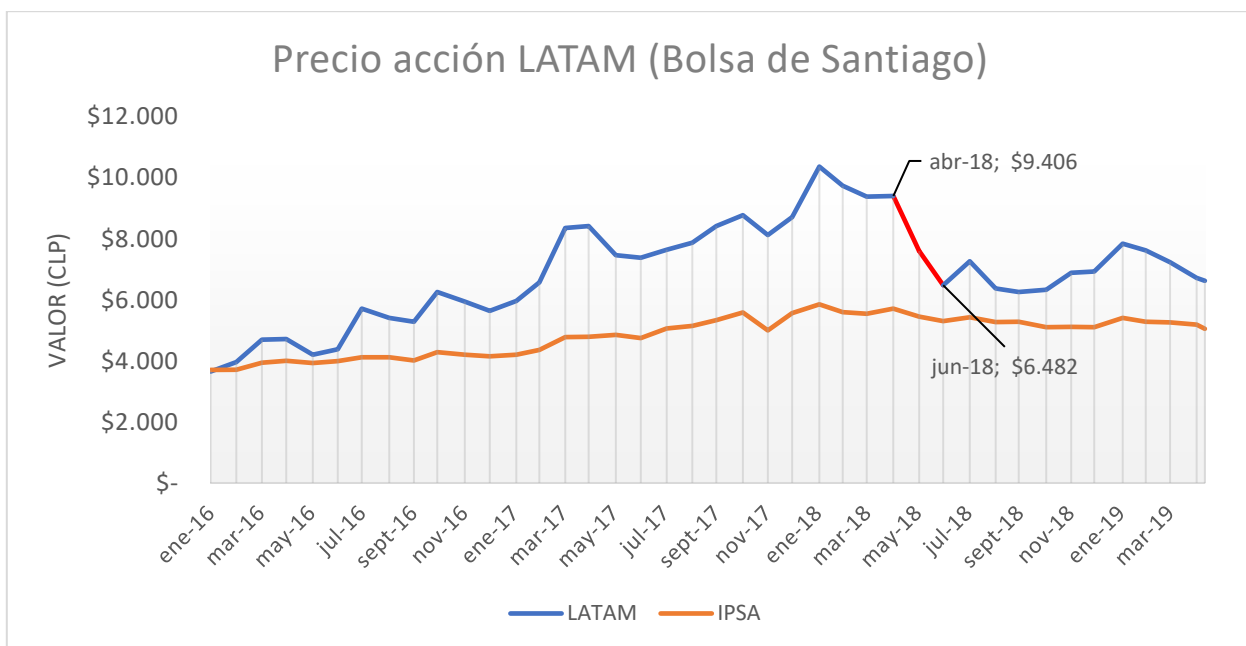


Gráfico 2: Precio acción LATAM vs IPSA en la bolsa de Santiago. Elaboración propia con datos de la bolsa de Santiago.

Esta baja en las acciones de LATAM se corresponde con una huelga que ocurrió durante el mes de abril causada por el sindicato de tripulantes de cabina. La manifestación del sindicato buscaba un reajuste salarial y extensión de días libres, pero estas demandas no fueron aceptadas por la empresa lo que significó que la huelga se extendiera por 17 días finalizando el día 26 de abril (Sindicato asegura que terminó la huelga en Latam: "Era lo más certero, pero no logramos lo que pedíamos", 2018).

Tomando en cuenta lo anterior se puede suponer que la baja en las acciones de LATAM pudo haber sido causada en su mayor parte por la huelga, pero si se compara el mismo periodo para cuatro de las más grandes aerolíneas sudamericanas en la bolsa de NY se puede apreciar que hubo una tendencia a la baja durante ese periodo de abril a junio que afectó tanto a LATAM como a Azul y Gol, por lo que es más correcto suponer que esta baja de las acciones obedezca a un movimiento de la industria en su mayor parte y en menor medida a la huelga. (ver gráfico 3)

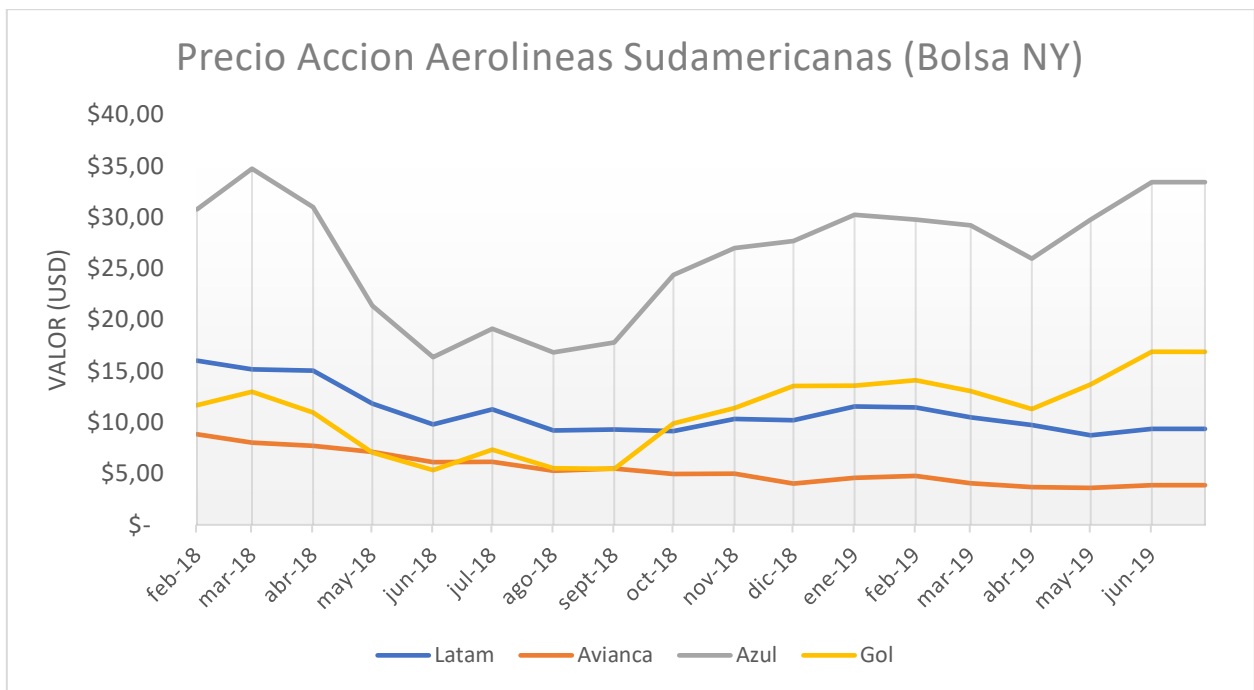


Gráfico 3: Precio acción principales aerolíneas sudamericanas en la bolsa de Nueva York. Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

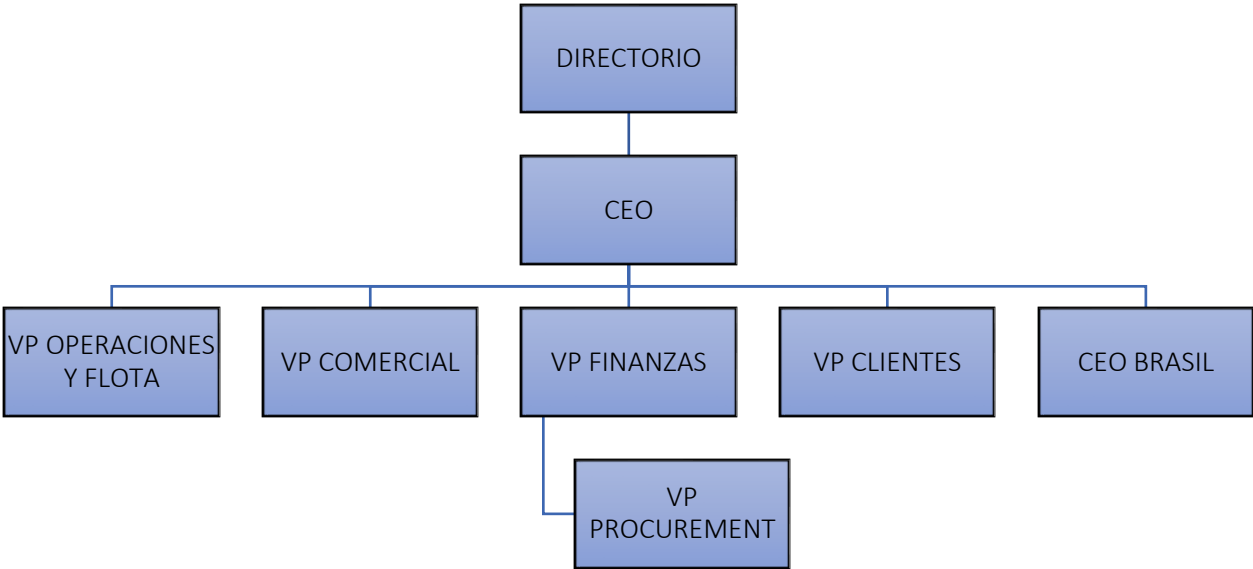
Por esta razón LATAM ha empezado múltiples nuevas iniciativas de ahorro para enfrentar esta situación. Estas iniciativas se pueden dividir en 3 categorías:

1. Top Down: es una iniciativa que busca reducir el presupuesto de todas las áreas haciendo que el subgerente encargado de cada área en LATAM tenga que reducir sus gastos en un 10%, este ahorro debe realizarse en el periodo de un año.
2. Iniciativas de ahorro propias: esta propuesta busca que cada trabajador de la empresa proponga su propia iniciativa de ahorro con el fin de reducir gastos en su área o en alguna otra área, el trabajador cuando tenga su iniciativa redactada la sube al portal de iniciativas en el sitio web de los trabajadores para que luego el área encargada de gestionar estas iniciativas las ponga en marcha.
3. Recorte de presupuesto: es una práctica común en las grandes empresas cuando pasan por momentos difíciles o buscan ahorrar dinero de manera rápida, este método consiste en reducir proporcionalmente el gasto al presupuesto de todas las áreas para alcanzar el ahorro necesario por el directorio o la gerencia, en general este recorte se hace en casi todas las áreas dejando las vitales para el funcionamiento de la empresa fuera de este recorte o con un porcentaje mucho menor.

Con todo esto LATAM sigue siendo de las aerolíneas más exitosas en toda Sudamérica, y hasta el último año era la segunda aerolínea más exitosa en toda Sudamérica en términos de valor bursátil. Este periodo de reajuste y reordenamiento de la empresa ha causado que la aerolínea no crezca y entre en un periodo de consolidación, además se ha mantenido bastante bien si se compara con lo errático de los movimientos en la bolsa de NY de la mayor aerolínea de Sudamérica, Azul Linhas Aéreas Brasileiras.

### 1.2 Organigrama de LATAM

En el organigrama 1 se puede ver como se compone LATAM en sus esferas de decisión de mayor importancia.



*Organigrama 1: Composición de las esferas de decisión de LATAM. Elaboración propia con información de la memoria LATAM 2018.*

El cargo más alto dentro de LATAM es el CEO y este cargo es ocupado por Enrique Cueto, quien dirige la empresa y tiene contacto directo con el directorio.

Luego de él están las distintas vicepresidencias: Operaciones y Flota se encarga de todas las actividades relacionadas con la operación de los aviones y su mantenimiento buscando eficiencia y competitividad en costos; Comercial se encarga de las alianzas con aerolíneas y la administración de las filiales en Argentina, Chile, Colombia, Ecuador y Perú; Finanzas está a cargo de fortalecer el financiamiento de la empresa y mejorar los resultados; Clientes a cargo de la experiencia completa de los clientes; CEO Brasil fue creado a

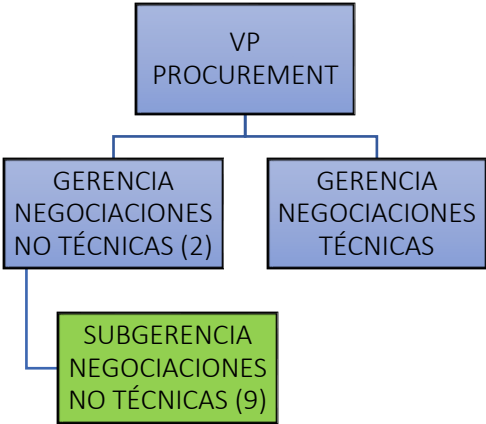
partir de la fusión con TAM esta rama del organigrama replica el mismo esquema que se ha mostrado pero para los servicios en Brasil, es decir, las áreas anteriores tienen control de la empresa en todos los países en los que se encuentra menos Brasil.

Por último, la vicepresidencia de Procurement bajo dirección de la vicepresidencia de Finanzas se preocupa de las compras y contratos para LATAM.

### 1.3 Subgerencia de Servicios Externos

La vicepresidencia de Procurement se puede dividir en dos sectores, el primero es el sector técnico el que hace referencia a todas las operaciones de la empresa necesarias para que el avión pueda despegar, volar y aterrizar de manera correcta y segura, además de todo proceso necesario para asegurar la llegada a tiempo del avión, el segundo sector es el no técnico y hace referencia a todas las otras operaciones de la empresa estas se pueden dividir en nueve categorías, algunos ejemplos de estas son, IT, Catering, Infraestructura, Servicios Externos.

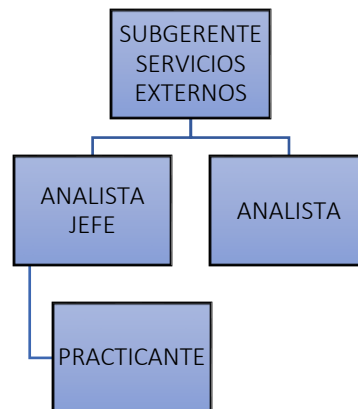
Cada una de estas áreas es liderada por un subgerente. Los subgerentes tienen el cargo de *category manager* y están a cargo de mantener la operación estable de su sector correspondiente y de implementar nuevas iniciativas fomentadas por las líneas estratégicas de la empresa. En un nivel jerárquico superior están los gerentes, hay dos para los nueve subgerentes del área de negociaciones no técnicas, y por encima de los gerentes está el vicepresidente de procurement que es quien se encarga de todas las compras y contratos de la empresa. (ver organigrama 2)



Organigrama 2: Composición de la vicepresidencia de procurement. Elaboración propia con información de la memoria LATAM 2018.

Este trabajo de título se realiza en el área de Subgerencia de negociaciones no técnicas de servicios profesionales que, aunque se denomine una subgerencia no técnica, se encarga de aprobar/rechazar, y gestionar todos los servicios de terceros contratados por la empresa de manera transversal a esta.

El equipo de trabajo se compone actualmente como se puede ver en el siguiente organigrama.



*Organigrama 3: Composición de la subgerencia de servicios externos. Elaboración propia con información del subgerente de servicios externos.*

El área tiene un presupuesto anual de alrededor de US\$200 millones lo que representa alrededor de un 2%<sup>1</sup> del presupuesto total de la empresa.

### 1.3.1 Tareas de la subgerencia

Las tareas realizadas por el área se pueden dividir en dos macroprocesos relevantes los cuales son la asignación de presupuesto a los servicios externos de LATAM y el trabajo durante el año para reducir costos en los servicios presupuestados.

La primera tarea está directamente relacionada con el objetivo principal de la presente tesis y será profundizada en los siguientes capítulos. A modo de síntesis, la asignación de presupuesto se puede dividir en tres fases distintivas: preparación del presupuesto, en la que se categorizan los gastos recurrentes y esporádicos del presupuesto anterior. La segunda fase es la obtención del presupuesto, donde ocurre el proceso de negociación entre las

---

<sup>1</sup> El presupuesto total de la empresa se obtuvo de la memoria anual de LATAM del año 2018 en el informe financiero.

distintas áreas de la empresa con la subgerencia de modo de obtener el presupuesto necesario para pagar los servicios que requieren. La tercera fase es una etapa post proceso donde ocurren todos los ajustes finales y se solucionan problemas que pueden haber ocurrido durante la asignación de presupuesto y/o la negociación.

La segunda tarea del área consiste en gestionar los servicios que contrata LATAM con el fin de encontrar maneras de reducir gastos al: encontrar mejores proveedores; centralizar múltiples servicios a un solo proveedor; eliminar servicios que no aporten valor a la compañía; etc. Esta tarea, aunque no es el enfoque principal de este trabajo de título sí presenta problemas de eficiencia que serán tomados en cuenta en la conclusión y posterior propuesta.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente la asignación de presupuesto en la subgerencia de servicios externos presenta la siguiente problemática: continuamente el valor presupuestado a inicios de año por LATAM no corresponde con el gasto final realizado. Este problema se puede manifestar de dos formas. La primera es que el gasto final de la empresa sea mayor al presupuestado en cuyo caso hay que obtener recursos de algún otro sector para poder cubrir este déficit, en este caso la pérdida es clara ya que tan solo es la diferencia entre el presupuesto y el gasto. La segunda forma y la que aqueja actualmente a LATAM es que el gasto final es menor. Esto en primera instancia parece un buen resultado ya que representa un ahorro del gasto esperado por la empresa, pero representa una pérdida significativa: que el monto sobre presupuestado no puede ser utilizado para otros proyectos en la empresa. Esto es conocido como costo de oportunidad, se define como el costo de la inversión de los recursos disponibles, en una oportunidad económica, a costa de la mejor inversión alternativa disponible.

En palabras simples, esta segunda forma de pérdida sería equivalente a presupuestar todo el dinero de una empresa a consultorías y el pago de arriendos, y a final de año darse cuenta de que fue menor el gasto a lo esperado, pero los gastos inesperados de algún problema que surge durante el año o algún otro proyecto que se tuviera en mente que habría traído mayores ganancias no se pudo realizar ya que este dinero estaba reservado para las categorías antes mencionadas lo que representa un alto coste de oportunidad.

Para representar este punto con un caso real, en el contexto de LATAM, las diferencias en el presupuesto del año 2018 fueron cercanas al 20%, y cuando se tratan de magnitudes del orden de cientos de millones de dólares esta diferencia puede significar pérdidas del orden de US\$20 millones a US\$40 millones<sup>2</sup>. En el caso de sobre presupuestar el fallo habría resultado en pérdidas por alrededor de US\$20 millones, en cambio en este caso se analizó el costo de oportunidad de no poder utilizar ese capital para financiar otros proyectos de la empresa. Esto podría significar una pérdida menor o mayor, dependiendo de los proyectos que se planeaba financiar con este dinero, o mejor dicho si un proyecto que habría rentado US\$45 millones no se llevó a cabo por no tener esos US\$20 millones disponibles entonces la pérdida es bastante mayor a si el presupuesto se hubiera pasado en US20 millones. En todo caso, la estimación del impacto de sub presupuestar cae fuera del alcance del trabajo realizado, el impacto que se propone en este trabajo es el costo de

---

<sup>2</sup> Información recolectada de los reportes de presupuesto del área de servicios externos.

oportunidad de invertir la diferencia postulada en los portafolios de inversión de la empresa<sup>3</sup>.

Es en el recuento final, donde se ve la diferencia del valor presupuestado contra el gasto final, año a año y de manera recurrente ocurre que se gasta menos de lo que se presupuesta en un inicio.

Esto puede ser causado por la naturaleza del proceso de generación de presupuesto, ya que este proceso funciona como una lista de pedidos de navidad, donde cada área de la empresa hace su pedido de dinero esperando recibir el monto completo para poder adquirir los servicios que requiere. Además, el encargado de realizar el pedido no debe cumplir con ninguna responsabilidad más que enviar el documento de pedidos, esto sumado a que las áreas buscan obtener más dinero del que realmente requieren por si ocurre alguna eventualidad durante el año de tal manera de no tener que volver a pedir dinero y ahorrarse los problemas que conlleva. Es decir, el proceso es utilizado como una herramienta para asignar lo que pide cada una de las áreas sin tener en cuenta el historial ni el desempeño de las áreas solicitantes.

Otra posible causa del problema de sub-presupuestación es que este proceso de asignación presupuestaria no está estratégicamente enfocado, lo que puede llevar a una suboptimización del valor de los servicios y como se mencionó antes también una diferencia entre el valor presupuestado y el valor gastado, además de que se centre más en la reducción de costos que en la creación de valor. Aunque gran parte de las empresas utilizan el presupuesto como su principal sistema de control de gestión para establecer objetivos, asignar recursos y revisar el rendimiento, sin embargo, este se realiza de forma separada del proceso de planificación estratégica.

Una posible consecuencia de esto es que, como el presupuesto es el principal medio para ejercer el control para la subgerencia, la atención del área se centra en el logro de objetivos financieros a corto plazo. Es decir, los líderes de áreas en LATAM que deciden que servicios quieren contratar y lo piden en la partida presupuestaria entran en una "zona de confort" en la cual tienen seguridad, de la obtención de los recursos financieros los cuales caen dentro de los límites presupuestarios por lo que año a año siguen tomando las mismas decisiones y manteniéndose con los mismos proveedores, realizando así el mismo servicio sin facilitar la generación de la información necesaria para la

---

<sup>3</sup> Esta información no fue entregada por lo que se utilizó una tasa del 5% anual correspondiente con tasas de retornos de algunas administradoras de fondos y bancos.



toma de decisiones estratégica relevante en el contexto de mercados para la subgerencia.

Un segundo problema que existe en la subgerencia es de eficiencia en el proceso de gestión de servicios antes descrito, esto es debido a que todas las tareas de este proceso se realizan en las áreas y servicios que encuentren o que llamen la atención del subgerente o analistas, se puede decir que se dedican a "apagar incendios" durante el año, es decir, resolver problemáticas urgentes por sobre aquellas que apuntan a un plan de desarrollo en LATAM. Por otro lado, la subgerencia no se encarga de negociar todos los servicios contratados por las áreas de la empresa, para esto se contrató a IBM que provee el servicio de negociación y renegociación de contratos para los servicios que se quiera contratar por primera vez o que haya que renovar, siempre y cuando estos sean de un valor menor a USD \$250.000.

Debido a que LATAM trabaja con una metodología poco clara y establecida y sin protocolos e indicadores que los ayuden a dirigir de manera óptima sus esfuerzos, su trabajo durante el año se ve disminuido por la poca claridad que tienen hoy y la metodología de resolver los problemas a medida que se presentan.

### 3. OBJETIVOS

Objetivo general: Optimizar la asignación de presupuesto de los servicios profesionales que contrata LATAM Airlines.

Para medir el cumplimiento del objetivo se proponen dos indicadores, el primer indicador es la diferencia entre el presupuesto final asignado a cada servicio contratado por la empresa y el gasto real final que suponga este servicio, este indicador busca representar precisión del modelo al momento de estimar los presupuestos finales. Para este indicador se busca obtener un rango con diferencia menor al 10%. Este indicador, aunque no implique de por sí la optimización de la asignación del presupuesto es uno de los factores que más le importan y afectan a la subgerencia por lo que cumplir con este objetivo sería lograr lo esperado por esta.

El segundo indicador es de logro y muestra si es que el servicio realizado completó su propósito, es decir, si el servicio que se contrató con el dinero asignado logró realizar el trabajo para el cual fue contratado. Este indicador aún no está implementado dentro de la empresa por lo que se le propone a la empresa que lo implemente dentro del proceso, se espera que al menos un 95% de todos los servicios indiquen que su objetivo principal al contratar el servicio se logre.

El objetivo se determina cumplido si ambos indicadores están dentro del rango establecido.

Objetivos específicos:

- Construir un indicador, a partir de distintos KPI's (key performance indicator) ya existentes en LATAM, que establezca un nivel de prioridad a cada categoría de servicio en la empresa.
- Diseñar un modelo que utilice el indicador anterior para determinar que tipos de servicio son prioritarios en LATAM para optimizar la asignación de presupuesto.
- Optimizar utilizando el modelo anterior para lograr una diferencia de menos de 10% entre el presupuesto inicial y el gasto final y de un 95% de logro de los servicios.

## 4. ALCANCES

El proyecto que se plantea a continuación corresponde a mejorar el proceso de asignación de presupuestos el que incluye la construcción de un indicador para priorizar entre servicios y la construcción de un modelo que optimice la asignación.

Debido a restricciones de tiempo y de responsabilidades en el proyecto en el que se enmarca esta memoria, no se consideran los siguientes puntos:

No se abordó la implementación del modelo de optimización dentro del proceso de asignación de presupuesto, solo la entrega, junto con su documentación, como una herramienta para resolver los problemas antes descritos dentro de este proceso.

Tampoco se consideran recomendaciones de la modificación del modelo para adaptarla a otras áreas fuera de la de servicios externos o de cualquier ajuste futuro del modelo por algún cambio en la política de presupuesto de la compañía.

Además de esto y si bien el objetivo de la tesis tiene como fin optimizar la asignación de presupuesto, el presente trabajo se enfoca en los objetivos planteados anteriormente para considerar optimizado el proceso. Esto debido a que la optimización total del proceso incluiría al menos una arista más que haría este trabajo de título demasiado extenso, este punto corresponde a:

La optimización individual de cada categoría de servicio, es decir, obtener un valor "óptimo" a lo largo del tiempo para cada tipo de servicio de la empresa en los distintos países en los cuales está ubicado para así no gastar demás en los servicios. Este trabajo será responsabilidad de los procesos ya establecidos de negociación de costos dentro de la empresa.

## 5. RESULTADOS ESPERADOS

Para optimizar la asignación de presupuesto de los servicios profesionales que contrata LATAM Airlines y en concordancia con los objetivos específicos planteados se espera obtener como resultado:

1. Un indicador compuesto para la toma de decisiones del modelo.
2. Un modelo que optimice la asignación de presupuesto a los servicios externos contratados por LATAM.
  - Modelo matemático que se ejecute en los computadores de los trabajadores del área de la contraparte que optimice el proceso en un tiempo razonable para sus integrantes.
  - Documento formal que explicita las características del modelo, así como los supuestos utilizados para realizarlo y el proceso de construcción de este.
3. Un plan de implementación del modelo elaborado.

## 6. MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentan definiciones atinentes al proyecto y la metodología de desarrollo del trabajo.

### 6.1 Programación Lineal

La programación lineal (LP, también llamada optimización lineal) es un método para lograr el mejor resultado (como el máximo beneficio o el menor coste) en un modelo matemático cuyos requisitos están representados por relaciones lineales. La invención de este método se le atribuye George Dantzig quien publicó el algoritmo Simplex en 1947 y es conocido como el padre de la programación lineal, pero fue inventado originalmente por L. V. Kantoróvich en su libro "Métodos matemáticos para la organización y la producción" (1939), per. La programación lineal es un caso especial de la programación matemática (también conocida como optimización matemática).

Más formalmente, la programación lineal es una técnica para la optimización de una función de objetivo lineal, sujeta a restricciones de igualdad y desigualdad lineales. Su región factible es un politopo convexo, que es un conjunto definido como la intersección de muchos medios espacios finitos, cada uno de los cuales está definido por una desigualdad lineal. Su función objetiva es una función afín (lineal) de valor real definida en este poliedro. Un algoritmo de programación lineal encuentra un punto en el poliedro donde esta función tiene el valor más pequeño (o más grande) si existe tal punto. (Dorfman y Robert, 1958)

Para el presente trabajo de título se evaluó la programación lineal como posible herramienta para resolver el modelo matemático planteado en los siguientes capítulos. La programación lineal se utiliza en miles de soluciones a nivel académico y corporativo para resolver problemáticas de carácter lineal, en este caso se evalúa este concepto debido a la simplicidad que entrega a la resolución del problema, sin embargo, su principal desventaja es que en organizaciones donde las decisiones no son tan directas las soluciones encontradas no son las óptimas.

### 6.2 Programación No Lineal

En matemáticas, la programación no lineal (PNL) es el proceso de resolver un problema de optimización en el que algunas de las restricciones o funciones objetivas son no lineales, es decir es una variante del problema de programación lineal. Un problema de optimización es el cálculo de los puntos extremos (máximos, mínimos o estacionarios) de una función objetiva sobre un conjunto de variables reales desconocidas y condicionadas a la satisfacción

de un sistema de igualdades y desigualdades, denominadas colectivamente restricciones. (Benson y Hande, 2002)

Al igual que en la programación lineal, la programación no lineal representa una herramienta muy efectiva para la resolución de modelos matemáticos donde las relaciones entre variables no son directas y pueden ser representadas por relaciones logarítmicas, exponenciales, cuadráticas, etc. La principal ventaja de este concepto es la capacidad de resolver problemas con relaciones más complejas, debido a esto las situaciones posibles de modelar en este sistema son mucho mayores y más cercanas a la realidad que en la programación lineal. La desventaja que tiene es que al ser más complejo la solución también es más compleja y por tanto el tiempo de resolución de cada sistema de ecuaciones aumenta considerablemente.

### 6.3 Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

El proceso analítico jerárquico (AHP) es una técnica estructurada para organizar y analizar decisiones complejas, basadas en las matemáticas y la psicología. Fue desarrollada por Thomas L. Saaty en la década de 1970 y publicada en 1980 en su libro "The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation", y ha sido ampliamente estudiada y refinada desde entonces.

El AHP tiene una aplicación particular en la toma de decisiones en grupo, y se utiliza en todo el mundo en una amplia variedad de situaciones de decisión, en campos como el gobierno, los negocios, la industria, la salud, la construcción naval y la educación.

En lugar de dictaminar una decisión "correcta", el AHP ayuda a los responsables de la toma de decisiones a encontrar la que mejor se adapte a su objetivo y a su comprensión del problema. Proporciona un marco exhaustivo y racional para estructurar un problema de decisión de tal manera de representar y cuantificar sus elementos, para así relacionar esos elementos con los objetivos generales y evaluar soluciones alternativas.

Los usuarios del AHP primero descomponen su problema de decisión en una jerarquía de subproblemas más fáciles de comprender, cada uno de los cuales puede ser analizado independientemente. Estos subproblemas a su vez pueden tener más subproblemas complejizando la toma de decisión, pero tomando en cuenta más elementos de esta.

Una vez construida la jerarquía, los responsables de la toma de decisiones evalúan sistemáticamente sus diversos elementos comparándolos entre sí de dos en dos, con respecto a su impacto en un elemento superior de la jerarquía. Al hacer las comparaciones, los responsables de la toma de decisiones pueden utilizar datos concretos sobre los elementos, pero normalmente utilizan sus juicios sobre el significado y la importancia relativa de los elementos. Es la esencia del AHP que los juicios humanos, y no sólo la información subyacente, pueden ser utilizados en la realización de las evaluaciones.

El AHP convierte estas evaluaciones en valores numéricos que pueden ser procesados y comparados en todo el rango del problema. Se deriva un peso numérico o prioridad para cada elemento de la jerarquía, lo que permite que elementos diversos y a menudo inconmensurables se comparen entre sí de forma racional y coherente. Esta capacidad distingue al AHP de otras técnicas de toma de decisiones.

En el paso final del proceso, se calculan las prioridades numéricas para cada una de las alternativas de decisión. Estas cifras representan la capacidad relativa de las alternativas para alcanzar el objetivo de la decisión, por lo que permiten una consideración directa de las diferentes líneas de acción. El proceso completo se puede ver en la sección de Anexos capítulo 16.8.

Este método se utiliza actualmente en las empresas como una manera simple de encontrar preferencias y tomar decisiones de un modo más sistemático y libre de sesgos, ambos estudios revisados en este trabajo de título utilizan esta metodología para obtener las preferencias de la empresa.

#### 6.4 Proceso Analítico de Redes (ANP)

Al igual que el AHP el proceso analítico de redes (ANP) es un método para el análisis de toma de decisiones complejas, pero en contraste con el AHP es una forma más general del proceso de análisis de decisiones multicriterio, este método fue desarrollado por Thomas Saaty y Luis Vargas y publicado en 1996 en su libro "Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process".

AHP estructura un problema de decisión en una jerarquía con un objetivo, criterios de decisión y alternativas, mientras que ANP lo estructura como una red. Ambos utilizan un sistema de comparaciones por pares para medir los pesos de los componentes de la estructura y, finalmente, para clasificar las alternativas en la decisión.

En el AHP, cada elemento de la jerarquía se considera independiente de todos los demás, los criterios de decisión se consideran independientes entre sí, y las alternativas también se consideran independientes entre sí y de los criterios de decisión. Pero en muchos casos del mundo real, hay interdependencia entre los artículos y las alternativas. El ANP no requiere independencia entre elementos, por lo que puede ser utilizado como una herramienta efectiva en estos casos.

El AHP asume que los criterios de decisión son independientes el uno del otro, y evalúa cada una de las alternativas independientemente en base a esos criterios. En cambio, el ANP permite considerar la interdependencia de estos criterios además de permitir que estos se vean afectados por las características de las alternativas en cuestión. Si, por ejemplo, todas las alternativas tienen una característica particularmente alta, el criterio correspondiente a esta característica se puede reducir adecuadamente.

Este método al ser más complejo es menos intuitivo por lo que es utilizado en mayor medida en organizaciones de fines académicos como centros de investigación o universidades, mientras que las empresas suelen elegir el AHP sobre el ANP debido a la facilidad en comparación que entrega y la alta efectividad que ha tenido en la toma de decisiones.

## 6.5 Análisis de cluster

El análisis de cluster es una categoría de técnicas que se utilizan para clasificar objetos o casos en grupos relativos llamados cluster. En este método, no hay información previa sobre el grupo o la pertenencia a un cluster para ninguno de los objetos. El análisis de cluster surgió como un tema importante en los años 60 y 70 cuando el artículo de Sokal y Sneath "Principios de taxonomía numérica" (1963) motivó la investigación mundial sobre este método.

El análisis de cluster se ha utilizado en el marketing con varios propósitos. La segmentación de los consumidores en el análisis de cluster se utiliza en base a los beneficios que se buscan con la compra del producto. Se puede utilizar para identificar grupos homogéneos de compradores. Este análisis implica la formulación de un problema, la selección de una medida de distancia, la selección de un procedimiento de agrupación, la decisión del número de clusters, la interpretación de los conglomerados de perfil y, finalmente, la evaluación de la validez de la agrupación. (Scoltock, 1982)



Las variables sobre las cuales se debe hacer el análisis de conglomerados deben ser seleccionadas teniendo en cuenta las investigaciones anteriores. También se debe seleccionar por la teoría, las hipótesis que se están probando y el juicio del investigador. Debe seleccionarse una medida apropiada de distancia o similitud; la medida más comúnmente utilizada es la distancia euclidiana o su cuadrado.

Los procedimientos de agrupación en el análisis de cluster pueden ser jerárquicos, no jerárquicos o un procedimiento de dos pasos. Un procedimiento jerárquico en el análisis de clusters se caracteriza por el desarrollo de una estructura en forma de árbol. Un procedimiento no jerárquico puede ser aglomerante o divisivo. Los métodos aglomerados en el análisis de clusters consisten en métodos de vinculación, métodos de varianza y métodos de centroide. Los métodos de vinculación en el análisis de clusters se componen de vinculación simple, vinculación completa y vinculación media.

Los métodos no jerárquicos en el análisis de conglomerados se denominan frecuentemente como "K mean clusters". El procedimiento de dos pasos puede determinar automáticamente el número óptimo de clusters al comparar los valores de los criterios de elección del modelo a través de diferentes soluciones de clusters. La elección del procedimiento de agrupación y la elección de la medida de distancia están interrelacionadas. El tamaño relativo de los clusters en el análisis de clusters debe ser significativo. Los clusters deben ser interpretados en términos de los centros de los clusters.

#### 6.5.1 Partición Alrededor de Medoides (PAM)

El algoritmo PAM tiene como objetivo encontrar una secuencia de objetos llamados medoides que se encuentran centralmente en grupos. Fue inventado por Kaufman & Rousseeuw en 1990 en su artículo "Partitioning Around Medoids". El objetivo del algoritmo es minimizar la diferencia promedio de los objetos a su objeto seleccionado más cercano. De igual manera, se puede minimizar la suma de las diferencias entre el objeto y su objeto seleccionado más cercano.

Entre sus ventajas se encuentran: ser intuitivo, menor sensibilidad al ruido y a los valores atípicos en comparación con los "K means clusters" (debido a las propiedades de las distancias que se utilizan), y produce un "individuo típico" para cada grupo (útil para la interpretación). Las desventajas son que consume mucho tiempo y es intensivo en el uso de la computadora (el tiempo de ejecución y la memoria son cuadráticos).

## 6.6 Simulación de Montecarlo

La simulación Montecarlo es una metodología estadística computarizada que permite a las personas en el análisis cuantitativo y la toma de decisiones compensar el riesgo. Esta técnica fue inventada por Stanislaw Ulam y Nicholas Metropolis en 1949 en un artículo llamado "The Montecarlo Method" nombrado así por el casino de Montecarlo. Actualmente es utilizada por profesionales de campos tan amplios como la banca, la gestión de proyectos, la energía, la fabricación, la ingeniería, la investigación y desarrollo, los seguros, el petróleo, el gas, el transporte y el medio ambiente.

La simulación Montecarlo ofrece a los responsables de la toma de decisiones una serie de resultados posibles y la probabilidad de cualquier elección de acción. Muestra las posibilidades extremas, los resultados de ir a la quiebra y de tomar la decisión más conservadora, junto con todas las consecuencias posibles para las decisiones intermedias.

La técnica fue utilizada por primera vez por los científicos que trabajaban en el proyecto de la bomba atómica; recibió el nombre de Montecarlo, la ciudad hotelera de Mónaco famosa por sus casinos. Desde su llegada en la Segunda Guerra Mundial, la simulación de Montecarlo se ha utilizado para modelar una variedad de sistemas físicos y conceptuales.

La simulación de Montecarlo lleva a cabo el análisis de riesgos mediante la construcción de modelos de resultados posibles reemplazando cualquier elemento con incertidumbre inherente por un rango de valores, una distribución de probabilidad. Luego utiliza un conjunto diferente de valores aleatorios de las funciones de probabilidad para medir los resultados una y otra vez. Una simulación de Montecarlo puede requerir miles o decenas de miles de recálculos antes de ser completada, dependiendo del número de incertidumbres y los rangos definidos para ellas. La simulación de Montecarlo produce distribuciones de posibles resultados.

Mediante el uso de distribuciones de probabilidad, las variables pueden tener diferentes posibilidades de que se produzcan diferentes resultados. Las distribuciones de probabilidad son una forma mucho más realista de describir la incertidumbre en las variables de un análisis de riesgo.

## 6.7 Activity Based Budget

Esta metodología es una herramienta de contabilidad de gestión que no considera el presupuesto del año pasado para llegar al presupuesto del año actual, es decir, evalúa todos y cada uno de los generadores de costos, toma

en consideración todos los pasos involucrados en una actividad se eliminan las actividades irrelevantes y sólo las actividades necesarias permanecen formando parte del negocio. Su invención se le atribuye a Robert Kaplan y a Robin Cooper quienes entre la década de 1970 y 1980 publicaron una serie de artículos sobre este método.

Esta metodología es más rigurosa que los procesos de presupuestación tradicionales, que tienden a ajustar simplemente los presupuestos anteriores para tener en cuenta la inflación o el desarrollo de los negocios. Sin embargo, los beneficios de esta metodología tienen un costo, el Activity Based Budget es más caro de implementar y mantener que las técnicas tradicionales de presupuestación y también requiere más tiempo.

## 6.8 Beyond Budget

Esta metodología fue dada a conocer por Hope y Fraser (2003) y tiene un nuevo enfoque que consiste en dos etapas: pasar de la presupuestación a la evaluación del desempeño relativo, y luego, descentralizar radicalmente la organización.

Puede ser definida como "un modelo de gestión sin presupuestos". Su concepto central es que cada parte de la compañía debe ser juzgada según su desempeño frente a sus pares y benchmarks de clase mundial, transfiriendo la función estratégica a la gente de línea, y sin abandonar altas expectativas, ya que se debe exigir a los trabajadores mucho más que cumplir un objetivo rígido: deben ir tras la meta de medirse exitosamente con otros grupos dentro y fuera de la empresa, lo cual es evaluado mediante indicadores relativos, a la vez que se emplean pronósticos móviles.

Beyond Budgeting se centra en reemplazar muchos de los procesos presupuestarios con mejores alternativas. En particular, se enfoca en hacer que el agente sea más sensible al contexto social y económico. Una posibilidad es que un mejor sistema de medición del desempeño proporcione una mejor orientación sobre cómo se relacionan los insumos con los productos y, por lo tanto, permita al trabajador evitar enfoques que no generen ganancias. Esto podría reducir la estocasticidad entre las acciones del trabajador y sus beneficios. Beyond Budgeting afecta el sistema de compensación del agente al facilitar la comparación del desempeño del agente con los competidores.

## 6.9 Network Optimization Model for Budget Planning in Multi-Objective Hierarchical Systems

Esta metodología fue dada a conocer en un artículo de Sinuany-Stern sobre la optimización de la asignación de presupuesto en un sistema jerárquico multiobjetivo. En este artículo se presenta un modelo de optimización para realizar el proceso de presupuestación desde cero en los escalones más altos de la organización, este modelo trabaja como una optimización de grafos con múltiples objetivos para la asignación de presupuestos en varios niveles.

En este modelo el grafo presenta la estructura jerárquica de la compañía, las asignaciones de presupuesto son los flujos en la red, cada componente del sistema (arco en la red) tiene límites inferiores y superiores, es decir, la tolerancia a mayor o menor presupuesto. El modelo maximiza la función de utilidad aditiva del sistema, expresada como una suma ponderada sobre las preferencias de los componentes del sistema en los distintos niveles. Las preferencias se evalúan utilizando un enfoque multiobjetivo, utilizando el AHP.

Finalmente, este método permite utilizar información histórica para nutrir la toma de decisiones del algoritmo de optimización con lo que también puede tomar en cuenta las tendencias de la empresa y sus conductas financieras.

### 6.9.1 Definición del modelo

El trabajo realizado por Sinuany-Stern en su artículo "A Network Optimization Model for Budget Planning in Multi-Objective Hierarchical Systems". En el artículo se presenta un modelo de optimización de red multiobjetivo (NOM) para la asignación de presupuestos de varios períodos en la que la red presenta la estructura jerárquica del sistema. Las asignaciones de presupuesto representan el flujo en un grafo común, cada componente del sistema (arco en la red) tiene límites inferior y superior y estos límites inferiores se corresponden con el presupuesto mínimo requerido para operar ese componente, y los límites superiores son el máximo derivado de la solicitud de presupuesto, estos componentes del sistema se llaman unidades y representan los servicios externos.

Los objetivos pueden ser, por ejemplo: máximo beneficio, ingresos y ventas, o el mayor ahorro posible. En este caso se utilizaron los indicadores presentados en la sección de objetivos para cumplir con el objetivo propuesto en la misma sección. Los niveles jerárquicos pueden ser: la corporación, las divisiones, los departamentos, las unidades operativas y sus actividades o proyectos. Pero en este trabajo de título se utilizaron las distintas divisiones, compuestas por las áreas, como niveles jerárquicos.

NOM maximiza la función de utilidad aditiva del sistema expresada como una suma ponderada sobre las preferencias de los componentes del sistema en los distintos niveles. Las preferencias se evalúan utilizando un enfoque multiobjetivo que utiliza comparaciones por pares y el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) que utiliza la priorización de valores propios.

El modelo planteado por Stern considera una organización con una estructura de niveles jerárquicos. Como se muestra en la Figura 1, las asignaciones presupuestarias a las distintas unidades a lo largo del tiempo se representan como una red dirigida de niveles  $I + 1$ , donde el nivel superior corresponde a la asignación anual para toda la organización y los niveles  $I$  restantes corresponden a la estructura jerárquica del sistema. Para el caso particular de LATAM los periodos se toman de a uno y no se realizó la optimización multi periodo debido a que este tipo de solución es más adecuada para casos como el planteado por Sinuany-Stern en su trabajo donde la optimización de presupuesto se refiere a la totalidad de la empresa y el proceso es llevado a cabo en los niveles jerárquicos más altos de la empresa donde existe un mayor poder de decisión sobre las políticas de la empresa y que direcciones estratégicas seguir, pero en este caso la presupuestación del área de servicios externos se corresponde más con un optimización caso a caso y año a año más que una gran visión estratégica por parte de los ejecutivos del área.

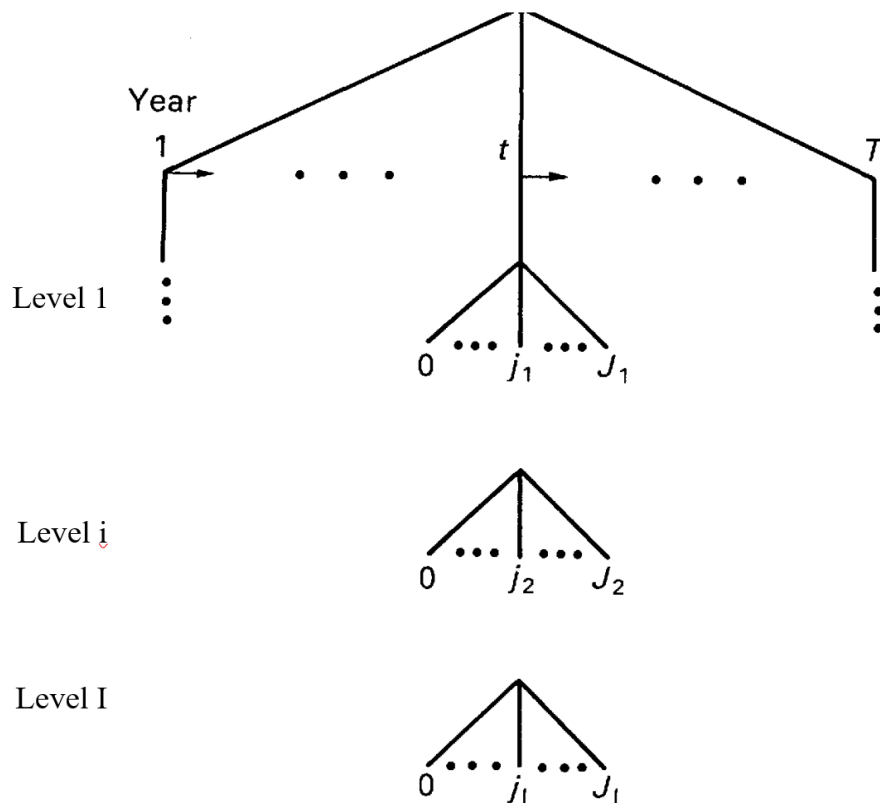


Figura 1: Estructura de la red.

Las asignaciones de presupuesto son los movimientos en el grafo. A cada unidad (arco) se le dan los límites inferior y superior como se discutió anteriormente. Más adelante se ofrece un análisis detallado de los límites. La asignación anual total se decide con anterioridad por parte de la directiva la cual limita el gasto anual de servicios externos.

Para cada subunidad  $j_i$  del nivel  $i$  se define lo siguiente:

$X_{j_1 \dots j_i}$  El presupuesto asignado a la unidad;

$W_{j_1 \dots j_i}$  El valor de la preferencia (prioridad) de la unidad;

$L_{j_1 \dots j_i}$  El límite inferior de la asignación de presupuesto a la unidad;

$U_{j_1 \dots j_i}$  El límite superior de la asignación de presupuesto a la unidad;

Constantes que se aplican al modelo:

$J_i$  El número de unidades en el nivel jerárquico  $i$ ;

$I$  El número de niveles jerárquicos;

$X$  El monto total a asignar a las unidades;

La función objetivo del modelo es tal que encuentre la asignación óptima de los  $X_{j_i}$ , y esta es:

$$\max \sum_{i=1}^I \sum_{j_i=0}^{J_i} W_{j_i} \cdot X_{j_i}$$

Este modelo está sujeto a las siguientes restricciones:

Restricciones de presupuesto:

$$X = \sum_{j_1=0}^{J_1} X_{j_1}; \quad X_{j_i} = \sum_{j_{i+1}=0}^{J_{i+1}} X_{j_i} + 1 \quad \forall i \in I$$

Restricciones de límites superiores e inferiores:

$$L_{j_i} \leq X_{j_i} \leq U_{j_i} \quad \forall i \in I, \quad \forall j_i \in J_i$$

## 7. ELECCIÓN DEL MODELO A DESARROLLAR

Para la decisión de que modelo desarrollar se utilizó la información recabada y expuesta en el marco teórico para definir el modelo que más se ajuste a las necesidades de la empresa.

Las tres metodologías estudiadas son: Activity Based Budget, Beyond Budget y Network Optimization Model for Budget Planning in Multi-Objective Hierarchical Systems. Esto debido a que son los métodos encontrados más coherentes con el tipo de problema a resolver.

A continuación, se presentan ventajas y desventajas de cada una de las metodologías con el fin de encontrar la más apropiada para el desarrollo de este trabajo de título.

### Activity Based Budget:

Esta metodología, como se explicó anteriormente, permite un mayor control sobre el proceso de presupuestación. La planificación de los ingresos y gastos se produce a un nivel preciso que proporciona detalles útiles sobre las proyecciones, permite a la dirección tener un mayor control sobre el proceso de presupuestación y alinear el presupuesto con los objetivos generales de la empresa. Sin embargo, un gran detractor para que sea escogido como metodología para esta tesis es que esta metodología se basa en objetivos a corto plazo y no tiene en cuenta el escenario a largo plazo del negocio. Centrarse en los objetivos a corto plazo en vez de los objetivos a largo plazo es lo contrario a lo que necesita la subgerencia actualmente, la cual busca una mejora global de los servicios contratados y no tan solo de los servicios requeridos para ese año.

### Beyond Budgeting:

El éxito de este modelo está altamente correlacionado con la forma en que se implementa dentro de la organización. Tiene que estar claro para los gerentes cuáles son las expectativas y lo que tienen que hacer. Tendrán que ser desafiados y motivados para hacer que el modelo sea un éxito. Y una de sus grandes ventajas es que expedita la velocidad de respuesta ante cualquier oportunidad al simplificar y mejorar los procesos de la compañía. Sin embargo, este modelo requiere una completa reestructuración del proceso de presupuestación lo cual esta fuera la conversación con lo que respecta a esta tesis, por lo que, aunque sea una solución válida de estudiar para resolver el problema presentado, es más de lo que la subgerencia está dispuesta a realizar.

## Budget Planning in Multi-Objective Hierarchical Systems:

Esta metodología permite alinear los objetivos y estrategia actual de la empresa de manera simple con los procesos de la subgerencia de servicios externos. Ya que este trabajo de título se centra en un área de la empresa dedicada a los servicios es muy difícil obtener resultados reales de desempeño y comparaciones equiparables entre servicios realizados por distintos tipos de empresas a distintas áreas con necesidades muy variadas. De no ser de este modo sería casi imposible comparar el desempeño o la importancia de un servicio de por ejemplo una consultoría legal a algún área con respecto a una consultoría de marketing, en ese caso cuál de los dos servicios tiene más valor o resulta en un mayor beneficio para la empresa.

Entre estas la más coherente con el caso planteado y la que la subgerencia de servicios externos estuvo de acuerdo con implementar es el Budget Planning in Multi-Objective Hierarchical Systems.

Si bien es cierto que esta metodología fue creada inicialmente para su implementación a lo largo de toda una compañía, se puede adaptar el modelo cambiando ciertas variables y ajustando la función objetivo de tal modo que esta sea coherente con las necesidades de la subgerencia de servicios externos.

Una razón importante para decidirse por esta metodología es que sin tener que rediseñar el proceso de asignación de presupuesto se pueden agregar características valiosas para la subgerencia de servicios externos como lo es tener una herramienta que sea capaz de comparar los gastos asociados a los servicios entre sí mismos y optimizar la distribución del presupuesto para estos servicios.

Además, con esta optimización y una base histórica de los presupuestos se pueden descubrir tendencias en los gastos de las distintas áreas para así poder disminuir de manera significativa la brecha entre el valor presupuestado para servicios externos y el valor gastado a final de año.

Por estas razones las primeras dos metodologías, aunque son muy útiles para otras empresas en la actualidad, no cumplen con resolver las necesidades específicas del área de servicios externos de LATAM.



## 8. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para este trabajo de título se basa en tres puntos principales:

### 8.1 Levantamiento de procesos

Realizar un levantamiento del macroproceso de asignación de presupuesto completo tomando en cuenta los subprocesos asociados a este. Para esto se realizó un estudio en profundidad del proceso haciendo entrevistas a los integrantes de la subgerencia y armando un diagrama de flujo del proceso completo.

### 8.2 Construcción del modelo

La construcción del modelo tiene tres fases:

Fase 1: Construir un indicador de preferencias a partir de criterios establecidos en la empresa, Se utilizó el método de AHP con el fin de obtener un indicador que decida entre varias alternativas de tipo de servicio dentro del modelo. Para esto se realizó una encuesta exploratoria para poder obtener los criterios con los que decidir sobre los servicios la cual consistirá en un set de preguntas dirigidas a obtener estos criterios de decisión. Además de un análisis de cluster con el cual se obtuvo un análisis preliminar que se trabajó con la subgerencia de servicios externos poder escoger las alternativas dentro del método AHP.

Fase 2: Construir el modelo de optimización. Para esto primero se obtendrán a partir de las bases de datos de años anteriores la información necesaria para poder construir todas las variables que se utilizaran en el modelo, siendo estas las variables de decisión, las de restricciones y las constantes. Luego de esto la elaboración del modelo en RStudio el cual facilitara el procesamiento de datos para una mayor velocidad y facilidad del proceso, esto significara hacer un programa capaz de obtener los datos, formular el modelo y optimizarlo para luego entregar una solución optimizada y fácil de implementar en Excel, plataforma usada actualmente para organizar el presupuesto.

Fase 3: Finalmente comprobar la efectividad del modelo construido. Para esto se realizó una simulación de Montecarlo de 1000 iteraciones con la cual se podrá probar la efectividad del modelo, esta simulación se realizó a partir del indicador de logro planteado en el capítulo de objetivos, y cambia la función objetivo del modelo y por tanto también los resultados finales optimizados.

Luego de esto entregara un gráfico con el resultado de las 1000 simulaciones realizadas entregando con un alto grado de significancia el índice de logro del modelo.

### 8.3 Plan de implementación

Una vez finalizado y probado el modelo de optimización se entregó a la subgerencia de servicios externos un plan de implementación del modelo el cual contendrá la preparación y ordenamiento de los datos previo al uso del modelo, con las actividades, tiempos y costos necesarios para lograr la optimización deseada. Además de recomendaciones para la implementación a corto plazo y mejoras a largo plazo.

## 9. LEVANTAMIENTO DE PROCESOS

Este análisis se llevó a cabo con la ayuda de los trabajadores de la subgerencia de servicios externos a partir de entrevistas con los actores principales como lo son los integrantes del comité de presupuesto (encargado de dirigir el proceso) de este proceso y los trabajadores de la subgerencia.

A continuación, se presenta el diagrama de proceso creado en el software de modelamiento Bizagi Modeler.

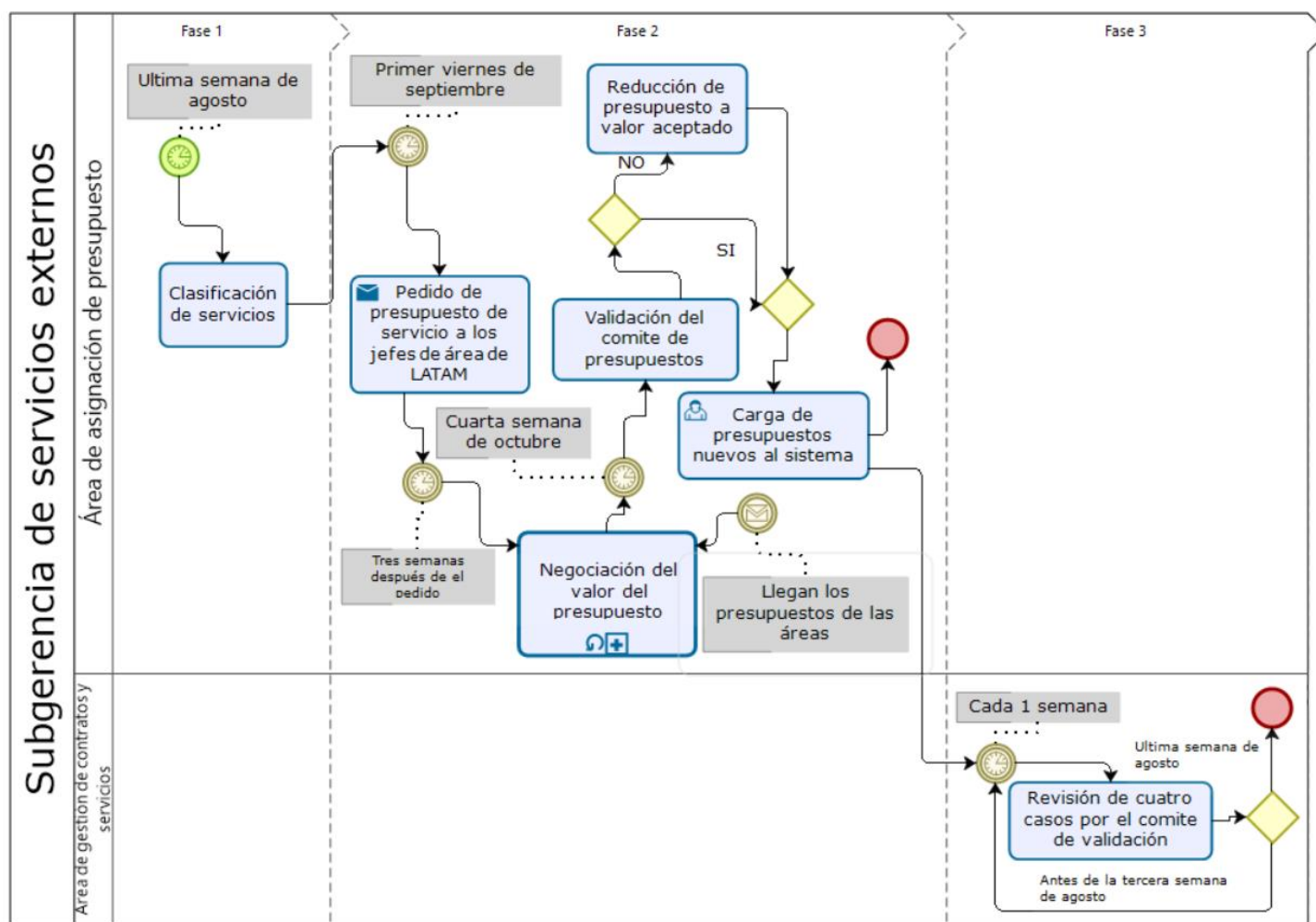


Figura 2: Proceso de asignación de presupuesto para servicios externos LATAM Airlines

Posteriormente la explicación en detalle de cada fase y subprocesso:

Fase 1: Esta fase ocurre desde el último lunes del mes de agosto y el primer lunes de septiembre, y en esta etapa se define dentro de todos los gastos del año anterior, que gastos se consideran permanente y cuales se

consideran spot. Para esto la subgerencia de servicios externos utiliza un método simple, a los proveedores que se les pagó por un servicio una única vez y no están ingresados en el sistema se les considera spot ya que se espera que sus servicios sean esporádicos, mientras que el resto de los proveedores que están ingresados al sistema junto a un contrato de servicios se les cataloga como permanente. Es importante aclarar que la categoría de permanente se refiere a la permanencia del proveedor durante el año presupuestado y no a lo largo del tiempo, para esto ya existe una división entre servicios los cuales son permanentes por múltiples años y los que no.

Fase 2: Esta fase consiste en 5 subetapas.

- La primera es el envío de un correo electrónico a todos los encargados de las áreas de la empresa avisando el inicio del proceso de presupuestación, este correo electrónico es enviado el primer viernes de septiembre y en él se especifica los requerimientos necesarios para presentar el presupuesto válido.
- La segunda etapa es el periodo en el que cada área realiza sus cálculos y negociaciones con los distintos proveedores de los servicios que contratarán en esta etapa las áreas de la empresa estudian sus necesidades para el próximo año tomando en cuenta los servicios que utilizan recurrentemente, servicios que planean comenzar a utilizar el próximo año y servicios necesarios asociados a algún proyecto. Luego de este estudio y con sus necesidades claras realizan el pedido y lo envían por correo electrónico a la subgerencia de servicios externos, este periodo tiene una duración de tres semanas y comienza el día que se recibe el correo electrónico y termina el primer lunes de octubre.
- La tercera etapa corresponde a las negociaciones de los pedidos de cada una de las áreas, en esta etapa se analiza el pedido del año con respecto al del año anterior y se negocian los servicios con las áreas, negociación en la cual se puede aprobar, rechazar o rebajar los servicios pedidos por las áreas, esto con el fin de cumplir las directivas de la empresa con respecto al monto total del presupuesto para los servicios profesionales del año. Dada la naturaleza del proceso es normal que no se acepte el presupuesto en la primera iteración y haya múltiples instancias de aprobación, rechazo o baja de servicios para llegar a un presupuesto dentro de los límites establecidos. Este periodo comienza cuando termina la etapa anterior y termina la tercera semana de octubre. (Este subproceso se puede ver más en detalle en el anexo 16.1)
- La cuarta etapa consiste en la validación del comité de presupuesto de servicios externos, el cual está conformado por el vicepresidente de

Procurement, el director de control de gestión, el director de IT, el director de RRHH, el director de contraloría y el subgerente de servicios profesionales. En este comité se hace la revisión final del presupuesto y si este cumple el monto dentro de los límites máximos se aprueba el presupuesto y termina la etapa. Si no se cumple este límite entonces se reduce un porcentaje de cada ítem de la lista para cumplir con la cantidad de dinero necesaria para llegar al monto requerido. Esta etapa tiene una duración de una semana y es la cuarta semana de octubre.

- En la quinta y última etapa se cargan los presupuestos al sistema BEX (Business Explorer de SAP) y luego se cargan finalmente al sistema SAP de la empresa en la cual los montos de dinero con los que pagan los servicios de cada área ya estén asignados y listos para ser utilizados para el año siguiente.

Fase 3: En esta fase ocurre lo que se llama el post proceso, aquí ocurre el manejo de los dineros asignados a cada área y la resolución de todo problema que pueda ocurrir durante el resto del año hasta que comience el proceso de asignación nuevamente. El manejo de los dineros se realiza por razones principalmente contables, de esta manera lo que ocurre normalmente es que gran cantidad de gastos de la empresa se mueven para los meses de enero y febrero con el fin de tener menores gastos para el estado de resultado. La resolución de los problemas en general tiene que ver con proyectos nuevos que requieren servicios que no estaban presupuestados, o casos donde el dinero que se presupuestó no alcanzó para pagar el servicio por completo, estos problemas los resuelve el comité antes descrito el cual se reúne una vez por semana y revisa cuatro proyectos por reunión.

Finalmente, durante el año este presupuesto es utilizado por cada área para pagar los servicios que contrataron o van a contratar, y a final de año se hace un recuento de los pagos de cada servicio. Cabe notar que cada área tiene un incentivo para generar ahorros con los servicios que contrata más allá de los mejores resultados para la empresa a nivel general, este incentivo corresponde a un bono dependiendo de si cumple su objetivo asignado de ahorro o no.

Además de levantar el proceso se realizó una investigación del presupuesto del año 2018 para entender de mejor manera cómo funcionan los servicios externos en LATAM y su estructura de gastos. (ver gráfico 4)

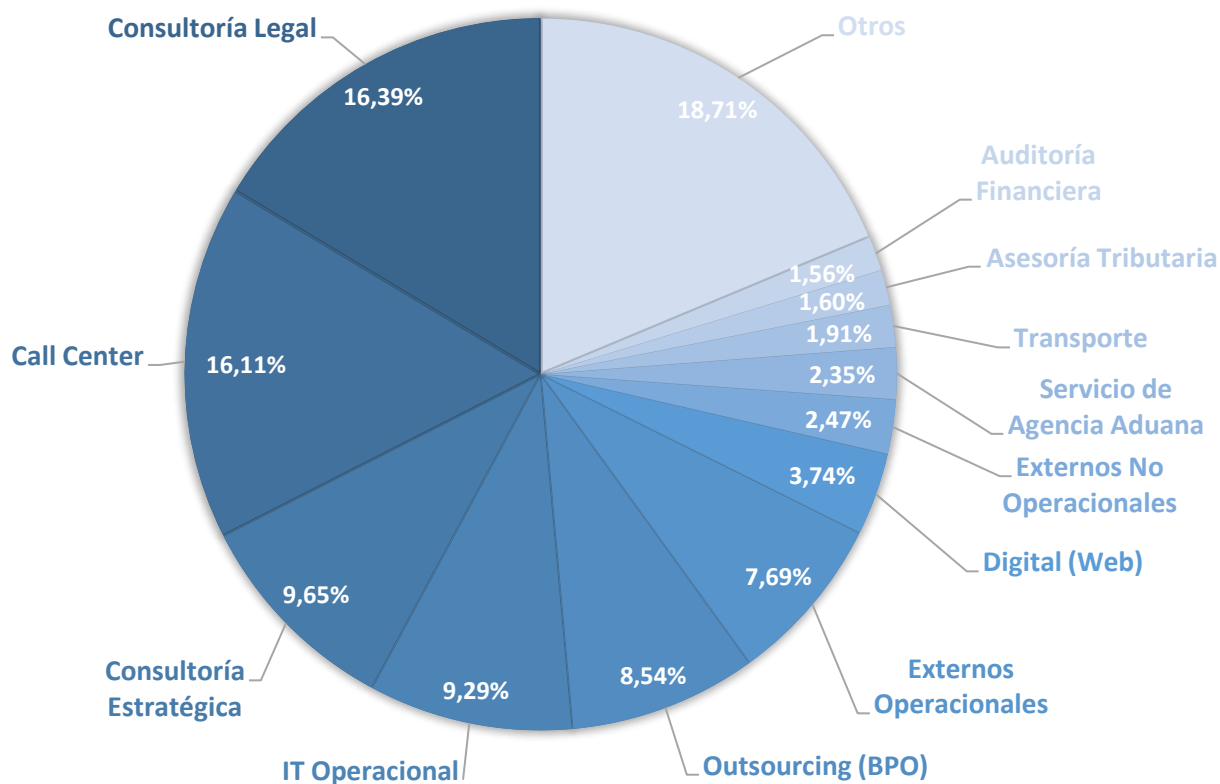


Gráfico 4: Distribución de presupuesto servicios externos 2018.

De esta investigación se obtuvieron dos descubrimientos claves para la solución de los problemas de la subgerencia de servicios externos. La información específica de ambos descubrimientos es información sensible para la empresa por lo que, al igual que en el gráfico, solo se muestra la información de los datos agregados sin recaer en mayor detalle.

El primer descubrimiento encontrado es que la estructura de gastos de los servicios externos sigue la ley de Pareto, es decir, un 20% de los proveedores corresponden al 80% de los gastos en LATAM, esto es particularmente cierto en las categorías de servicio con mayores gastos como Outsourcing, Call Center y Externos Operacionales donde tan solo 2 a 3 proveedores corresponden a un 90% del presupuesto. El segundo descubrimiento es que gran parte de estos proveedores son históricos, es decir, llevan ya varios años entregando el mismo servicio, en particular los grandes proveedores que representan cerca de un 80% del total del presupuesto.

## 10. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE OPTIMIZACIÓN

En este capítulo se detallan los pasos realizados y los requerimientos necesarios para construir el modelo de optimización propuesto a LATAM. Este modelo tiene dos requisitos fundamentales.

- El primero es un modo de diferenciar de manera objetiva que servicio tiene mayor preferencia con respecto a algún otro que la empresa contrate, esto con el fin de darle objetividad a las preferencias de la empresa y alinearlas con el modelo de tal manera que el resultado óptimo del modelo también sea óptimo para la empresa. Esto a partir de las líneas estratégicas de la empresa en distintos niveles jerárquicos con encuestas a gerentes de áreas y los vicepresidentes de cada rama de la empresa, con el fin de darle un valor numérico a los lineamientos estratégicos de la empresa para suplementar el primer requisito. Para esto se realizó el método AHP y múltiples encuestas a gerentes y subgerentes.
- El segundo requisito es un algoritmo que utilice las preferencias obtenidas por el método AHP y los pedidos de presupuesto de cada área de la empresa y organice los fondos de tal forma de darle prioridad a aquellos servicios que más fuertemente estén apoyando las líneas estratégicas de la empresa.

### 10.1 Construcción del indicador de decisión

El indicador de decisión es una parte muy importante del modelo de optimización pues como se mencionó anteriormente es el único método para poder objetivamente comparar múltiples servicios y decidir cuál es más valioso para la empresa.

#### 10.1.1 Proceso Analítico Jerárquico

Para construir este indicador Sinuany-Stern (1993) en su artículo sugiere muchas técnicas para evaluar las preferencias, desde escalas de calificación y comparaciones sucesivas hasta la teoría de la utilidad y el Proceso Jerárquico Analítico (AHP). El AHP desarrollado por Thomas L. Saaty parece más apropiado para sistemas jerárquicos multiobjetivo; combina escalas y comparaciones por pares. Este método es muy versátil pues permite llevar a valores las sensaciones y percepciones de múltiples personas para finalmente decidir entre varias alternativas en base a criterios definidos.

Es por esto que el método AHP se decidió, junto con la subgerencia de servicios externos, como la alternativa correcta a seguir debido a su sinergia

con los procesos ya existentes en la subgerencia como lo son el comité del presupuesto de servicios externos, y también se sugirió agregar a todos los actores en el proceso, es decir, los encargados de decidir el valor que se pedirá para el presupuesto de su área, incluyendo también a los gerentes y subgerentes encargados de áreas de interés para la subgerencia de servicios externos, estas áreas, y su importancia para la empresa, se detallan más adelante en la tabla 5.

Para iniciar el proceso se realizó una encuesta exploratoria a miembros del comité de presupuesto para decidir cuáles son los criterios más importantes al momento de decidir sobre un servicio u otro y, además, escoger que indicador representa de manera fiel a cada uno de estos criterios, esto de modo de tener una métrica real y ya implementada por la empresa con la que medir el impacto del servicio. Esta encuesta, aunque sea con pocas personas representa correctamente las necesidades de LATAM y su dirección estratégica actual ya que los miembros del comité son los que deciden año a año que servicios merecen o no un aumento de presupuesto, con esto se podrá cuantificar su razonamiento y argumentos a valores comprensibles y manejables por el modelo. Cabe notar que este proceso debe ser realizado año a año o al menos cada dos años para poder mantenerse actualizado con el rumbo actual de la empresa.

La encuesta se dividió en dos partes, la primera es donde se decide que indicador representa a cada criterio<sup>4</sup>, y que cinco criterios son los más importantes al momento de decidir sobre un servicio. Este orden se decidió para dar a conocer que representa cada criterio antes de decidir que criterios son más importantes, esto con el fin de que al momento de decidir todos los miembros tengan la misma información y conocimiento respecto a los criterios, además de que los indicadores escogidos son todos indicadores ya utilizados por la empresa y ampliamente conocidos.

Los resultados de la primera parte de la encuesta concluyeron en la selección de los siguientes criterios de decisión: el criterio económico (representado por el indicador económico RASK<sup>5</sup>); puntualidad (representado

---

<sup>4</sup> Estos criterios fueron obtenidos de la memoria del 2018 de LATAM a partir de la matriz de materialidad LATAM disponible en el anexo 16.4, la cual representa 10 criterios importantes para LATAM junto con su relevancia tanto para los grupos de interés que rodean a la empresa como la empresa misma.

<sup>5</sup> Revenue per Available Seat-Kilometer (ingresos por asiento-kilómetro) mide la eficiencia de una aerolínea; se obtiene dividiendo el ingreso operacional por los ASK (Available Seat-Kilometers, equivalente al número de asientos disponibles multiplicado por la distancia volada).



por el indicador de puntualidad OTP<sup>6</sup>); salud y seguridad (representado por el indicador de seguridad API<sup>7</sup>); impacto ambiental (representado por el indicador de huella de carbono<sup>8</sup>); cliente (representado por el indicador de lealtad de clientes NPS<sup>9</sup>). (Ver resultados en anexo 16.5)

La segunda parte de la encuesta es donde se decide la ponderación de cada criterio escogido para esto se preguntó por la prioridad de cada criterio al momento de decidir sobre un nuevo servicio con valores del 1 al 7 (Ver resultados de esta parte en anexo 16.6).

De estas preguntas se obtuvo un puntaje preliminar de estos indicadores. (ver gráfico 5)

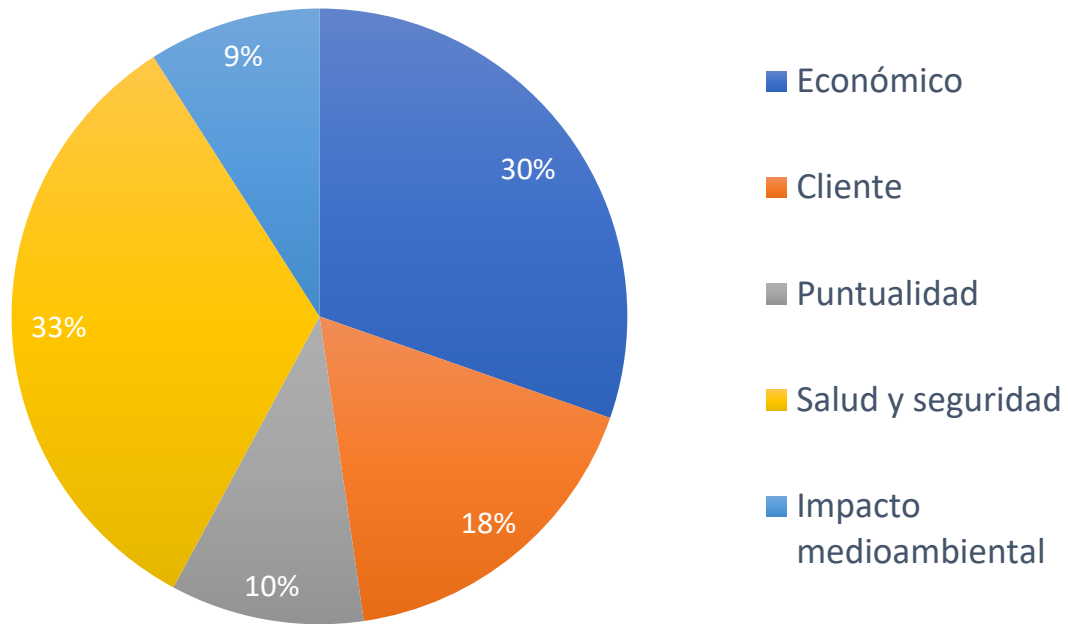
---

<sup>6</sup> El "On-Time Performance" es una de las medidas de la eficiencia operativa. Se considera que un vuelo es "puntual" si sale o llega no más tarde de 15 minutos de su hora de salida o llegada publicada. El rendimiento de llegada se basa en la llegada a la puerta de embarque, mientras que el rendimiento de salida se basa en la salida de la puerta de embarque.

<sup>7</sup> Action Plan Index mide la efectiva mitigación de los riesgos potenciales, considerando el total de riesgos identificados y los diferentes grados de severidad.

<sup>8</sup> Es un indicador ambiental que refleja la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto de una empresa.

<sup>9</sup> Net Promoter Score es una métrica utilizada en los programas de experiencia del cliente. NPS mide la lealtad de los clientes a una empresa. Las puntuaciones NPS se miden con una encuesta de una sola pregunta y se informan con un número de -100 a +100, una puntuación más alta es deseable.



*Gráfico 5: Puntuación de criterios escogidos*

Esta ponderación se obtuvo a partir de un promedio de los resultados de la encuesta para cada criterio el cual luego fue magnificado para resaltar las diferencias entre cada uno de los criterios ya que al final interesa la comparación de estos criterios y no su valor por sí solo.

Una vez realizada la encuesta, se procedió a realizar la encuesta planteada en el método AHP con la información obtenida de la encuesta previa, la información obtenida de la matriz de materialidad LATAM y en conjunto con la subgerencia de servicios externos. Para este proceso se les dio igual valor a las puntuaciones obtenidas de la matriz de materialidad que a los valores obtenidos de la encuesta.

La matriz de materialidad (ver anexo 16.4) se expresa cuantitativamente en la siguiente tabla.

Temas	LATAM	Grupos de interés	Total
Ética y anticorrupción	97	100	99,1
Sostenibilidad económica y financiera	90	98	95,6
Relación con las autoridades	73	90	84,9
Salud y seguridad en aire y tierra	100	77	83,9
Enfoque en el cliente	80	83	82,1
Desarrollo de la red de destinos	77	83	81,2
Desarrollo de trabajadores	87	78	80,7
Mitigación del cambio climático	84	77	79,1
Puntualidad	94	66	74,4
Turismo sostenible	70	50	56

Tabla 1: Ponderación de criterios obtenidos en la matriz de materialidad.

En esta tabla se le dio un valor del 70% a los grupos de interés y 30% a LATAM ya que la opinión y criterios de decisión de la empresa ya estaban reflejados en la primera encuesta realizada por lo que se le dio mayor importancia a la respuesta de los grupos de interés obtenidas en esta matriz.

Juntando toda esta información se realizaron las comparaciones explicadas en el anexo 16.8 obteniendo los resultados provistos en la tabla 2.

Criterio	Comentarios	Ponderación
1 Seguridad	Si mejora la seguridad de los aviones y de empleados	30,6%
2 Impacto Ambiental	Si afecta positivamente al medio ambiente	3,7%
3 Cliente	Si afecta al cliente y su percepción de LATAM	10,9%
4 Económico	Si trae beneficio económico a la empresa	47,9%
5 Puntualidad	Si afecta a la puntualidad de los aviones	6,9%

Tabla 2: Ponderación de criterios obtenidos por el método AHP.

Se pueden ver las comparaciones realizadas para obtener las ponderaciones de esta tabla en el anexo 16.9

### 10.1.2 Análisis de cluster

Dada la naturaleza del método AHP a medida que aumenta el número de criterios y de alternativas el número de comparaciones que se deben realizar también aumenta y de manera significativa, en el caso de esta tesis habría que realizar una comparación entre todos los servicios contratados por LATAM lo cual sin duda sería una pérdida de tiempo para la empresa. Debido a esto se decidió realizar un análisis de cluster con el fin de obtener un número fijo de alternativas que sea factible de comparar entre sí. Estas alternativas se estructuran en base a las categorías de servicio ya existentes. Significa que todas los servicios contratados por LATAM caen dentro de alguna de estas categorías con lo que la comparación, y por consiguiente la optimización del modelo, es mucho más rápida y con menos trabajo de por medio.

Para realizar este análisis de cluster se utilizaron las bases de datos provista por LATAM las cuales contienen la información de todos los contratos de terceros que tiene la empresa en este momento junto con la información del proveedor, el área que solicitó los servicios, además de la persona encargada de la solicitud, y por último el monto a pagar por cada uno de estos servicios.

Hay múltiples tipos de análisis de cluster que se pueden realizar, pero dada la naturaleza categórica de los datos no cualquiera funcionará, para este caso se utilizó el método mixto debido a que la mayoría de los datos son de tipo categórico, es decir, no numérico. El algoritmo de análisis que se utilizó es el algoritmo de cluster PAM (partición alrededor de medoides), que si bien su tiempo de cómputo es alto al tener que realizarse solo una vez al año no tiene mayor importancia en comparación con las ventajas (menor sensibilidad a outliers y un individuo tipo para cada cluster). Con este método se busca obtener un perfil de caracterización para cada cluster con el fin de poder asignar servicios nuevos a cada cluster a medida que se agregan.

El análisis de cluster antes descrito se realizó utilizando el programa RStudio<sup>10</sup> (ver anexo 16.2), el primer paso fue crear la base de datos dentro del programa utilizando como información el presupuesto de servicios externos de 2019 para luego poder realizar las etapas del análisis. Luego de esto se calculó el número óptimo de clusters para la base de datos. (ver gráfico 6)

---

<sup>10</sup> RStudio es un entorno de desarrollo integrado (IDE) para R, un lenguaje de programación para la computación estadística y los gráficos.

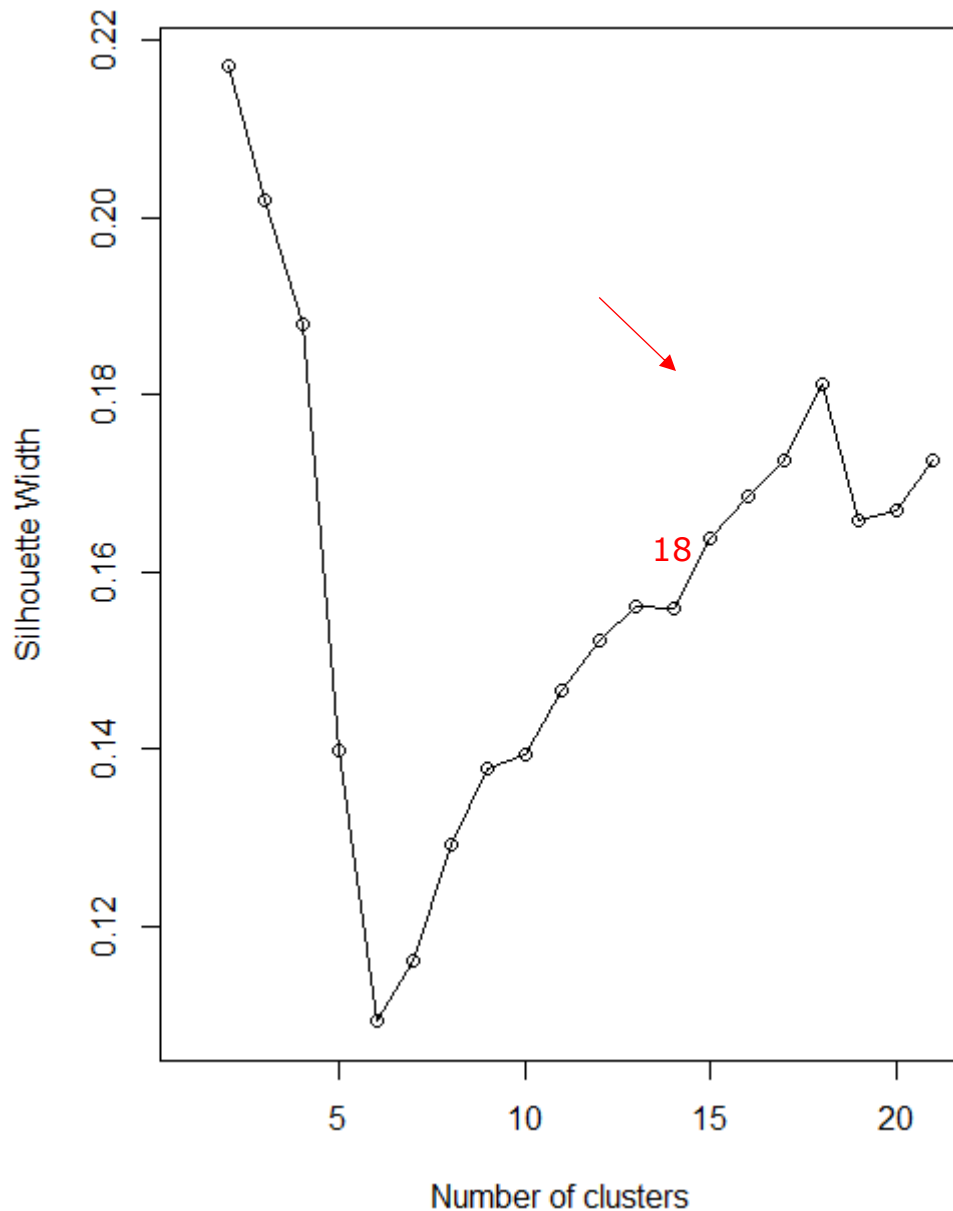


Gráfico 6: Numero óptimo de clusters a utilizar en el análisis de cluster.

El gráfico es una representación del coeficiente Silhouette el cual contrasta la distancia media a los elementos de este cluster con la distancia media a los elementos de otros clusters. Los objetos con un alto valor de Silhouette se consideran bien agrupados, los objetos con un valor bajo pueden ser atípicos. Este índice se utiliza para determinar el número óptimo de clusters.

En el gráfico se puede evidenciar que el número óptimo de clusters a utilizar es 18. Si bien hay otras alternativas que tienen un valor tan alto como 18 son un número muy bajo de alternativas como para poder describir de manera comprensiva a todos los servicios externos de LATAM.

Luego de obtener el número óptimo de clusters se realizó el análisis de cluster con los 18 clusters indicados por el gráfico 6 esto resulto en la información que se puede ver en la siguiente tabla. (ver tabla 3a y 3b)

	VP4	VP5	País
1	DIRECCION LATAM TRAVEL	GERENCIA CTO's Y MARKETING LATAM TRAVEL	CL
2	DIRECCION ADMINISTRACION Y FINANZAS	DIRECCION ADMINISTRACION Y FINANZAS	AR
3	DIRETORIA CARGAS BRASIL	GERENCIA OPERACOES CARGAS	BR
4	GERENCIA MTTO Y CALIDAD LAN PERU	SUBGERENCIA MANTENIMIENTO PERU	PE
5	DIRECCION COMUNICACIONES INTERNAS LATAM	DIRECCION COMUNICACIONES INTERNAS LATAM	CL
6	GERENCIA GENERAL EUROPA	GERENCIA PERSONAS EUROPA	ES
7	GERENCIA GENERAL LAN ECUADOR	GERENCIA GENERAL LAN ECUADOR	EC
8	DIRECCION IMPUESTOS	DIRECCION IMPUESTOS	US
9	DIRETORIA OPERACOES	DIRETORIA OPERACOES	BR
10	DIRETORIA AEROPORTOS	GERENCIA AEROPORTOS PEQUENOS E AVANCADOS	BR
11	DIRETORIA AEROPORTOS	DIRETORIA AEROPORTOS	BR
12	DIRECCION LATAM TRAVEL	GERENCIA CTO's Y MARKETING LATAM TRAVEL	CL
13	DIRECCION AEROPUERTOS LATAM	DIRECCION AEROPUERTOS CHILE	CL
14	DIRETORIA AEROPORTOS	DIRETORIA AEROPORTOS	BR
15	DIRECCION LATAM TRAVEL	GERENCIA CTO's Y MARKETING LATAM TRAVEL	CL
16	DIRECCION PLANIF Y SOPORTE MANTTO LATAM	GERENCIA OPERACIONES MOTORES LATAM	CL
17	GERENCIA SOSTENIBILIDAD	GERENCIA SOSTENIBILIDAD	CL
18	DIRETORIA OPERACOES	DIRETORIA OPERACOES	BR

*Tabla 3a: Perfil de clusters; VP4 y VP5\*, País\*\**

\* Estas variables representan los distintos niveles del organigrama en LATAM siendo VP1 el de mayor jerarquía con única "área" LATAM Airlines Group, luego VP2 con áreas como Vicepresidencia de Finanzas, Vicepresidencia Comercial, etc. Luego al final de la jerarquía están niveles como VP4 y VP5 los cuales representan áreas dentro de áreas previas, es decir VP3 es un área que engloba a VP4 y así mismo VP4 engloba a VP5.

\*\* País de pertenencia de las áreas representadas en VP5.

Esta tabla representa las áreas más significativas en el uso de servicios externos en LATAM, aunque no sea información útil para la obtención de las alternativas buscadas para finalizar el método AHP. Se le ve valor de todas maneras al distinguir de manera clara las áreas de interés de la subgerencia y facilitar la búsqueda de ineficiencias en el presupuesto, una labor muy importante y constante durante el año.

	Tipo	Tipo de Servicio	Regulatorio	Total (US\$)
1	ADMIN LOCAL	OTROS	No	\$1,868.759
2	SSPP	SERVICIO CONSULTORÍA	No	\$4,537.358
3	TRANSPORTE	VALORES	No	\$2,301.468
4	SSPP	SERVICIO CONSULTORÍA	No	\$24,429.170
5	IT	SISTEMA	No	\$20,004
6	SSPP	ASESORÍA TRIBUTARIA	No	\$1,923
7	SSPP	AUDITORÍA FINANCIERA	No	\$7,940.630
8	SSPP	OUTSOURCING	Sí	\$14,240
9	ADMIN LOCAL	OTROS	No	\$189,165.400
10	SSPP	AUDITORÍA NO FINANCIERA	Sí	\$4,500
11	IT	SISTEMA	No	\$9,747.264
12	SSPP	ABOGADO POR ASESORÍA	No	\$3,060
13	SSPP	ALMACENAJE DOCUMENTOS	No	\$727.486
14	SSPP	ABOGADO POR ASESORÍA	No	\$40,752.030
15	SSPP	SERV. TEMP. DOTACIÓN	No	\$6,417.931
16	OPERACIONAL	EXTERNOS OPS.	No	\$423,000
17	SSPP	SERVICIO CONSULTORÍA	No	\$40,000
18	SSPP	EX. MÉDICOS PRE Y OC.	No	\$584.610

*Tabla 3b: Perfil de clusters; Tipo: El primer nivel de categorización para los tipos de servicios; Tipo de servicio: el nivel más individual para los servicios en LATAM; Regulatorio: Si el servicio cumple con algún requisito regulatorio; Total: el promedio en dólares del valor de los servicios en el cluster.*

Con la información obtenida a partir de la tabla 3b se realizó un trabajo profundo con la subgerencia de servicios externos para escoger los tipos de servicios finales a utilizar de aquí en adelante para la empresa. Esto se realizó dividiendo algunas categorías como lo son servicio de consultoría en consultorías específicas como lo son la de RR.HH. o la estratégica.

Además, se agregaron categorías que, aunque no representan una gran cantidad de servicios como para ser representadas en el análisis de cluster, si son importantes como para tener su propia categoría, un ejemplo de esto son las categorías de transporte y traducción.

Se aprovechó el trabajo realizado por la subgerencia de servicios externos durante el año 2019 para crear categorías de servicio más explicativas de los gastos de la empresa y acorde con las necesidades futuras de esta. Con todo esto se decidieron las categorías finales de servicios.

Las categorías definidas son las siguientes:

- Asesoría Migratoria
- Asesoría Tributaria
- Auditoría Financiera
- Auditoría No Financiera
- Call Center
- Capacitación
- Certificaciones
- Consultoría Estratégica
- Consultoría RR.HH.
- Consultoría Legal
- Consultoría Ventas
- Corredora De Valores
- Digital (Web)
- Documentos (Almacenaje, Digitalización)
- Employee Services (Beneficios, Seguridad, Residuos, Etc.)
- Exámenes Médicos
- Externos No Operacionales
- Externos Operacionales
- Handling
- Infraestructura
- IT Operacional (Sistema)
- Legal Juicios
- Mantenimiento (Mantenimiento Y Reparación No Operacional)
- Marketing
- MRO (Mantenimiento Y Reparación Operacional)
- Outsourcing (BPO)
- Precio De Transferencia
- Reclutamiento Y Selección Personas
- Servicios De Agencia Aduana
- Traducción
- Transporte



### 10.1.3 Ponderaciones

Luego de obtenidas las alternativas y con las ponderaciones de los criterios ya definidas, solo queda la parte final del método AHP que es puntuar a cada alternativa con respecto a cada criterio. Por restricciones de tiempo este trabajo se realizó de manera distinta a la planteada por Saaty, para esto se puntuó a cada alternativa de servicio como se puede ver en la siguiente tabla. Esta puntuación representa tan solo la visión de la subgerencia y no de la empresa, por lo que los valores obtenidos pueden variar de los reales, pero independientemente de eso solo variara el orden de prioridad de las alternativas por lo que en lo que respecta al modelo es solo cambiar valores y ningún cambio mayor.

Alternativas	Económico	Puntualidad	Seguridad	Impacto Ambiental	Cliente
ASESORÍA MIGRATORIA	4	2	3	4	2
ASESORIA TRIBUTARIA	8	2	2	2	2
AUDITORÍA FINANCIERA	8	2	2	2	2
AUDITORÍA NO FINANCIERA	5	2	2	2	2
CAPACITACION	5	5	4	3	6
CERTIFICACIONES	2	2	4	2	6
CONSULTORIA LEGAL	4	2	2	2	2
CONSULTORIA RRHH	6	4	5	2	2
CONSULTORIA VENTAS	8	2	2	2	3
CORREDORA DE VALORES	8	2	2	2	2
DIGITAL (WEB)	5	3	3	2	8
DOCUMENTOS (ALMACENAJE, DIGITALIZACION)	2	2	2	4	2
EMPLOYEE SERVICES (BENEFICIOS, SEGURIDAD, RESIDUOS, ETC)	3	2	8	4	4
EXAMENES MÉDICOS	2	4	8	2	3
EXTERNOS NO OPERACIONALES	5	2	3	2	2
EXTERNOS OPERACIONALES	5	7	4	5	4
INFRAESTRUCTURA	4	6	5	4	3
IT OPERACIONAL (SISTEMA)	6	5	2	2	3
LEGAL JUICIOS	4	2	2	2	5
MARKETING	7	2	2	2	7
MRO (MANTENIMIENTO Y REPARACION OPERACIONAL)	5	8	3	3	5
OUTSOURCING (BPO)	7	7	4	4	2
PRECIO DE TRANSFERENCIA	8	2	2	2	2
RECLUTAMIENTO Y SELECCIÓN PERSONAS	5	4	5	2	3
SERVICIOS DE AGENCIA ADUANA	6	7	2	3	4
TRADUCCION	2	2	2	2	5
TRANSPORTE	4	5	6	5	2

Tabla 4: puntuación de categorías de servicio en LATAM con respecto a criterios de decisión.

Finalmente, a partir de la tabla anterior, se calcularon las ponderaciones de cada categoría de servicio multiplicando el puntaje de los criterios por su ponderación respectiva, calculada en la tabla 2, con lo que se obtuvo un ranking de puntajes para las distintas categorías de servicio. El puntaje de este ranking fue ajustado para moverse entre valores de 0 a 2. Este ranking se muestra a continuación en la tabla 5.

Alternativas	Prioridad
Outsourcing (BPO)	1,923
Consultoría Ventas	1,803
Consultoría Estratégica	1,801
Consultoría RR.HH.	1,797
Marketing	1,784
Asesoría Tributaria	1,754
Auditoría Financiera	1,754
Corredora De Valores	1,754
Precio De Transferencia	1,754
Capacitación	1,689
Externos Operacionales	1,685
Employee Services (Beneficios, Seguridad, Residuos, Etc.)	1,634
Call Center	1,633
Reclutamiento Y Selección Personas	1,632
Handling	1,613
MRO (Mantenimiento Y Reparación Operacional)	1,595
Mantenimiento (Mantenimiento Y Reparación No Operacional)	1,594
Servicios De Agencia Aduana	1,593
Transporte	1,585
Digital (Web)	1,572
Consultoría Legal	1,531
Infraestructura	1,511
IT Operacional (Sistema)	1,466
Exámenes Médicos	1,399
Externos No Operacionales	1,247
Auditoría No Financiera	1,111
Asesoría Migratoria	1,066
Legal Juicios	1,043
Certificaciones	0,937
Traducción	0,614
Documentos (Almacenaje, Digitalización)	0,537

*Tabla 5: Valor de prioridades de categorías de servicio en LATAM.*

## 10.2 Construcción del modelo

La construcción del modelo consiste en dos etapas principales, la primera es la obtención de cada variable del modelo necesaria a partir de los datos entregados por LATAM, la segunda etapa consiste en el cruce de los resultados del modelo con un segundo eje de información correspondiente a la base de proveedores existente.

### 10.2.1 Construcción de variables del modelo

Las variables del modelo se obtuvieron de la base de datos que realiza la empresa una vez al año a partir de la información recabada al inicio del proceso de asignación de presupuesto, es decir, una vez que los pedidos ya fueron hechos, esta optimización tiene lugar en el periodo de negociación con las distintas áreas de la empresa.

La primera variable que construir es  $X_{ji}$  el presupuesto asignado a la unidad  $j$  del nivel  $i$ . Como se explicita en el marco teórico las unidades son los servicios externos que contrata la empresa, esta variable es la variable de decisión del modelo.

La segunda variable que construir es  $W_{ji}$  el valor de la prioridad de la unidad  $j$  del nivel  $i$ . Esta variable se creó a partir del método AHP explicado previamente utilizando como criterios de decisión: económico; puntualidad; salud y seguridad; impacto ambiental; cliente. Y como alternativas los tipos de servicios antes descritos. Aquí simplemente ira el valor de prioridad del tipo de servicio del servicio  $j$ , este valor se obtendrá de la tabla 5.

La tercera variable que construir es  $U_{ji}$  el límite superior a asignar a la unidad  $j$  en el nivel  $i$ , esta variable es bastante simple de construir pues corresponde con el monto pedido por el área para la unidad  $j$ .

La cuarta variable que construir es  $L_{ji}$  el límite inferior a asignar a la unidad  $j$  en el nivel  $i$ , esta variable se elaboró a partir de la información histórica del servicio a lo largo de los años.

Para esto se utilizó la información obtenida de las bases de datos de los años anteriores de tal manera de poder asignar una tendencia porcentual a las variaciones de precios de los servicios de cada categoría, es decir, si la categoría correspondiente a servicios de exámenes médicos tiene un valor 5% menor en el gasto final con respecto al valor presupuestado a lo largo de los años, entonces el mínimo a asignar a ese cluster es un 5% menos del límite

superior asignado a esa unidad. Así, por ejemplo, si año a año se presupuesta USD\$1000 para un servicio en el cual consistentemente se gasta a final de año cercano a los USD\$800 entonces el mínimo histórico será de USD\$800.

De este modo se evita asignar un presupuesto insuficiente a un servicio lo cual en términos del modelo sería más eficiente, pero para efectos prácticos solo traería problemas a la subgerencia ya que miles de servicios terminarían con un presupuesto asignado mucho menor al requerido o incluso al que podrían utilizar por lo que se cargaría el trabajo del comité de presupuestos.

El resto de la información del modelo son constantes dadas por la empresa u obtenidas de su organigrama como lo son los niveles jerárquicos, el número de unidades (áreas) por nivel jerárquico y el monto máximo a asignar a todas las unidades.

Con las variables declaradas se puede formar el modelo en base a la función objetivo:

$$\max \sum_{i=1}^I \sum_{j_i=0}^{J_i} W_{j_i} \cdot X_{j_i}$$

El cual está sujeto a las siguientes restricciones:

Restricciones de presupuesto:

$$X = \sum_{j_1=0}^{J_1} X_{j_1}; \quad X_{j_i} = \sum_{j_{i+1}=0}^{J_{i+1}} X_{j_i} + 1 \quad \forall i \in I$$

Restricciones de limites superiores e inferiores:

$$L_{j_i} \leq X_{j_i} \leq U_{j_i} \forall i \in I, \quad \forall j_i \in J_i$$

Cabe mencionar que las bases de datos entregada por la subgerencia estaban muy incompletas y con inconsistencias en los nombres de los proveedores por lo que el proceso de la construcción tomo más tiempo del esperado inicialmente. Debido a esto la información histórica recolectada fue bastante pobre pues era imposible unir todos los servicios pasados con los nombres actuales pues entre año y año cambiaban las categorías de servicios y las áreas a las que pertenecían estos servicios por lo que rastrear un solo servicio a lo largo del tiempo ya era difícil sin contar que había que hacerlo con miles.

### 10.2.2 Elaboración del modelo en RStudio

El software en el cual se implementó el modelo es RStudio, y aunque Excel es una muy buena opción para implementar el modelo dada la facilidad de uso y el conocimiento previo en LATAM, la complejidad del caso y la cantidad de variables que tiene no permiten que el solver nativo de Excel pueda resolver el problema de optimización. El solver nativo de Excel no permite tener más de 200 variables al momento de optimizar, por lo que en el caso de la subgerencia de servicios externos donde los servicios son alrededor de 4000 a 6000, solver queda muy por debajo de las necesidades del caso.

Dicho esto, RStudio tiene muchas facilidades de uso lo cual es muy importante, ya que en la gerencia de negociaciones no técnicas dentro de la cual está la subgerencia de servicios externos la rotación de personal es bastante alta, por lo que una persona del equipo en promedio no utilizará esta solución por más de un año a un año y medio por lo que esta debe ser de fácil acceso para cualquiera que quiera utilizarla sin ser muy difícil de explicar. Esto es fácil de obtener debido a la simplicidad de uso de RStudio, ya que como el código será elaborado específicamente para el área lo único que se tendrá que hacer llegado el momento de realizar la optimización nuevamente es cambiar las variables de ingreso. Dado esto cualquier persona nueva dentro del área podrá aprender rápidamente cómo utilizar el modelo para optimizar la asignación de presupuesto.

Para la solución en RStudio se utilizó un complemento llamado LPsolve el cual permite realizar optimizaciones de modelos tanto lineales como no lineales. Este complemento fue escogido nuevamente debido a su facilidad de uso, pues para ingresar nuevas funciones objetivos, nuevas variables, o nuevas restricciones solo son necesarios un par de cambios al código para que funcione.

Pasando a la estructuración del código en sí, para la creación del modelo en RStudio lo primero que se hizo fue el vector de variables, en el cual se le asigna el coeficiente asociado a cada una de las variables. En este caso el coeficiente asignado es la prioridad que se puede ver en la función objetivo del modelo definida en el capítulo 6.9.1.

Luego de definido el vector de variables se crea la matriz de restricciones. En esta matriz, con tantas columnas como servicios y el doble de filas más uno que de columnas, cada columna representa una variable y cada fila representa una restricción. En este caso hay el doble de restricciones que de variables para restringir con un máximo y un mínimo al monto asignado para ese servicio y una última fila de restricciones en la cual se define la

restricción presupuestaria total del modelo. Para finalizar con las restricciones se crea un vector con el lado derecho de éstas, es decir, con los máximos y mínimos antes establecidos y el máximo presupuesto que se está dispuesto a pagar durante el año.

En este proceso se realizaron una serie de modificaciones al modelo inicial planteado para ajustar de mejor manera el proceso con la realidad de la subgerencia. Debido a un alto número de errores en la base de datos de los presupuestos de los servicios se realizó un ajuste a los servicios, ya que el modelo no se podía correr con los datos de los presupuestos de años anteriores por datos faltantes y errores en la categorización de los servicios, se utilizaron a las áreas solicitantes como sustituto en el modelo para los servicios. Esto quiere decir que cada área se trató como un servicio en el modelo, para esto se realizó un promedio de los servicios que requiere cada área. Por ejemplo, si un área pide dos servicios distintos uno de consultoría legal y uno de asesoría tributaria se promedia el valor de sus prioridades con lo cual se obtiene la prioridad de cada área. Se realizó este proceso en todas las áreas con lo que se obtuvo una base de datos más acotada pero completa de datos, por lo que el modelo se puede correr.

Finalmente, sólo queda definir que tipo de desigualdades son cada restricción, esto es bastante simple ya que el máximo debe ser mayor o igual al monto asignado, y el mínimo debe ser menor o igual al monto asignado, mientras que el presupuesto total debe ser mayor o igual al presupuesto final asignado. Hecho todo esto se procede a la optimización. El código elaborado para implementar el modelo se puede ver en el anexo 16.3.

### 10.2.3 Construcción de simulación Montecarlo

Esta simulación busca al igual que el modelo anterior maximizar tanto la función objetivo planteada en el subcapítulo anterior como el porcentaje de servicios que lograron su objetivo. Esto se ve representado en una nueva función objetivo la cual es:

$$\max \sum_{i=1}^I \sum_{j_i=0}^{J_i} W_{j_i} \cdot X_{j_i} \cdot Y_{j_i}$$

Para la construcción de la simulación de Montecarlo se utilizó el mismo modelo elaborado en RStudio, pero agregando la variable del indicador de logro. Para esto se utilizó una distribución de probabilidad asignada a cada servicio que representa la probabilidad de que el servicio cumpla el objetivo por el cual fue contratado.

La función de asignación de la distribución de probabilidad es la siguiente:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}(x - \mu)^2\right)$$

Con  $\delta^2$  la varianza y  $\mu$  la media, pero para lograr que la función se "mueva" con el monto asignado a cada servicio el valor de  $\delta$  es 1 y el de  $\mu$  corresponde al de la siguiente función:

$$\mu = \sqrt{\frac{\text{presupuesto asignado}}{\text{presupuesto pedido}}}$$

Se obtiene la raíz de la proporción para suavizar la curva de la división entre la diferencia del presupuesto pedido y el asignado. Esto de tal manera de no castigar tanto a un servicio que no tenga todo el presupuesto.

Este indicador de logro a primera vista no parece el mejor para simular si realmente un servicio cumplió o no su objetivo principal, sin embargo, es una buena alternativa ya que se basa en el historial del servicio y el monto pedido por el área, datos con los cuales se tiene suficiente información como para realizar una predicción de éxito del servicio.

Para profundizar el punto anterior, si el costo histórico de un servicio es menor a lo presupuestado, esto significa que existió al menos una ocasión en la cual el valor del servicio fue menor por lo cual cabe la posibilidad de disminuir el valor presupuestado sin comprometer el éxito del servicio, es por esto que la curva de éxito del indicador es logarítmica, como se puede ver en el gráfico 7, esto permite que una pequeña desviación del valor pedido no afecta gravemente la probabilidad de éxito del servicio. Pero a medida que aumenta esta diferencia la probabilidad disminuirá cada vez más hasta llegar a cero.

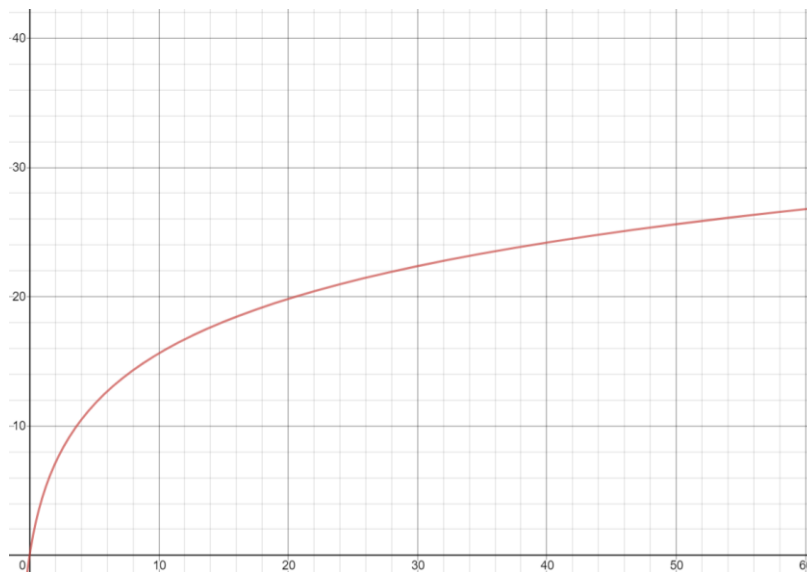


Gráfico 7: Ejemplo de función logarítmica

Además de esto sabiendo el valor requerido por el área para el servicio se tiene mucho más que solo lo que esperan pagar por el servicio, también se obtiene la información de cuanto más están dispuestos a pagar en comparación a lo que vale realmente el servicio, y cuánto dinero extra necesitan por seguridad de cualquier eventualidad. Con esta información se puede tener un escenario más claro de que áreas están constantemente gastando de más y si se está repitiendo la historia nuevamente, pues si año a año el área pide un 20% más de lo que necesita y nunca ha utilizado este 20%, entonces es bastante probable que si pide lo mismo nuevamente para los mismo servicios entonces está pidiendo un 20% más de lo que necesita por lo que es un buen candidato para cualquier recorte de presupuesto o para aumentar la eficiencia del proceso.

Un ejemplo de esto es una asesoría legal que inicialmente tiene un monto pedido de US\$15.000 pero el que tiene un historial de pago final de US\$13.000. Si se le asigna el mínimo la probabilidad de que este servicio cumpla su meta establecida disminuye, pero como se puede ver en el gráfico anterior si disminuye un poco con respecto al máximo no afectara mucho las probabilidades de éxito siendo que si se empieza a acercarse cada vez más a cero la pendiente aumentara cada vez más.

Finalmente, si el valor resultante de la distribución de probabilidad para un servicio es mayor o igual a cero significa que el servicio fue realizado satisfactoriamente si el valor obtenido es menor a cero significa que el servicio fue insatisfactorio y no cumplió su objetivo, este valor se representa con la variable  $Y_{ji}$  que tiene valor 1 si el objetivo del servicio se cumplió y 0 de lo contrario.



## 11. RESULTADOS

En este capítulo se desarrolla la evaluación del desempeño del modelo matemático planteado, este se evaluó según los indicadores establecidos en la sección de objetivos. El modelo matemático se probó con la base de datos del año 2018, ya que ésta es la más completa teniendo las categorías de servicios más recientes, y la última con toda la información de pagos.

Para facilitar la comprensión se separó el capítulo en dos partes, en función de los indicadores propuestos en los objetivos de esta tesis.

### 11.1 Precisión del presupuesto

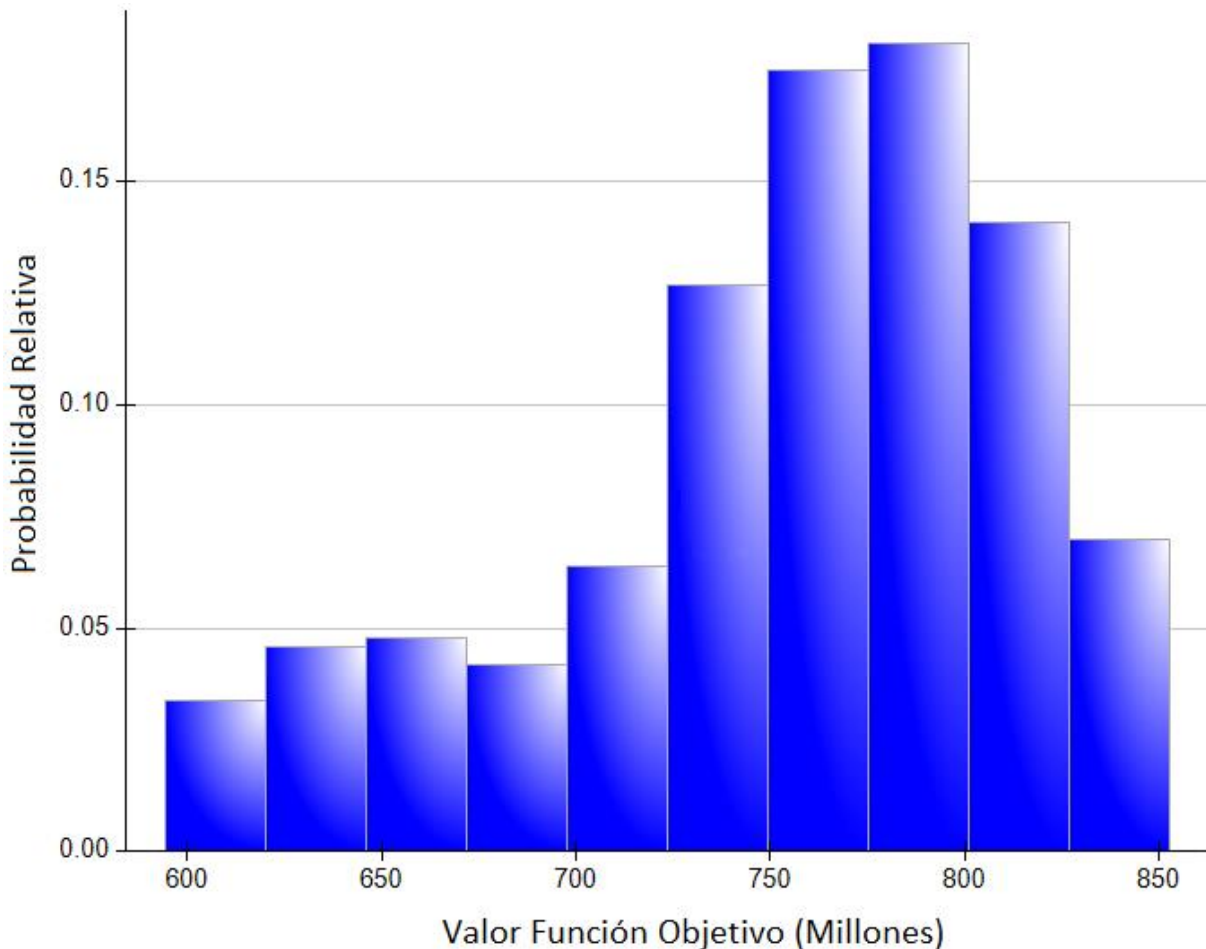
Ese año la diferencia entre el presupuesto inicial asignado y el gasto real final fue de un 20%. Luego de la optimización esta diferencia se logró bajar hasta un 10%, principalmente gracias a la información histórica, a la vez que se logró optimizar según las prioridades elegidas por los gerentes y ejecutivos de LATAM. Este valor se toma solamente como agregado y no servicio a servicio que habría sido una manera más efectiva de probar el modelo, esto ya que las bases de datos de presupuesto y de gastos no eran separadas y contenían miles de inconsistencias y falta de datos, además de utilizar estándares distintos. Al ser imposible entonces comparar servicio a servicio se optó por la segunda mejor opción que era el total agregado.

El valor de la función objetivo después de la optimización es de 950 millones (este dato, aunque no tiene ningún valor por si solo es útil para compararlo con el valor de la función objetivo en la simulación de Montecarlo). Con esto se puede decir que el modelo cumple con las expectativas de la subgerencia, pero aún no se puede decir que cumple con el objetivo inicial de optimizar la asignación de presupuesto. El aumento en la precisión es un resultado esperado debido a la baja optimización del proceso de asignación de presupuesto, esto ya que como se dijo antes actualmente los problemas se ven caso a caso funcionando de modo de "apagar incendios" en las áreas con mayores problemas en sus servicios requeridos y los montos pedidos, por lo que con un modelo matemático, que utilice la información histórica y optimice de acuerdo a las prioridades de los gerentes y subgerentes un resultado esperado mínimo era este aumento en la precisión.

Sin embargo, estos resultados corresponden a una primera aproximación al resultado y no comprueban en su totalidad la efectividad del modelo por lo que se utilizó el modelo Montecarlo para probarla.

### 11.1.1 Resultados simulación

La simulación se corrió en RStudio y se realizaron 1000 iteraciones, esto de modo de obtener un resultado representativo. Los resultados se observan en el siguiente gráfico:



*Gráfico 8: Simulación de Montecarlo del valor de la función objetivo.*

Como se puede apreciar en el gráfico 8 el valor de la función objetivo tiene un promedio de entre 800 y 750 millones lo cual es un 82% del valor obtenido en la optimización del modelo anterior. Esto es de esperarse, ya que se le impusieron más restricciones al modelo y se multiplicó la función objetivo por una función decreciente. Si el porcentaje hubiera sido menor implicaría que la optimización de este proceso es muy sensible a cambios en el ambiente empresarial. Esto se reflejaría en el gráfico con una curva normal más plana, y por lo tanto con mayor varianza, de ser así el modelo tendría menores chances de lograr optimizar el proceso y no sería mejor que la opción de un juicio fundado.

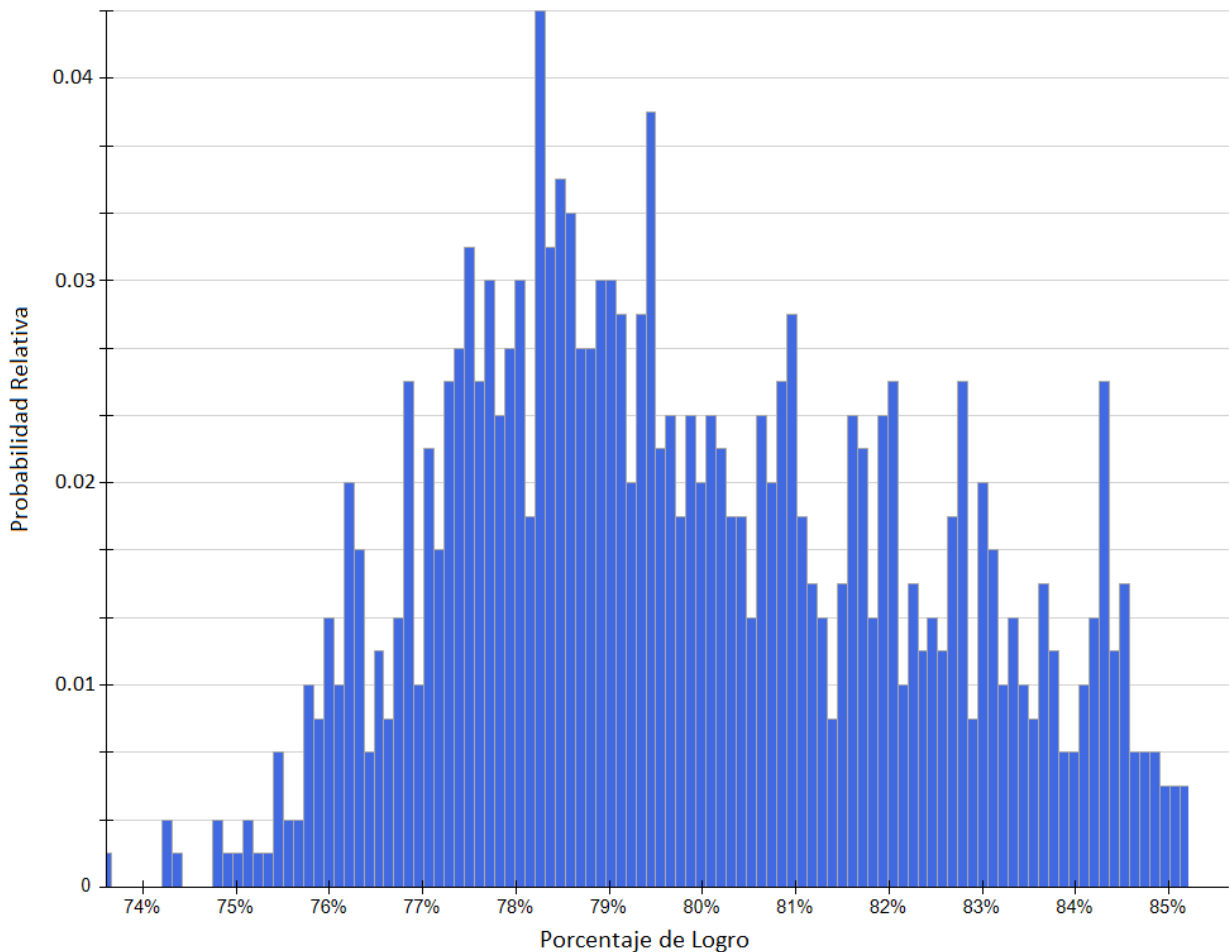
El objetivo de mejorar la precisión del proceso de asignación cumple con la primera meta establecida que es la de obtener una diferencia menor al 10% entre el presupuesto y el gasto final.

## 11.2 Logro de servicios

Los resultados antes expuestos no toman en cuenta todos los objetivos formalizados ya que no tienen en consideración la arista del logro del servicio, el logro de servicio como se explicitó en el capítulo de objetivos define si el servicio que se contrató con el dinero asignado logró realizar el trabajo para el cual fue contratado, o, dicho de otra manera, si el dinero asignado a este servicio fue suficiente para contratar los servicios requeridos.

Este modelo sin esa arista simplemente maximiza el beneficio obtenido de cada servicio a partir de las prioridades calculadas anteriormente sujeto a las restricciones de presupuesto. Para obtener los resultados completos hay que ingresar la variable de logro y variar el modelo a una simulación de Montecarlo.

Este indicador solo se puede obtener a través del ya mencionado método pues a diferencia de una optimización se necesitan múltiples iteraciones del modelo variando aleatoriamente para poder aseverar la efectividad del modelo para cumplir con un alto estándar en los logros de los servicios.



*Gráfico 9: Simulación de Montecarlo del porcentaje de logro de los servicios.*

Como se puede observar en el gráfico 9, el logro obtenido por el vector de soluciones óptimas se encuentra entre el 78% y el 80%, esto representa un alto porcentaje tomando en cuenta que la distribución normal utilizada es una aproximación de la distribución real de probabilidad de logro. Con esto se puede decir que el modelo capaz obtener un alto porcentaje de logro de cada servicio a la vez que disminuye la brecha entre el presupuesto original y el gasto final. Este valor es de esperarse ya que en los límites de los presupuestos a asignar el margen entre el máximo y el mínimo es bastante holgado, entre un 15% y un 25%. Este margen existe debido a la alta diferencia entre el presupuesto del año y el gasto final de este pues si bien el mínimo obtenido es el valor histórico, sistemáticamente los valores de presupuesto y gasto final se repiten, por lo que se tiene una predicción bastante precisa de cuál será el valor el año siguiente.

Si el valor del porcentaje de logro de los servicios fuera menor al obtenido, esto significaría que, dadas las prioridades de la empresa con respecto a los servicios, un gran porcentaje de estos no se estaría logrando,

lo que implicaría un mayor costo que tan solo adjudicar el presupuesto a todos los servicios requeridos, ya que al menos así se estarían cumpliendo las necesidades de las áreas.

El objetivo de tener un alto porcentaje de logro de los servicios no se cumplió en su totalidad pues se obtuvo un porcentaje cercano al 80% de logro de servicio siendo que se buscaba uno mayor a 95%. Estos resultados, aunque uno cumple con el objetivo planteado y el otro parcialmente no representan un éxito para el modelo en general.

Aun así, el valor obtenido de logro del servicio es tan solo una aproximación de lo que ocurriría en la empresa lo importante en este caso es disminuir lo más posible los casos que lleguen al comité de servicios externos buscando aumentar el presupuesto que se les asigne ya que este comité solo tiene una cantidad finita de tiempo y por lo tanto no puede ver todos los casos problemáticos que surjan durante el proceso, además de que trabaja durante todo el año en otros casos también. Por esto, aunque no llegue al porcentaje deseado disminuye sustancialmente la cantidad de potenciales reuniones que tendría el comité, aumentando así el tiempo del comité y por tanto la eficiencia del proceso de presupuestación de servicios externos.

Además de esto, debido a que las bases de datos entregadas fallaban en múltiples ámbitos especialmente en falta de datos y errores de estandarización, la correcta aplicación del modelo no pudo llevarse a cabo. Esto se explica más en detalle en las conclusiones.

Finalmente, este primer acercamiento se toma como prueba de que estos valores son mejorables si se optimizan y rediseñan algunos otros pasos en el proceso los cuales son planteados más adelante en las recomendaciones.

## 12. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

En el siguiente capítulo se presenta una propuesta de plan de implementación, que consta de dos etapas. En primer lugar, la etapa de preparación, en esta se declaran las acciones necesarias a realizar previas a la implementación del modelo propuesto, y por último la implementación propiamente tal, entendiendo ésta como un proceso que busca lograr la adhesión de los diferentes actores al nuevo sistema.

Es importante mencionar que este plan de implementación debe repetirse año a año, aunque cada vez con menor dificultad, para lograr obtener los resultados esperados al utilizar el modelo para optimizar la asignación de presupuesto.

Para realizar la implementación es necesario inicialmente tener una base de datos limpia, esto se refiere a que tanto los nombres de los proveedores como las categorías de tipos de servicios de la empresa tengan un estándar claro y conciso el cual no varíe con el tiempo, de ser así la información de los años anteriores no podrá ser tomada de forma directa y habrá que procesar el cambio de categorías o nombres de proveedores al reemplazar estas nuevas variables en las bases de datos de los años anteriores. Sin embargo, esto no ocurre así con la información actual entregada por la empresa por lo que hay que hacer un trabajo de preparación previo.

Para una correcta implementación del modelo se espera que se sigan los pasos descritos en este capítulo además de mejorar el proceso siguiendo las recomendaciones en el capítulo 14.

### 12.1 Etapa de preparación

La etapa de preparación es fundamental para la correcta implementación del modelo, ya que este debe funcionar todos los años de manera correcta y con los datos presupuestarios limpios y ordenados. Esta etapa se divide en 3 fases.

#### Fase 1 "Limpieza de datos; Proveedores":

Esta fase consiste en la estandarización de nombres de proveedores. Ya que LATAM utiliza un sistema de gestión llamado ARIBA, esta información está bien organizada y cada proveedor tiene un número asignado como identificador, pero las bases de datos de la subgerencia no están sincronizadas con la información de los sistemas de la empresa por lo que la información de los proveedores en estas bases de datos está incompleta y con errores de

ortografía o cambios de nombre. Entre un 10% y 20% de los proveedores de los servicios en las bases de datos no están y el resto de los nombres de proveedores no son consistentes a lo largo de las bases de distintos años y dentro de sí mismas, además de que no se utiliza el número identificador asignado a cada proveedor. Por esta razón se propone utilizar en Excel una herramienta conocida como "Fuzzy Search"<sup>12</sup> la cual se utilizó para ordenar los datos y permitir el correcto desarrollo de este trabajo de título, pues permite encontrar parecidos entre distintas cadenas de textos para así descubrir las distintas variaciones con las que se escribió un mismo proveedor y unificarlas. Este proceso toma alrededor de dos semanas de trabajo para unificar las cuatro bases de datos entregadas, cabe notar que este proceso sería innecesario si las bases incorporaran el número identificador para cada proveedor.

### Fase 2 "Limpieza de datos; Tipos de Servicio":

Esta fase consiste en estandarizar las categorías de tipos de servicios en cada base de dato por separado, esto sería necesario debido a que año a año el área encargada de realizar esta base de datos cambia el estándar utilizado para clasificar los tipos de servicio, siendo imposible unificar tantos distintos tipos de servicios en un solo estándar, este cambio se debe principalmente a que el área fue formada el año 2015 por lo que han ido experimentando y mejorando su forma de realizar estas bases de datos (es importante mencionar que el área se encarga de realizar una base de datos del presupuesto de toda la empresa y no solo de servicios externos). Por esta razón se propone realizar un estándar para las bases de datos de los años 2015 a 2019. Si bien dificulta la comparación de servicios entre los años permite un mejor entendimiento global de la situación presupuestaria de cada año, ya que como se mencionó antes unificar todos los tipos de servicios de cada año es un trabajo casi imposible. Esta fase toma alrededor de una semana de trabajo pues, aunque es menos información con la que trabajar las decisiones a tomar son menos directas que en la fase 1. Se recomienda que luego de este trabajo se empiece a trabajar en un estándar único que se mantenga a lo largo del tiempo con el fin de facilitar este trabajo y mejorar el análisis de estos datos.

### Fase 3 "Alinear estrategia con proceso":

En esta fase lo que se busca es realizar nuevamente el proceso de análisis jerárquico. Para esto se debe realizar nuevamente la encuesta descrita en el capítulo 9.1.2.1 para obtener las ponderaciones de los criterios y el orden prioritario de las categorías de servicios ajustado a las estrategias actuales de

---

<sup>12</sup> Fuzzy Search en informática, es una técnica que utiliza la coincidencia aproximada de cadenas de texto la cual consiste en encontrar cadenas que coincidan aproximadamente con un patrón entregando el porcentaje de similitud entre dos cadenas de texto.

la empresa para así nunca estar desconectado del rumbo que tome LATAM. Si de un año a otro no ha ocurrido un mayor cambio en la estrategia de la compañía y las categorías de servicios se mantienen iguales, entonces se puede mantener el mismo nivel de prioridades del año anterior, pero para el año siguiente se recomienda realizar otra vez la encuesta para validar estos valores nuevamente.

Para realizar este proceso completo con una nueva base de datos se estima que tardaría alrededor de una semana para una persona, por lo que el valor de este proceso tiene un costo de trabajo de una semana de horas<sup>13</sup> hombre, lo cual para LATAM significa un costo de alrededor de CLP\$350.000<sup>14</sup>.

## 12.2 Etapa de implementación

La etapa de implementación del modelo de optimización consiste en 3 fases.

### Fase 1 "Iniciar el modelo":

En esta fase se busca ingresar todos los datos previamente preparados con el fin de "alimentar" correctamente el modelo con las bases de datos históricas, los indicadores de prioridad, las variables declaradas y establecidas para asegurar así el correcto funcionamiento del modelo. Este proceso tiene un costo en tiempo de 2 días lo cual representa un valor de alrededor de CLP\$140.000 para LATAM.

### Fase 2 "Correr el modelo":

En esta fase se corre el modelo con lo cual se obtienen los resultados de la optimización de la asignación de presupuesto, estos resultados luego son evaluados por los miembros del área para finalmente informar a las áreas de la compañía que presupuestos se les asignaron para los servicios que pidieron.

### Fase 3 "Negociación":

Esta fase es la única recurrente, es decir que el proceso de negociación se repite hasta que se llegue a un acuerdo de presupuesto entre todas las partes. Cabe mencionar que, aunque esta tesis entregue una optimización del proceso, los resultados no reemplazan el proceso de negociación descrito en

---

<sup>13</sup> Todas los tiempos de realización de las actividades son a partir de experiencia propia del autor.

<sup>14</sup> El valor promedio de un sueldo de ejecutivo en la subgerencia es de CLP\$1.400.000.



el levantamiento de procesos, pues, aunque el modelo alinee las estrategias de la empresa con el presupuesto siempre habrá áreas que quedarán con menos presupuesto del que necesitan debido a las restricciones presupuestarias iniciales impuestas por la gerencia. Por esto la negociación debe llevarse a cabo al igual que antes de introducir la optimización. Todos los procesos antes descritos no modifican a los procesos actuales si no que se agregan antes o después de estos para mejorar la eficiencia del proceso de presupuestación. Debido a que esta fase se realiza actualmente en la subgerencia no se contará como un costo agregado de implementar el proyecto.

Las etapas antes expuestas se pueden entender de manera más clara en las siguientes tablas 6 y 7.

Etapa Preparación	Costo (CLP)	Días	Ejecutable en Simultáneo
Fase 1 Limpiar Datos, Proveedores	700.000	10	Si
Fase 2 Limpiar Datos, Tipos de Servicio	350.000	5	Si
Fase 3 Alinear estrategia con proceso	350.000	5	Si
Total (Con 4 personas trabajando <sup>15</sup> )	1.400.000	5	-

*Tabla 6: Costos y tiempos de la etapa de preparación del plan de implementación.*

Etapa Implementación	Costo (CLP)	Días	Ejecutable en Simultáneo
Fase 1 Iniciar el Modelo	140.000	2	No
Fase 2 Correr el Modelo	70.000	1	No
Total	210.000	3	-

*Tabla 7: Costos y tiempos de la etapa de implementación del plan de implementación.*

Finalmente, ambas etapas tienen un costo total de CLP\$1.610.000 y se demora en total 8 días suponiendo que el área completa trabaje a la vez en este proceso. Sin embargo, se espera que este valor se reduzca de seguir las

---

<sup>15</sup> 4 personas es el total de trabajadores de la subgerencia de servicios externos sin contar al subgerente.

recomendaciones de estandarización con lo cual el costo del proceso y el tiempo que toma realizarlo se reducirían en un 60% a 70% al menos. Esto debido a que a medida que se vaya realizando año a año este proceso se ira agilizando, pues los trabajadores del área estarán más familiarizados con el proceso completo, y además no habría cambios significativos en el estándar de la base de datos, con lo cual el costo disminuiría significativamente siempre y cuando no varíe mucho la plantilla de la base de datos de los servicios externos.

Esta reducción en costos sucederá siempre y cuando se respete el estándar planteado en la tesis de utilizar los números identificadores de cada proveedor, además de mantener un solo estándar a lo largo del tiempo de los distintos tipos de servicio.

## 13. CONCLUSIONES

El trabajo de la subgerencia de servicios externos de LATAM impacta de manera directa en la eficiencia de los servicios contratados por la compañía y en brindar apoyo a las estrategias de la empresa. La relevancia de los trabajos que realiza con sus diferentes tareas, principalmente la asignación de presupuesto anual y el trabajo de gestión de contratos y servicios, hacen necesario contar con un proceso capaz de mantener en curso la estrategia de la compañía, además de encontrar y neutralizar los generadores de costo de tal manera que satisfaga las necesidades, tanto de la gerencia de finanzas, como de los usuarios solicitantes.

Para la realización de la optimización se ejecutó un levantamiento profundo del proceso de asignación de presupuesto a partir de entrevistas con los actores principales de este proceso y los trabajadores de la subgerencia. También se realizó una investigación de la teoría actual de presupuestación en la que se encontraron tres teorías modernas con posibles soluciones a la problemática planteada en esta tesis, de las cuales se escogió el modelo de optimización de Sinuany-Stern (1993) por ser el más apto para las necesidades de la subgerencia debido a su sinergia con el proceso y se adapta a la estrategia actual de la compañía. Finalmente, se elaboró el modelo matemático junto con un indicador de prioridad para poder optimizar la asignación de presupuesto. Sinuany-Stern en su artículo (1993) plantea su metodología para ser utilizada en una empresa a nivel global, pero para el caso de LATAM se adaptó para ser utilizado en un subconjunto de la empresa, los servicios externos.

A partir de la investigación realizada para el levantamiento de procesos se obtuvieron principalmente dos descubrimientos. El primero es que la estructura de gastos de los servicios externos cumple con la ley de Pareto en donde un 20% de los proveedores corresponden al 80% de los gastos en LATAM, yendo a casos más extremos incluso donde tan solo 10 proveedores corresponden a un tercio del presupuesto. El segundo descubrimiento es que gran parte de estos proveedores son históricos, es decir, llevan ya varios años entregando el mismo servicio. De estos hallazgos se concluye que existe un gran potencial de ahorro en estos proveedores, los cuales según el modelo actual siempre obtienen el presupuesto que necesitan sin ningún control exhaustivo para seguir cobrando sus servicios.

Por otro lado, se logró cumplir parcialmente el objetivo general de esta memoria, optimizando la asignación de presupuesto de los servicios profesionales que contrata LATAM. El modelo diseñado cumple con el objetivo planteado de disminuir la brecha existente entre el presupuesto y el gasto final logrando así la métrica establecida, de precisión de predicción, consiguiendo

el 90% pactado. No obstante, en el indicador de logro de los servicios, solo se alcanzó un valor del 80% de logro. Sin embargo, este indicador tiene un incentivo perverso pues busca aumentar el valor asignado a cada servicio para maximizar el porcentaje de logro del servicio mientras que en la subgerencia se busca disminuir, idealmente en todos los servicios, el valor asignado, por lo que la obtención de un 80% del logro, si bien no cumple con el objetivo establecido, se toma como un cumplimiento parcial.

Sin embargo, el indicador busca representar la realidad de la mejor manera representando a juicio del autor de manera correcta el delicado balance entre disminuir el presupuesto total sin bajar la productividad de la empresa. Es por esto por lo que, aunque no cumple con los objetivos planteados inicialmente el modelo si obtiene un valor bastante alto el cual como ya se explicó en el capítulo de resultados facilita el trabajo del comité aumentando la productividad de este.

Por otro lado, se resalta lo claro y preciso del artículo de Sinuany-Stern (1993) no obstante, al comparar el proceso realizado con el propuesto por Sinuany-Stern hay múltiples puntos en los que presente tesis debió adaptarse. Esto se debe a que la replicabilidad del modelo requiere de una serie de especificaciones teóricas que no se encuentran en las situaciones reales comúnmente, siendo relevante explorar en futuros estudios en qué contextos reales logra replicarse con cambios mínimos y cómo se podría agregar flexibilidad al modelo para evitar tener que realizar estas simplificaciones.

Pero más allá de los resultados obtenidos en el modelo, se destaca la función clave que cumple el Proceso Analítico Jerárquico al ser capaz de unir no solo el proceso de asignación de presupuesto, sino que a muchos otros procesos a lo largo de la empresa con las estrategias de la directiva y sus gerentes. En un tiempo en donde gran parte de las empresas utilizan aun paradigmas antiguos de lapresupuestación (Libby y Lindsay, 2010) basados en control (i.e., para motivación administrativa y obtener mejores resultados de desempeño) esta metodología permite conectar procesos y estrategias logrando entregar un gran valor a las empresas contemporáneas haciéndolas más flexibles y adaptables a los entornos económicos y sociales cada vez más impredecibles, especialmente ahora con el auge de la transformación digital.

Por último, cabe destacar el impacto que puede tener este modelo en una empresa como LATAM. Una historia recurrente en las grandes empresas es que cuando se empiezan a expandir lo hacen rápido y con fuerza, lo cual en general resulta en consecuencias negativas en múltiples áreas; ineficiencias financieras, poca efectividad en ventas, pérdida de control de los procesos, etc. Por lo que luego de una gran expansión el paso siguiente para todas estas

empresas es el reordenamiento trabajando en optimizar procesos, eliminando gastos innecesarios como un exceso de trabajadores, servicios que no aportan valor a la empresa y muchos otros.

Dado que LATAM actualmente se encuentra en esta etapa de reordenamiento un modelo como el planteado en este trabajo de título podría ofrecer una solución robusta que no tan solo podría solucionar las ineficiencias de la subgerencia de servicios externos, sino que también las de la empresa completa. Pues como se dijo en el capítulo 6.9.1 el modelo de Sinuany-Stern es originalmente utilizado para una corporación completa por lo que el paso lógico siguiente para este modelo sería adaptarlo de acuerdo a las recomendaciones de Sinuany de modo de optimizar los gastos completos de LATAM a la vez que se alinean con la estrategia planteada por el directorio, de este modo teniendo la ejecución del modelo cada vez más cerca de los escalones más altos de la empresa los resultados del modelo tendrán cada vez más impacto en la organización.

## 14. RECOMENDACIONES

Luego de finalizado este trabajo de título, y en base al análisis de los procesos de recolección de información, de asignación de presupuesto y de gestión de servicios y contratos, se puede inferir que aún existe un gran potencial de desarrollo en esta área de presupuestos. La principal inquietud que surge es que a lo largo del tiempo de utilizar esta metodología ya no va a haber un crecimiento, es decir, luego del primer par de años utilizando el modelo el proceso ya va a haber llegado a su óptimo y por tanto no existiría ningún crecimiento posterior en el área. Para remediar esto y facilitar tanto el proceso realizado en este trabajo de título como el crecimiento futuro de esta metodología y los procesos asociados se recomiendan las siguientes propuestas.

### 14.1 Base de datos

Dentro de la subgerencia el principal causante de las deficiencias es la falta de conexión entre áreas en términos de información, el trabajo realizado en esta tesis para unir las bases de datos de gastos y presupuestos de distintos años fue muy complejo, mucho más complejo de lo que debería haber sido. La falta de estandarización en los nombres de tanto proveedores que prestan el servicio como de los tipos de servicios a los que pertenecen, los cambios contables en los gastos y presupuestos, la falta de información en muchos casos y muchas otras razones hicieron este trabajo de estandarizar y unir bases de datos innecesariamente largo y complejo.

Para esto se proponen dos simples soluciones:

La primera es estandarizar y mantener a lo largo de los años los mismos nombres y tipos de servicio para los distintos servicios, de esta manera se facilitará de sobremanera la obtención del historial de los servicios contratados además de permitir comparar mucho más fácilmente los gastos de cada servicio contra el presupuestado inicial. Con respecto a los nombres de los proveedores es fácil ya que LATAM ya tiene implementado un sistema de identificación de proveedores llamado BP el cual le asigna un único número o BP a cada proveedor. Con respecto a los tipos de servicios se propone utilizar los tipos establecidos en este trabajo de título.

La segunda solución es rediseñar el proceso de asignación de presupuesto en la etapa de la consolidación de presupuesto de las áreas solicitantes, es decir, cambiar el modo en que funciona el pedido de presupuesto por parte de las áreas que necesitan servicios. Para esto se propone una plantilla de datos que rellenar al momento de pedir los servicios requeridos a la subgerencia de servicios externos en la cual estaría estipulado: los servicios, sus descripciones, los BP de los proveedores, el CECO (Centro de

costo) del área solicitante, la categoría de los servicios, el monto requerido y si el servicio corresponde a un requisito regulatorio o no.

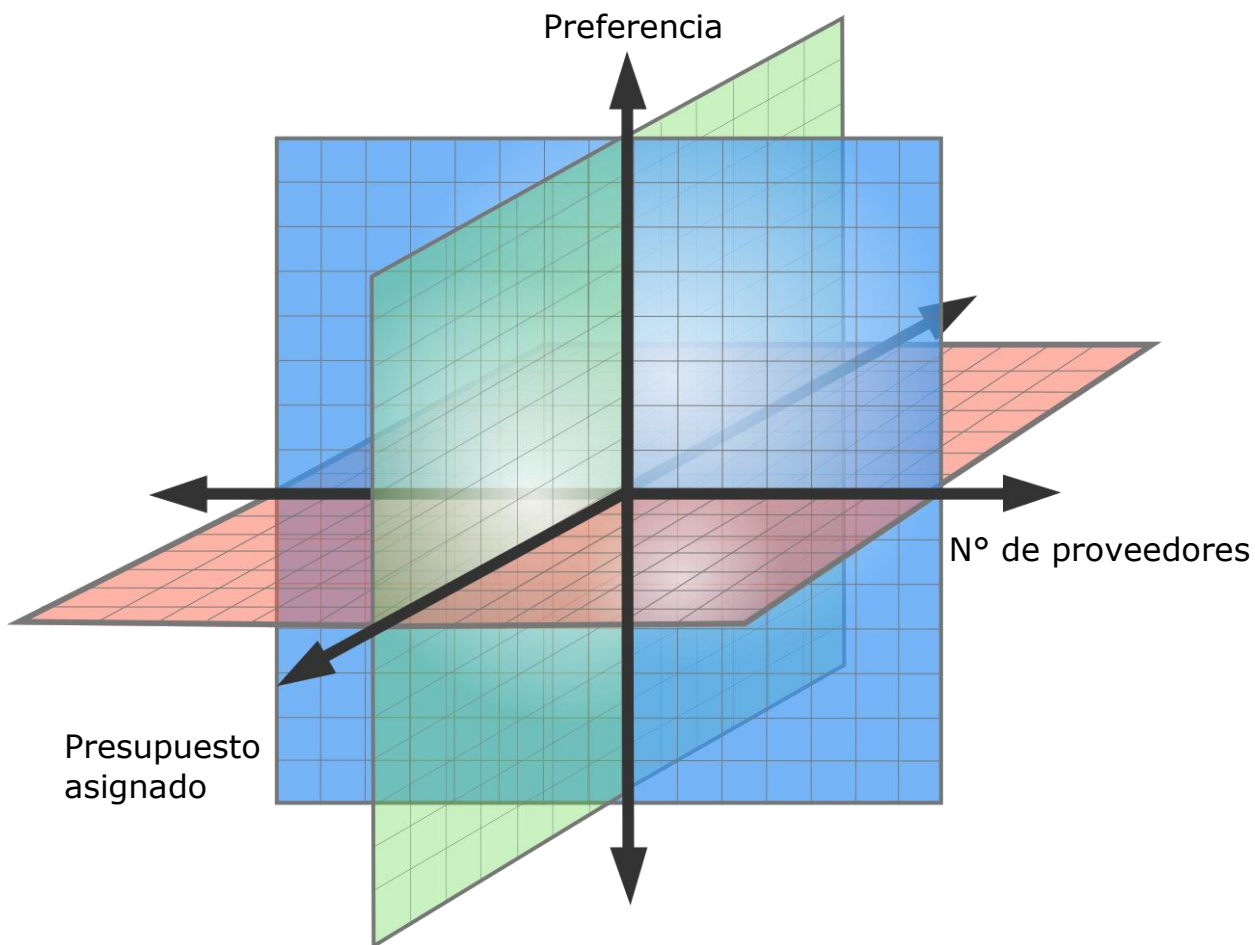
## 14.2 Eje de proveedores

Otra propuesta que surgió del modelo, y fue motivada por algunos de los problemas que tiene la subgerencia de servicios externos con respecto a la gestión de servicios y sus contratos, es la implementación de un eje de proveedores. Este eje se define como una segunda dimensión con la que poder analizar a los servicios que contrata LATAM. El eje sería formado por una base de proveedores que contiene la información de la cantidad de proveedores disponibles en el mercado, a partir de la información que tiene LATAM, para cada tipo de servicio. Con esto se lograría hacer un cruce entre la información de cuánto dinero se está gastando en el servicio, cual es la preferencia del servicio, y cuantos proveedores de ese tipo de servicio existen en el mercado. Con esta información se construiría un plano tridimensional a partir de estos tres ejes, y cada servicio correspondería a un punto en este espacio. En el que cada eje tiene dos posibles estados uno alto y uno bajo como se puede ver a continuación.

	Alto	Bajo
Preferencia	El valor de la preferencia del servicio corresponde a más del promedio de las preferencias.	El valor de la preferencia del servicio corresponde a menos del promedio de las preferencias
Nº de proveedores	El número de proveedores es igual o mayor a X <sup>16</sup> .	El número de proveedores es menor a X.
Presupuesto asignado	El valor del servicio corresponde a USD \$250.000 o mayor.	El valor del servicio corresponde a menos de USD \$250.000.

---

<sup>16</sup> El numero de proveedores limite debe definirlo la subgerencia cuando implemente las recomendaciones propuestas.



*Figura 3: Plano tridimensional del estado de un servicio*

Como se puede ver en la figura 3 con esta división existen 8 distintos estados en los que se puede encontrar un servicio a lo largo de los tres distintos ejes. Con estos estados se puede determinar el nivel de importancia a renegociar o volver a licitar un servicio. Visto de otra manera es un modo determinista de encontrar servicios que impacten de mayor o menor manera en la organización, por lo que trabajar en ellos causa un mayor o menor impacto.



<b>N° de proveedores</b>	<b>Preferencia</b>	<b>Presupuesto asignado</b>	<b>Prioridad para renegociar o licitar</b>
Alto	Alto	Alto	Máxima
Alto	Alto	Bajo	Alta, enfoque en aumentar beneficios
Alto	Bajo	Alto	Alta, enfoque en reducir costos
Alto	Bajo	Bajo	Baja
Bajo	Alto	Alto	Media
Bajo	Alto	Bajo	Baja
Bajo	Bajo	Alto	Alta, enfoque en reducir costos
Bajo	Bajo	Bajo	Mínima

*Tabla 8: Acciones a tomar para un servicio con múltiples configuraciones de N° de proveedores, preferencia y presupuesto asignado.*

Es importante mencionar que, aunque LATAM tiene información de muchos proveedores es insuficiente para poder determinar el nivel de competitividad en las distintas industrias de las cuales contrata servicios. Por esto además de implementar este eje habría que llevar a cabo una investigación profunda de los proveedores de cada industria diferenciándolas además por países. Por suerte, este trabajo ya se realiza en LATAM, es decir, al momento de buscar un proveedor para un servicio nuevo dentro de la empresa, se investiga sobre el mercado de proveedores del servicio en el país que se requiera. Pero esta recomendación invita a que esta investigación sea más detallada y en profundidad.

Por último, se recomienda utilizar una matriz de proveedores (ver anexo 16.7) con sus respectivos tipos de servicios y con cada país en el que cumple ese servicio. Matriz en la que un proveedor puede cumplir más de un servicio en más de un país, esto con el objetivo de poder gestionar los servicios a partir de una mirada distinta a la utilizada actualmente. Con esta matriz se tendría acceso a información de la estructura de los servicios externos en cada país y con respecto a cada tipo de servicio, por lo tanto, se podrían realizar análisis para revelar cuantos proveedores hay realizando el mismo servicio en un país de tal manera de tener la información necesaria para decidir si centralizar el servicio a un proveedor o mantenerse como están.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

1. ¿A quién le importa la amenaza low cost?: acciones de LATAM despegan en bolsa y tocan su máximo en dos años. [en línea] El mostrador en Internet. 15 de marzo, 2017. <<https://m.elmostrador.cl/mercados/2017/03/15/a-quien-le-importa-la-amenaza-low-cost-acciones-de-latam-despegan-en-bolsa-y-tocan-su-maximo-en-dos-anos/>> [consulta: junio 2019]
2. Acción de LATAM Airlines continúa subiendo e impulsa a la Bolsa de Santiago. 2016. [en línea] <<https://social.finvoy.com/cards/v53wZ7XnGP6lyBmx>> [consulta: junio 2019]
3. Bart, C., 1988. Budgeting gamesmanship. *Academy of Management Executive*, 285–294
4. Becker, S. D. (2014). When Organizations Deinstitutionalize Control Practices: A Multiple-Case Study of Budget Abandonment. *European Accounting Review*, 23(4), 593–623.
5. Benson, Hande Y., et al. "A Comparative Study of Large-Scale Nonlinear Optimization Algorithms." *Applied Optimization High Performance Algorithms and Software for Nonlinear Optimization*, 17 July 2002, pp. 95–127.
6. Berg, A., & Karlsson, F. (2014). Why the annual budget is not dead Contingencies affecting the relevance of the budget critique (Tesis doctoral o de maestría, Uppsala Universitet, Uppsala, Suecia).
7. Bradley, G. H., Brown, G. G., & Graves, G. W. (1977). Exceptional Paper— Design and Implementation of Large-Scale Primal Transshipment Algorithms. *Management Science*, 24(1), 1-34.
8. Dorfman, Robert, et al. "Linear Programming and Economic Analysis." *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 40, no. 3, 1958, pp. 772–774.
9. Ekholm, B., & Wallin, J. (2000). Is the annual budget really dead? *European Accounting Review*, 9(4), 519-539.
10. Epstein, M.J., Manzoni, J.F., (2002). Reconciling conflicting roles of budgets: review and survey of corporate practices. Working paper, Rice University and INSEAD.
11. Filaire, T. 2018. Clustering on mixed type data. [en línea] <<https://towardsdatascience.com/clustering-on-mixed-type-data-8bbd0a2569c3>> [consulta: agosto 2019]
12. Gurton, A., (1999). Bye-bye budget. *Accountancy International*

13. Hansen, S. C. (2011). A Theoretical Analysis of the Impact of Adopting Rolling Budgets, Activity-Based Budgeting and Beyond Budgeting. *European Accounting Review*, 20(2), 289-319.
14. Hope, J., & Fraser, R. (2003). *Beyond Budgeting How Managers Can Break Free from the Annual Performance Trap*. Boston: Harvard Business Review Press.
15. Jensen, M. C. (2001). Corporate Budgeting Is Broken, Lets Fix It. *SSRN Electronic Journal*.
16. Knight, C.F., Dyer, D., 2005. Performance without compromise. Harvard Business School Press, Boston, MA.
17. Libby, T., & Lindsay, R. M. (2010). Beyond budgeting or budgeting reconsidered? A survey of North American budgeting practice. *Management Accounting Research*, 21(1), 56-75.
18. Marchetti, P. Sindicato asegura que terminó la huelga en Latam: "Era lo más certero, pero no logramos lo que pedíamos". [en línea] EMOL en Internet. 26 de abril, 2018. <<https://www.emol.com/noticias/Economia/2018/04/26/904047/Sindicato-confirma-fin-a-la-huelga-en-Latam-Era-lo-mas-certero-pero-no-logramos-lo-que-pediamos.html>> [consulta: junio 2019]
19. Neely, A., Bourne, M., & Adams, C. (2003). Better budgeting or beyond budgeting? *Measuring Business Excellence*, 7(3), 22-28.
20. Saaty, Thomas L. "How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process." *European Journal of Operational Research*, vol. 48, no. 1, 1990, pp. 9-26.
21. Saaty, Thomas L., and Luis G. Vargas. *Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*. Springer, 2006.
22. Scoltock, J. "A Survey of the Literature of Cluster Analysis." *The Computer Journal*, vol. 25, no. 1, Jan. 1982, pp. 130-134.
23. Simons, R., 1987. Codman & Shurtleff, Inc. Planning and Control System. Case study # 9-187-081. Harvard Business School, Boston, MA.
24. Sinuany-Stern, Z. (1993). A Network Optimization Model for Budget Planning in Multi-Objective Hierarchical Systems. *Journal of the Operational Research Society*, 44(3), 297-308.
25. Wallander, J. (1999). Budgeting — an unnecessary evil. *Scandinavian Journal of Management*, 15(4), 405-421.



## 16.2 Código de RStudio para análisis de cluster

```
1
2 library(cluster)
3 library(dplyr)
4 library(ggplot2)
5 library(readr)
6 library(Rtsne)
7 library(readxl)
8 library(stargazer)
9
10 df <- read_excel("C:/Users/Franco Alfero/Desktop/prueba clustersb.xlsx")
11
12 df$VP1 <- as.factor(df$VP1)
13 df$VP2 <- as.factor(df$VP2)
14 df$VP3 <- as.factor(df$VP3)
15 df$VP4 <- as.factor(df$VP4)
16 df$VP5 <- as.factor(df$VP5)
17 df$País <- as.factor(df$País)
18 df$`Descripción Cuenta` <- as.factor(df$`Descripción Cuenta`)
19 df$`Nivel 1 Proc.` <- as.factor(df$`Nivel 1 Proc.`)
20 df$`Nivel 2 Proc.` <- as.factor(df$`Nivel 2 Proc.`)
21 df$`Nivel 3 Proc.` <- as.factor(df$`Nivel 3 Proc.`)
22 df$Proveedor <- as.factor(df$Proveedor)
23 df$Tipo <- as.factor(df$Tipo)
24 df$`Tipo de Servicio` <- as.factor(df$`Tipo de Servicio`)
25 df$Regulatorio <- as.factor(df$Regulatorio)
26
27 gower_dist <- daisy(df, metric = "gower")
28 gower_mat <- as.matrix(gower_dist)
29
30 df[which(gower_mat == min(gower_mat[gower_mat != min(gower_mat)]), arr.ind = TRUE)[1, ], ]
31 df[which(gower_mat == max(gower_mat[gower_mat != max(gower_mat)]), arr.ind = TRUE)[1, ], ]
32
33 sil_width <- c(NA)
34 for(i in 2:21){
35   pam_fit <- pam(gower_dist, diss = TRUE, k = i)
36   sil_width[i] <- pam_fit$silinfo$avg.width
37 }
38 plot(1:21, sil_width,
39       xlab = "Number of clusters",
40       ylab = "Silhouette Width")
41 lines(1:21, sil_width)
42
43 k <- 18
44 pam_fit <- pam(gower_dist, diss = TRUE, k)
45 pam_results <- df %>%
46   mutate(cluster = pam_fit$clustering) %>%
47   group_by(cluster) %>%
48   do(the_summary = summary(.))
49 pam_results$the_summary
50
51 out <- capture.output(pam_results$the_summary)
52 out2 <- df[pam_fit$medoids, ]
53 out3 <- as.data.frame(out2)
54 stargazer(out3[, c(12,13,14,15)], summary=FALSE)
55
```

## 16.3 Código de modelo matemático

```
1
2 library(readxl)
3 require(lpSolve)
4
5 df <- read_excel("C:/Users/Franco Alfero/Desktop/modelo2.xlsx")
6
7 C <- df$Prioridad
8
9 ncol = length(df$CECO)
10 nrow = ncol*2
11
12 restr <- matrix(0L, nrow, ncol)
13 restr[[1,1]]=1
14 restr[[2,1]]=1
15 for(i in 2:ncol){
16     restr[[2*i-1,i]]=1
17     restr[[2*i,i]]=1
18 }
19
20 length(df$CECO)
21
22 x <- rep(c(0), times = nrow)
23
24 for(i in 0:(ncol-1)){
25     x[[2*i+1]]=df[[i+1,7]]
26 }
27 for(i in 1:ncol){
28     x[[2*i]]=df[[i,6]]
29 }
30
31 constranints_direction <- rep(c(">=", "<="), times = ncol)
32
33 left = rep(c(1), times = ncol)
34 restr = rbind(restr, left)
35 x = c(x, sum(df$`Monto Gastado`))
36 constranints_direction <- c(constranints_direction, "<=")
37
38 optimum <- lp(direction="max",
39               objective.in = C,
40               const.mat = restr,
41               const.dir = constranints_direction,
42               const.rhs = x)
43
44 write.table(optimum$solution, file = "D:/sol.txt", sep = "\t")
```

## 16.4 Matriz de materialidad LATAM

[102-40]

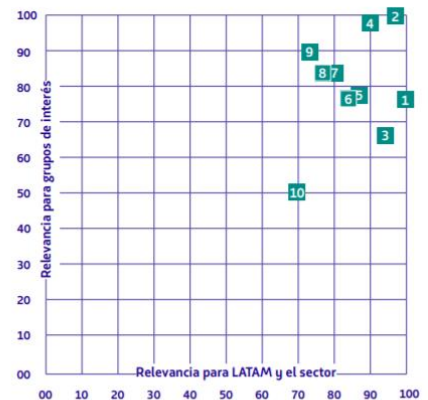
GRUPO DE INTERÉS <sup>1</sup>	METODOLOGÍA DE CONSULTA
Empleados	Encuesta en línea
Clientes	Encuesta en línea
Proveedores	Encuesta en línea
Inversionistas y accionistas	Investigación sobre los temas de sostenibilidad incorporados en las políticas de inversión de los siete principales inversionistas y accionistas del Grupo <sup>2</sup>
Sociedad (organizaciones de la sociedad civil y la prensa)	Investigación de los temas de sostenibilidad en las publicaciones de 14 organizaciones <sup>3</sup> con las que LATAM mantiene relación y temas de sostenibilidad referentes a LATAM publicados en la prensa en el transcurso de 2017
Autoridades	Investigación de temas de sostenibilidad tratados en las publicaciones de diez autoridades reguladoras <sup>4</sup>
Industria de la aviación	Investigación sobre temas de sostenibilidad tratados en las publicaciones de seis competidores <sup>5</sup> , diez asociaciones de la industria <sup>6</sup> y tres especialistas <sup>7</sup>

1 La selección de los grupos de interés consultados se llevó a cabo de conformidad con la Política de Sostenibilidad de LATAM. Son tomados en cuenta los grupos con los que interactúa LATAM directa o indirectamente y que se ven impactados positiva o negativamente por sus actividades.  
 2 Banco de Chile (Citi en EEUU); JP Morgan; Deutsche Bank; Santander; Larrain Vial; Raymond James; y BTG Pactual.  
 3 América Solidaria; TECHO; Chilenter; Fundación la Nación; Fundación Sí; Cimientos; SAFUG (Sustainable Aviation Fuel Users Group); Junior Achievement; Amigos do Bem; Make a wish; Instituto Rodrigo Mendes; Operación Sonrisa Colombia; Operación Sonrisa Perú; y Fundación Pachacutec.  
 4 JAC Chile (Junta de Aeronáutica Civil); Nuevo Pudahuel – Chile; Municipalidad Isla de Pascua – Chile; Anac Argentina (Administración Nacional de Aviación Civil); Anac Brasil (Agência Nacional de Aviação Civil); SAC Brasil (Secretaria Nacional de Aviação Civil); Infraero Brasil; Aerocivil Colombia (Aeronautica Civil – Unidad Administrativa Especial); Cnae Ecuador (Consejo Nacional de Aviación Civil); y DGAC Perú (La Dirección General de Aeronáutica Civil).  
 5 China Airlines; Gol; Lufthansa; ANA (All Nippon Airways); Delta Airlines; y AirFrance/KLM.  
 6 IATA (International Air Transport Association); ALTA (Latin American and Caribbean Air Transport Association); Amcham Chile (American Chamber of Commerce); Idea (Instituto para el Desarrollo Empresarial de la Argentina); Jurca (Cámara de las Compañías Aéreas em Argentina); Abear (Associação Brasileira das Empresas Aéreas); Abraba (Aliança Brasileira Para Biocombustíveis de Aviação); Atac (Asociación del Transporte Aéreo en Colombia); Arlae (Asociación de Representantes de Líneas Aéreas en el Ecuador); y Aetai Perú (Asociación de Empresas de Transporte Aéreo Internacional).  
 7 SASB (Sustainability Accounting Standards Board) – Airlines Materiality Map; GRI (Global Reporting Initiative) – Sustainability Topics for Sectors: What do stakeholders want to know? – Transporte Aéreo – Aerolíneas; y DJSI Company Benchmark Report.



**ENCUESTA EN LÍNEA**  
 1.285 EMPLEADOS  
 1.044 CLIENTES  
 68 PROVEEDORES

MATRIZ DE MATERIALIDAD LATAM [102-47]



- 1 Salud y seguridad en el aire y en tierra
- 2 Ética y anticorrupción
- 3 Puntualidad
- 4 Sostenibilidad económica y financiera
- 5 Desarrollo de empleados
- 6 Mitigación del cambio climático
- 7 Enfoque en el cliente
- 8 Desarrollo de la red de destinos para ofrecer mayor conectividad
- 9 Relación con las autoridades
- 10 Turismo sostenible

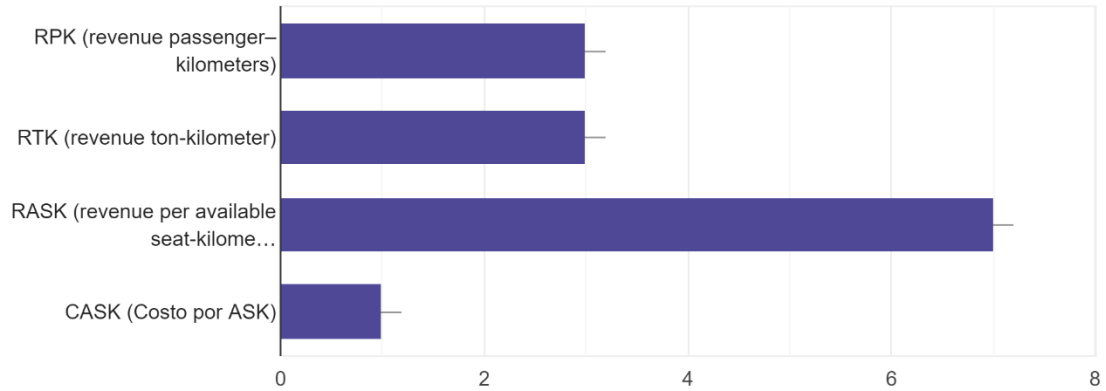
Información obtenida de la memoria integrada de LATAM 2018.



## 16.5 Encuesta exploratoria de criterios

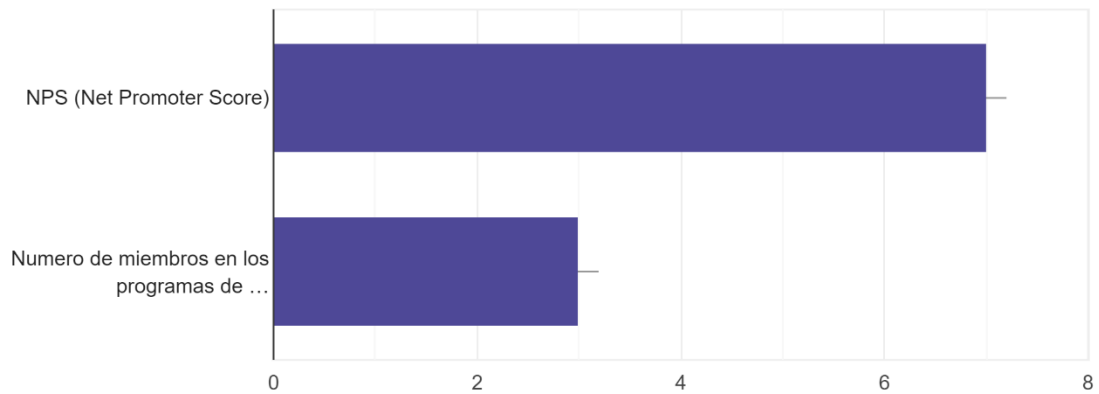
¿Qué indicador o indicadores representan para ti de mejor forma el efecto económico de un servicio?

7 respuestas



¿Qué indicador o indicadores representan para ti de mejor forma el efecto de un servicio sobre la visión del cliente sobre LATAM?

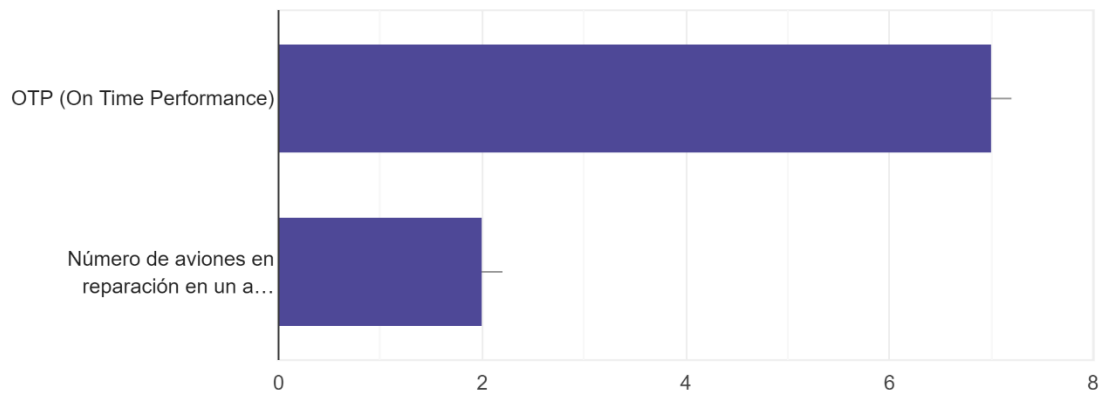
7 respuestas





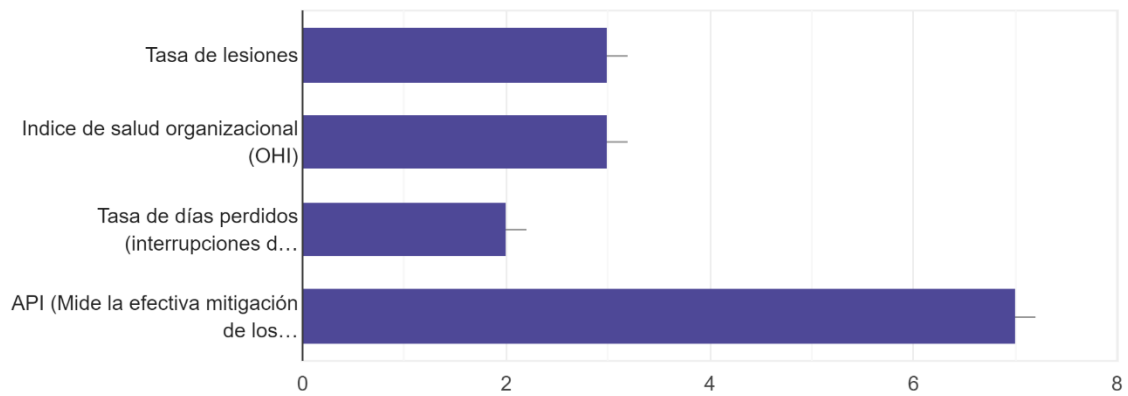
¿Qué indicador o indicadores representan para ti de mejor forma el efecto de un servicio sobre la puntualidad de los aviones y su salud?

7 respuestas



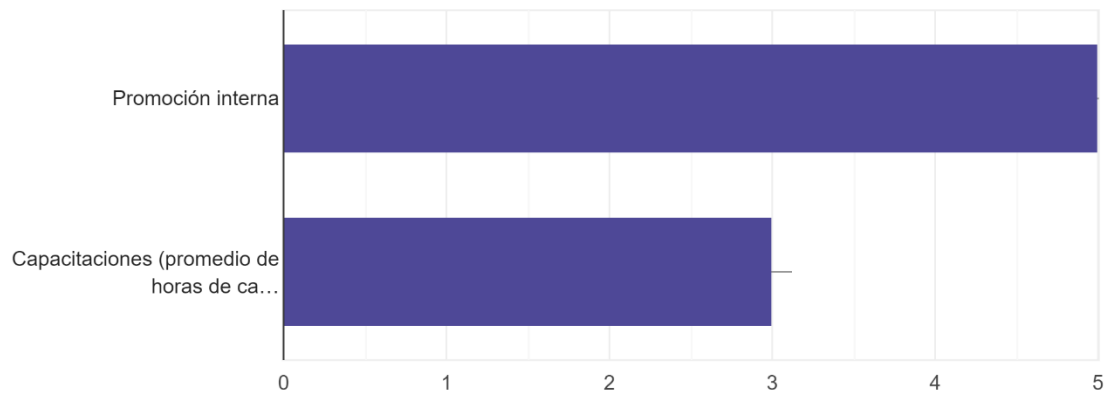
¿Qué indicador o indicadores representan para ti de mejor forma el efecto de un servicio sobre salud y seguridad?

7 respuestas



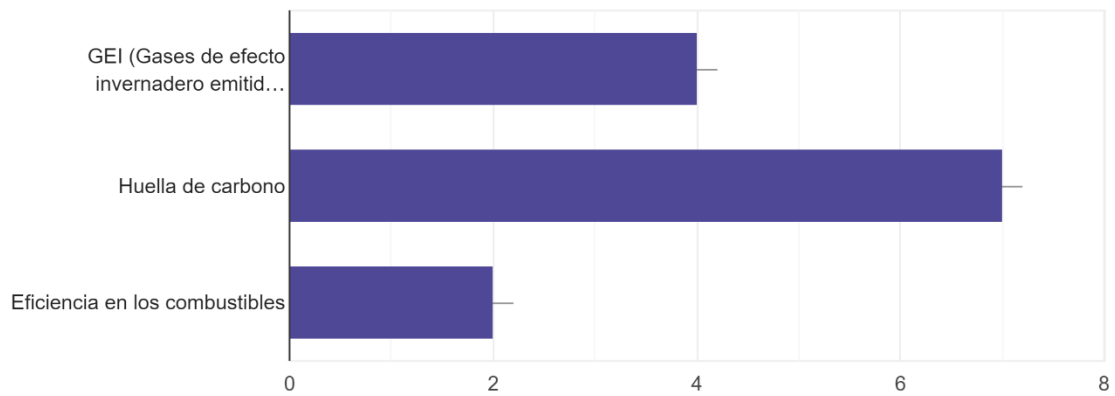
¿Qué indicador o indicadores representan para ti de mejor forma el efecto de un servicio sobre el desarrollo de empleados?

7 respuestas



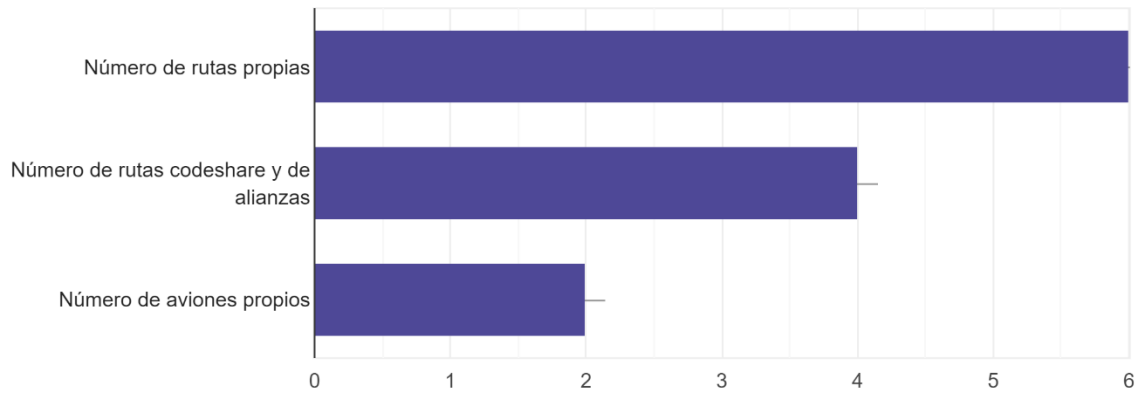
¿Qué indicador o indicadores representan para ti de mejor forma el impacto medioambiental de un servicio?

7 respuestas



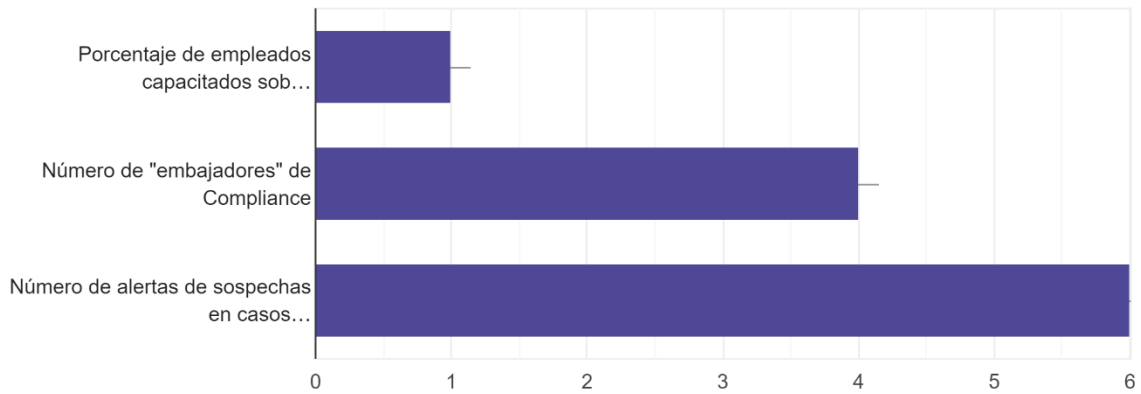
¿Qué indicador o indicadores representan para ti de mejor forma el efecto de un servicio sobre el desarrollo de la red de destinos?

7 respuestas



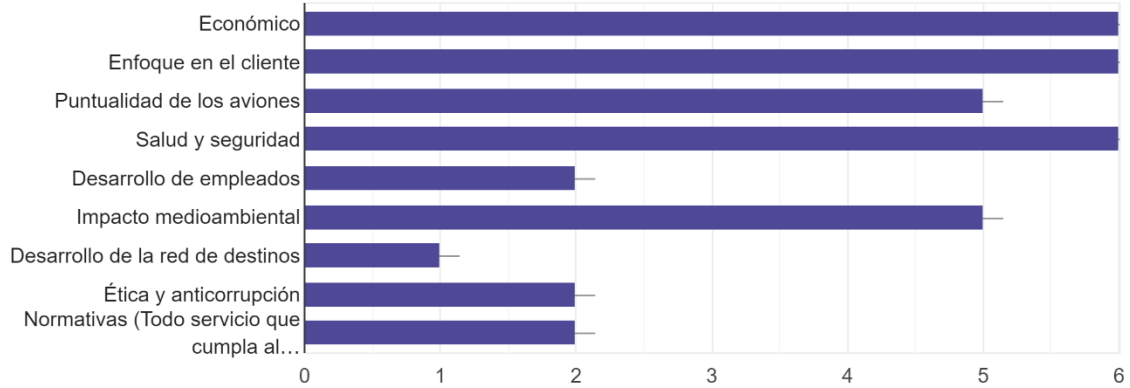
¿Qué indicador o indicadores representan para ti de mejor forma el efecto de un servicio sobre la ética y corrupción en la compañía?

7 respuestas



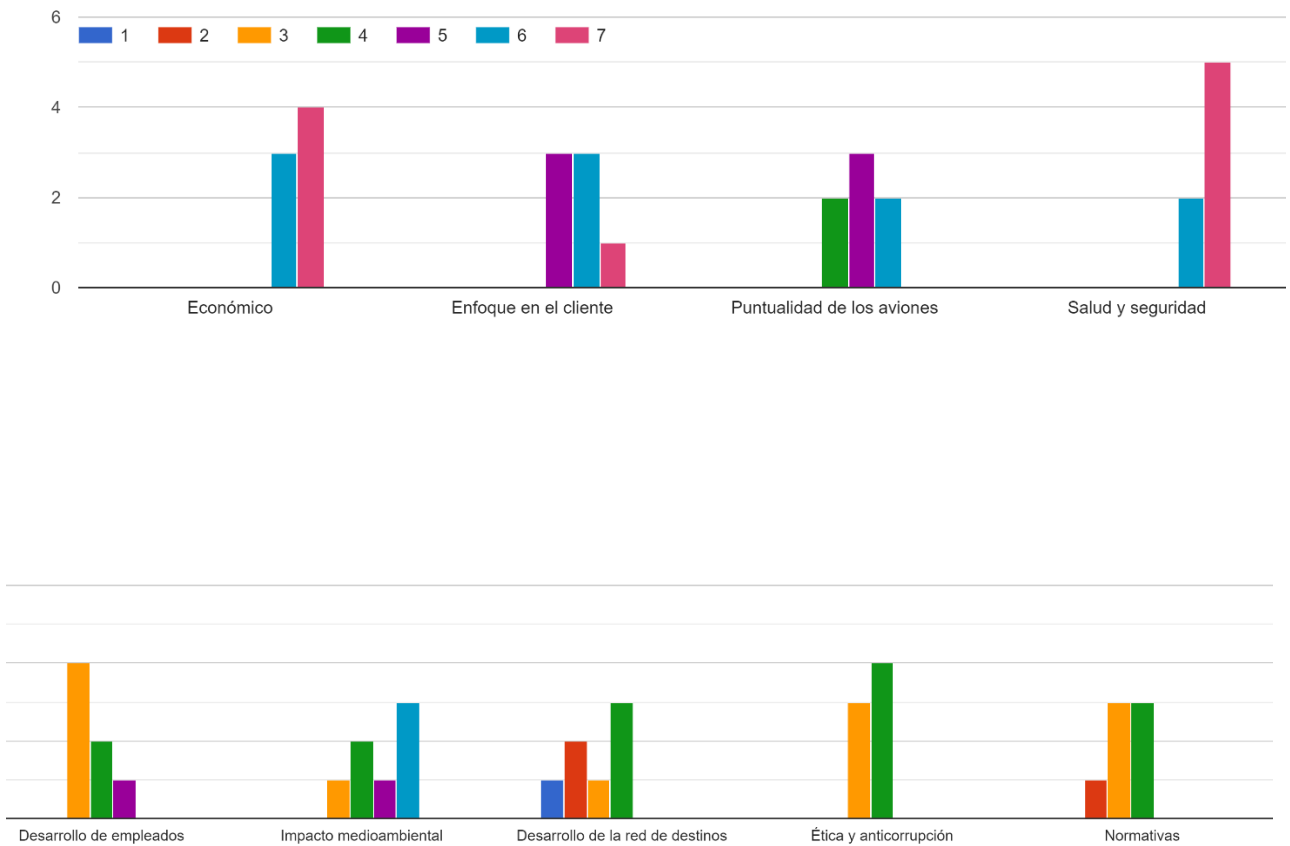
¿Cuales son los cinco criterios más importantes para ti al momento de escoger un servicio?

7 respuestas



## 16.6 Encuesta de puntaje de criterios

Asignar la prioridad que tiene cada criterio para ti al momento de escoger un servicio

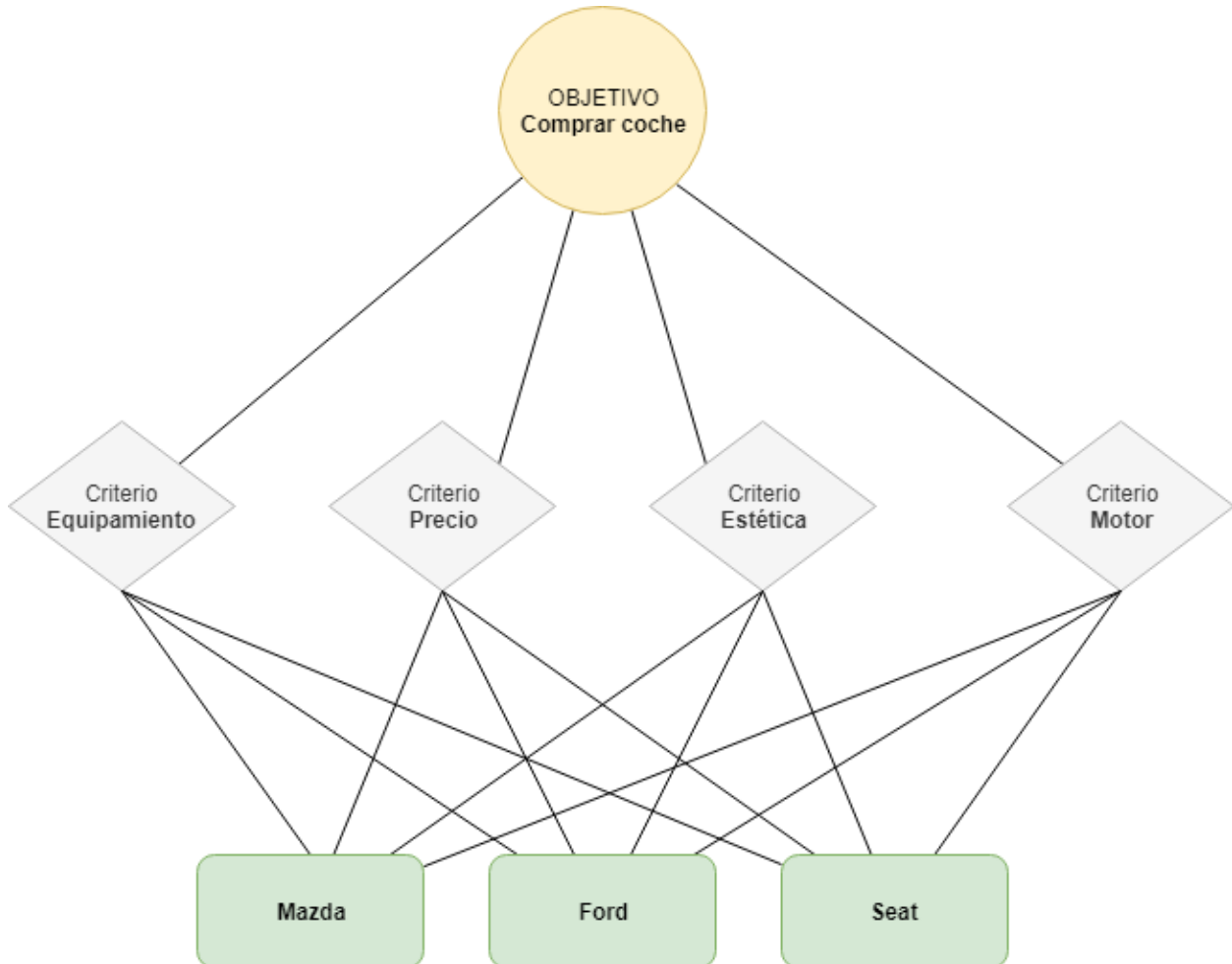


## 16.7 Matriz de proveedores por país y tipo de servicio

Proveedor	AS. MIGRATORIA	AS. TRIBUTARIA	AUDIT. FINANCIERA	AUDIT. NO FINANCIERA	CALL CENTER	CAPACITACION	CERTIFICACIONES	CONS. RRHH	CONS. LEGAL	CONS. VENTAS	COF					
11o TABELÃO DE NOTAS DA CAPITAL	1															
15Below																
3M																
4DL INGENIERIA LTDA																
5 TABELIAO DE NOTAS DE SAO PAULO																
5º CARTÓRIO DE NOTAS	1															
8º CARTÓRIO DE NOTAS	1															
A.J.VIDOR NETO IDIOMAS																
ABARCA TRADUCCIÓN E INTERPRETACIÓN																
ABF																
ABITAB S.A.								1								
ABTD										1						
ACADEMIA DE AVIACION WESTPACIFIC F																
ACCELYA								1								
Accenture								1								
ACCENTURE/ SEABURY						1										
Access Gestão de Documentos				1												
ACESSO DIGITAL TECNOLOG INFORMACAO																
AcessoRH																
ACMS ASSOCIATION INTERPROFESSIONELL																
ACTUARIA CONSULTORES CIA.LTDA																
ADAM /Administrategia																
ADECCO				1		1										
ADLER, HASENCLEVER & ASOCIADOS																
Adobe Systems Incorporated																
ADP																
ADVANCE TECHNOLOGIES																
ADVISOR RH																
Proveedor	ARGENTINA	AUSTRALIA	BOLIVIA	BRASIL	CHILE	CHINA	COLOMBIA	COSTA RICA	CUBA	ALEMANIA	ECUADOR	ESPAÑA	FRANCIA	GRAN BRETAÑA	GUATEMALA	HON
11o TABELÃO DE NOTAS DA CAPITAL				1												
15Below					1											
2006 S.A.			1	1	1											
3M			1	1												
4DL INGENIERIA LTDA					1											
5 TABELIAO DE NOTAS DE SAO PAULO				1												
5º CARTÓRIO DE NOTAS				1												
8º CARTÓRIO DE NOTAS				1												
A SPACE STATION PLC															1	
A.J.VIDOR NETO IDIOMAS				1												
A3																
Ábaco												1				
ABARCA TRADUCCIÓN E INTERPRETACIÓN																
ABF				1												
ABG Carolinas																
ABITAB S.A.																
ABSA				1												
Absolut				1												
ABTD				1												
ABVCP				1												
AC BC Assessoria Serv. Administrativos Ltda				1												
ACADEMIA DE AVIACION WESTPACIFIC F												1				
ACARS												1				
ACAV																1
ACC BUSINESS SERVICE CENTRE																

## 16.8 Caracterización AHP

El proceso analítico jerárquico funciona como se puede observar en la siguiente figura.



*Figura 4: Estructura del Proceso Analítico Jerárquico.*

El proceso se puede dividir en 3 etapas. Pero antes de empezar a describir el proceso de calcular los valores de prioridad para las alternativas y criterios hay que explicar en que consiste el proceso de encuesta utilizado para obtener los resultados.

16.8.1.1 Encuesta del Proceso Analítico Jerárquico

i	j	A	B	A or B	(1-9)
1	2	Equipamiento	Precio	A	3
1	3		Estética	A	5
1	4		Motor	A	7
1	5				
1	6				
1	7				
1	8				
2	3		Precio	Estética	A
2	4	Motor		A	3
2	5				
2	6				
2	7				
2	8				
3	4	Estética	Motor	A	2
3	5				
3	6				
3	7				
3	8				

Tabla 9: Encuesta de criterios.

Como se puede ver en la tabla anterior el método de comparación de criterios funciona realizando un juicio de valor entre dos criterios y escogiendo según una escala predefinida del 1 al 9 cual es más importante, la escala se define como se puede ver en la siguiente tabla.

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

*Tabla 10: Escala de valores del Proceso Analítico Jerárquico.*

En el ejemplo anterior se puede ver que el criterio equipamiento es el más importante para la persona que contestó la encuesta, seguido por precio, estética y finalmente motor.

Para el caso de la comparación entre alternativas se repite la misma metodología, pero variando la pregunta realizada esta vez no solo se comparan alternativas, estas se comparan con respecto a cada uno de los criterios escogidos, por lo que en este ejemplo se realizaría esta encuesta cuatro veces más para comparar cada alternativa entre si con respecto a cada criterio.

Esta encuesta debe realizarse en al menos seis a siete trabajadores encargados de tomas de decisión y que conozcan las directivas actuales de la empresa para lograr un resultado de la encuesta representativo de las distintas visiones de la estrategia actual de la compañía.

#### *16.8.1.2 Procesamiento de resultados de encuesta*

Ya realizadas las encuestas se da paso a la primera etapa la cual es la de calcular los valores obtenidos de la comparación de criterios, en esta parte se compara en una matriz la importancia relativa entre los criterios.



A modo de ejemplo en la siguiente imagen se puede ver cómo funciona esta matriz.

	Equipamiento	Precio	Estética	Motor
Equipamiento	1	3	5	7
Precio	0,33	1	3	2
Estética	0,2	0,33	1	1
Motor	0,14	0,5	1	1

Tabla 11: Matriz de criterios.

Como se puede ver en la matriz anterior se completa con la información obtenida en la comparación de criterios obtenida en las encuestas y se asignan los puntajes siendo el eje vertical la opción A y el eje horizontal la opción B.

A esta matriz se le calcula su vector propio, y con este vector se obtiene la ponderación de cada criterio, es decir dada las decisiones tomadas por la gente que responde esta matriz se obtendrán distintos pesos para cada criterio potencialmente cambiando la decisión final de que alternativa escoger.

Con el vector propio calculado se le asigna el valor correspondiente a cada criterio.

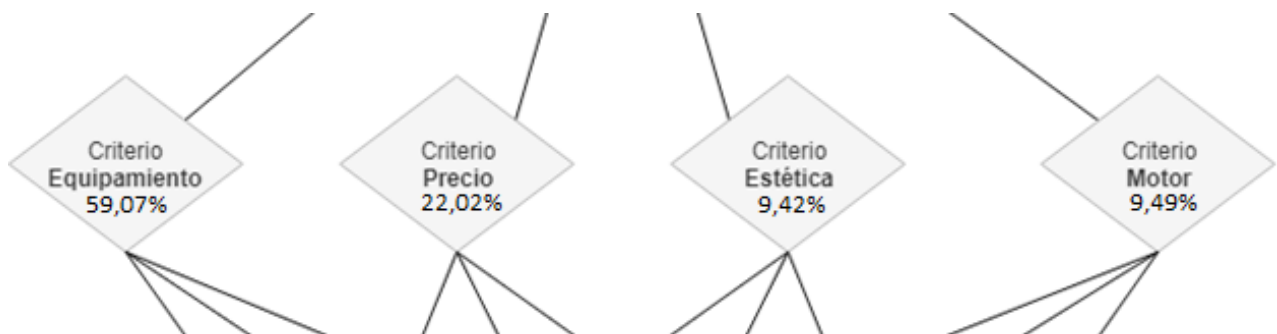


Figura 5: Ponderación de criterios.

Luego de tener todos los criterios con su ponderación asignada se avanza al segundo paso el cual es realizar la matriz de comparación de las alternativas.

En la segunda etapa del método se realiza una matriz de comparación de alternativas por cada criterio definido, es decir se comparan las alternativas con respecto a cada criterio. A modo de ejemplo en las siguientes matrices se puede ver cómo funciona esta etapa.

Criterio: Equipamiento

	Mazda	Ford	Seat
Mazda	1	0,33	3
Ford	3	1	7
Seat	0,33	0,14	1

*Tabla 12: Matriz de alternativas con respecto a criterio de equipamiento.*

Criterio: Precio

	Mazda	Ford	Seat
Mazda	1	3	0,33
Ford	0,33	1	0,2
Seat	3	5	1

*Tabla 13: Matriz de alternativas con respecto a criterio de precio.*

Criterio: Estética

	Mazda	Ford	Seat
Mazda	1	2	4
Ford	0,5	1	3
Seat	0,25	0,33	1

*Tabla 14: Matriz de alternativas con respecto a criterio de estética.*

Criterio: Motor

	Mazda	Ford	Seat
Mazda	1	0,5	2
Ford	2	1	4
Seat	0,5	0,25	1

Tabla 15: Matriz de alternativas con respecto a criterio de motor.

Luego de obtener el vector propio de todas estas matrices se puede avanzar a la etapa final del método.

En la tercera y última etapa del método AHP se realiza un cálculo con todos los vectores propios calculados hasta el momento. Se multiplica la matriz compuesta de los vectores propios de las matrices de las alternativas con el vector propio de los criterios quedando esto como resultado.

$$\begin{pmatrix} 0,2426 & 0,2583 & 0,5584 & 0,2857 \\ 0,6694 & 0,1047 & 0,3196 & 0,5714 \\ 0,879 & 0,637 & 0,122 & 0,1429 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,5907 \\ 0,2202 \\ 0,942 \\ 0,949 \end{pmatrix}$$

Figura 6: Multiplicación de matriz de vectores propios de alternativas contra matriz de vector propio de criterios.

Luego se realiza el cálculo anterior terminando con valores para cada alternativa como se puede ver en la siguiente imagen.

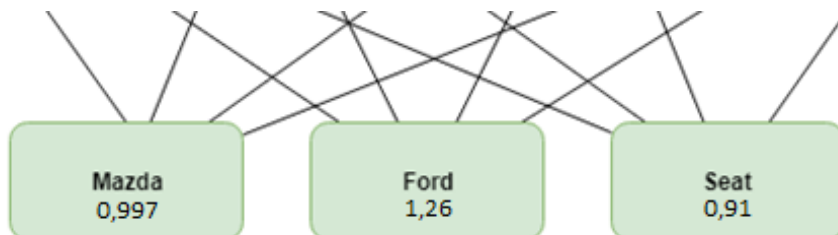


Figura 7: Ponderación de alternativas.

Con estos valores se puede tomar la decisión de que alternativa tomar guiándose por la alternativa con un mayor valor numérico asociado. En este caso se puede ver que la alternativa con mayor puntaje es Ford con 1,26 puntos.

## 16.9 Comparaciones criterios (Método AHP)

$\alpha$ : **0,1** CR: **3%**  
Consistency Ratio

		Criteria		more important ?	Scale
i	j	A	B	A or B	(1-9)
1	2	Seguridad	Impacto Ambiental	A	7
1	3		Cliente	A	4
1	4		Económico	B	2
1	5		Puntualidad	A	5
1	6				
1	7				
1	8				
2	3		Impacto Ambiental	Cliente	B
2	4	Económico		B	8
2	5	Puntualidad		B	3
2	6				
2	7				
2	8				
3	4	Cliente	Económico	B	5
3	5		Puntualidad	A	2
3	6				
3	7				
3	8				
4	5	Económico	Puntualidad	A	8

Tabla 16: comparación de criterios

CR significa "consistency ratio" indicador cuyo valor representa la consistencia entre los valores de las respuestas, es decir, si las respuestas dadas tienen coherencia entre sí o no. Un valor menor a 10% ya es aceptable.