



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

**ALGORITMO PARA RESOLUCIÓN DE MÚLTIPLES ESCENARIOS DE UNA
LICITACIÓN COMBINATORIAL**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL EN COMPUTACIÓN**

JAIME EDUARDO CATALÁN NÚÑEZ

**PROFESOR GUÍA
AGUSTÍN VILLENA MOYA**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN
RAFAEL EPSTEIN NUMHAUSER
JÉRÉMY BARBAY**

**SANTIAGO DE CHILE
ENERO 2013**

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un algoritmo para enfrentar la resolución de múltiples escenarios de una licitación combinatorial

El trabajo se concretó con la implementación de un aplicación que apoya la decisión de determinar las ofertas ganadoras para una licitación de servicios de alimentación de la Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (JUNAEB). Esta licitación tiene un costo aproximado a los 400 millones de dólares y bajo los términos de la compra, el país se divide en unidades territoriales (UT). Los participantes pueden presentar ofertas por grupos de una o más UT, entregando precios por adjudicarse el conjunto completo. Este diseño permite incorporar economías de escala y ventajas logísticas obteniéndose mejores precios, pero le entrega un carácter combinatorial al proceso, debiendo seleccionarse las ofertas ganadoras entre decenas de miles de ofertas presentadas.

El problema de encontrar las ofertas ganadoras se abordó a través de la construcción de un modelo de programación lineal entera mixta. Para resolverlo, se construyó un software que generara instancias del modelo y utilizando las librerías del solver comercial IBM CPLEX se determinan las ofertas ganadoras, presentándose los resultados al usuario.

Sin embargo, en la decisión no sólo se deben consideran los costos de las ofertas sino que también deben incorporarse otros criterios: opciones del servicio comprado, límites de concentración de mercado, consideración del desempeño técnico de las empresas oferentes, entre otros. Por lo tanto, la decisión de compra es multi-criterio dependiendo de los diferentes conjuntos de parámetros u opciones consideradas (escenario). Estas combinaciones de criterios se abordaron generando cientos de problemas, que se pueden resolver en forma paralela en diferentes computadores para luego reunir los resultados, presentarlos al usuario para que los compare y pueda tomar la decisión final de adjudicación. El diseño del modelo, la secuencia de resolución, así como el uso de técnicas de incorporación de cortes y uso de soluciones iniciales permite resolver todos los problemas en menos de dos días.

La solución tecnológica desarrollada ha permitido determinar las ofertas ganadoras de licitaciones que ya suman más de 2 mil millones de dólares. También, ha permitido ahorrar recursos que se utilizan en mejorar la calidad de las prestaciones entregadas y proveer una mayor cantidad de servicios de alimentación a los establecimientos educacionales.

Agradecimientos

Al término de este trabajo de título quiero agradecer al profesor Rafael Epstein por su contribución en mi formación profesional y personal, en particular por la confianza para hacerme parte de su equipo de trabajo y permitirme enfrentar importantes desafíos como el abordado en este trabajo.

Muchas gracias también al profesor Agustín Villena por su apoyo para la realización de esta memoria y estimularme a completar esta importante etapa de mi formación académica.

Debo agradecer también a la Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas, al Departamento de Ingeniería Industrial y al Departamento de Ciencias de la Computación que permitieron desarrollar este trabajo y elaborar esta memoria. En especial, quiero agradecer a Maritza Arancibia a quien le debo innumerables favores y consejos.

Por último, deseo agradecer a mi familia por apoyarme sin condiciones a lo largo de toda mi vida.

Tabla de Contenido

1.	Introducción	1
1.1.	Descripción y Justificación	1
1.2.	Objetivo General y Objetivos Específicos	4
2.	Requerimientos del Problema	6
2.1.	JUNAEB y los Servicios de Alimentación.....	6
2.2.	Licitación del PAE	7
2.3.	Detalles de la Licitación y Decisión Multi-criterio	8
2.4.	Requerimientos Generales.....	13
3.	Solución Desarrollada	15
3.1.	Información Requerida desde los Oferentes	15
3.2.	Información Requerida desde JUNAEB	18
3.2.1.	Demanda diaria y días de entrega.....	18
3.2.2.	Otros Antecedentes	19
3.3.	Escenarios de Evaluación.....	21
3.4.	Aplicaciones de procesamiento	24
3.5.	Puntos de auditoría y validación	28
4.	Determinar Ganadores de un Escenario	30
4.1.	Modelo de Programación Lineal Entera Mixta	30
4.1.1.	Parámetros del modelo	30
4.1.2.	Variables de decisión	31
4.1.3.	Función objetivo.....	31
4.1.4.	Restricciones	32
4.2.	Resolución del Modelo de Programación Entera.....	35
4.2.1.	Uso de Métodos Exactos	35
4.2.2.	Generación de Instancias.....	38
4.3.	Técnicas para mejorar el modelo	41
4.3.1.	Set-covering Problem.....	41
4.3.2.	Multi-knapsack Problem	42
4.3.3.	Uncapacitated Facility Location Problem	42
5.	Mejoras para resolución de múltiples escenarios	44
5.1.	Resolución de Escenarios CDP usando soluciones de SDP	45

5.2. Resolución de Escenarios SDP	48
6. Conclusiones	50
7. Bibliografía	52
Anexo A - Detalle de una oferta.....	55
Anexo B - Detalle de Demanda diaria por UT.....	58
Anexo C - Ejemplo de Listado de Escenarios.....	60
Anexo D - Ejemplos de Reportes de Ofertas Excluidas.....	63
Anexo E - Mecanismo de cálculo del PPP.....	66
Anexo F - Reporte de Solución.....	69

1. Introducción

1.1. Descripción y Justificación

Las licitaciones en el sector público y privado corresponden al principal mecanismo que permite a un organismo la venta de derechos, la compra de bienes o la contratación de servicios por medio de un conjunto de reglas preestablecidas para la presentación de las ofertas y sus precios. En general, las licitaciones se clasifican dependiendo de si se están vendiendo productos o servicios (forward) o se están comprando (reverse); del método de interacción (sobre cerrado o iterativa); del mecanismo de selección de la oferta (primer precio o segundo precio) o de si se licita un único ítem o múltiples. En el caso del sector público chileno lo más habitual en la compra de servicios es requerir a cada oferente un sobre cerrado con las características técnicas de su oferta y su costo, para posteriormente seleccionar las ofertas que cumplan los requisitos técnicos y ofrezcan la mejor relación calidad-precio.

Existe un tipo particular de licitación de múltiples ítems denominada licitación o subasta combinatorial (*combinatorial auction*) en que los participantes pueden presentar ofertas por un grupo de objetos y ofrecen un precio por el conjunto, que se acepta o rechaza en su totalidad. De esta forma, el valor de la oferta podrá considerar las sinergias, ventajas logísticas y economías de escala de vender —o comprar según sea el caso— los objetos en conjunto, en contraste con hacerlo de forma individual. Esta característica de aprovechar la complementariedad al presentar ofertas por grupos de objetos con un precio por el total, le entregan un carácter combinatorial al proceso de selección de las ofertas ganadoras. Como ejemplo, considere una licitación para comprar 2 ítems. Si existe complementariedad entre estos ítems, las valorizaciones de los oferentes podrían ser diferentes cuando pueden vender ambos, como muestra la tabla siguiente.

	Precio por ítem 1	Precio por ítem 2	Precio por ambos
Oferente 1	62	40	95
Oferente 2	60	45	100

Tabla 1. Ejemplo de valorización en una licitación de dos objetos

Una licitación combinatorial permitiría a los participantes presentar ofertas tanto por los ítems separados como por el conjunto. Es claro que este mecanismo permitiría adjudicar ambos ítems al oferente 1 con un costo de 95, en vez de un costo de 100 que resultaría de adjudicarlos individualmente.

Este tipo de licitaciones tiene diferentes complejidades que abarcan desde el diseño del proceso hasta el desarrollo de los mecanismos que permiten determinar a los ganadores. Por su naturaleza, si existen n objetos que están en licitación existirán $2^n - 1$ combinaciones posibles. Normalmente, las empresas presentarán muchas ofertas para cubrir distintas combinaciones de objetos, por lo que no resulta simple encontrar el conjunto de ofertas que deben adjudicarse.

En términos académicos, las licitaciones combinatoriales se empiezan a mencionar con interés en la literatura con posterioridad a la subasta de espectro radio-eléctrico realizada por la FCC de los Estados Unidos (McMillan [1]). Las publicaciones de Vickrey [2] en el año 1961 y Jackson [3] en 1976, para la adjudicación de los derechos de frecuencia de radio, son un trabajo pionero en el área. Sin embargo, a pesar de las ventajas de este tipo de licitaciones, en el año 2000, Kelly y Steinberg [4] señalaba que en la práctica se observaban pocas aplicaciones de este enfoque. Los bajos niveles de aplicación se atribuían principalmente a la complejidad de la administración de estos procesos, pues requieren que los proveedores dispongan de la capacidad técnica para determinar cuál sería la disminución esperada en sus costos al considerar cada agrupación de elementos que son ofertados, debido a las economías de escala y las ventajas logísticas.

Baird [5], Brewer y Plott [6] y Letchford [7] describen los casos de licitaciones combinatoriales utilizadas para reducir los niveles de capturas de peces cuando los participantes presentan ofertas correspondientes al precio al que estarían dispuestos a mantener sus niveles de captura; de licitación de los segmentos de línea de ferrocarril y de subasta para contratar a los operadores de autobuses escolares.

Durante la década pasada los avances en algoritmos de resolución y capacidad de procesamiento computacional han permitido un renacimiento en las licitaciones combinatoriales. Saitech-INC, ofreció un software llamado SBIDS para la subasta de paquetes de rutas entre empresas de transporte. El OptiBid™, de Logistics.com, se reporta en Vries y Vohra [8] como utilizado para las adjudicación de contratos de transporte de empresas como Ford, Wal-Mart y K-Mart,. Elmaghraby y Keskinocak [9] presentan una interesante aplicación de una licitación de sobre cerrado sin iteraciones que Home Depot utilizó para la contratación de capacidad de transporte y más recientemente se pueden encontrar varias aplicaciones en el área de logística y compras: Hohner y col. [10], Sheffi [11], Metty y col. [12] y Sandholm y col. [13]. Un amplio estudio sobre las licitaciones combinatorias es presentado por Cramton y col. [14] y Milgrom [15].

Como se puede ver, las licitaciones combinatoriales son abordadas por diferentes disciplinas que colocan sus énfasis ya sea en la etapa de diseño del proceso o en la obtención de los ganadores. Entre otros, este campo es cubierto por áreas de la Economía, la Teoría de Juegos, la Investigación de Operaciones y las Ciencias de la Computación. En este trabajo veremos la aplicación de este tipo de licitaciones al proceso de compra de servicios de alimentación por parte de la Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (JUNAEB) y nos enfocaremos en el desarrollo de la solución tecnológica para la obtención de los ganadores.

Encontrar la solución óptima de adjudicación (conjunto de ofertas ganadoras) en una licitación combinatorial según algún criterio elegido (por ejemplo, la solución de menor costo) implica la resolución de un problema combinatorial que puede resultar intratable. La dificultad de resolución proviene de la estructura del problema en sí, del tamaño de las instancias del problema y, en ocasiones, de las características de los datos. Esto conduce a buscar las técnicas más apropiadas para su resolución, pero también a identificar las características de diseño de la licitación que la hagan posible de abordar usando estas técnicas.

En el caso de servicios de alimentación la decisión de compra no se reduce a buscar el conjunto de ofertas que generan el menor costo, sino también deben incorporarse otros criterios: opciones del servicio comprado, límites de concentración de mercado y consideración del desempeño técnico de las empresas oferentes. Como la toma de la decisión es multi-criterio se obtienen múltiples soluciones dependiendo de los diferentes conjuntos de parámetros u opciones consideradas (escenario). Estas combinaciones pueden generar cientos de problemas diferentes, cuyas soluciones deben presentarse y compararse de forma adecuada para que se pueda tomar la decisión final de compra.

Una diferencia importante de trabajar con licitaciones con respecto a otros problemas combinatoriales, es que en la mayoría de las situaciones prácticas que se enfrentan tanto en el mundo público como privado y que son de carácter combinatorial, no es necesario obtener la solución óptima y resulta suficiente obtener una “buena” solución. Pero en un proceso de licitación realizada por el Estado se requiere por razones de fe pública obtener la solución óptima de los problemas, o a lo menos encontrar una solución que garantice no estar distante del óptimo en más que unos pocos miles de pesos.

Adicionalmente, en una licitación como la que consideraremos se requiere que toda la etapa de evaluación técnico-económica se realice en un plazo de una semana, por lo que es fundamental resolver de forma rápida los escenarios, para que los resultados puedan ser presentadas a la comisión de adjudicación quienes considerarán los costos, así como el efecto de los criterios considerados, para determinar una solución final del proceso.

1.2. Objetivo General y Objetivos Específicos

Desarrollar una solución tecnológica (metodología, algoritmo y software) que permita resolver cientos de escenarios de una licitación combinatorial para la compra de los servicios de alimentación escolar de JUNAEB, apoyando a los tomadores de decisión para determinar el conjunto de ofertas que mejor entregan un equilibrio entre sus necesidades económicas, de desempeño técnico y gestión operacional.

Los objetivos específicos de este trabajo son:

- Presentar los principales requerimientos que se deben considerar en la evaluación técnico-económica de la compra de servicios de alimentación.
- Transformar los requerimientos en un mecanismo estructurado que permita la resolución por medio de una herramienta computacional.
- Desarrollo del mecanismo de resolución de un escenario, buscando cumplir los criterios de optimalidad y tiempos de resolución requeridos por el problema
- Desarrollo del algoritmo de resolución de múltiples escenarios, procurando una reducción del tiempo total al aprovechar la interrelación entre ellos.

Es indispensable que el proceso desarrollado sea en sus partes centrales transparente, auditable y reproducibles por terceros. Eso quiere decir que un tercero debiera poder obtener los mismos resultados (aunque no necesariamente en el mismo período de tiempo), conociendo únicamente las bases de la licitación, las ofertas presentadas y los parámetros considerados en la adjudicación.

2. Requerimientos del Problema

2.1. JUNAEB y los Servicios de Alimentación

La Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (JUNAEB) es una agencia del gobierno de Chile, cuya responsabilidad es la prestación de programas de asistencia para los niños y jóvenes que provienen de sectores socio-económicamente vulnerables y que se encuentran en el sistema educacional. JUNAEB a través de diferentes programas de ayuda procura reducir el ausentismo, la deserción escolar y ayudar a mejorar el rendimiento académico. JUNAEB provee a los estudiantes con programas de entrega de computadores, alimentación escolar, servicios médicos, salud oral, becas en dinero, tarjetas para transporte público, útiles escolares, residencias estudiantiles, recreación durante períodos de vacaciones, entre otros.

El más conocido y relevante en términos presupuestarios es el Programa de Alimentación Escolar (PAE), en que se entrega diariamente alimentación complementaria y diferenciada a establecimientos municipales y particulares subvencionados del país en los niveles de educación parvularia (pre-kínder y kínder), básica, media y universitaria. En el programa PAE se proporcionan comidas para los alumnos durante la jornada escolar que pueden llegar a incluir desayuno, almuerzo, once y cena. Este es un servicio de entrega gratuita a los escolares de todo el país y con productos diferenciados según la edad de los niños (entre 2 y 24 años). En la actualidad, JUNAEB apoya con alimentación diariamente a más de dos millones de escolares, llegando a cerca de 9 mil establecimientos del sector público.

El programa de alimentación se implementa realizando licitaciones públicas para contratar los servicios de empresas externas que deben proveer, en los establecimientos, las comidas preparadas y listas para consumo. Debido a la experiencia de JUNAEB en la compra de estos servicios y para obtener los descuentos de participar de una compra

masiva, otras dos instituciones –JUNJI e INTEGRA¹– también participan del proceso de compra para proveer alimentación en centros preescolares y jardines infantiles. Existen pocas diferencias en la participación de las tres instituciones en la licitación conjunta por servicios de alimentación. Por lo anterior, utilizaremos el término JUNAEB frecuentemente haciendo referencia a las tres instituciones, JUNAEB, JUNJI e INTEGRA, excepto cuando explícitamente se indique.

2.2. Licitación del PAE

Para efectos de la licitación y su posterior control, JUNAEB ha dividido las regiones del país en 136 unidades territoriales (UT) y el proceso de compra considera que las comidas para todas las escuelas dentro de una determinada UT se adjudicarán a una sola empresa. Los objetos licitados serán, por tanto, las UT donde se prestará el servicio.

Región	Cantidad de UT	Servicios diarios de alimentación
I	2	50.350
II	2	39.844
III	2	35.114
IV	5	87.777
V	10	186.941
VI	9	104.187
VII	10	157.525
VIII	17	286.860
IX	9	158.915
X	11	197.087
XI	1	10.541
XII	1	12.177
RM	57	655.429
Total	136	1.982.747

Tabla 2. Cantidad de UT por región y servicios diarios, año 2009.

¹ La Junta Nacional de Jardines Infantiles (JUNJI), es una institución del estado de Chile rectora en materia de primera infancia y educación inicial. Fundación INTEGRA es una organización privada cuyo objetivo es el desarrollo integral de niños que viven en situación de pobreza.

Estas licitaciones se realizan anualmente para aproximadamente un tercio de las UT, adjudicándose contratos por un período de tres años. De esta forma, cada tres años se renuevan, en todas las UT, los proveedores de servicios y la oferta de productos.

Las empresas que participan en la licitación de alimentos pueden presentar ofertas para entregar servicios a una o más unidades territoriales y estas ofertas se aceptan o se rechazan en su totalidad, dando así a la licitación su **carácter combinatorio**.

Al ofertar por grupos de unidades territoriales se procura obtener un menor costo total de la licitación, ya que las ofertas podrán incorporar las economías de escalas asociadas a comprar insumos en mayor volumen y los menores costos de las ventajas logísticas de proveer servicios de alimentación en las UT que son próximas (compartiendo bodegas, transporte de productos, personal de control y supervisión de procesos, etc.).

2.3. Detalles de la Licitación y Decisión Multi-criterio

En el proceso de selección de las ofertas adjudicadas no sólo se considera el costo de adjudicación, también se deben atender una serie de parámetros y criterios que son importantes para la decisión de compra. Cada conjunto de valores en dichos parámetros y la definición de utilizar algún criterio, generan un “escenario” de compra. De esta forma, cada escenario puede tener un conjunto diferente de ofertas ganadoras con distintas características de la solución. Será labor de la comisión de adjudicación seleccionar el escenario que mejor refleja el equilibrio entre costo y requerimientos técnicos o de gestión que pretende la institución. A continuación, veremos en detalle las características de la licitación que definen los escenarios.

La preparación de los servicios de alimentación se puede realizar utilizando tres esquemas distintos: la opción convencional (CV) que consiste en la preparación de las comidas (desayuno, almuerzo y cena) en las instalaciones de la escuela utilizando los equipos tradicionales; la opción convencional mejorado (MJ) que implica la preparación en las instalaciones de la escuela con un equipo más sofisticado, como cacerolas para baño

María, procesadores de vegetales, maquinas rebanadoras y cortadoras, máquinas peladoras de papa, entre otros; la opción mixta (CM) que combina el uso de métodos industriales Cook and chill² para preparar principalmente los almuerzos, mientras el resto de los alimentos son elaborados con métodos convencionales o semi-industrial en las instalaciones de la escuela. Estos mecanismos buscan enfrentar diferentes realidades de los establecimientos:

- Para las escuelas con hasta 400 estudiantes (Tipo A), las alternativas de preparación de los alimentos son convencionales (CV), convencional mejorada (MJ) y mixta (CM).
- Para las escuelas con más de 400 estudiantes y el espacio suficiente para instalar infraestructura adicional (Tipo B), las alternativas de preparación son convencional mejorada (MJ) y mixta (CM).
- Finalmente, en las escuelas con más de 400 estudiantes pero sin espacio para la instalación de infraestructura adicional (Tipo C), la alternativa única es la preparación mixta (CM).

Alternativas de proceso de preparación. Los oferentes ofrecen precios de acuerdo con el proceso de preparación de la comida (CV, MJ, CM) para las escuelas de tipos A, B y C. Se hace notar que se permite a los proveedores presentar precios diferentes para un mismo producto (e.g. almuerzo de 800 calorías para alumnos de educación básica) si este es preparado utilizando una misma alternativa de proceso pero en establecimientos de distinto tipo. Esta distinción se permite porque los esfuerzos operacionales y logísticos podrían ser diferentes para un mismo tipo de preparación si estos deben desarrollarse en establecimientos con infraestructura y tamaño significativamente distintos.

² Este sistema consiste en una planta central donde son cocinados y posteriormente enfriados los alimentos, para ser trasladarlos bajo condiciones de frío a los establecimientos donde son calentados y servidos mientras se mantienen a baño María para conservar la temperatura durante la entrega. Este mecanismo tiene la ventaja de entregar alimentación a muchos estudiantes con poco espacio de cocina en el local y además otorga una mayor inocuidad de los alimentos, pues son preparados bajo permanente control y supervisión.

Servicios adicionales. Más allá de los programas de alimentos básicos, que deben ser comprados en cualquier escenario, la JUNAEB solicita que las ofertas incluyan precios separados para servicios adicionales, tales como verduras adicionales y mejores salarios para los trabajadores de la alimentación firma.

Tramos de demanda. Los precios de las ofertas se calculan en función de la proyección de la demanda proporcionado por la JUNAEB. Los proveedores se les paga de acuerdo a la demanda efectiva, sin embargo, si esta resulta ser menor que la prevista, el adjudicatario sufrirá una pérdida. Por otro lado, si la demanda efectiva resulta ser mayor que la prevista, las empresas podrían ofrecer un descuento. Por esta razón, las condiciones de la subasta permiten a las empresas a presentar ofertas en cuatro diferentes niveles de demanda. El tramo 1 se define como 90%-104% de la demanda prevista, tramo 2, 70%-89.99%, el tramo 3 como menos del 70% y el tramo 4 con más de 104%.

Cada oferta de un proveedor contiene un vector de precios/descuentos con entre 90 y 120 valores, dependiendo los requerimientos específicos de cada compra. Esto es resultado de considerar los diferentes productos (desayuno, almuerzo, once, cena, etc.), los diferentes destinatarios (alumnos preescolar JUNJI, docentes preescolar JUNJI, alumnos educación básica, alumnos en internado, alumnos en residencia estudiantil, etc.), los servicios adicionales, las alternativas de preparación del proceso (CV, MJ, CM), los tipos de establecimiento (tipos A, B y C) y los tramos de demanda (1, 2, 3, 4).

Concentración de los proveedores de servicios. Para reducir la concentración en la industria, un número mínimo de firmas es usualmente exigido en la solución de la licitación. Adicionalmente, para cada empresa se determina una cantidad máxima de servicios que se le permitiría adjudicar en la licitación actual, ya que al sumarse a las cantidades que entrega en las dos licitaciones anteriores alcanzaría el límite máximo permitido por razones de concentración y riesgo operacional del programa.

Límites de concentración y control regional. También a nivel regional, en ocasiones, se requiere evitar que todos los establecimientos de la región sean entregados por muy pocos proveedores, que en caso de problemas con una empresa sea difícil de reemplazarla por otra que esté operando en la región. Sin embargo, demasiadas empresas también pueden generar dificultades y problemas operacionales, por su mayor complejidad para controlar y fiscalizar. JUNAEB, por lo tanto, en consulta con sus direcciones regionales define límites mínimo y máximo de empresas que debieran adjudicarse en cada región de forma de balancear las dificultades asociadas a concentración de la industria con la complejidad de fiscalización.

Precios mínimos. Un fenómeno que se conoce en la literatura como la "Maldición del ganador" se produce cuando la empresa que ofreció el precio más bajo resulta haber subestimado los costes, aumentando la posibilidad de pérdidas o la ruina financiera [16].

Para evitar esto, es común en las licitaciones complejas que una oferta mucho más baja que todas las demás o por debajo de un cierto monto estimado sea excluida. Con esto en mente, se debe calcular un precio promedio ponderado (PPP) para cada escenario en cada UT en función de las ofertas presentadas para la UT en cuestión. El tomador de decisiones establece un porcentaje de tolerancia, y si la relación entre el precio de la oferta y la suma de los correspondientes PPP es menor que el porcentaje, la oferta en cuestión queda excluida de aparecer en la solución. En la práctica, el porcentaje de tolerancia es uno de los parámetros considerados en el análisis de sensibilidad, y puesto que la solución óptima para un escenario determinado generalmente incluye ofertas que se acercan al límite de precios, cualquier cambio en el porcentaje normalmente implica cambios en la solución.

Para ayudar a prevenir la exclusión de los oferentes, debido a las ofertas excesivamente bajas, las empresas podrán presentar hasta tres precios diferentes para un determinado conjunto de las UT, y la más baja que cumpla con el criterio de la tolerancia es la considerada en el proceso de evaluación del escenario correspondiente. A los efectos de calcular el PPP, sin embargo, sólo la oferta más barata de la empresa para cada conjunto de UT se utiliza. Se debe tener presente que dado que los precios de oferta y las tolerancias

están ligadas a los procesos de preparación, servicios adicionales y los niveles de demanda, de esta forma el conjunto de ofertas de excluidas pueden variar de un escenario a otro.

Adicionalmente, las unidades territoriales se clasifican en dos tipos de acuerdo a la cantidad de servicios que se requiere entregar. Aquellas con baja demanda se denominarán "BUT", mientras que aquellas con alta demanda se las denominará como "AUT".

Previo a la preparación y entrega de ofertas por parte de las empresas proveedoras, estas deben someterse a un proceso de calificación donde se implementa una evaluación técnica y financiera que les asigna:

Una clasificación como "**empresas pequeñas**" o como "**grandes empresas**". Debido a su tamaño, las empresas pequeñas sólo pueden presentar ofertas para servicios en BUT. Por otra parte, a las grandes empresas se les permite hacer ofertas únicamente en AUT, no pudiendo presentarse a BUT a fin de fomentar el desarrollo y el crecimiento de los más pequeños, lo que eventualmente en la medida que se desarrollen se unirían a la categoría de gran empresa. En lo que sigue, los términos "empresa" y "UT" serán utilizados frecuentemente haciendo referencia a los proveedores y las unidades territoriales de cualquier categoría, la interpretación correcta será determinada por el contexto.

Un **puntaje de desempeño**. Este es un índice que se construye sobre la base de los servicios prestados en los últimos años como un intento de predecir su comportamiento en caso de resultar ganador en la licitación. Este valor es construido por JUNAEB o por alguna otra organización externa en base a realizar estudios de satisfacción de alumnos y docentes, análisis de laboratorio de los productos entregados, registro de multas e incumplimientos, inspecciones de infraestructura, entre otros factores.

Un **máximo de servicios alimenticios** que puede adjudicar. Esta cantidad se define en función de la capacidad financiera e infraestructura del proveedor a fin de limitar el riesgo de adjudicar cantidades excesivas de servicios a empresas que potencialmente no tuvieran la capacidad de abordarlas. Este número se considerará en conjunto con un

máximo de unidades por concentración de mercado para generar un límite definitivo. Por ejemplo, una empresa que es evaluada financiera y técnicamente con gran capacidad de entregar servicios podría ver su máximo reducido porque ya entrega un porcentaje alto del total de servicios que compra JUNAEB.

Considerar puntaje de desempeño técnico. En el análisis se debe distinguir entre escenarios "sin desempeño" para los que la forma de seleccionar las ofertas es sobre una base de costo mínimo, y escenarios "con desempeño" para los cuales los precios de oferta se dividen por los puntajes de desempeño técnico de los oferentes correspondientes antes de procurar la solución óptima. Para esto, el puntaje de desempeño debe ser mayor cuanto mejor sea el desempeño de la empresa.

La combinación de preparaciones, servicios adicionales, niveles de la demanda, valor de la tolerancia relativa al PPP, la concentración de la industria de los proveedores y la inclusión del puntaje de desempeño originan muchos cientos o miles de escenarios posibles. Sin embargo, al tomador de decisiones normalmente sólo se interesa en 150 o 200 de ellos.

2.4. Requerimientos Generales

Es indispensable tener presente que el proceso que se busca apoyar en la toma de decisiones, es una licitación pública que involucra recursos fiscales por varios cientos de millones de dólares. Esto tiene varias consecuencias sobre el tipo de solución tecnológica que debe ser implementada:

- Los proveedores deben utilizar el portal de compras públicas para entregar sus ofertas subiendo archivos (www.mercadopublico.cl).
- El mecanismo para determinar las ofertas ganadoras de un escenario debe exponerse de forma clara y completa en las bases de licitación que rigen el proceso. No pueden quedar fuera aspectos que afecten la selección de las ofertas de un escenario. Sin embargo, considerando que todos los escenarios

debieran ser igualmente válidos para adjudicar, la decisión pasará por la valoración que la comisión de adjudicación realiza entre los costos y las diferencias de los requerimientos técnicos o de gestión que pretende la institución. Por ejemplo, en algunos casos podrá privilegiarse un escenario que es más caro pero que entrega menor concentración de empresas.

- El mecanismo para determinar las ofertas ganadoras de un escenario, además de estar en las bases de licitación, debe ser repetible por terceros. Esto quiere decir que un tercero debiera poder obtener los mismos resultados (aunque no necesariamente en el mismo período de tiempo), conociendo únicamente las bases de la licitación, las ofertas presentadas y los parámetros considerados en la adjudicación..
- También, el mecanismo para determinar las ofertas ganadoras de un escenario debe permitir un mecanismo de auditoría y validación antes de informar los resultados a la comisión. De esta forma, se busca evitar un potencial error en los cálculos que pudiera afectar todo el proceso.
- Adicionalmente, es necesario que por razones de fe pública se procure obtener la solución óptima de cada escenario (conjunto de oferta que minimiza una función de costos), o a lo menos encontrar una solución que garantice no estar distante del óptimo en más que unos pocos miles de pesos. Este requerimiento como ya se indicó no es frecuente en las situaciones del mundo real con problemas combinatoriales, debido a las dificultades de obtener las soluciones óptimas y, en la mayoría de los casos, lo innecesario de esta tarea, porque rara vez se aplica directamente una solución teórica.
- Finalmente, el tiempo para resolver todos los escenarios no puede exceder dos días debido a la necesidad que todo el proceso de evaluación técnico-económica se realiza normalmente en una semana, incluyendo la revisión de antecedentes, reuniones de la comisión, etc.

3. Solución Desarrollada

3.1. Información Requerida desde los Oferentes

Para el ingreso de las ofertas se desarrolló una aplicación para Windows que permita ingresar ofertas manualmente o importando desde archivos Excel en una base de datos Microsoft Access (archivos MDB que podía ser subidos a www.mercadopublico.cl).

Las ofertas están compuestas por un encabezado en que indican las unidades territoriales a las que se postulan, con máximo de 12 UT por oferta. A continuación, se puede ver el encabezado de una oferta en formato impreso.

OFERTA N° XXXXX						
UT o Sector	UT 1	UT 2	UT 3	UT 4	UT 5	UT 6
	0	0	0	0	0	0
UT o Sector	UT 7	UT 8	UT 9	UT 10	UT 11	UT 12
	0	0	0	0	0	0

Figura 1. Encabezado de una oferta formato impreso.

Las ofertas contienen los precios unitarios de todas las combinaciones factibles de:

- **Servicios requeridos:** corresponden a los servicios de alimentación que adquiere JUNAEB. Cada servicio tiene un código que indica el destinatario (P: Preescolar, B: Básica, M:Media, VC: Vacaciones, etc.) y el número de calorías. Ejemplo. B700 corresponde a un servicio de 700 calorías para alumnos de educación básica.
- **Alternativas de preparación:** CV, MJ, CM
- **Tipo de establecimiento:** A, B, C

De esta forma, para un mismo servicio B700 las ofertas presentan los precios para:

- B700 Alternativa Convencional Establecimiento Tipo A
- B700 Alternativa Convencional Mejorada Establecimiento Tipo A
- B700 Alternativa Convencional Mejorada Establecimiento Tipo B
- B700 Alternativa Mixta Establecimiento Tipo A

- B700 Alternativa Mixta Establecimiento Tipo B
- B700 Alternativa Mixta Establecimiento Tipo C

Las ofertas también contienen los precios unitarios de los servicios adicionales solicitados por JUNAEB (normalmente se les denomina servicio plus) y los porcentajes de sobreprecio/descuento que se aplicarán por cambio de tramo de demanda. Estos valores se solicitan separados por combinaciones de destinatario (P: Preescolar, B: Básica, M:Media, VC: Vacaciones, etc.) y alternativas de preparación. Ej. sobreprecio al disminuir la demanda bajo el 70% en algún servicio de ed. básica para alternativa de preparación Mixta.

PRECIOS VALIDOS PARA TODOS LOS TIPOS DE ESTABLECIMIENTOS						
COCINA CONVENCIONAL						
	MEDIA Y SUPERIOR		HOGARES			
	M350	M800	H2000	H2300		
Precio T1	0,00	0,00	0,00	0,00		
%T1-T2 89-99,70	0,00		0,00			
%T2-T3 <70	0,00		0,00			
COCINA CONVENCIONAL						
	VACACIONES					
	V700	V2000	V2500	V2800		
Precio T1	0,00	0,00	0,00	0,00		
%T1-T2 89-99,70	0,00					
%T2-T3 <70	0,00					
COLACION FRIA						
	PREBÁSICA	BÁSICA		MEDIA		
	P601	B701	B1001	M351	M651	M1001
Precio T1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	P300	B300	M300			
Precio T1	0,00	0,00	0,00			
%T1-T2 89-99,70	0,00					
%T2-T3 <70	0,00					
PLUS JUNAEB						
	PLUS1	PLUS2	PLUS3			
Precio T1	0,00	0,00	0,00			
%T1-T2 89-99,70	0,00					
%T2-T3 <70	0,00					

Figura 2. Vector de precios de una oferta formato impreso (parte 1)

PRECIOS SEPARADOS POR TIPO DE ESTABLECIMIENTO						
COCINA CONVENCIONAL						
Establecimientos		PREBÁSICA	BÁSICA		MEDIA	
		P600	B700	B1000	M650	M1000
Tipo A	Precio T1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tipo A	%T1-T2 89,99-70	0,00	0,00		0,00	
Tipo A	%T2-T3 <70	0,00	0,00		0,00	
COCINA CONVENCIONAL MEJORADA						
Establecimientos		PREBÁSICA	BÁSICA		MEDIA	
		P600	B700	B1000	M650	M1000
Tipo A	Precio T1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tipo B	Precio T1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tipo A y B	%T1-T2 89,99-70	0,00	0,00		0,00	
Tipo A y B	%T2-T3 <70	0,00	0,00		0,00	
COCINA MIXTA						
Establecimientos		PREBÁSICA	BÁSICA		MEDIA	
		P600	B700	B1000	M650	M1000
Tipo A	Precio T1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tipo B	Precio T1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tipo C	Precio T1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tipo A, B y C	%T1-T2 89,99-70	0,00	0,00		0,00	
Tipo A, B y C	%T2-T3 <70	0,00	0,00		0,00	

Figura 3. Vector de precios de una oferta formato impreso (parte 2)

PRECIOS VALIDOS PARA TODOS LOS TIPOS DE ESTABLECIMIENTOS						
INTEGRA - COCINA CONVENCIONAL						
	AP700	C150	C250	C300	C350	D800
	Precio T1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SC700	SC800	PLUS1			
	Precio T1	0,00	0,00			
	%T1-T2 89-99,70	0,00				
	%T2-T3 <70	0,00				
JUNJI - COCINA CONVENCIONAL						
	J802	J902	J912	J1002	J700	PLUS1
	Precio Único	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Figura 4. Vector de precios de una oferta formato impreso (parte 3)

En el Anexo A se puede ver el detalle de todos los precios y descuentos/sobrepuestos solicitados para las ofertas de la licitación 2009.

3.2. Información Requerida desde JUNAEB

3.2.1. Demanda diaria y días de entrega

Para determinar los costos de las ofertas, JUNAEB provee para todas las unidades territoriales la proyección de demanda diaria promedio y el número de días al año en que se entrega cada servicio (ej. los servicios de pre-escolar se entregan muchos más días que los de educación básica o media). Esta información se requiere para todas las combinaciones factibles de:

- **Servicios requeridos:** corresponden a los servicios de alimentación que adquiere JUNAEB. (ej. B700)
- **Tipo de establecimiento:** A, B, C

En el Anexo B se puede ver el detalle de las demandas diarias promedio que se requerían a JUNAEB para evaluar las ofertas de la licitación 2009.

Con la información de precios unitarios y descuentos/sobrepuestos entregado por los oferentes, más la demanda diaria y el número de días de servicio es posible determinar el costo de una oferta para una configuración alternativas de proceso, servicios adicionales y tramo de demanda.

$$\text{costo}(ALT_PROC, SA, m) = \sum_{i \in UT \text{ en oferta}} \left\{ \sum_{s \in SN, (t,a) \in ALT_PROC} (PO_{t,a}^s \cdot DD_t^s \cdot DS_t^{s,i} \cdot VP_a^{s,m}) + \sum_{s \in SA, (t,a) \in ALT_PROC} (PO_{t,a}^s \cdot DD_t^s \cdot DS_t^{s,i} \cdot VP_a^{s,m}) \right\}$$

Donde:

UT en oferta: es el conjunto de unidades territoriales en la oferta.

S: es el conjunto de todos los servicios (normales y adicionales)

SN: es el conjunto de servicios normales

T: es el conjunto de los tipos de establecimientos = {A, B, C}

A: es el conjunto de alternativas de preparación = {CV, MJ, CM}

SA: es el conjunto de servicios adicionales que se desean evaluar. ej. {PLUS1} significa que se consideren los costos de entregar PLUS1.

ALT_PROC es el conjunto de pares ordenados que indican que alternativa de preparación será evaluada para cada tipo de establecimiento. Ejemplo. {(A, MJ), (B, MJ), (C, CM)} indica que se evaluará alternativa convencional mejorada para establecimientos tipo A y tipo B, mientras que se evaluará alternativa mixta para los tipo C.

m: corresponde al tramo de demanda que debe ser evaluado

$PO_{t,a}^s$: Precio ofertado para el servicio *s* en un establecimiento tipo *t*, con alternativa de preparación *a*.

$DD_t^{s,i}$: Demanda diaria para el servicio *s* de la UT *i* en establecimientos tipo *t*.

DS_t^s : Días de entrega del servicio *s* en establecimientos tipo *t*.

$VP_a^{s,m}$: Variación porcentual del precio del servicio *s*, al evaluar tramo de demanda *m* con alternativa de preparación *a*.

3.2.2. Otros Antecedentes

Para el proceso de evaluación y determinar las ofertas ganadoras, JUNAEB provee de los antecedentes de cada oferente ya sea que son entregados por las empresas participantes o determinados por JUNAEB.

Para cada empresa participante del proceso:

- **código de la empresa:** corresponde a un código creado por JUNAEB para que los participantes del proceso de evaluación no identifiquen directamente a las empresas oferentes.
- **tipo de la empresa:** indica si la empresa es grande o pequeña, lo que determinará a cuáles unidades territoriales puede presentar ofertas (alta demanda y baja demanda)
- **excluido:** permite marcar empresas que fueron excluidas de la evaluación económica por algún incumplimiento administrativo (ej. no presentó boleta de garantía)
- **puntaje de desempeño:** índice que intenta predecir comportamiento del oferente, es un valor entregado por JUNAEB. Donde valores mayores significan mejor desempeño. Se procura que si una empresa tiene un "desempeño" equivalente a la mitad de otra empresa, sus puntajes tengan esta misma relación numérica.
- **máximo de servicios:** cantidad máxima que puede adjudicar la empresa y que se define en función de la capacidad financiera e infraestructura.
- **boleta de garantía:** monto de boleta de garantía que debe cubrir al menos el 1% del costo anual de cada oferta. Aquellas ofertas con 1% de su costo anual superior al valor de la boleta serán excluidas del proceso.

Para cada región con unidades territoriales en el proceso:

- **máximo de empresas en la región:** cantidad máxima de empresas en la región que se pueden adjudicar.
- **mínimo de empresas en la región:** cantidad mínima de empresas en la región que se pueden adjudicar.

3.3. Escenarios de Evaluación

El problema base que se desea resolver en una licitación combinatorial de compra es encontrar el conjunto de ofertas que permiten comprar todos los ítems, al menor costo total posible. En nuestro caso, ese problema se traduciría en encontrar el conjunto de ofertas que entregan servicios a todas las unidades territoriales requeridas con el menor costo total.

Sin embargo, la comisión de adjudicación normalmente revisará los resultados (ofertas ganadoras) de esta evaluación y deseará averiguar "que pasaría si" (what-if) pudiera resolver nuevamente el problema exigiendo que la solución total deba respetar alguna condición. Por ejemplo, si al resolver el problema base, la solución que se obtiene (y que minimiza los costos totales) presenta ofertas de sólo 5 empresas. La comisión podría querer determinar cuál es la solución más económica, pero en la cual la adjudicación incorpora ofertas de 6 empresas distintas. Al obtener la nueva solución, la comisión querrá conocer cuánto fue el aumento en el costo total producto de la exigencia de tener una empresa más en la adjudicación. Si el aumento en costo es bajo comparado con los beneficios de gestión y riesgo operacional al distribuir la adjudicación entre más empresas, la comisión probablemente preferirá la solución del escenario con 6 empresas e inclusive solicitará averiguar "que pasaría si" se exigieran 7 empresas y así sucesivamente, hasta que la diferencia del costo total sea demasiado alta para justificar la incorporación de otra empresa.

Evidentemente, es posible realizar este mismo ejercicio con diferentes opciones. Ej. "qué pasaría si" se respetan límites regionales o "qué pasaría" si en vez de sólo minimizar los costos, se incorpora el desempeño de los oferentes en la evaluación. De esta forma, los escenarios de evaluación corresponden a los conjuntos de parámetros y criterios que serán considerados en la evaluación económica. Los parámetros o criterios disponibles serían:

- Alternativas de proceso de preparación. Existen 5 combinaciones válidas:
 - $CVMJCM = \{(A, CV), (B, MJ), (C, CM)\}$: indica que se evaluará alternativa convencional para establecimientos tipo A y convencional

mejorada para los tipo B, mientras que se evaluará alternativa mixta para los tipo C.

- MJMJCM = {(A, MJ), (B, MJ), (C, CM)}
- CVCMCM = {(A, CV), (B, CM), (C, CM)}
- MJCMCM = {(A, MJ), (B, CM), (C, CM)}
- CMCMCM = {(A, CM), (B, CM), (C, CM)}

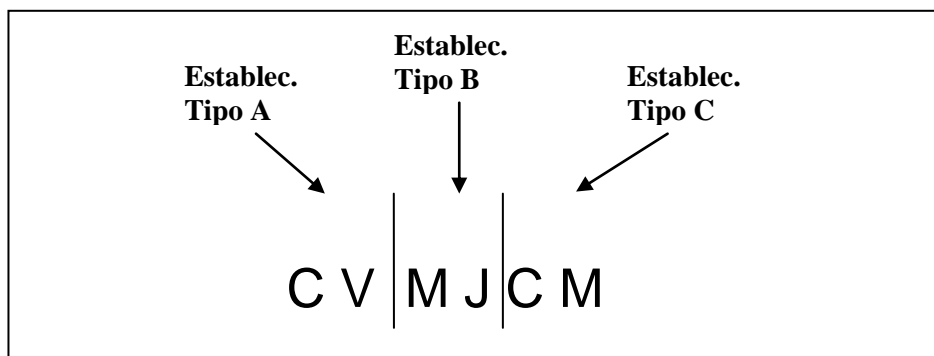


Figura 5. Alternativas de proceso de preparación

- Servicios adicionales: sin PLUS1 o con PLUS1.
- 4 tramos de demanda: 1, 2, 3 y 4.
- Límites de concentración y control regional: sin o con.
- Límite de servicios alimenticios para adjudicar por empresa: sin o con.
- Mínimo de empresas en solución:
 - sin mínimo.
 - con 1 empresa más que la cantidad de empresas que se obtuvieron en la solución del escenario base sin mínimo.
 - con 2, 3 .. etc.
- Solo participan ofertas cuyo precio promedio ponderado sea igual o superior a un mínimo:
 - sin mínimo.
 - con mínimo X% bajo el promedio
 - con mínimo X-1%, X-2%, etc.

- Buscar las ofertas que minimizan el costo ajustado por desempeño:
 - Sin desempeño, procura que sean las ofertas que minimicen la suma de los costos de las ofertas en la solución.
 - Con desempeño, procura minimizar la suma de costos ajustados equivalentes el costo de la oferta \times (1/ puntaje de desempeño de la empresa). Debido a que el costo total podría subir demasiado, se debe exigir que el costo total no sea superior en más de X millones al costo que se obtiene en la solución del escenario base que minimiza costo..

Si consideramos todas las combinaciones posibles de parámetros o criterios obtendremos al menos $5 \times 2 \times 4 \times 2 \times 2 \times 3 \times 3 \times 3 = 4.320$ escenarios potenciales. Sin embargo, no todas las combinaciones tienen interés real: por ejemplo, los tramos de demanda 2, 3 y 4 sólo son relevantes para evaluar si las soluciones son "robustas", es decir comparar si las ofertas ganadoras de tramo 1, al evaluarse en los otros tramos presentan costos similares a las ofertas ganadoras de los escenarios específicos de dichos tramos. De la misma forma, una vez que se determinó que el aumento de costos por exigir una cierta cantidad de empresas en solución es razonable, probablemente no sea necesario evaluar los escenarios con cantidad de empresas menor que dicho valor.

Para enfrentar el problema anterior, se prepara un conjunto de escenarios más relevantes y en un orden que permita rápidamente descartar la mayor cantidad de otros escenarios haciéndolos innecesarios en función de los resultados obtenidos.

En el Anexo C se puede un ejemplo de los escenarios más relevantes que se utilizan para evaluar las ofertas de una licitación.

3.4. Aplicaciones de procesamiento

Para desarrollar las distintas etapas del procesamiento de las ofertas y determinar las ofertas que serán adjudicadas se construyeron cuatro aplicaciones para Microsoft Windows en Borland Delphi 7 con una base de datos Microsoft Access. Las aplicaciones son:

1. **LeerOfertas.exe:** Revisa un directorio que contiene un subdirectorio por cada empresa cuyo nombre es el código de la empresa.

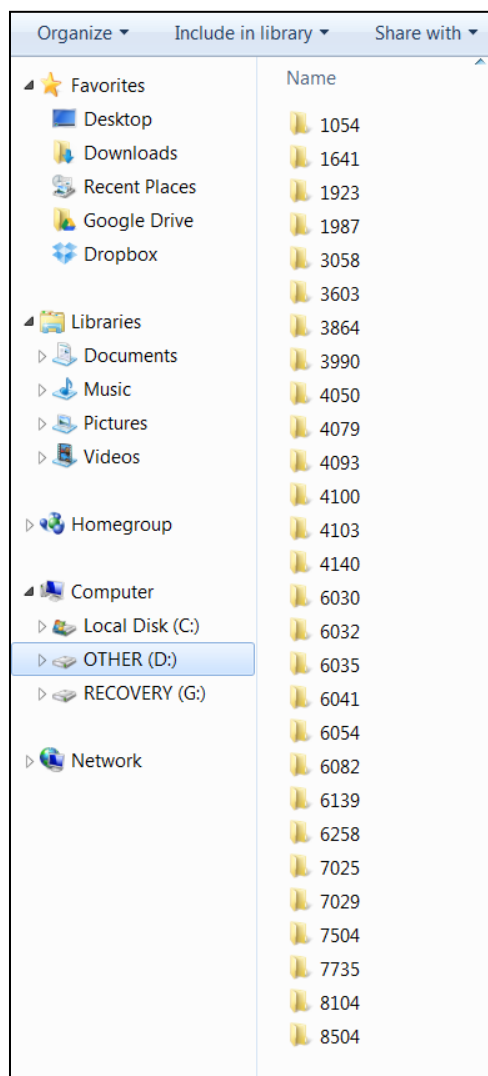


Figura 6. Directorio de ofertas de empresas

Se leen los archivos ofertas.mdb que se obtuvieron desde el portal de compras públicas (www.mercadopublico.cl). Se reúnen las ofertas en una única tabla

de ofertas. Se revisa que todos los campos de las ofertas entregadas contengan valores no null y se generan dos reportes simples: directorios_leidos.txt y campos_nulos.txt que informan la cantidad de ofertas entregadas por empresa y las ofertas que serán excluidas de la licitación por contener valores null en algún campo. Ver en Anexo D ejemplos de estos reportes.

2. **ValorarOfertas.exe:** Realiza tareas de limpieza, calcula y almacena la mayor cantidad de valores para que las aplicaciones siguientes requieran la menor cantidad de operaciones. La aplicación lee las tablas de datos de empresa, ofertas, demanda diaria promedio, días de atención, precio-demanda y precio-días. Luego, realiza las siguientes tareas:
 - a. Excluir de la licitación ofertas con algún precio en 0 (cero) o que no cumplan con criterios de integridad referencial (ej. postulan a UT que no forman parte del proceso o UT duplicadas en una misma oferta)
 - b. Excluir ofertas que no cumplan requerimientos sobre los precios definidos en las bases de la licitación. Ej. el precio del servicio D800 no puede superar el 135,7% del precio del servicio B700
 - c. Calcular de la manera descrita en 3.2.1, los costos de la oferta para las combinaciones de las 5 alternativas de preparación y 4 tramos:
 - Costo CVMJCM en tramos 1, 2, 3 y 4
 - Costo MJMJCM en tramos 1, 2, 3 y 4
 - Costo CVCMCM en tramos 1, 2, 3 y 4
 - Costo MJCMCM en tramos 1, 2, 3 y 4
 - Costo CMCMMCM en tramos 1, 2, 3 y 4
 - d. Calcular de la manera descrita en 3.2.1, los costos de los servicios adicionales de la oferta para los 4 tramos. Ej. Costo P LUS1 en tramos 1, 2, 3 y 4
 - e. Insertar en la tabla de valorización por oferta los costos calculados.
 - f. Excluir ofertas cuyo 1% del Costo CVMJCM en tramo 1 supere el valor de la boleta de garantía.

- g. Calcular para cada unidad territorial el precio promedio ponderado (PPP) que corresponde al costo promedio de la UT. Ver en Anexo E la descripción detallada del mecanismo como se calcula este valor.
- h. Calcular la proporción del costo de cada oferta para cada alternativa de preparación en tramo 1 divididas por la suma de los correspondientes PPP de las UT que componen la oferta.
- i. Actualizar en la tabla de valorización por oferta las proporciones del costo con respecto a la suma de los PPP.
- j. Determinar las ofertas que se presentan al mismo grupo de UT.
- k. Excluir todas las ofertas que se presentan al mismo grupo de UT, en caso de que la cantidad de ofertas para dicho grupo supere 3 .
- l. Actualizar en la tabla de valorización por oferta las dos posibles ofertas que se presentan al mismo grupo de UT.
- m. Generar reportes en formato txt de las ofertas excluidas en el proceso. Ver en Anexo D ejemplos de estos reportes.
- n. Exportar hacia archivos de texto:
 - Los costos calculados en d y e
 - Los precio promedio ponderado (PPP) de las UT
 - La proporción del costo de cada oferta calculados en i.
 - Listado de ofertas que se presentan al mismo grupo de UT

3. **DeterminarGanadores.exe:** Esta es la aplicación más compleja y sobre su implementación se tratará el resto de este documento. En sus aspectos generales, lee las tablas de datos de empresa, ofertas, demanda diaria promedio, valorización por oferta, listado de escenarios y recibe un parámetro con un valor para identificar los escenarios que deben ser resueltos en un computado específico. Luego, realiza las siguientes tareas:

- a. Determinar los escenarios para los que debe determinar las ofertas ganadoras, utilizando el índice del equipo.

- b. Recorrer los escenarios y de acuerdo al conjunto de parámetros/criterios obtener las soluciones ganadoras de cada escenario.
 - c. Escribe en un archivo txt de nombre id_equipo_sol.txt las soluciones de los escenarios. Básicamente corresponde a los id de las ofertas ganadoras de cada escenario resuelto.
4. **GenerarReportes.exe:** Realiza los reportes del proceso que permitirá a los tomadores de decisión analizar las soluciones de los distintos escenarios y definir cuál será el escenario seleccionado. Lee las tablas de datos de empresa, ofertas, demanda diaria promedio, valorización por oferta, listado de escenarios. Luego, realiza las siguientes tareas:
- a. Leer los archivos txt de las soluciones de los escenarios.
 - b. Generar reportes en formato txt de:
 - Detalle de ofertas en cada escenario (un archivo por cada escenario).
 - Resumen de los resultados de los escenarios para poder comparar los escenarios.
 - Reporte de robustez que permite analizar cuando sea posible si las ofertas ganadoras en un escenario, al evaluarse con los parámetros de otro escenario presentan costos similares a las ofertas ganadoras de este segundo escenario.

En la secciones siguientes, se analizará como utilizar la información generada para tomar la decisión del escenario que se seleccionará. Ver en Anexo F ejemplos de estos reportes.

3.5. Puntos de auditoría y validación

Debido a las características del proceso se hace necesario que se pueda auditar y validar el proceso completo de determinar las ofertas ganadoras de cada escenario. Para asegurar esto se organizan dos equipos de trabajo separados como muestra la figura.

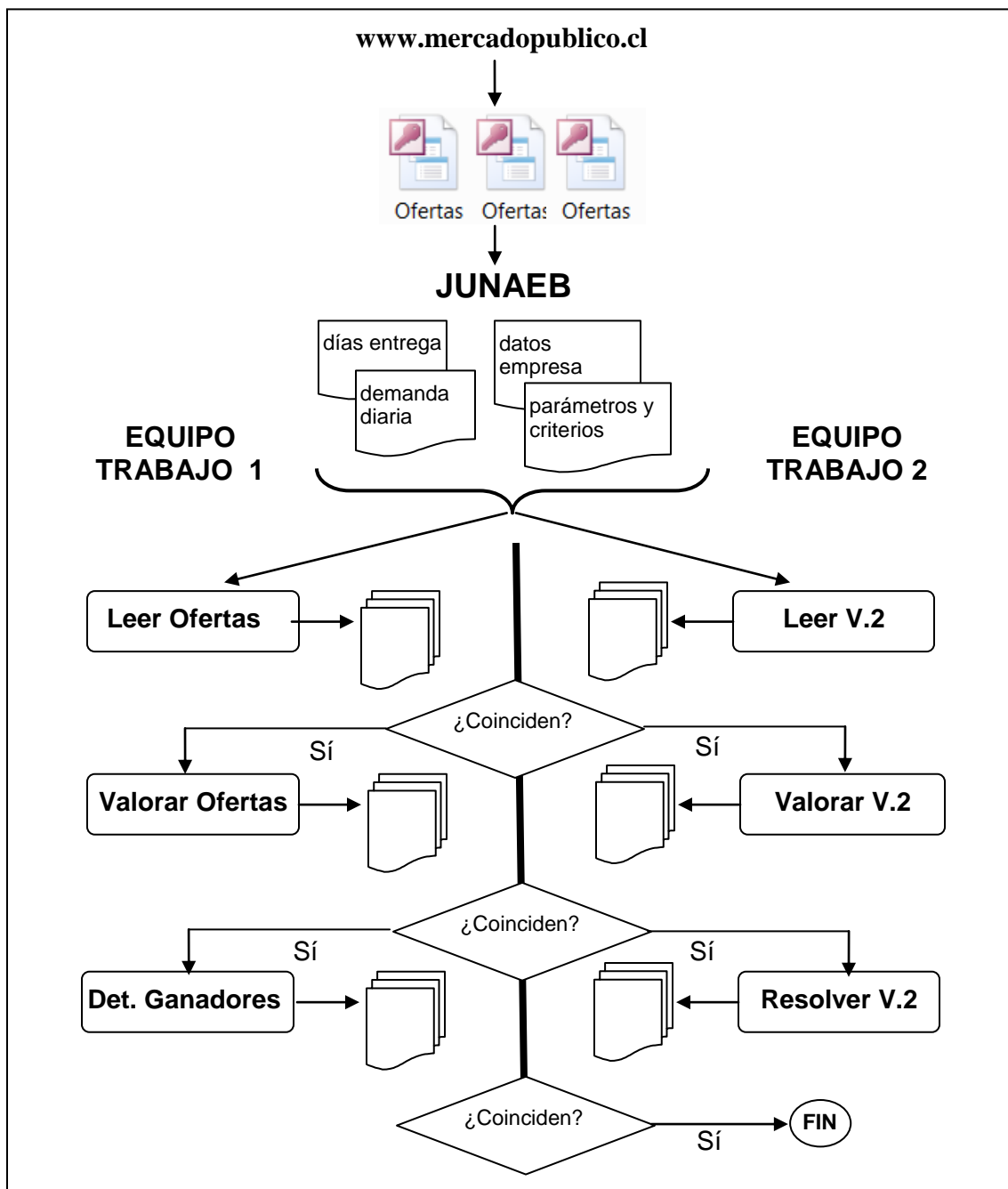


Figura 7. Desarrollo y ejecución en paralelo

El segundo equipo lee las bases de licitación y las especificaciones de forma independiente y desarrolla su propia implementación de la aplicación, acordando generar los mismos reportes del primer equipo. Durante las etapas de desarrollo y pruebas se comparan los reportes de ambos equipos de trabajo. En caso de diferencias se analiza si corresponde a un error de implementación o una diferencia en la interpretación de alguna parte de las bases de licitación. En caso de ser una diferencia de interpretación se consulta a JUNAEB, quien entrega la interpretación correcta y eventualmente ajusta las bases de licitación si fuese necesario.

Entre otros puntos se comparan:

- El listado de todas las ofertas excluidas y el motivo de exclusión de cada caso: campo con valor null, precios en 0 (cero), no cumplir criterios de integridad referencial, no cumplir requerimientos sobre precios
- El listado de los promedio ponderado (PPP) de las UT.
- El listado de todas las ofertas que podrán participar, con todos sus costos, proporción del costo con respecto a los promedio ponderado (PPP) de las UT.
- El listado de ofertas que se presentan al mismo grupo de UT

Todos los reportes generados son archivos en formato txt y la comparación puede realizarse con cualquier comparador de archivos de texto (ej. Windiff).

Cuando se desarrolla el proceso real de evaluación técnica-económica los dos equipos reciben las ofertas y otros datos de forma independiente y realizan su proceso por separado, deteniéndose al momento de comparar cada reporte y no avanzando hasta que exista completa coincidencia entre los resultados parciales que obtiene cada equipo.

Como resultado de este mecanismo, para todos los escenarios se encontrarán las ofertas ganadoras por duplicado y de forma independiente. Lo anterior, debe tenerse presente al momento de diseñar el método de resolución de los problema.

4. Determinar Ganadores de un Escenario

4.1. Modelo de Programación Lineal Entera Mixta

Durante el proceso de diseño de la licitación y la definición de sus especificaciones se tuvo el cuidado de ajustar sus requerimientos de forma tal que pudieran expresarse linealmente en una etapa posterior. Gracias a lo anterior, se formuló un modelo de programación lineal entera mixta con variables binarias que representan la decisión de elegir el conjunto de ofertas que minimiza el costo de la licitación (o un costo ajustado en el caso de ser un escenario con desempeño), respetando las restricciones del proceso. A continuación, se describe el modelo de manera breve, el cual permite representar todos los diferentes escenarios, por medio de parámetros que asumen valores diferentes para cada escenario o de restricciones que se incorporan o no al modelo de acuerdo a lo requerido. Una de las ventajas de formular el modelo de tal manera, es que permite incorporarlo en las bases de licitación de forma que se reduzca la ambigüedad sobre las características que deben cumplir un conjunto de ofertas para ser seleccionadas como ganadoras.

Para su implementación práctica tenga presente que todos los coeficientes, costos y parámetros vienen de valores disponibles en la base de datos.

4.1.1. Parámetros del modelo

R : el conjunto de las regiones.

I : el conjunto de unidades territoriales.

J : el conjunto de las ofertas.

K^1 : el conjunto de las grandes empresas, que pueden ofertar por unidades territoriales con alta demanda (AUT).

K^2 : el conjunto de las empresas pequeñas, que pueden ofertar por unidades territoriales con BAJA demanda (BUT).

$K = K^1 \cup K^2$ U: el conjunto de las empresas participantes.

e_j : la empresa que presentó la oferta j .

$Q(k)$: índice de calidad de empresa k . Cuanto mayor es este índice, mejor es el desempeño de la empresa.

$c_j(\text{alternativa_proceso}, \text{servicios_adicionales}, \text{tramo_demanda})$: costo total anual de la oferta j en función de la combinación de alternativas de procesos, servicios adicionales y tramo de la demanda en un escenario determinado.

U_j : el conjunto de unidades territoriales incluidas en la oferta j .

$S_{k,r}$: el conjunto de las ofertas presentadas por la empresa k que incluyen las unidades territoriales en la región r .

$MINR_r$: número mínimo de empresas entregando servicios en la región r que deberán estar contenidos en la solución.

$MAXR_r$: número máximo de empresas entregando servicios en la región r que deberán estar contenidos en la solución.

ST_i : número de servicios totales de la unidad territorial i .

$MAXST_k$: máximo de servicios que puede ser adjudicado a la empresa k .

$MINA^1$: número mínimo de grandes empresas en adjudicación.

$MINA^2$: número mínimo de empresas pequeña en adjudicación.

B^1 : presupuesto para adjudicar entre las ofertas con alta demanda (AUT).

B^2 : presupuesto para adjudicar entre las ofertas con baja demanda (BUT).

4.1.2. Variables de decisión

x_j : 1 si la oferta j es aceptada, 0 en caso contrario.

y_{kr} : 1 si la empresa k tiene ofertas aceptadas en alguna UT de la región r , 0 en caso contrario.

z_k : 1 si alguna oferta de la empresa k es aceptada, 0 en caso contrario.

4.1.3. Función objetivo

$$\min \left\{ \sum_{j \in J} c_j(\text{alternativa_proceso}, \text{servicios_adicionales}, \text{tramo_demanda}) P_j x_j \right\}$$

donde P_j es 1 si la función de minimizar el coste económico y de $1/Q(e_j)$ si el índice de calidad se incorpora. La siguiente tabla presenta un ejemplo de los valores del índice de rendimiento de una licitación real.

Empresa	$Q(e_j)$	Empresa	$Q(e_j)$	Empresa	$Q(e_j)$
1	0,7544	11	0,9515	21	0,9372
2	0,9553	12	0,9654	22	0,9752
3	0,7210	13	0,9870	23	0,9591
4	0,9281	14	0,9491	24	0,9618
5	0,9483	15	0,8309	25	0,9546
6	0,9176	16	0,9561	26	0,9584
7	0,7066	17	0,9748	27	0,9962
8	0,9662	18	0,9833	28	0,9535
9	0,9680	19	0,9492	29	0,9308
10	0,9569	20	0,9261		

Tabla 3. Índice de Calidad de las empresas

4.1.4. Restricciones

(1) Cobertura. Los contratos de alimentación para todas las unidades de formación deben ser adjudicados:

$$\sum_{j:i \in U_j} x_j \geq 1 \quad \forall i \in I$$

(2) Máximo de servicios alimenticios que puede ser adjudicado por empresa. Este es un límite superior en el número total de servicios alimenticios adjudicado a una empresa, que se calcula en función de otros contratos actualmente en manos de la empresa para este programa de alimentación y de la capacidad financiera y operativa de la firma:

$$\sum_{j:k=e_j} \left(x_j \cdot \sum_{i \in U_j} ST_i \right) \leq MAXST_k \quad \forall k \in K$$

(3) Límites en el número de empresas que entregan servicios de una región. La autoridad de licitación establece tanto un número mínimo como un máximo de los

adjudicatarios en cada región. No es conveniente disponer de una sola empresa proveedora en una sola región, debido al alto riesgo en caso de falla, ni tampoco es recomendable tener muchos proveedores, debido a los problemas derivados de la gestión y control:

$$MINR_r \leq \sum_{k \in K} y_{kr} \leq MAXR_r \quad \forall r \in R$$

La siguiente tabla presenta un ejemplo de los valores mínimos y máximos para las regiones de una licitación.

Región	$MINR_r$	$MAXR_r$
IV	2	4
V	3	6
IX	3	6
XII	1	1
R.M. AUT	4	7
R.M BUT	1	9

Tabla 4. Límite de empresas entregando servicios en cada región.

(4) Relación entre las variables x e y . Si ninguna oferta de la empresa j entregando servicios en la región r es aceptada, la variable y_{kr} debe ser igual a cero:

$$y_{kr} \leq \sum_{j \in S_{k,r}} x_j \quad \forall k \in K, r \in R$$

(5) Si al menos una oferta de la empresa j incluyendo unidades de territoriales en la región r es aceptada, la variable y_{kr} debe ser igual a uno:

$$\sum_{j \in S_{k,r}} x_j \leq |S_{k,r}| y_{kr} \quad \forall k \in K, r \in R$$

(6) Mínimo número de grandes empresas adjudicadas. Esta restricción tiene como objetivo reducir la concentración en lo que respecta a las grandes empresas en la industria:

$$\sum_{k \in K^1} z_k \geq MINA^1$$

(7) Mínimo número de empresas pequeñas adjudicadas. Esta restricción tiene como objetivo reducir la concentración en lo que respecta a las empresas pequeñas en la industria y fomentar el desarrollo de nuevos proveedores:

$$\sum_{k \in K^2} z_k \geq MINA^2$$

(8) Relación entre las variables z e y . Si todas las variables y_{kr} valen cero, entonces el valor de la respectiva variable z_k debe ser igual a cero:

$$z_k \leq \sum_{r \in R} y_{kr} \quad \forall k \in K$$

(9) Cuando cualquiera de las variables y_{kr} tiene valor igual a uno, la correspondiente variable z_k tiene que ser igual a uno:

$$\sum_{r \in R} y_{kr} \leq |R| z_k \quad \forall k \in K$$

(10) Presupuesto de las grandes empresas. Esta restricción es necesaria cuando la función objetivo incluye el índice de desempeño de las grandes empresas:

$$\sum_{j: e_j \in K^1} c_j(\text{alternativa_proceso}, \text{servicios_adicionales}, \text{tramo_demanda}) x_j \leq B^1$$

(11) Presupuesto de las empresas pequeñas. Análogo a la restricción anterior, pero para las empresas pequeñas.

$$\sum_{j: e_j \in K^2} c_j(\text{alternativa_proceso}, \text{servicios_adicionales}, \text{tramo_demanda}) x_j \leq B^2$$

(12) Condición de integralidad.

$$x_j, y_{kr}, z_k \in [0, 1] \quad \forall j \in J, k \in K, r \in R$$

4.2. Resolución del Modelo de Programación Entera

En la instancia de una licitación normal se generan más de 91 mil variables binarias que involucran 30 empresas que presenten más de 90 mil ofertas para 40 unidades de territoriales en cinco regiones de Chile. Resolver el modelo presentado puede ser una tarea difícil, ya que contiene tres estructuras combinatoriales clásicas: un *set-covering problem*, un *multi-knapsack problem* y un *uncapacitated location problem*, cada uno es un problema combinatorial NP-difícil. Este es un desafío común cuando se trata de licitaciones combinatoriales. Rothkopf y col. [16], por ejemplo, analizan la tratabilidad computacional de diferentes estructuras de oferta en licitaciones combinatoriales. Fujishima y col. [17] proponen métodos para enfrentar la naturaleza NP-difícil de licitaciones combinatoriales para el caso general. Andersson y col. [18] comparan varios algoritmos de solución y presentar un enfoque de programación entera mixta para resolver el problema de la licitación combinatorial. Otros algoritmos especializados se desarrollan en Sandholm y col. [19] y en Gunluk y col. [20].

4.2.1. Uso de Métodos Exactos

De manera muy resumida, un problema de optimización combinatorial, como lo es nuestro modelo, puede resolverse de tres diferentes maneras:

- Fuerza bruta: pueden enumerarse todas las combinaciones, evaluando su factibilidad, calculando el costo de cada una y eligiéndose la que tiene menor costo. Evidentemente, este mecanismo no nos será útil en la práctica debido a la enorme cantidad de combinaciones existentes.
- Métodos Heurísticos: Tratan de orientarse a buscar la solución de un problema de forma "inteligente". En general, pueden entregar buenas soluciones a problemas difíciles y en cortos períodos de tiempo. Muchas veces son la única forma de obtener una solución. Sin embargo, en la mayoría de los problemas

combinatorias no se puede estar seguro si se encontró la solución óptima o que tan distante se encuentra de ella.

- Métodos exactos. Son métodos que intentan descartar familias completas de posibles soluciones para acelerar el proceso de búsqueda y como resultado encontrar la solución óptima con seguridad. La principal desventaja que presentan es su lentitud, lo que hasta hacía algunos años sólo permitía resolver de forma práctica problemas pequeños.

Dentro de los métodos exactos una herramienta eficiente para abordar los casos de programación entera es el algoritmo de Branch & Bound, muy conocido en optimización combinatorial. Implementaciones específicas como el solver comercial IBM CPLEX han conseguido combinarlo con una serie de heurísticas y técnicas modernas de forma que en los últimos quince años han conseguido reducir los tiempos de resolución en varios órdenes de magnitud.

El primer enfoque que se consideró en este trabajo fue emplear métodos exactos con la esperanza de que entregarán la solución óptima. Esto permitiría cumplir requerimientos que de otra forma serían casi imposibles:

- Obtener la solución óptima de cada escenario es una característica muy anhelada por razones de fe pública, o a lo menos encontrar una solución que garantice no estar distante del óptimo en más que unos pocos miles de pesos.
- Utilizar un mecanismo estandarizado, en vez de una heurística ad-hoc, y que dicho mecanismo tenga múltiples implementación (varias de ellas open source) permite que el proceso sea reproducible por terceros. Las implementaciones comerciales son mucho más rápidas, sin embargo, todas las implementaciones al enfrentar el mismo problema debieran entregar el mismo resultado (conjunto de ofertas ganadoras) cuando alcanzan el óptimo.

El mayor temor se refiere a los tiempos de resolución. Afortunadamente, en este caso los métodos exactos entregaron una solución óptima en un tiempo razonable (pocos minutos para la mayoría de los escenarios). Lo anterior, se debe a una combinación de factores como las nuevas implementaciones de los métodos de resolución, la estructura del problema, la formulación del modelo y las correspondientes mejoras al modelo que se presentan en los capítulos siguientes.

De esta forma, la manera en que se encuentran las ofertas ganadoras de los escenarios es generando instancias del modelo de programación entera (corresponde a una aplicación concreta del modelo con un conjunto de datos y parámetros) que son resueltas por medio de la librerías de Branch & Bound del solver IBM CPLEX.

El análisis multi-criterio se traduce en generar y resolver múltiples instancias del modelo, obtener sus soluciones y comparar algunos indicadores como:

- Alternativas de preparación analizadas y servicios adicionales: En términos generales, CMCMM es la mejor combinación, y le siguen en orden MJCMCM, CVCMM, MJMJCM y por último CVMJCM. Obviamente, contratar servicios adicionales es algo deseable si el presupuesto lo permite.
- Costo total del escenario: suma de los costos de las ofertas ganadoras o para la alternativa de preparación, servicios adicionales y tramo de demanda de dicho escenario. Obviamente un menor costo es mejor.
- Número de empresas en la solución: indicando la cantidad de grande empresas y empresas pequeñas. En general, se busca diversificar el mercado con mayor número de empresas, aunque existe un límite superior para evitar problemas de control sobre demasiadas empresas.

- Desempeño medio del escenario: corresponde a la media geométrica de los indicadores de desempeño de las empresas en la solución, ponderando sus pesos por la demanda cubierta por sus ofertas.
- Límites de concentración y control regional, así como límite de servicios alimenticios para adjudicar por empresa: Si la solución respeta estos límites será más atractiva que si no los respeta.

La comisión de adjudicación revisará los indicadores resolviendo que escenario prefiere (buscando un balance entre características deseadas y costo). Al seleccionar un escenario considerando sus indicadores, implícitamente está seleccionado las ofertas ganadoras de dicho escenario.

4.2.2. Generación de Instancias

Para la generación de las instancias existen al menos tres formas utilizadas frecuentemente:

- Utilizar lenguajes de modelamiento algebraico como GAMS y AMPL que permiten escribir un modelo en un formato amigable sin necesidad de realizar tareas de programación. Mientras, los datos se generan en archivos de textos con un formato propio del lenguaje. La instancia del modelo es realizada por una aplicación intérprete que también es responsable de interactuar con el solver (IBM CPLEX u otro).
- Utilizar las librerías del solver para formular el modelo creando objetos para los coeficientes, variables, costos, restricciones, parámetros, etc. de acuerdo a la estructura de clases ofrecidas por la herramienta.

- Generar directamente un archivo que representa la instancia completa. En este caso la responsabilidad de generar la instancia será completamente de quien crea el archivo.

Para este trabajo se utiliza el tercer mecanismo creando un archivo que contiene la instancia completa del modelo. Esencialmente, todos los softwares especializados en la resolución de modelos de programación matemática aceptan el formato MPS, incluyendo varias herramientas open-source

El formato MPS deriva su nombre de Mathematical Programming System y corresponde a un formato de archivo ASCII ampliamente establecido para la presentación y almacenamiento de modelos de programación lineal (LP) y los modelos de programación entero mixto (MIP). La utilización de MPS ha disminuido significativamente con el surgimiento de los lenguajes de modelamiento algebraico debido a su mayor simplicidad y no requerir tareas de programación. Sin embargo, en el caso de problemas de gran tamaño, cuándo es relevante la rapidez de generación y se desea controlar los detalles de la forma en que se accede a los datos y se construyen las instancias del modelo, vale la pena incurrir en el costo de desarrollar un programa que genere los modelos en este formato. Este formato está orientado a columnas (en lugar de representar el modelo en forma de ecuaciones), y todos los componentes del modelo (variables, filas, etc.) reciben nombres. Ver ejemplo.

NAME	MODELO_EJEMPLO				
ROWS					
N	FOBJ				
L	RESTR1				
L	RESTR2				
COLUMNS					
	X1	FOBJ	1	RESTR1	1
	X1	RESTR2	1		
	X2	FOBJ	1	RESTR1	-1
RHS					
	RHS1	RESTR1	2	RESTR2	2
BOUNDS					
UP	BND1	X1	1		
UP	BND1	X2	2		
ENDATA					

Figura 8. Ejemplo de formato MPS

El objetivo de reproducibilidad por terceros y auditabilidad se consigue con instancias que podrán almacenarse, transferirse y no depender de sistemas propietarios. De esta forma el proceso de generación y resolución de un instancia sería:

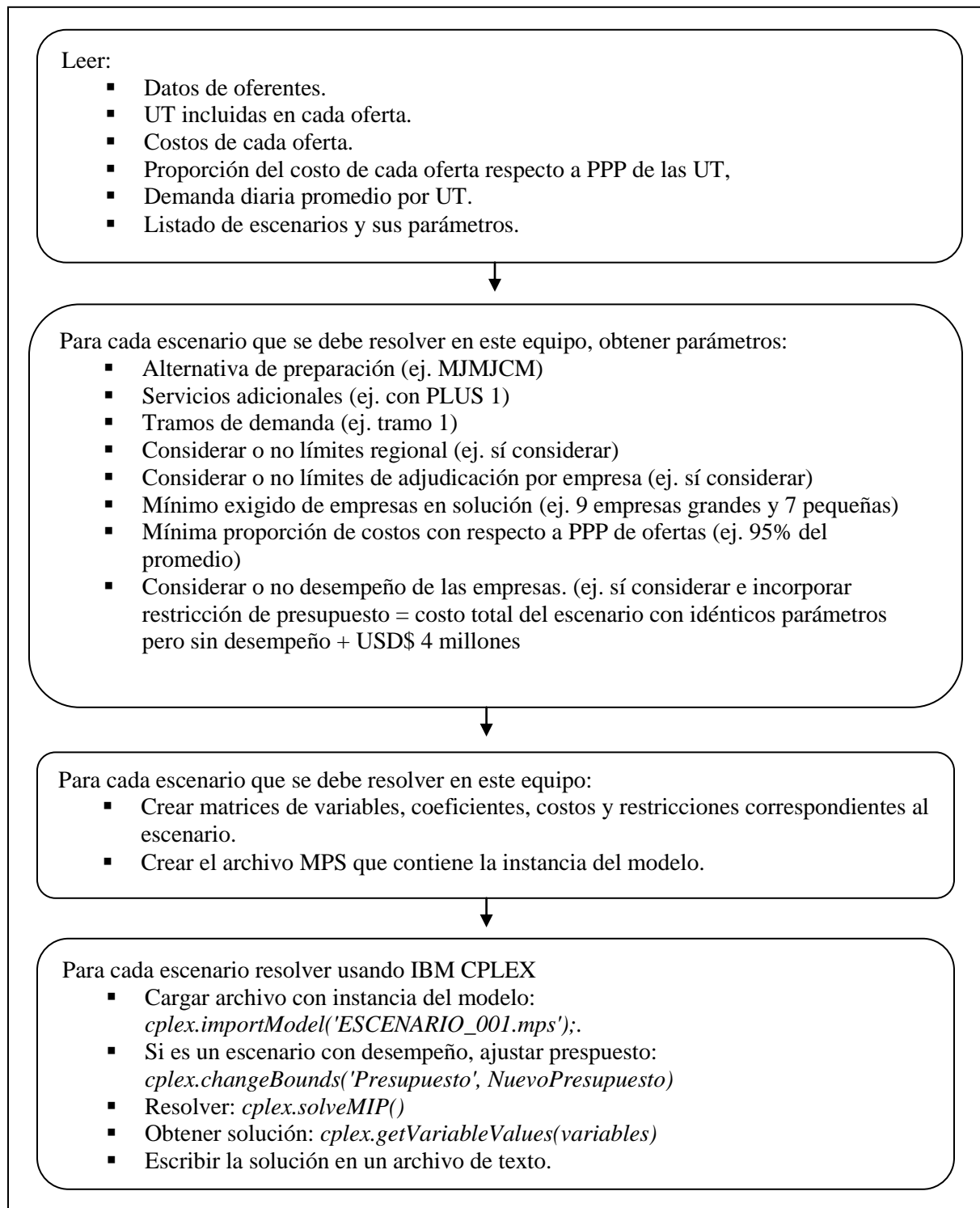


Figura 9. Creación y resolución de una instancia del modelo

4.3. Técnicas para mejorar el modelo

Los resultados empíricos de la aplicación mostraron buenos resultados tanto en alcanzar el óptimo como en tiempos de resolución. En algunos escenarios, sin embargo los tiempos eran aún altos para lo requerido. Para enfrentar lo anterior, se analizaron las principales estructuras combinatoriales que causan la complejidad: un *set-covering problem*, un *multi-knapsack problem* y un *uncapacitated location problem*,

4.3.1. Set-covering Problem

En las restricciones de cobertura (1),

$$\sum_{j:i \in U_j} x_j \geq 1 \quad \forall i \in I$$

podemos identificar la estructura de un clásico *set-covering problem*, donde las ofertas son los elementos que cubren y las UT los objetos que deban cubrirse. Dado que los costos en la función objetivo pueden ser diferentes, nuestro caso corresponde a un *weighted set-covering problem*.

En Fulkerson y col. [21] y Avis [22] se reportan las dificultades en la resolución de estos modelos. Chvatal [23] presenta un enfoque heurístico utilizando greedy para hacer frente a ellos. Nisan [24] también analiza el uso de heurísticas para enfrentar este tipo de problema. No obstante, un enfoque de enumeración explícita es, sin duda, imposible. Consideremos el problema simplificado de asignación de unidades territoriales entre las empresa, sin considerar otras restricciones. Un análisis combinatorio breve indica que el número de soluciones diferentes es $N = k_1^{i_1} \times k_2^{i_2}$, donde k_1 es el número de las grandes empresas, k_2 el número de empresas pequeñas, i_1 es la cantidad de UT de alta demanda e i_2 la cantidad de UT de baja demanada. En una licitación normal, estos valores pueden ser $k_1 = 16$, $i_1 = 32$, $k_2 = 13$, $i_2 = 9$, por lo que N es del orden de $3,6 \times 10^{48}$.

Sin embargo, la estructura *set-covering* en nuestro problema no es demasiado compleja, dado que el número de unidades territoriales a cubrir es sólo el 40. A pesar de que la licitación ha recibido más de 90.000 ofertas, a lo sumo 40 de ellas serán aceptadas.

De esta forma, mantener un numero bajo y fijo de objetos a ser cubiertos permite lidiar con el sub-problema de *set-covering*.

4.3.2. Multi-knapsack Problem

El conjunto de restricciones (2)

$$\sum_{j:k=e_j} \left(x_j \cdot \sum_{i \in U_j} ST_i \right) \leq MAXST_k \quad \forall k \in K$$

corresponde a un problema de *multi-knapsack*.

Crowder y col. [25] ofrece algunas técnicas utilizando *packing cuts* para tratar efectivamente con la complejidad introducida por el sub-problema *multiknapsack*. Consideremos un *cover* $V(k)$ para la empresa k como un subconjunto de las ofertas presentadas por la empresa de tal manera que la suma de la demanda diaria de las UT que las componen supera el límite máximo de adjudicación $MAXST_k$, pero cumple con este límite si eliminamos cualquiera de las ofertas. Las *cover inequalities* son una forma eficaz de reforzar las formulaciones de *multi-knapsack*. Las siguientes restricciones son por lo tanto, los cortes válidos:

$$\sum_{j \in V(k)} x_j \leq |V(k)| - 1 \quad \forall k \in K \quad (13)$$

Esta formulación es útil para resolver los casos más difíciles, ya que fortalece la relajación lineal. Aunque la estructura de la mochila se sabe que es NP-difícil, sólo aquellos casos en que los coeficientes son exponencialmente grandes son realmente difíciles de resolver, y ese no es el caso aquí.

4.3.3. Uncapacitated Facility Location Problem

Por último, las desigualdades (5)

$$\sum_{j \in S_{k,r}} x_j \leq |S_{k,r}| y_{kr} \quad \forall k \in K, r \in R$$

aparecen normalmente en los *uncapacitated facility location problem*.

Una formulación desvinculada equivalente propuesta por Balakrishnan y col. [26] permitiría enfrentar de mejor forma este sub-problema:

$$x_j \leq y_{kr} \quad \forall k \in K, \quad \forall j: e^j = k, \quad \forall r \in R \quad (14)$$

Esta formulación conduce a una mejor relajación lineal. De hecho, las desigualdades (5) resultan en y_{kr} siendo mayor o igual al promedio de las variables x_j que intervienen, lo que en general es una fracción pequeña dado que, aunque estas variables son muchas, sólo unos pocos son activos en la solución.

Por otro lado, las desigualdades (14), implican que y_{kr} debe ser mayor que o igual que el máximo de variables x_j que intervienen, lo que conduce a un valor mayor para y_{kr} si cualquiera de las variables x_j se activan. Sin embargo, cuando las desigualdades (14) se consideran en lugar de (5) obtener solución de la relajación lineal es significativamente más lento. Un análisis detallado indica que sería ventajoso reforzar la relajación lineal mediante el uso de (14) cuando la cota $MAXR_r$ es activa y (5) cuando no lo es. En general, se utiliza la formulación (5) considerando que n las regiones no se alcanzara el número máximo de adjudicatarios, y luego al revisar las soluciones preliminares de algunos de los escenarios se cambia a la formulación (14) si finalmente esto no es así .

Finalmente, para mejorar los tiempos de resolución se definieron prioridades de ramificación en el algoritmo Branch & Bound. La principal prioridad fue asignada a la ramificación de las variables z , seguida por las variables y , para finalmente considerar las variables x . Estas prioridades son entregadas a CPLEX en el momento de resolver el problema.

5. Mejoras para resolución de múltiples escenarios

Continuando con el esfuerzo por disminuir los tiempos de resolución de los escenarios, se analizaron los comportamientos de éstos según las opciones o criterios que incluían o no. Los resultados prácticos al resolver los problemas nos muestran que las opciones de construcción (ej. con/sin límite de empresas o con/sin límites regionales) no presentan diferencias significativas en los tiempos de resolución entre aquellas instancias que tienen una u otra opción. Sin embargo, en el caso de las instancias que consideran el desempeño de las empresas en contraste con las que no lo consideran; el tiempo de resolución de las primeras pueden llegar a ser 30 veces y más que el tiempo que tardan las últimas.

Un escenario con desempeño (CDP) resulta ser mucho más lento de resolver que su equivalente con idénticos parámetros pero sin desempeño (SDP). Mientras que en el último caso la función objetivo se reduce a minimizar el coste total, en el primer caso el costo de cada oferta se divide por el índice de calidad de la empresa correspondiente y las restricciones presupuestarias (10) y (11) se deben incluir de forma explícita.

Adicionalmente, en las licitaciones reales los escenarios que son más probables candidatos a ser seleccionados y de los cuales saldrán las ofertas ganadoras son aquellos que incorporan el índice de calidad. En estos casos, también el escenario equivalente pero que no considera el desempeño será ha resuelto pues muchas veces se requiere para el cálculo del valor que se usará en la restricción de presupuesto del escenario con desempeño. Este presupuesto corresponde al valor óptimo de la instancia sin desempeño, más una cantidad adicional con el propósito de mejorar la calidad del servicio.

La necesidad de mejorar los tiempos de resolución en los escenarios más interesantes y que a la vez eran los más lentos de resolver, junto a la oportunidad que presentaba la gran diferencia de tiempo con respecto al resto, fueron la motivación para explorar el problema de forma más integral. Hasta ahora se ha analizado la resolución de los escenarios como si fuesen instancias de modelos independientes, ignorando que son variaciones de un mismo modelo con algunas modificaciones en costos y coeficientes o incorporación de

restricciones adicionales. Con esto presente, puede pensarse en aprovechar los resultados de instancias ya resueltas para acelerar el proceso de resolución de nuevos escenarios.

Fischetti y Lodi, en [27] presentan las virtudes de tener una solución inicial cercana a la óptima en la cual se deriva una búsqueda local en los problemas de programación entera. Danna y col. [28] y Hansen y col. [29] presentan experimentos computacionales relacionados con esta técnica. En Bronmo y col. [30] se muestra cómo utilizar un conjunto de soluciones iniciales para encontrar una mejor solución heurística de problemas de programación de buques. Estas referencias apuntan a las ventajas de utilizar las soluciones iniciales de forma inteligente.

Para simplificar la exposición en el resto del documento, se hace notar que el problema de encontrar las mejores ofertas de grandes empresas y de empresas pequeñas, pueden ser resuelto por separado. Los resultados empíricos muestran que la resolución del problema para pequeñas empresas tiende a ser trivial en su resolución y nunca excede unos pocos segundos. De esta forma, a partir de ahora las mejoras y análisis se centrarán en la asignación de UT de alta demanda a las grande empresas, aunque sus resultados también son aplicables a la asignación de UT de baja demanda.

5.1. Resolución de Escenarios CDP usando soluciones de SDP

Para emplear las técnicas de solución inicial se requiere que la solución entregada sea factible, es decir, que cumpla todas las restricciones del modelo de programación entera. En el caso de los escenarios con desempeño, su equivalente sin desempeño tendrá exactamente las mismas restricciones excepto por la restricción de presupuesto. Sin embargo, la solución óptima del escenario SDP tendrá el menor costo posible de forma tal que dicha solución también cumplirá cualquier restricción de presupuesto. Adicionalmente, la propia restricción de presupuesto del escenario CDP se construye normalmente a partir del costo obtenido al resolver el escenario SDP. De esta forma, será posible utilizar las soluciones iniciales para resolver el problema indicándole al solver CPLEX que realice una búsqueda local a partir de la carga de una solución.

Los resultados de emplear esta estrategia al comparar la resolución de cada caso de forma independiente versus emplear las soluciones iniciales, se tradujeron en un ahorro promedio de tiempo de 65%. Además, el resultado fue consistente al mostrar que en 20 escenarios CDP con datos reales se producía reducción en los tiempos. En la siguiente tabla se pueden ver los resultados.

Escenario	Descripción	Mín. Empresas	Tiempo Sin Solución Inicial	Tiempo Con Solución Inicial	Diferencia (%)
1	CVMJCM/Service1	13	2.455	1.364	-44,4%
2	CVMJCM/Service2	13	6.062	2.258	-62,8%
3	CVMJCM/Service1	12	2.047	927	-54,7%
4	CVMJCM/Service2	12	2.328	1.210	-48,0%
5	CVMJCM/Service1	11	1.902	497	-73,9%
6	CVMJCM/Service2	11	1.608	909	-43,5%
7	CVMJCM/Service1	10	5.399	720	-86,7%
8	CVMJCM/Service2	10	935	825	-11,8%
9	CVMJCM/Service1	9	1.412	556	-60,6%
10	CVMJCM/Service2	9	2.589	203	-92,2%
11	CVCMCM/Service1	13	2.542	615	-75,8%
12	CVCMCM/Service2	13	1.488	1.047	-29,6%
13	CVCMCM/Service1	12	317	231	-27,1%
14	CVCMCM/Service2	12	2.102	816	-61,2%
15	CVCMCM/Service1	11	4.874	1.182	-75,7%
16	CVCMCM/Service2	11	1.392	600	-56,9%
17	CVCMCM/Service1	10	550	353	-35,8%
18	CVCMCM/Service2	10	3.279	490	-85,1%
19	CVCMCM/Service1	9	866	661	-23,7%
20	CVCMCM/Service2	9	207	48	-76,8%
		Total	44.354	15.512	-65,0%

Tabla 5. Tiempos de resolución (en segundos) en escenarios con desempeño, con y sin solución inicial.

Un resultado sorprendente fue que en los 20 escenarios analizados, la suma de los tiempos de resolución para el escenario SDP y su equivalente CDP usando soluciones iniciales era menor que el tiempo necesario para resolver CDP solo, de forma independiente, sin soluciones iniciales. El ahorro de promedio tiempo resultó ser 61,4%. Así, aun en los casos en que el escenario SDP no necesitase ser resuelto, estos ahorros justificarían la utilidad de resolverlos para usar sus soluciones óptimas como buenas soluciones iniciales para resolver los escenarios CDP. Este inesperado comportamiento que se ilustra por estos resultados se puede atribuir a la dificultad de satisfacer la restricción de

presupuesto en los escenarios CDP, un hecho al parecer no evidente para el programa solver de optimización CPLEX. La evidencia empírica demuestra que vale la pena encontrar primero una solución que sea viable con esta restricción, que es la solución óptima escenario SDP, y luego usar esta última como punto de partida para resolver el escenario equivalente con desempeño. En la siguiente tabla se pueden ver estos resultados.

Escenario	Descripción	Mín. Empresas	Tiempo CDP Sin Solución Inicial	Suma Tiempo SDP+CDP con Solución Inicial	Diferencia (%)
1	CVMJCM/Service1	13	2.455	1.665	-32,2%
2	CVMJCM/Service2	13	6.062	2.560	-57,8%
3	CVMJCM/Service1	12	2.047	985	-51,9%
4	CVMJCM/Service2	12	2.328	1.267	-45,6%
5	CVMJCM/Service1	11	1.902	539	-71,7%
6	CVMJCM/Service2	11	1.608	980	-39,1%
7	CVMJCM/Service1	10	5.399	752	-86,1%
8	CVMJCM/Service2	10	935	862	-7,8%
9	CVMJCM/Service1	9	1.412	584	-58,6%
10	CVMJCM/Service2	9	2.589	241	-90,7%
11	CVCMCM/Service1	13	2.542	685	-73,1%
12	CVCMCM/Service2	13	1.488	1.143	-23,2%
13	CVCMCM/Service1	12	317	266	-16,1%
14	CVCMCM/Service2	12	2.102	910	-56,7%
15	CVCMCM/Service1	11	4.874	1.245	-74,5%
16	CVCMCM/Service2	11	1.392	653	-53,1%
17	CVCMCM/Service1	10	550	378	-31,3%
18	CVCMCM/Service2	10	3.279	524	-84,0%
19	CVCMCM/Service1	9	866	726	-16,2%
20	CVCMCM/Service2	9	207	145	-30,0%
		Total	44.354	17.110	-61,4%

Tabla 6. Tiempos de resolución (en segundos) en escenarios con desempeño sin solución inicial y suma del tiempo del escenario con solución inicial más el tiempo del escenario sin desempeño.

Teniendo en cuenta que el número de escenarios que hay que resolver es grande, la reducción de tiempo de solución son importantes. Se buscó el empleo de soluciones iniciales para resolver los escenarios sin desempeño. Evaluando las opciones de parámetros, la mejor oportunidad se presentaba utilizando como soluciones iniciales aquellas soluciones óptimas de los escenarios sin desempeño pero que difieren sólo en el número de empresas.

5.2. Resolución de Escenarios SDP

En el caso de los escenarios sin desempeño, el número de empresas es un criterio sobre el cual habitualmente se efectúan análisis sensibilidad variando el límite mínimo exigido a la solución. En estos casos el valor óptimo de la función objetivo para un escenario SDP cuya solución se ve obligada a contener por lo menos n empresas es igual o mejor que el valor óptimo para el mismo escenario, cuando imponemos a lo menos $(n + 1)$ empresas. Esto es obviamente cierto, dado que cualquier solución que sea factible para el segundo escenario también es factible para el primero, pero no al revés. Económicamente, una solución con mayor número de empresas debería ser más cara que una con menos debido a los costos fijos de cada negocio que se deben reflejar en sus precios.

A la luz de lo anterior, se propone un enfoque de secuenciación para hacer frente a los escenarios SDP: resolver el escenario con el máximo número de empresas que le interesaría a JUNAEB, a continuación, bajar ese número por una unidad y resolver este escenario usando como solución inicial la solución óptima del escenario ya resuelto. La nueva solución óptima así obtenida se convierte entonces en la solución inicial para resolver el escenario con el número de empresas de nuevo reducido por una. Este procedimiento se repite hasta que el escenario se resuelve por el número mínimo de empresas que le interesaría a JUNAEB. Por lo general, el máximo para grandes empresas es de 13 empresas y el mínimo de 9. El escenario, cuando no hay límite inferior en el número de empresas debe ser resuelto también. En este caso, se utiliza como solución inicial de la solución óptima del escenario con 9 empresas.

Tabla siguiente se compara la suma de los tiempos solución obtenida con el uso de soluciones iniciales en la secuencia descrita en contraste con la resolución independiente de cada escenario. Se entiende que los escenarios que difieren sólo en el número mínimo de empresas exigido pertenecen a la misma serie de escenarios.

Serie de Escenarios	Descripción	Secuencia de Mínimo de Empresas	Sin Solución Inicial	Con Solución Inicial	Diferencia (%)
1	CVMJCM/Service1	13-12-11-10-9-0	628	485	-22,8%
2	CVMJCM/Service2	13-12-11-10-9-0	674	528	-21,7%
3	CVCMCM/Service1	13-12-11-10-9-0	2.328	280	-88,0%
4	CVCMCM/Service2	13-12-11-10-9-0	6.982	620	-91,1%
Total			10.612	1.913	-82,0%

Tabla 7. Tiempos de resolución (en segundos) en escenarios sin desempeño, con y sin considerar solución inicial y secuencia de escenarios desde mayor a menor número de empresas.

En las cuatro series de escenarios se lograron importantes reducciones de tiempo cuando se utiliza el procedimiento de secuenciación, pero sobre todo para las series 3 y 4, los que contienen el proceso convencional de preparación de la comida en el tipo 1, aquellas que entregan alternativa de preparación Convencional en establecimientos tipos A y Mixta en establecimientos tipos B y C (CVCMCM), donde las reducciones de tiempo fueron del orden de 90%. En total, el ahorro de tiempo ascendió a 82%.

6. Conclusiones

La licitación de suministro de alimentación por parte de JUNAEB afecta directamente a 2 millones de estudiantes en los centros educativos públicos. En ellas participan alrededor de 30 empresas de diferentes tamaños presentando más de 90 mil ofertas. La adquisición fue diseñada como una licitación combinatorial para permitir obtener mejores precios gracias a las economías de escala y ventajas logística de postular a grupos de unidades territoriales, en vez de ofertas individuales.

La literatura sobre las licitaciones combinatoriales, junto con destacar sus ventajas, ha señalado la dificultad de encontrar una solución óptima en un tiempo razonable. En este trabajo se ha presentado una solución tecnológica para resolver una licitación de este tipo mediante una aplicación que genera instancias de un modelo de programación lineal entera, que son escritas en archivos de formato MPS, para luego ser entregadas a un solver comercial (IBM CLPEX) para su resolución utilizando Branch & Bound (en conjunto con otras técnicas y heurísticas que implementa dicho software).

Como en la licitación se deben considerar varios criterios, se implementó un mecanismo de escenarios (conjunto de opciones y criterios) que permitían generar múltiples instancias del modelo y resolverlas en paralelo en diferentes computadores. A continuación, se desarrolló un procedimiento que permitió reducir drásticamente los tiempos de solución para los múltiples escenarios través de utilizar una secuencia inteligente de los escenarios y el uso de la solución óptima de un escenario como el punto de partida para la siguiente. Los escenarios se clasifican según si considera o no los índices de desempeño de las empresas. Para el conjunto sin desempeño, los tiempos de solución utilizando el procedimiento se redujeron en más del 80%; mientras que en los escenarios con desempeño, el ahorro de tiempo fue 65%.

La disminución el tiempos hacen posible obtener el resultado del proceso dentro de los plazos requeridos e hicieron viable emplear las licitaciones combinatoriales en este proceso de adquisición.

El trabajo, también, presenta los distintos desafíos que son particulares de una licitación pública con recursos fiscales: la necesidad de dejar establecido en las bases los detalles del mecanismo de resolución, proveer un mecanismo transparente, reproducible por terceros y que debe llegar al óptimo (o garantizar la distancia máxima de él). Estos desafíos impulsaron muchas de las decisiones de diseño de la aplicación empleando una metodología que cumpliera estos requerimientos: modelos de programación lineal entera, resolución por métodos exactos, empleo de los mecanismos estándares que permitieran reproducción simple, implementación en aplicaciones que exportan cada paso que realizan y desarrollo-ejecución en equipos paralelos .

Finalmente, desde un punto de vista económico y de gestión, la compra de servicios de alimentación tiene un costo anual cercano a los 400 millones de dólares. La posibilidad de realizar una mejor elección de ofertas puede permitir ahorrar recursos que se utilizan en aumentar la cobertura de la atención o mejorar la calidad de las prestaciones entregadas. De igual forma, una solución con menores índices de concentración y que cumpla criterios de gestión, puede disminuir los riesgos operacionales de depender de pocos proveedores muy grandes y mantener en un nivel adecuado los esfuerzos de fiscalización y control que debe efectuar JUNAEB sobre las empresas adjudicadas.

7. Bibliografía

- [1] McMillan, J. (1994), "Selling Spectrum Rights", *Journal of Economic Perspectives*, 8:145-162.
- [2] Vickrey W. (1961), "Counter-speculation, Auctions and Competitive Sealed Tenders", *Journal of Finance*, 8-37.
- [3] Jackson, C. (1976), "Technology for Spectrum Markets", Unpublished Ph.D. Thesis, Department of Electrical Engineering, MIT.
- [4] Kelly F. and R. Steinberg (2000), "A Combinatorial Auction with Multiple Winners for Universal Service", *Management Science*, 46:586-596.
- [5] Baird, F.T. (1984), "A Feasible Study of Procedures to Solve the Tender Acceptance and Payout Problem in the Allocation/Reduction of Fish Catches", Report for the New Zealand Fishing Industry Board.
- [6] Brewer, P.J. and C.R. Plott (1996), "A Binary Conflict Ascending Price (BICAP) Mechanism for the Decentralized Allocation of the Right to Use Railroad Tracks", *International Journal of Industrial Organization*, 14:857-886.
- [7] Letchford, A.N. (1996), "Allocation of School Bus Contracts by Integer Programming", *Journal of the Operations Research Society*, 47:369-372.
- [8] Vries, S. and R. Vohra, "Combinatorial Auctions: A Survey", *INFORMS Journal on Computing*, to appear.
- [9] Elmaghraby W, Keskinocak P. The practice of supply chain management: where theory and application converge. New York: Springer; 2006 pp. 245–258.
- [10] Hohner G, Rich J, N gE, Reid G, Davenport AJ, Kalagnanam JR. y col. Combinatorial and quantity-discount procurement auction sbenefit Mars, incorporated and its suppliers. *Interfaces* 2003; 33(1): 23–35.
- [11] Sheffi Y. Combinatorial auctions in the procurement of transportation services. *Interfaces* 2004; 34(4): 245–52.

- [12] Metty T, Harlan R, Samelson Q, Moore T, Morris T, Sorensen R. y col. Reinventing the supplier negotiation process at Motorola. *Interfaces* 2005; 35(1): 7–23.
- [13] Sandholm T, Levine D, Concordia M, Martyn P, Hughes R, Jacobs J. y col. Changing the game in strategic sourcing at Procter & Gamble: expressive competition enabled by optimization. *Interfaces* 2006; 36(1): 55–68.
- [14] Cramton P, Shoham Y, Steinberg R. *Combinatorial auctions*. Cambridge, MA: MIT Press; 2006.
- [15] Milgrom P. *Putting auction theory to work*. Cambridge:Cambridge University Press; 2004.
- [16] Rothkopf MH, Pekec A, Harstad RM. Computationally manageable combinatorial auctions. *Management Science* 1998; 44(8): 1131–47.
- [17] Fujishima Y, Leyton-Brown K, Shoham Y. Taming the computational complexity of combinatorial auctions: optimal and approximate approaches. In: *Proceedings of the sixteenth international joint conference on artificial intelligence*. Stockholm, Sweden, 1999. p. 533–48.
- [18] Andersson A, Tenhunen M, Ygge F. Integer programming for combinatorial auction winner determination. In: *Proceedings of the fourth international conference on multi-agent systems*. 2000. p. 39–46.
- [19] Sandholm T, Suri S, Gilpin A, Levine D. CABOB: a fast optimal algorithm for winner determination in combinatorial auctions. *Management Science* 2005; 51(3): 374–90.
- [20] Gunluk O, Ladanyi L, deVries S. A branch-and-price algorithm and new test problems for spectrum auctions. *Management Science* 2005; 51(3): 391–406.
- [21] Fulkerson D, Nemhauser GL, Trotter LE. Two computationally difficult set-covering problems that arise in computing the 1-width of incidence matrices of Steiner triple systems. *Mathematical Programming Study* 1974; 2: 72–81.
- [22] Avis D. A note on some computational difficult set-covering problems. *Mathematical Programming* 1980; 18: 138–45.

- [23] Chvatal V. A greedy heuristic for the set-covering problem. *Mathematics of Operations Research* 1979;4: 233–5.
- [24] Nisan, N. (2000), “Bidding and Allocation in Combinatorial Auctions”, ACM-CE.
- [25] Crowder HP, Johnson EL, Paldberg MW. Solving large scale 0–1 linear programming problems. *Operations Research* 1983; 31: 803–34.
- [26] Balakrishnan A, Magnanti TL, Wong RT. A dual-ascent procedure for large-scale uncapacitated network design. *Operations Research* 1989; 31: 716–40.
- [27] Fischetti M, Lodi A. Local branching. *Mathematical Programming B* 2003; 98: 23–47.
- [28] Danna E, Rothberg E, LePape C. Exploring relaxation induced neighborhoods to improve MIP solutions. Technical Report ILOG004;2003.
- [29] Hansen P, Mladenovic N, Urosevic D. Variable neighborhood search and local branching. *Computers & Operations Research* 2006; 33: 3034–45.
- [30] Bronmo G, Christiansen M, Fagerholt K, Nygreen B. A multi-start local search heuristic for ship scheduling — a computational study. *Computers & Operations Research* 2007; 34: 900–17.
- [31] Epstein R, Henriquez L, Catalan J, Weintraub GY, Martinez C. A Combinatorial Auction Improves School Meals in Chile. *Interfaces* V. 32, No. 6, Nov-Dec pp.1-14, 2002.
- [32] Epstein R, Henriquez L, Catalan J, Weintraub GY, Martinez C, Espejo F.A Combinatorial Auction Improves School Meals in Chile: a case of OR in developing countries. *International Transactions in Operational Research* 11 (6), 593-612, 2004.
- [33] Catalan J, Epstein R, Guajardo M, Yung D, Martinez C, Solving multiple scenarios in a combinatorial auction. *Computers & Operations Research*. Volume 36, Issue 10, October 2009, Pages 2752–2758

Anexo A - Detalle de una oferta

A continuación se presenta el detalle de la tabla de ofertas que debe entregar cada proponente que participa en la licitación (este detalle puede variar de licitación en licitación con la incorporación de nuevos servicios y productos)

Campo	Descripción	Tipo Estab.	Se utiliza en valoración
CODIGO	CODIGO EMPRESA - VACIO	----	----
NUMOFE	NUMERO DE LA OFERTA	----	----
UT1	IDENTIFICADOR DE UT O SECTOR 1	----	----
UT2	IDENTIFICADOR DE UT O SECTOR 2	----	----
UT3	IDENTIFICADOR DE UT O SECTOR 3	----	----
UT4	IDENTIFICADOR DE UT O SECTOR 4	----	----
UT5	IDENTIFICADOR DE UT O SECTOR 5	----	----
UT6	IDENTIFICADOR DE UT O SECTOR 6	----	----
UT7	IDENTIFICADOR DE UT O SECTOR 7	----	----
UT8	IDENTIFICADOR DE UT O SECTOR 8	----	----
UT9	IDENTIFICADOR DE UT O SECTOR 9	----	----
UT10	IDENTIFICADOR DE UT O SECTOR 10	----	----
UT11	IDENTIFICADOR DE UT O SECTOR 11	----	----
UT12	IDENTIFICADOR DE UT O SECTOR 12	----	----
JBPTMC	JUNAEB COSTO PUESTA EN MARCHA	----	NO
JBT4	JUNAEB % DE DESCUENTO TRAMO 4	Todos	SI
JBM350	JUNAEB PRECIO M350 - COCINA CONVENCIONAL	Todos	SI
JBV700	JUNAEB PRECIO VACACIONES	Todos	SI
JBV2500	JUNAEB PRECIO VACACIONES	----	NO
JBV2800	JUNAEB PRECIO VACACIONES	----	NO
JBP601	JUNAEB PRECIO COLACION FRIA	----	NO
JBB701	JUNAEB PRECIO COLACION FRIA	----	NO
JBB1001	JUNAEB PRECIO COLACION FRIA	----	NO
JBM351	JUNAEB PRECIO COLACION FRIA	----	NO
JBM651	JUNAEB PRECIO COLACION FRIA	----	NO
JBM1001	JUNAEB PRECIO COLACION FRIA	----	NO
JBP300	JUNAEB PRECIO TERCER SERVICIO	Todos	SI
JBB300	JUNAEB PRECIO TERCER SERVICIO	Todos	SI
JBM300	JUNAEB PRECIO TERCER SERVICIO	Todos	SI
JBH2000	JUNAEB PRECIO HOGARES	Todos	SI
JBH2300	JUNAEB PRECIO HOGARES	Todos	SI
INC150	INTEGRA PRECIO	Todos	SI
INC250	INTEGRA PRECIO	----	NO
INC300	INTEGRA PRECIO	Todos	SI
INC350	INTEGRA PRECIO	Todos	SI
INSC700	INTEGRA PRECIO	Todos	SI
INAP700	INTEGRA PRECIO	Todos	SI
INSC800	INTEGRA PRECIO	Todos	SI
IND800	INTEGRA PRECIO	Todos	SI
JIJ802	JUNJI PRECIO	Todos	SI
JIJ902	JUNJI PRECIO	Todos	SI
JIJ912	JUNJI PRECIO	Todos	SI
JIJ1002	JUNJI PRECIO	Todos	SI

Campo	Descripción	Tipo Estab.	Se utiliza en valoración
IJJ700	JUNJI PRECIO	Todos	SI
JBM350T2	JUNAEB M350 - CV - % T1-T2	Todos	SI
JBM350T3	JUNAEB M350 - CV - % T2-T3	Todos	SI
JBCFT2	JUNAEB COLACION FRIA - % T1-T2	Todos	SI
JBCFT3	JUNAEB COLACION FRIA - % T2-T3	Todos	SI
JBHGT2	JUNAEB HOGARES - % T1-T2	Todos	SI
JBHGT3	JUNAEB HOGARES - % T2-T3	Todos	SI
JBVCT2	JUNAEB VACACIONES - % T1-T2	----	NO
JBVCT3	JUNAEB VACACIONES - % T2-T3	----	NO
INTT2	INTEGRA % T1-T2	Todos	SI
INTT3	INTEGRA % T2-T3	Todos	SI
CVAP600	JUNAEB CONVENCIONAL PRECIO	Tipo A	SI
CVAB700	JUNAEB CONVENCIONAL PRECIO	Tipo A	SI
CVAB1000	JUNAEB CONVENCIONAL PRECIO	Tipo A	SI
CVAM650	JUNAEB CONVENCIONAL PRECIO	Tipo A	SI
CVAM1000	JUNAEB CONVENCIONAL PRECIO	Tipo A	SI
CVPT2	JUNAEB CONVENCIONAL - PREBASICA - % T1-T2	Tipo A	SI
CVPT3	JUNAEB CONVENCIONAL - PREBASICA - % T2-T3	Tipo A	SI
CVBT2	JUNAEB CONVENCIONAL - BASICA - % T1-T2	Tipo A	SI
CVBT3	JUNAEB CONVENCIONAL - BASICA - % T2-T3	Tipo A	SI
CVMT2	JUNAEB CONVENCIONAL - MEDIA - % T1-T2	Tipo A	SI
CVMT3	JUNAEB CONVENCIONAL - MEDIA - % T2-T3	Tipo A	SI
MJAP600	JUNAEB CONV. MEJORADA PRECIO	Tipo A	SI
MJAB700	JUNAEB CONV. MEJORADA PRECIO	Tipo A	SI
MJAB1000	JUNAEB CONV. MEJORADA PRECIO	Tipo A	SI
MJAM650	JUNAEB CONV. MEJORADA PRECIO	Tipo A	SI
MJAM1000	JUNAEB CONV. MEJORADA PRECIO	Tipo A	SI
MJBP600	JUNAEB CONV. MEJORADA PRECIO	Tipo B	SI
MJBB700	JUNAEB CONV. MEJORADA PRECIO	Tipo B	SI
MJBB1000	JUNAEB CONV. MEJORADA PRECIO	Tipo B	SI
MJBM650	JUNAEB CONV. MEJORADA PRECIO	Tipo B	SI
MJBM1000	JUNAEB CONV. MEJORADA PRECIO	Tipo B	SI
MJPT2	JUNAEB CONV. MEJORADA - PREBASICA - % T1-T2	Tipo A y B	SI
MJPT3	JUNAEB CONV. MEJORADA - PREBASICA - % T2-T3	Tipo A y B	SI
MJBT2	JUNAEB CONV. MEJORADA - BASICA - % T1-T2	Tipo A y B	SI
MJBT3	JUNAEB CONV. MEJORADA - BASICA - % T2-T3	Tipo A y B	SI
MJMT2	JUNAEB CONV. MEJORADA - MEDIA - % T1-T2	Tipo A y B	SI
MJMT3	JUNAEB CONV. MEJORADA - MEDIA - % T2-T3	Tipo A y B	SI
CMAP600	JUNAEB COCINA MIXTA PRECIO	Tipo A	SI
CMAB700	JUNAEB COCINA MIXTA PRECIO	Tipo A	SI
CMAB1000	JUNAEB COCINA MIXTA PRECIO	Tipo A	SI
CMAM650	JUNAEB COCINA MIXTA PRECIO	Tipo A	SI
CMAM1000	JUNAEB COCINA MIXTA PRECIO	Tipo A	SI
CMBP600	JUNAEB COCINA MIXTA PRECIO	Tipo B	SI
CMBB700	JUNAEB COCINA MIXTA PRECIO	Tipo B	SI
CMBB1000	JUNAEB COCINA MIXTA PRECIO	Tipo B	SI

Campo	Descripción	Tipo Estab.	Se utiliza en valoración
CMBM650	JUNAEB COCINA MIXTA PRECIO	Tipo B	SI
CMBM1000	JUNAEB COCINA MIXTA PRECIO	Tipo B	SI
CMCP600	JUNAEB COCINA MIXTA PRECIO	Tipo C	SI
CMCB700	JUNAEB COCINA MIXTA PRECIO	Tipo C	SI
CMCB1000	JUNAEB COCINA MIXTA PRECIO	Tipo C	SI
CMCM650	JUNAEB COCINA MIXTA PRECIO	Tipo C	SI
CMCM1000	JUNAEB COCINA MIXTA PRECIO	Tipo C	SI
CMPT2	JUNAEB COCINA MIXTA - PREBASICA - % T1-T2	Tipo A, B y C	SI
CMPT3	JUNAEB COCINA MIXTA - PREBASICA - % T2-T3	Tipo A, B y C	SI
CMBT2	JUNAEB COCINA MIXTA - BASICA - % T1-T2	Tipo A, B y C	SI
CMBT3	JUNAEB COCINA MIXTA - BASICA - % T2-T3	Tipo A, B y C	SI
CMMT2	JUNAEB COCINA MIXTA - MEDIA - % T1-T2	Tipo A, B y C	SI
CMMT3	JUNAEB COCINA MIXTA - MEDIA - % T2-T3	Tipo A, B y C	SI
JBPL1	JUNAEB PLUS 1	Todos	SI
JBPL2	JUNAEB PLUS 2	Todos	SI
JBPL3	JUNAEB PLUS 3	Todos	SI
JBPLT2	JUNAEB PLUS - % T1-T2	Todos	SI
JBPLT3	JUNAEB PLUS - % T2-T3	Todos	SI

Anexo B - Detalle de Demanda diaria por UT

A continuación se presenta el detalle de la tabla de demanda diaria que entrega JUNAEB para calcular los costos de cada oferta (este detalle puede variar de licitación en licitación con la incorporación de nuevos servicios y productos)

Campo	Descripción	Tipo Estab.	Días
UT	IDENTIFICADOR DE UT O SECTOR	----	---
JBB300	TERCER SERVICIO	Todos	185
JBM300	TERCER SERVICIO	Todos	185
JBP300	TERCER SERVICIO	Todos	185
JBH2000	HOGARES	Todos	220
JBH2300	HOGARES	Todos	220
INC150	INTEGRA	Todos	220
INC250	INTEGRA	Todos	220
INC300	INTEGRA	Todos	220
INC350	INTEGRA	Todos	220
INSC700	INTEGRA	Todos	220
INAP700	INTEGRA	Todos	220
INSC800	INTEGRA	Todos	220
IND800	INTEGRA	Todos	220
JIJ802	JUNJI	Todos	219
JIJ902	JUNJI	Todos	219
JIJ912	JUNJI	Todos	219
JIJ1002	JUNJI - INFANTIL MAYOR y ALTERNATIVOS	Todos	219
JEJ1002	JUNJI - ESTACIONALES-VERANO	Todos	60
JIJ700	JUNJI	Todos	226
JBAP600	EDUCACIÓN PARVULARIA	Tipo A	185
JBAB700	ENSEÑANZA BASICA	Tipo A	185
JBAB1000	ENSEÑANZA BASICA	Tipo A	185
JBAM350	ENSEÑANZA MEDIA	Tipo A	185
JBAM650	ENSEÑANZA MEDIA	Tipo A	185
JBAM1000	ENSEÑANZA MEDIA	Tipo A	185
JBBP600	EDUCACIÓN PARVULARIA	Tipo B	185
JBBB700	ENSEÑANZA BASICA	Tipo B	185
JBBB1000	ENSEÑANZA BASICA	Tipo B	185
JBBM350	ENSEÑANZA MEDIA	Tipo B	185
JBBM650	ENSEÑANZA MEDIA	Tipo B	185
JBBM1000	ENSEÑANZA MEDIA	Tipo B	185
JBCP600	EDUCACIÓN PARVULARIA	Tipo C	185
JBCB700	ENSEÑANZA BASICA	Tipo C	185
JBCB1000	ENSEÑANZA BASICA	Tipo C	185
JBCM350	ENSEÑANZA MEDIA	Tipo C	185
JBCM650	ENSEÑANZA MEDIA	Tipo C	185

Campo	Descripción	Tipo Estab.	Días
JBCM1000	ENSEÑANZA MEDIA	Tipo C	185
JBNOPL1	JUNAEB PLUS 1 Raciones Normales (NO HOGARES NI TERCER SERVICIO)	Todos	185
JBNOPL2	JUNAEB PLUS 2 Raciones Normales (NO HOGARES NI TERCER SERVICIO)	Todos	185
JBNOPL3	JUNAEB PLUS 3 Raciones Normales (NO HOGARES NI TERCER SERVICIO)	Todos	185
JBHGPL1	JUNAEB PLUS 1 Raciones HOGARES	Todos	220
JBHGPL2	JUNAEB PLUS 2 Raciones HOGARES	Todos	220
JBHGPL3	JUNAEB PLUS 3 Raciones HOGARES	Todos	220

Anexo C - Ejemplo de Listado de Escenarios

A continuación se presenta un ejemplo de los escenarios más relevantes que se utilizan para evaluar las ofertas de una licitación (este listado puede variar de licitación en licitación con la incorporación de nuevos servicios, productos o condiciones de adjudicación)

Id	Alternativa Preparación	Servicios Adicionales	Tramo Dem	PPP Grandes Empresas	PPP Empresas Pequeñas	Mín Grandes Empresas	Mín Empresas Pequeñas	Desempeño	Presupuesto UT alta demanda	Presupuesto UT baja demanda	Otras restricciones
E001	CVMJCM	Sin	1	95%	95%	0	0	Sin	Sin	Sin	Sin
E002	MJMJCM	Sin	1	95%	95%	0	0	Sin	Sin	Sin	Sin
E003	CVCMCM	Sin	1	95%	95%	0	0	Sin	Sin	Sin	Sin
E004	MJCMCM	Sin	1	95%	95%	0	0	Sin	Sin	Sin	Sin
E005	CMCMCM	Sin	1	95%	95%	0	0	Sin	Sin	Sin	Sin
E006	CVMJCM	PLUS1	1	95%	95%	11	9	Sin	Sin	Sin	Sin
E007	CVMJCM	PLUS1 y 2	1	95%	95%	11	9	Sin	Sin	Sin	Sin
E008	CVCMCM	PLUS1	1	95%	95%	11	9	Sin	Sin	Sin	Sin
E009	CVCMCM	PLUS1 y 2	1	95%	95%	11	9	Sin	Sin	Sin	Sin
E010	CVMJCM	PLUS1	1	95%	95%	10	9	Sin	Sin	Sin	Sin
E011	CVMJCM	PLUS1 y 2	1	95%	95%	10	9	Sin	Sin	Sin	Sin
E012	CVCMCM	PLUS1	1	95%	95%	10	9	Sin	Sin	Sin	Sin
E013	CVCMCM	PLUS1 y 2	1	95%	95%	10	9	Sin	Sin	Sin	Sin
E014	CVMJCM	PLUS1	1	95%	95%	9	9	Sin	Sin	Sin	Sin
E015	CVMJCM	PLUS1 y 2	1	95%	95%	9	9	Sin	Sin	Sin	Sin
E016	CVCMCM	PLUS1	1	95%	95%	9	9	Sin	Sin	Sin	Sin
E017	CVCMCM	PLUS1 y 2	1	95%	95%	9	9	Sin	Sin	Sin	Sin
E018	CVMJCM	PLUS1	1	95%	95%	0	9	Sin	Sin	Sin	Sin
E019	CVMJCM	PLUS1 y 2	1	95%	95%	0	9	Sin	Sin	Sin	Sin
E020	CVCMCM	PLUS1	1	95%	95%	0	9	Sin	Sin	Sin	Sin
E021	CVCMCM	PLUS1 y 2	1	95%	95%	0	9	Sin	Sin	Sin	Sin
E022	CVMJCM	PLUS1	1	95%	95%	11	9	Con	Costo Escenario 6 + \$100.000.000	Costo Escenario 6 + \$50.000.000	Sin

Id	Alternativa Preparación	Servicios Adicionales	Tramo Dem	PPP Grandes Empresas	PPP Empresas Pequeñas	Mín Grandes Empresas	Mín Empresas Pequeñas	Desempeño	Presupuesto UT alta demanda	Presupuesto UT baja demanda	Otras restricciones
E023	CVMJCM	PLUS1 y 2	1	95%	95%	11	9	Con	Costo Escenario 7 + \$100.000.000	Costo Escenario 7 + \$50.000.000	Sin
E024	CVMCM	PLUS1	1	95%	95%	11	9	Con	Costo Escenario 8 + \$100.000.000	Costo Escenario 8 + \$50.000.000	Sin
E025	CVMCM	PLUS1 y 2	1	95%	95%	11	9	Con	Costo Escenario 9 + \$100.000.000	Costo Escenario 9 + \$50.000.000	Sin
E026	CVMJCM	PLUS1	1	95%	95%	10	9	Con	Costo Escenario 10 + \$100.000.000	Costo Escenario 10 + \$50.000.000	Sin
E027	CVMJCM	PLUS1 y 2	1	95%	95%	10	9	Con	Costo Escenario 11 + \$100.000.000	Costo Escenario 11 + \$50.000.000	Sin
E028	CVMCM	PLUS1	1	95%	95%	10	9	Con	Costo Escenario 12 + \$100.000.000	Costo Escenario 12 + \$50.000.000	Sin
E029	CVMCM	PLUS1 y 2	1	95%	95%	10	9	Con	Costo Escenario 13 + \$100.000.000	Costo Escenario 13 + \$50.000.000	Sin
E030	CVMJCM	PLUS1	1	95%	95%	9	9	Con	Costo Escenario 14 + \$100.000.000	Costo Escenario 14 + \$50.000.000	Sin
E031	CVMJCM	PLUS1 y 2	1	95%	95%	9	9	Con	Costo Escenario 15 + \$100.000.000	Costo Escenario 15 + \$50.000.000	Sin
E032	CVMCM	PLUS1	1	95%	95%	9	9	Con	Costo Escenario 16 + \$100.000.000	Costo Escenario 16 + \$50.000.000	Sin
E033	CVMCM	PLUS1 y 2	1	95%	95%	9	9	Con	Costo Escenario 17 + \$100.000.000	Costo Escenario 17 + \$50.000.000	Sin
E034	CVMJCM	PLUS1	1	95%	95%	0	9	Con	Costo Escenario 18 + \$100.000.000	Costo Escenario 18 + \$50.000.000	Sin
E035	CVMJCM	PLUS1 y 2	1	95%	95%	0	9	Con	Costo Escenario 19 + \$100.000.000	Costo Escenario 19 + \$50.000.000	Sin
E036	CVMCM	PLUS1	1	95%	95%	0	9	Con	Costo Escenario 20 + \$100.000.000	Costo Escenario 20 + \$50.000.000	Sin
E037	CVMCM	PLUS1 y 2	1	95%	95%	0	9	Con	Costo Escenario 21 + \$100.000.000	Costo Escenario 21 + \$50.000.000	Sin

Anexo D - Ejemplos de Reportes de Ofertas Excluidas

A continuación se presenta un ejemplo de los escenarios más relevantes que se utilizan para evaluar las ofertas de una licitación (este listado puede variar de licitación en licitación con la incorporación de nuevos servicios, productos o condiciones de adjudicación)

Reporte de exclusión por incumplimiento de especificaciones sobre descuentos

57; 1 ; Campo PORCENTAJE DESCUENTO < 0.5%;Campo PORCENTAJE DESCUENTO = 0,05;
57; 2 ; Campo PORCENTAJE DESCUENTO < 0.5%;Campo PORCENTAJE DESCUENTO = 0,05;
57; 3 ; Campo PORCENTAJE DESCUENTO < 0.5%;Campo PORCENTAJE DESCUENTO = 0,05;
57; 4 ; Campo PORCENTAJE DESCUENTO < 0.5%;Campo PORCENTAJE DESCUENTO = 0,05;
57; 5 ; Campo PORCENTAJE DESCUENTO < 0.5%;Campo PORCENTAJE DESCUENTO = 0,05;
57; 6 ; Campo PORCENTAJE DESCUENTO < 0.5%;Campo PORCENTAJE DESCUENTO = 0,05;
57; 7 ; Campo PORCENTAJE DESCUENTO < 0.5%;Campo PORCENTAJE DESCUENTO = 0,05;
57; 8 ; Campo PORCENTAJE DESCUENTO < 0.5%;Campo PORCENTAJE DESCUENTO = 0,05;
57; 9 ; Campo PORCENTAJE DESCUENTO < 0.5%;Campo PORCENTAJE DESCUENTO = 0,05;
57; 10 ; Campo PORCENTAJE DESCUENTO < 0.5%;Campo PORCENTAJE DESCUENTO = 0,05;
57; 11 ; Campo PORCENTAJE DESCUENTO < 0.5%;Campo PORCENTAJE DESCUENTO = 0,05;
57; 12 ; Campo PORCENTAJE DESCUENTO < 0.5%;Campo PORCENTAJE DESCUENTO = 0,05;
....

Reporte de exclusión por incumplimiento de especificaciones sobre precios

67; 565 ; Precio INSC700 > IND800 * 1,180 ;Precio INSC700 = \$1.216,66000 (\$1.216,66) > IND800 = \$1.211,12840 (1,180 * \$1.026,38) ;
67; 596 ; Precio INSC700 > IND800 * 1,180 ;Precio INSC700 = \$1.310,25000 (\$1.310,25) > IND800 = \$1.306,88540 (1,180 * \$1.107,53) ;
67; 618 ; Precio INC150 > IND800 * 0,180 ;Precio INC150 = \$186,40000 (\$186,40) > IND800 = \$186,10380 (0,180 * \$1.033,91) ;
...
76; 1 ; Precio MJAP600 <= 0 con raciones > 0;Precio MJAP600 = 0,00 con raciones = 27.935,00;Precio MJAB700 <= 0 con raciones > 0;Precio MJAB700 = 0,00 con raciones = 140.030,00;Precio MJAB1000 <= 0 sin raciones > 0;Precio MJAB1000 = 0,00 sin raciones;Precio MJAM650 <= 0 sin raciones > 0;Precio MJAM650 = 0,00 sin raciones;Precio MJAM1000 <= 0 sin raciones > 0;Precio MJAM1000 = 0,00 sin raciones;Precio MJBP600 <= 0 con raciones > 0;Precio MJBP600 = 0,00 con raciones = 8.510,00;Precio MJBB700 <= 0 con raciones > 0;Precio MJBB700 = 0,00 con raciones = 96.318,00;Precio MJBB1000 <= 0 sin raciones > 0;Precio MJBB1000 = 0,00 sin raciones;Precio MJBM650 <= 0 sin raciones > 0;Precio MJBM650 = 0,00 sin raciones;Precio MJBM1000 <= 0 con raciones > 0;Precio MJBM1000 = 0,00 con raciones = 102.305,00;
...

Resporte de exclusión por incumplimiento de especificaciones de valor chilecompra

51; 11345 ; Valoracion/1.19 excede Valor Chilecompra;Valoracion=23.065.741.833,14/1.19 = 19.382.976.330,37 excede Valor Chilecompra = 19.382.937.415,00;
58; 89 ; Valoracion/1.19 excede Valor Chilecompra;Valoracion=2.546.353.319,08/1.19 = 2.139.792.705,11 excede Valor Chilecompra = 1.998.154.151,00;
58; 90 ; Valoracion/1.19 excede Valor Chilecompra;Valoracion=2.469.414.501,10/1.19 = 2.075.138.236,22 excede Valor Chilecompra = 1.998.154.151,00;
58; 91 ; Valoracion/1.19 excede Valor Chilecompra;Valoracion=2.575.410.525,48/1.19 = 2.164.210.525,61 excede Valor Chilecompra = 1.998.154.151,00;
58; 92 ; Valoracion/1.19 excede Valor Chilecompra;Valoracion=2.531.658.110,30/1.19 = 2.127.443.790,17 excede Valor Chilecompra = 1.998.154.151,00;
58; 93 ; Valoracion/1.19 excede Valor Chilecompra;Valoracion=2.477.190.105,69/1.19 = 2.081.672.357,72 excede Valor Chilecompra = 1.998.154.151,00;
58; 94 ; Valoracion/1.19 excede Valor Chilecompra;Valoracion=2.471.446.706,42/1.19 = 2.076.845.971,78 excede Valor Chilecompra = 1.998.154.151,00;
..

Resporte de exclusión por incumplimiento de especificaciones sobre boletas de garantía

73; 104 ; Valoracion*0.01/1.19 excede boleta;(Valoracion=1.987.846.457,58 *0.01)/1.19 = 16.704.592,08 excede boleta = 10.000.000,00;
73; 105 ; Valoracion*0.01/1.19 excede boleta;(Valoracion=2.102.303.661,07 *0.01)/1.19 = 17.666.417,32 excede boleta = 10.000.000,00;
73; 106 ; Valoracion*0.01/1.19 excede boleta;(Valoracion=1.885.636.164,28 *0.01)/1.19 = 15.845.682,05 excede boleta = 10.000.000,00;
73; 107 ; Valoracion*0.01/1.19 excede boleta;(Valoracion=2.035.646.125,40 *0.01)/1.19 = 17.106.269,96 excede boleta = 10.000.000,00;
73; 108 ; Valoracion*0.01/1.19 excede boleta;(Valoracion=1.995.088.101,03 *0.01)/1.19 = 16.765.446,23 excede boleta = 10.000.000,00;
73; 109 ; Valoracion*0.01/1.19 excede boleta;(Valoracion=2.001.244.963,85 *0.01)/1.19 = 16.817.184,57 excede boleta = 10.000.000,00;
73; 110 ; Valoracion*0.01/1.19 excede boleta;(Valoracion=1.780.600.257,29 *0.01)/1.19 = 14.963.027,37 excede boleta = 10.000.000,00;
73; 111 ; Valoracion*0.01/1.19 excede boleta;(Valoracion=2.027.445.075,60 *0.01)/1.19 = 17.037.353,58 excede boleta = 10.000.000,00;
73; 112 ; Valoracion*0.01/1.19 excede boleta;(Valoracion=1.810.693.087,82 *0.01)/1.19 = 15.215.908,30 excede boleta = 10.000.000,00;
73; 113 ; Valoracion*0.01/1.19 excede boleta;(Valoracion=1.960.801.395,88 *0.01)/1.19 = 16.477.322,65 excede boleta = 10.000.000,00;
73; 114 ; Valoracion*0.01/1.19 excede boleta;(Valoracion=1.920.194.727,75 *0.01)/1.19 = 16.136.090,15 excede boleta = 10.000.000,00;
73; 115 ; Valoracion*0.01/1.19 excede boleta;(Valoracion=1.926.388.751,92 *0.01)/1.19 = 16.188.140,77 excede boleta = 10.000.000,00;
...

Resporte de exclusión por más de tres ofertas para un mismo grupo de UT

63; 123; Mas de 3 opciones
63; 126; Mas de 3 opciones
63; 127; Mas de 3 opciones
63; 130; Mas de 3 opciones
63; 137; Mas de 3 opciones
63; 140; Mas de 3 opciones
63; 146; Mas de 3 opciones
63; 235; Mas de 3 opciones
63; 236; Mas de 3 opciones
63; 237; Mas de 3 opciones
63; 239; Mas de 3 opciones
63; 246; Mas de 3 opciones
63; 247; Mas de 3 opciones
63; 249; Mas de 3 opciones
63; 252; Mas de 3 opciones
63; 254; Mas de 3 opciones
63; 257; Mas de 3 opciones
63; 258; Mas de 3 opciones
63; 276; Mas de 3 opciones
63; 277; Mas de 3 opciones
63; 278; Mas de 3 opciones

Anexo E - Mecanismo de cálculo del PPP

(EXTRACTO DESDE LAS BASES DE LICITACION DE JUNAEB)

"Con el objetivo de prevenir la adjudicación de unidades territoriales a oferentes cuyos precios sean inferiores a sus costos y que como consecuencia de esto podrían tener inconvenientes en el futuro para prestar el servicio contratado, se ha definido un mecanismo de evaluación de los precios de las ofertas mediante el cual se eliminarán aquellas ofertas con precios considerados excesivamente bajos.

El mecanismo consiste en comparar los valores de las ofertas con los valores promedio del total de ofertas recibidas considerando las mismas combinaciones de UTs y eliminar aquellas que están por debajo del promedio en un porcentaje predeterminado.

Esto implica que se calculan los precios (valores) promedio de las ofertas para cada UT, primero por empresa y, posteriormente, utilizando el valor promedio por empresa para cada UT tomando en consideración todas las empresas que han realizado ofertas por dicha UT (cada empresa tiene el mismo peso para estimar el precio promedio, independientemente de la cantidad de ofertas que haya realizado y que consideran dicha UT).

Con este precio promedio por UT se determina el valor total que tendría una oferta promedio para la misma combinación de UTs de la oferta que se está evaluando y se compara con el valor de dicha oferta. De este modo se determina el valor de la oferta en cuestión respecto del promedio de ofertas. Si la oferta se encuentra dentro del margen de tolerancia, la oferta es evaluada, de lo contrario, será eliminada.

Para el cálculo del PPP se deben seguir los siguientes pasos:

1. Se define el índice *TS*, tipo de servicio ofertado, como los siguientes tipos de servicio:
2. Se calculará el precio promedio para cada tipo de servicio *TS* en cada Unidad Territorial para cada empresa *k*, utilizando los precios del tipo de servicio de las ofertas de la empresa respectiva que ofrecen cubrir cada *UT*.

El precio promedio para cada tipo de servicio en una *UT* para cada empresa se calcula como:

$$PPTSEUT_{TS,i,k} = \frac{1}{|O_{k,i}|} \sum_{O_{k,i}} Precio_{TS}$$

Donde: $O_{k,i}$ es el conjunto de ofertas de la empresa k que cubre la $UT i$.

$|O_{k,i}|$ es el número de ofertas de la empresa k que cubren la $UT i$.

- Utilizando los precios promedio para cada tipo de ración TS calculados en el paso 2 ($PPTSEUT_{TS, i,k}$), incluyendo la evaluación de JUNAEB, JUNJI e INTEGRA, y en función de los días estimados de atención y la cantidad de servicios totales a servir se determinará el valor promedio de las ofertas de cada empresa en cada UT ($PPP_{i,k}$) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$PPP_{i,k} = \sum_{O_{k,i}} PPTSEUT_{TS,i,k} \times \text{días de atención} \times \text{cantidad de servicios}_{TS,i}$$

Donde: $\text{cantidad de servicios}_{TS,i}$ corresponde a la cantidad diaria de servicios del tipo TS a servir en la $UT i$.

- Para cada $UT (i)$ se calcula el Precio Promedio Ponderado (PPP_i) de las ofertas según:

$$PPP_i = \frac{1}{|E_i|} \sum_{k \in E_i} PPP_{i,k}$$

Donde E_i es el conjunto de empresas que realizan al menos una oferta que cubre la $UT i$.

$|E_i|$ es el número de empresas que realizan al menos una oferta que cubre al $UT i$.

- Para cada oferta presentada se determina a que porcentaje se encuentra la suma de las valoraciones de JUNAEB más JUNJI y más INTEGRA de las UTs contenidas en la oferta, utilizando los precios de la oferta, en comparación con la suma de las valoraciones promedio de dichas UTs (cálculos del paso 4), utilizando los PPP_i . La ecuación utilizada para realizar el cálculo es:

$$VPP_{n,k} = \frac{100 \times \text{ValorOferta}(JB + JI + IN)_{n,k}}{\sum_{i \in UT_{n,k}} PPP_i}$$

Donde: $VPP_{n,k}$ es el valor precio promedio ponderado de la oferta n de la empresa k .

Valor Oferta $(JB+JI+IN)_{n,k}$ es el valor de la oferta n de la empresa k , evaluada para JUNAEB, JUNJI e INTEGRA.

$UT_{n,k}$ es el conjunto de UTs cubiertas por la oferta n de la empresa k .

Es importante notar que cada una de las ofertas compone su propio promedio ponderado conforme al conjunto de unidades territoriales contenida en ella.

6. Se fijará un valor de tolerancia inferior para las ofertas, el cual generará un Valor Mínimo Aceptable, *VMA*. Este valor será entregado por JUNAEB expresado como porcentaje.

Las ofertas cuyo valor promedio ponderado (*VPP*) sea igual o superior al valor mínimo aceptado (*VMA*) se encontrarán dentro del promedio ponderado. Las ofertas cuyo *VPP* sea inferior al *VMA* se encontrarán fuera del valor promedio ponderado."

Anexo F - Reporte de Solución

A continuación se presenta un ejemplo de solución con las ofertas ganadoras de un escenario (este listado puede variar de licitación en licitación con la incorporación de nuevos servicios, productos o condiciones de adjudicación)

ESCENARIO N° 045						
Alternativa de preparación: CVMJCM Servicios adicionales: no Tramo de demanda: 1 (100%) Límites regionales: sí Límites de servicios por empresa: sí Mínimo de grandes empresas: 9 Mínimo PPP: 95% Desempeño empresa: no						
Costos anuales						
Costo INTEGRA:	4.692.698.151					
Costo JUNJI:	9.671.392.722					
Costo JUNAEB:	69.765.206.251					
Costo TOTAL:	84.129.297.124					
Fobj TOTAL:	84.129.297.124					
Desempeño Medio: 0,95						
Ofertas en Solución:						
Empr_Oferta	Servicio	RACIONES	INTEGRA	JUNJI	JUNAEB	TOTAL
51_99	CVMJCMT1	9.590.234	542.556.881	1.542.939.714	5.616.110.032	7.701.606.627
51_309	CVMJCMT1	12.102.312	582.627.751	1.211.214.687	7.545.048.974	9.338.891.412
52_47	CVMJCMT1	4.979.655	100.521.505	421.297.221	2.893.050.433	3.414.869.158
55_9775	CVMJCMT1	14.494.021	380.515.243	1.181.323.840	9.420.344.039	10.982.183.122
55_10447	CVMJCMT1	5.047.367	635.878.285	878.415.331	2.856.535.376	4.370.828.992
56_19	CVMJCMT1	7.830.086	123.603.069	497.281.135	4.976.719.403	5.597.603.607
56_3481	CVMJCMT1	19.871.518	766.685.698	905.519.101	13.047.994.087	14.720.198.886
59_3	CVMJCMT1	2.758.537	222.375.362	151.123.987	1.963.914.774	2.337.414.123
62_61	CVMJCMT1	8.384.012	371.970.185	606.582.902	5.483.847.055	6.462.400.142
62_494	CVMJCMT1	9.523.424	340.276.924	907.154.749	5.352.047.740	6.599.479.413
63_31	CVMJCMT1	379.804	136.864.226	321.997.220	0	458.861.447
68_735	CVMJCMT1	12.015.703	373.968.465	584.786.317	7.480.762.964	8.439.517.746
70_5	CVMJCMT1	4.639.601	114.854.557	461.756.518	3.128.831.375	3.705.442.450

Cobertura de las UT						
Empresa	Oferta	Servicio	UTs			
51	51_99	CVMJCMT1	U301	U302	U1101	
51	51_309	CVMJCMT1	U604	U605	U809	
52	52_47	CVMJCMT1	U810			
55	55_9775	CVMJCMT1	U601	U602	U1324	
55	55_10447	CVMJCMT1	U1325	U1327		
56	56_19	CVMJCMT1	U1322			
56	56_3481	CVMJCMT1	U801	U802	U806	U1321
59	59_3	CVMJCMT1	U1323			
62	62_61	CVMJCMT1	U803	U808		
62	62_494	CVMJCMT1	U805	U807	U817	
63	63_31	CVMJCMT1	U1326			
68	68_735	CVMJCMT1	U804	U811	U812	
70	70_5	CVMJCMT1	U603			

Empresas en la Solución: 9	
Región	Nro Empresas
R3	1
R6	3
R8	5
R11	1
R13	4