Universidad de la República
Facultad de Ingeniería
Proyecto de Grado – Ingeniería de Producción

MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA LA PROGRAMACIÓN DE ESPECTÁCULOS ARTÍSTICOS: UNA APLICACIÓN EN EL CARNAVAL URUGUAYO

Autores:
Alfonsina Cardozo
Carolina Guido
Juan Carlos Machin

Tutores:
Ing. Pedro Piñeyro
Ing. Héctor Cancela

Montevideo, Uruguay
Febrero 2020

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos agradecerle a nuestro tutor Pedro Piñeyro, por permitirnos participar de un proyecto el cual resultó ser sumamente interesante, desafiante y gratificante. A su vez, le agradecemos por habernos apoyado y motivado durante la realización de este.

De la misma forma, agradecer a nuestro cotutor Héctor Cancela, por ser también un apoyo para nosotros y proporcionarnos las herramientas necesarias para poder alcanzar el objetivo.

A la Gerencia de Eventos de la Intendencia de Montevideo, principalmente a Gerardo Reyes por habernos recibido y soñar junto con nosotros una alianza fructífera entre la Intendencia de Montevideo y la Facultad de Ingeniería. Por ser el vínculo con la Asociación de Directores del Carnaval de las Promesas (ADICAPRO).

Una mención especial a ADICAPRO, por recibirnos con los brazos abiertos, permitirnos entrar en su organización, y por haber estado al servicio de nuestro proyecto proporcionándonos la información necesaria. Un especial agradecimiento a Ángel Duarte y Betty Cuccaro, quienes han estado a nuestra completa disposición evacuando nuestras dudas constantemente.

Por último y no menos importante, a nuestros familiares y amigos.

RESUMEN EJECUTIVO

En este informe se presenta el trabajo realizado sobre la aplicación de métodos cuantitativos en la programación de eventos y más específicamente sobre aquellos relacionados a espectáculos artísticos. Para ello, se relevó y analizó la literatura en torno a la aplicación de métodos cuantitativos en la programación de eventos y de este modo se mostró en qué fase de desarrollo se encuentra esta temática actualmente. Finalmente, se seleccionó un caso de estudio de un evento artístico local, con el fin de aplicar esta metodología y obtener como resultado la programación de un calendario.

El espectáculo seleccionado es el de Carnaval de las Promesas, un concurso donde participan alrededor de 2000 jóvenes todos los años. Dicho concurso es desarrollado por la Intendencia de Montevideo en coordinación con la Asociación de Directores del Carnaval de las Promesas (ADICAPRO), una institución sin fines de lucro cuya meta es el desarrollo artístico, personal y cultural de niños y adolescentes.

Durante la realización de este proyecto, se trabajó en conjunto con ADICAPRO para la preparación del calendario 2019/2020 del concurso, buscando obtener una programación equilibrada en cuanto a la concurrencia de público y que cumpla con un conjunto de propiedades sobre los distintos elementos de la programación de actividades. Para lograr esto, se construyó un modelo matemático teniendo en cuenta el reglamento del concurso y lo indicado por la organización. Los datos sobre la concurrencia de público surgen de encuestas realizadas a todas las agrupaciones, procurando su involucramiento en este proyecto.

De los resultados obtenidos de la resolución del modelo propuesto, se pudieron verificar los beneficios de esta metodología. En un tiempo de procesamiento sustancialmente menor que el que lleva a la organización elaborar el calendario manualmente, se obtuvo un calendario de manera objetiva y respaldado por un modelo matemático. Se evaluó a su vez la alternativa de resolver este problema en fases, con la cual no siempre es posible encontrar una solución factible. Se realizó además una experimentación numérica para analizar los resultados en diferentes circunstancias. De esta experimentación, uno de los resultados que surge es que es posible reprogramar el calendario en segundos en caso de que una etapa se suspenda, lo que acontece con cierta frecuencia.

Se considera que el objetivo del proyecto fue alcanzado ya que el calendario obtenido fue aprobado por las contrapartes para ser utilizado en la edición del Concurso de Carnaval de las Promesas 2019/2020. Fue una experiencia enriquecedora aplicar métodos cuantitativos a un evento artístico de la cultura local donde participan una gran cantidad de jóvenes. Los resultados obtenidos sientan la base para la cooperación en similares proyectos entre la Facultad de Ingeniería, la Intendencia de Montevideo y ADICAPRO.

Palabras claves: Organización de Eventos Artísticos, Preferencias de Usuarios, Toma de Decisiones, Programación Matemática, Timetabling, Fixture, Optimización.

DEPARTAMENTO DE CULTURA
Gerencia de Festejos y Espectáculos

Montevideo, 23 de diciembre de 2019

Sra. Decana Ing. María Simon:

Por la presente desde la Gerencia de Festejos y Espectáculos de la Intendencia de Montevideo, queremos agradecer y felicitar a los estudiantes: Alfonsina Cardozo, Carolina Guido y Juan Machín, y sus tutores Héctor Cancela y Pedro Piñeyro, por el trabajo realizado en el marco de sus estudios en Ingeniería de Producción de la Facultad de Ingeniería.

La aplicación de métodos cuantitativos para la programación de espectáculos artísticos, logro que la confección del fixture del Carnaval de las Promesas 2019/2020 fuera sin dudas un exito, en las evaluaciones tanto por parte de la Intendencia, como de ADICAPRO (Asociación de Directores de Carnaval de las Promesas), quienes vieron contempladas todas las necesidades planteadas.

Por todo lo anterior queremos agradecer a la Facultad de Ingeniería por su colaboración, a los estudiantes y docentes por la dedicación, disponibilidad y cariño que le pusierón a la tarea, reuniendosé las veces necesarias para escuchar los diferentes pedidos, contemplar todos los aspectos, y lograr así el mejor fixture posible.

Sin otro particular, les saluda cordialmente,

Gerardo Reyes
Gerente de Festejos y Espectáculos
Intendencia de Montevideo

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 15
2 MARCO TEÓRICO 17
2.1 Aplicación de métodos cuantitativos en la confección de calendarios 17
2.2 Métodos cuantitativos y espectáculos artísticos 19
2.3 Cultura y carnaval uruguayo 20
3 ANÁLISIS, FORMULACIÓN Y RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA 25
3.1 Carnaval de las promesas y ADICAPRO 25
3.2 Concurso y reglamento 27
3.3 Planificación y relevamiento del armado del calendario 33
3.4 Modelo matemático 35
3.5 Relevamiento, análisis y validación de datos 41
3.6 Resolución del problema y validación de los resultados 43
3.7 Ronda 1 Calendario del Concurso 2019/2020 46
4 RESOLUCIÓN ALTERNATIVA DEL PROBLEMA 49
4.1 Modelo Ronda 1 49
4.2 Evaluación Modelo Ronda 1 54
4.3 Modelo Ronda 2 54
4.4 Evaluación Modelo Ronda 2 59
5 EXPERIMENTACIÓN NUMÉRICA 61
5.1 Suspensión de etapas 61
5.1.1 Suspensión de 1 etapa 62
5.1.2 Suspensión de 2 etapas 62
5.1.3 Suspensión de 3 etapas 63
5.1.4 Suspensión de media etapa 64
5.1.5 Conclusión de suspensión de etapas 65
5.2 Modificación de parámetros de entrada 66
5.2.1 Modificación de la ponderación de murgas 66
5.2.2 Modificación de las ponderaciones de todas las agrupaciones 67
5.2.3 Modificación del promedio de las ponderaciones 67
5.2.4 Conclusión de variación de parámetros de entrada 68
5.3 Inicialización de variables 68

5.3.1 Casos de prueba 68
5.3.2 Conclusión de inicialización de variables 70
5.4 Conclusiones experimentación numérica 72
6 RONDA 2 CONCURSO 2019/2020 73
7 CONCLUSIONES 77
BIBLIOGRAFÍA 81
Anexo 1: Estado del arte 85
Anexo 2: Encuesta realizada por parodistas 121
Anexo 3: Resultados de la encuesta de convocatoria 125
Anexo 4: 4 calendarios presentados a ADICAPRO en reunión para validación 129
Anexo 5: Calendario versión 1 133
Anexo 6: Calendarios obtenidos en la experimentación numérica 137
Anexo 7: Ronda 2 sin suspensión de etapas en Ronda 1 145

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desfile de Llamadas 2019, Montevideo 22
Figura 2: Desfile de Llamadas 2019, Montevideo 22
Figura 3: Desfile de Llamadas 2019, Montevideo 22
Figura 4: Murga Cero Bola, Teatro de verano, marzo 2019 23
Figura 5: Murga Agárrate Catalina, febrero 2011 23
Figura 6: Desfile de Carnaval, Artigas 23
Figura 7: Desfile de Carnaval, Artigas 24
Figura 8: Sociedad de negros y lubolos Ohana en su presentación en el teatro de verano, 19/12/2019 26
Figura 9: Humoristas Gnomos en su presentación en el teatro de verano 19/12/2019 26
Figura 10: Sociedad de negros y lubolos Ohana bajando del escenario en el teatro de verano, 19/12/2019 27
Figura 11: Revista Fenix en su presentación en el teatro de verano 19/12/2019 27
Figura 12: Calendario determinado como caso base. 44
Figura 13: Evolución del gap de dualidad y del valor objetivo durante el tiempo de ejecución para caso base 45
Figura 14: Calendario del Concurso de Carnaval de las Promesas 2019/2020 (primera ronda) 46
Figura 15: Calendario ronda 1 obtenida con el Modelo Ronda 1 54
Figura 16: Gráfico de resultados obtenidos al inicializar variables 71
Figura 17: Primera ronda del calendario del Concurso de Carnaval de las Promesas 2019/2020 (luego de las suspensiones) 73
Figura 18: Calendario ronda 2 obtenido luego de las suspensiones en la ronda 1 74
Figura 19: Calendario del Concurso de Carnaval de las Promesas 2019/2020 (segunda ronda) 75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Esquema separación de días entre rondas para una agrupación 40
Tabla 2: Resumen de las versiones obtenidas 45
Tabla 3: Resultados obtenidos al suspender etapas 66
Tabla 4: Resumen de resultados obtenidos al inicializar variables 71
Tabla 5: Esquema de separación de días entre rondas para una agrupación 74

1 INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta el trabajo realizado sobre la aplicación de métodos cuantitativos en la programación de eventos. El motivo por el que se decide llevar a cabo este trabajo fue el desafío que implicaba confeccionar la programación de los espectáculos teniendo en cuenta ciertas restricciones, asignando para un conjunto de espacios de tiempo, el conjunto de espectáculos disponibles. Dicha asignación suele realizarse según el conocimiento de una persona competente o al azar [1]. Esto implica algunos inconvenientes, como puede ser no tener presente todas las consideraciones de las partes interesadas [2]. Por eso, se considera de interés generar una herramienta para la confección del calendario de forma objetiva y teniendo en cuenta las preferencias de las diferentes partes interesadas.

Para definir un evento, se toma la definición de la Real Academia Española [3], en la cual un evento es un ¨suceso importante y programado, de índole social, académica, artística o deportiva¨. Se llama evento entonces a un suceso programable, que ocurre en un espacio de tiempo determinado. Un conjunto de eventos es un acontecimiento que puede ser de índole social, académico, artístico o deportivo. Dentro del acontecimiento se le asigna a cada evento un espacio de tiempo.

Dado entonces un conjunto acotado de eventos, se denomina programación de eventos al proceso de asignar cada uno de los eventos a un cierto espacio de tiempo, con un inicio y un fin, de un conjunto finito de espacios de tiempo disponibles. El objetivo es organizar las actividades teniendo en cuenta las necesidades y preferencias de las diferentes partes interesadas. De esta manera se logra la satisfacción de estos y en la mayoría de los casos mayor rentabilidad para el evento [4]. Por partes interesadas se refiere a cualquier individuo, grupo u organización que forme parte o se vea afectado por el mismo, obteniendo algún beneficio o perjuicio.

El primer objetivo de este proyecto consistió en realizar un relevamiento sobre la bibliografía en torno a la aplicación de métodos cuantitativos en la programación de eventos, con el fin de mostrar en qué fase de desarrollo se encuentra este tema. Como resultado del relevamiento se realizó un estado del arte (ver en Anexo 1), con un abordaje sobre métodos cuantitativos aplicados a problemas de programación de un acontecimiento y problemas de asignación relacionados. Luego de estudiar diferentes artículos científicos se constata, en términos generales, que, si bien aplicar dichos métodos para la programación de eventos puede aportar buenos resultados, se identifica una falta de bibliografía específica sobre la programación de eventos artísticos.

El segundo objetivo del proyecto fue tomar un caso de estudio de un espectáculo artístico local en donde sea relevante realizar la programación del calendario de ese acontecimiento. Con este fin nos comunicamos con la Gerencia de Eventos de la Intendencia de Montevideo y el espectáculo seleccionado fue el Carnaval de las Promesas, un concurso donde participan alrededor de 2000 jóvenes todos los años. Dicho concurso es desarrollado por la Intendencia de Montevideo en coordinación con la Asociación de Directores del Carnaval de las Promesas (ADICAPRO), una institución sin fines de lucro que tiene como objetivo el desarrollo artístico, personal y cultural de niños y adolescentes.

Obtenido el caso de estudio, se desarrolló en primer lugar un modelo matemático de programación del calendario. Para determinar el modelo, se estudió el reglamento del concurso, así como también fueron consultados expertos del tema, particularmente las personas que confeccionan actualmente el calendario. Para la recolección y análisis de los datos necesarios, se contó con el apoyo de ADICAPRO y se realizaron encuestas a todas las agrupaciones participantes de dicho concurso. El objetivo es determinar la programación con concurrencia equilibrada y que cumpla con las restricciones del reglamento y otras restricciones que permiten una programación más atractiva para el público y más justa para las agrupaciones.

El concurso del Carnaval de las Promesas se desarrolla en dos rondas, cada una de las cuales cuenta con diez etapas a desarrollarse en días consecutivos. Una vez determinado el calendario de cada una de estas con un método de resolución que define ambas rondas simultáneamente, se desarrolla una alternativa de resolución por fases. La misma consiste en resolver ambas rondas de manera independiente, mediante dos modelos distintos. Uno resuelve la programación únicamente de la primera ronda y el otro toma los datos de lo acontecido en la primer ronda y programa la segunda ronda.

Se realizó una evaluación numérica para los modelos presentados, de manera de simular posibles escenarios y evaluar los resultados obtenidos en las diferentes pruebas considerando el tiempo de procesamiento, el valor de la función objetivo y los calendarios obtenidos.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera: en el Capítulo 2 se presenta el marco teórico donde se introduce los temas principales en los que se basó el proyecto; en el Capítulo 3 se presenta y desarrolla el caso de estudio del proyecto; en el Capítulo 4 se presenta y desarrolla una alternativa de resolución del problema mediante una metodología de resolución por fases; en el Capítulo 5 se realiza una evaluación numérica para evaluar los resultados obtenidos en diferentes pruebas aplicadas a los modelos presentados en los capítulos anteriores; en el Capítulo 6 se presentan las conclusiones y sugerencias para investigaciones a futuro a partir del presente trabajo.

2 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describe la problemática del proyecto introduciendo los principales temas en los que se basó el mismo. El marco teórico incluye un contexto sobre la aplicación de métodos cuantitativos como herramienta de programación de calendarios o programas de eventos en general (Sección 2.1), una reseña del uso de estas herramientas en eventos artísticos en particular (Sección 2.2) y finalmente en la Sección 2.3 una síntesis sobre la cultura y el carnaval en Uruguay.

2.1 Aplicación de métodos cuantitativos en la confección de calendarios

La utilización de modelos matemáticos permite la comprensión y la resolución de problemas, los cuales implican abstracciones que tienen en cuenta las interacciones relevantes de las entidades de dicho problema. Se busca con el modelo determinar una solución óptima dentro de un conjunto factible de decisiones. Es importante destacar que, en algunos casos, esto no puede realizarse en un tiempo razonable de cómputo debido a lo complejo que puede ser la realidad estudiada y en consecuencia el modelo matemático que la representa.

Los diferentes trabajos relevados se clasifican en dos tipos: problemas de programación de un acontecimiento y problemas de asignación relacionados. A su vez, dentro de los primeros, se clasifican según el tipo de evento: deportivo, académico o artístico.

Debido a que los deportes son parte de una gran actividad económica, las ligas profesionales pueden involucrar millones de seguidores y una inversión considerable en jugadores, derechos de emisión, merchandise y publicidad [5, 6, 7, 8]. Es por esto que se presentan oportunidades para optimizar las ganancias de las diferentes partes interesadas y minimizar costos respecto a las logísticas de organización, como distancias recorridas por los equipos o selección de los días de los partidos. Por ende, los calendarios son importantes para maximizar ganancias y mantener el interés de los medios y los fans, ya que pueden interferir en el rendimiento de todos los equipos participantes y tener un impacto económico. Encontrar la mejor programación de una liga o campeonato deportivo es una tarea que requiere equilibrar los intereses de diferentes partes interesadas y cumplir la reglamentación de cada liga.

Para eventos del ámbito académico, nos centramos en aquellos eventos que involucran a estudiantes, profesores, investigadores o padres de estudiantes. Encontramos trabajos en este campo que datan de 1985 hasta la fecha. Un tipo de evento importante en el ámbito académico son las conferencias. En estas, los autores de las investigaciones pueden difundir sus trabajos, recibir devoluciones de sus colegas o enriquecerse con otras investigaciones. Es por esto, que la programación de las conferencias resulta de interés, no solo para los propios investigadores, sino también para el público. Esto resulta en que se puede encontrar numerosos trabajos sobre este tema, como por ejemplo el trabajo realizado por Eglese y Rand [9], sobre las disertaciones en la conferencia anual de la fundación Tear en Inglaterra o también el realizado por Potthof y Munger [10], sobre la planificación de la reunión anual de la Public Choice Society. Otro tipo de problema relevante en el ámbito académico son los problemas de programación de exámenes ETTP (The Examination Timetabling Problem). Su objetivo es programar exámenes y asignar los correspondientes estudiantes en los salones. Los problemas ETTP y sus diferentes extensiones son problemas NP-completos, como fue demostrado en [11]. Se definen restricciones duras como: programar todos los exámenes, no exceder la capacidad de los salones, exclusividad de los salones para un examen, los estudiantes deben tener solamente un examen programado para el mismo periodo de tiempo y garantizar el orden de los exámenes. Por otro lado, se definen restricciones blandas como: evitar que los estudiantes tengan programados más de un examen el mismo día o en periodos consecutivos y que los exámenes con mayor cantidad de estudiantes sean al principio del periodo [12]. Mientras que las restricciones duras se deben cumplir para obtener una solución factible, la mejora de la calidad de la solución es obtenida al minimizar el incumplimiento de las restricciones blandas, que si se pueden incumplir [13].

Dentro de la clasificación de eventos artísticos, además de espectáculos artísticos, también consideramos comerciales de televisión. Debido a que los comerciales durante las pausas de programas de televisión generan ganancias millonarias anuales, hay diversos trabajos en la aplicación de métodos cuantitativos enfocados en la programación de estos. Como por ejemplo los trabajos realizados por Bai, Xie [14] y Kimms, Muller-Bungart [15].

Sobre espectáculos artísticos vamos a enfocarnos en la siguiente sección del marco teórico.

Si bien la investigación se enfoca en la programación de acontecimientos, dada la basta literatura de problemas de tipo asignación, se agrega esta categoría, ya que entendemos que la aplicación de estas metodologías aporta a la compresión del tema. Se encontraron ejemplos de aplicación en casos de asignación de vivienda, en los que se asigna dónde va a vivir un usuario dentro de una cantidad de apartamentos disponible [16]. En el área de la salud, se encontraron estudios para la planificación y programación eficiente de las salas de operaciones [17, 18, 19]. Además, para la gestión de los sistemas de logística y transporte, se trató el problema de asignación de franja horaria en líneas de transporte [20]. Fue abordado también el tema de programación de eventos, pero enfocados en la vida diaria de las personas, ya sea eventos individuales o en el que concurren varias personas, por ejemplo, con el uso de calendarios electrónicos como Outlook [21].

Dentro de nuestra investigación (ver Anexo 1), la menor cantidad de trabajos encontrados es en el campo artístico, donde dentro del mismo, la mayor parte abarcan la programación de comerciales de TV. Solamente tres artículos sobre el tema que motiva nuestro estudio fueron encontrados, representando menos del 4% de la totalidad de trabajos estudiados. La programación de eventos en la categoría de deportes es la que presenta la mayor cantidad de trabajos. Observamos que los métodos cuantitativos han sido aplicados a diferentes deportes, con el foco, en la mayoría de los casos, de maximizar ganancias, ya que los deportes involucran grandes sumas de dinero. Por otro lado, en el campo académico, los trabajos se centran en beneficiar a las partes interesadas. Por último, en la categoría de problemas de tipo asignación fue donde se encontró la mayor cantidad de trabajos. A pesar de no estar contenidos en nuestra definición de programación de eventos, según nuestra consideración favorecen la comprensión del tema.

En general los métodos cuantitativos se conocen por su aplicación en el rubro de la industria manufacturera. A lo largo de nuestro estudio identificamos que al poder aplicarlos en otros campos puede ser viable, enriquecedor y aporta buenos resultados al momento de la toma de decisiones.

2.2 Métodos cuantitativos y espectáculos artísticos

Consideramos eventos artísticos a aquellos eventos relacionados con el arte. Como arte tomaremos la definición de la Real Academia Española [3]: "manifestación de la actividad humana mediante la cual se interpreta lo real o se plasma lo imaginado con recursos plásticos, lingüísticos o sonoros".

Los autores Ortega, Pozo y Puerto [1] abordan un problema de toma de decisiones relativas a la planificación de la programación de ciertos espectáculos culturales en España, es decir, deciden en qué sitio y en qué horario se realizará cada evento. Para ello, consideran los puntos de vista procedentes de varios tomadores de decisiones involucrados en el proceso, así como los recursos limitados con los que se cuenta para la planificación de estos eventos en cuanto a presupuesto. La diferencia principal que encuentran entre esta planificación con respecto a otros problemas de tipo de asignación es que su objetivo es la maximización del bienestar social. Esto implica que no se persigue un fin de rentabilidad económica como en otros casos, sino que se busca la satisfacción y participación del público en los eventos. En este artículo, los autores pretenden proporcionar una oferta cultural atractiva con respecto a una combinación de preferencias de las partes involucradas. Se tienen en cuenta las modalidades culturales dentro de eventos, además de los lugares de actuación, el día de actuación, costos y presupuestos. Siendo el objetivo maximizar el bienestar general, adoptaron la convención de que el bienestar es calculado con la combinación de varios factores que dependen de la capacidad de atracción de los participantes, los sitios y los días del calendario, asignando para cada entidad un factor de bienestar. De esta forma, logran tener en cuenta el bienestar de todas las partes interesadas. Demostraron que la solución exacta es difícil de obtener usando únicamente el modelo propuesto, incluso para casos de tamaño medio. Este comportamiento los lleva a desarrollar un enfoque alternativo, en el que se llega a buenas soluciones aproximadas, así como límites válidos para evaluar la calidad de las soluciones. Para esto se basan en diferentes descomposiciones del modelo inicial, subproblemas, obteniendo así cotas rápidamente. En conclusión, afirman que el modelo original es complejo debido esencialmente a la interacción de cinco factores, que dan lugar a una formulación de programación entera con muchas variables. Por lo tanto, lograr el beneficio para todas las partes interesadas dificulta el problema. Destacan que para cada enfoque posterior al modelo se evidencia un tiempo de procesamiento significativamente menor que los reportados para este. Al utilizar un caso particular basándose en datos reales, encuentran que al implementarse se halla una mejora en la calidad de las soluciones respecto a lo acontecido la temporada anterior.

En la línea de programación de eventos artísticos nos encontramos con el trabajo de Bikakis, Kalogeraki y Gunopulos [22], donde asignan eventos a intervalos de tiempo, con el objetivo de maximizar la asistencia. Cada evento está asociado a una ubicación geográfica. Se tienen en cuenta aquellos que fueron programados por terceros y que pueden atraer posibles asistentes a los eventos sociales objetivos. Otro elemento del sistema es un conjunto de usuarios, para el cual se tiene una función que modela el interés del usuario, y la probabilidad que el este participe en una actividad social en un determinado período de tiempo. La idea es maximizar la utilidad total para una programación, la cual se calcula considerando la asistencia esperada para todos los eventos programados. En casos donde los modelos son altamente restringidos, no es posible encontrar una solución.

Más allá de encontrar trabajos relacionados, en ningún caso se cuenta con un problema de iguales características al planteado para este proyecto, donde además se trata de una competencia y es de suma importancia que para todas las agrupaciones sea justa la asignación.

El trabajo [1], considera los puntos de vista procedentes de varios tomadores de decisiones involucrados en el proceso, lo cual coincide con nuestro caso de estudio con respecto a que tiene en cuenta el punto de vista de los involucrados a la hora de estimar convocatoria, por ejemplo. También coincide con el propósito de nuestro caso que no es la maximización de ganancias económicas, sino un bienestar social. Una diferencia, es que este trabajo consiste en asignar sitios y días de actuación, mientras que nuestro proyecto asigna horarios y días en un mismo lugar. Otra diferencia es que nuestro caso estudiado es una competencia.

En [22], se programa las fechas y horarios para espectáculos, por ejemplo: festivales, conferencias o fiestas. A diferencia de nuestro proyecto que implica solamente la programación de la actuación de las diferentes agrupaciones que participan de un concurso. A su vez en [22], se tiene en cuenta que pueden existir eventos en otra parte de la ciudad que influyen en los espectáculos a programar.

Podemos destacar que estos temas que no son habituales en la aplicación de la ingeniería y que aportan a la gestión cultural.

2.3 Cultura y carnaval uruguayo

Se toma como cultura la definición de la Real Academia Española [3]: "conjunto de modos de vida y costumbres, conocimientos y grado de desarrollo artístico, científico, industrial, en una época, grupo social o lugar".

Para contextualizar la cultura y el carnaval uruguayo tomamos como referencia información brindada por los siguientes portales web: la Intendencia de Montevideo [23], Uruguay Natural [24] y el Portal de las Universidades Uruguayas [25].

La cultura de Uruguay se conforma a partir de influencias impartidas por las costumbres de inmigrantes de distintas regiones del mundo.

Se debe destacar como géneros musicales puramente autóctonos al candombe y la murga. El candombe tiene raíces africanas y se produce con tambores, mientras que la murga, que tiene raíces en España, particularmente en la región de la ciudad de Cádiz, consta de un coro que canta letras con contenido social en forma irónica y entretenida. Ambos tienen sus principales espectáculos durante el Carnaval, que es la gran fiesta popular uruguaya.

El Carnaval en Uruguay es una fiesta popular de carácter internacional. Se lo declaró Interés Nacional, se lo considera como la máxima fiesta popular y es el carnaval más largo del mundo. Empieza a finales de enero y continúa hasta mediados de marzo, durante más de 50 días, consistiendo en desfiles callejeros y escenarios barriales. Comienza en Montevideo con el Desfile Inaugural por la Avenida 18 de Julio, en el cual participan todos los grupos que intervienen en los festejos.

Los antecedentes provienen de Europa, donde en diferentes contextos, la celebración de las cosechas o de una festividad religiosa, servía como espacio para la reunión de los pueblos, creando un espacio de libertad individual y colectiva. En 1874 se organizó el primer concurso oficial de comparsas en Uruguay realizado el 16 de febrero en un escenario levantado en la plaza Matriz de Montevideo.

En el Desfile de Llamadas las comparsas desfilan por calles de Montevideo, específicamente en los barrios Sur y Palermo. En la Figura 1, la Figura 2 y la Figura 3, se pueden observar fotografías del Desfile de Llamadas de 2019.

En las noches de verano, los conjuntos carnavaleros, destacándose las murgas, recorren escenarios barriales, “tablados” y compiten en el Concurso Oficial del Carnaval, donde presentan con humor y sátira su visión del país y del mundo, valiéndose de múltiples arreglos corales, llamativos vestuarios y creativos maquillajes. En la Figuras 4 y la Figura 5 podemos observar dos murgas en sus respectivas presentaciones. Las categorías que participan e en el concurso y en los tablados montevideanos son Parodistas, Revistas, Humoristas y Lubolos. El concurso oficial es organizado por DAECPU (Directores Asociados de Espectáculos Carnavalescos Populares del Uruguay). Es una asociación integrada por las agrupaciones que participan del carnaval fundada en 1952. Está conformada por una comisión directiva, compuesta por un grupo de socios fundadores de carácter honorario y se encargan de la organización y programación de diferentes actividades relacionadas al carnaval [26].

Más allá de Montevideo, muchas de las ciudades del interior del país cuentan con su propio desfile inaugural, cada uno con sus propias particularidades. En el caso de las localidades fronterizas, como Rivera, Artigas y Melo los desfiles adoptan más elementos del carnaval brasileño. En la Figura 6 y en la Figura 7 se pueden observar fotografías del carnaval artiguense.

Figura 1: Desfile de Llamadas 2019, Montevideo [27]

Figura 2: Desfile de Llamadas 2019, Montevideo [28]

Figura 3: Desfile de Llamadas 2019, Montevideo [29]

Figura 4: Murga Cero Bola, Teatro de verano, marzo 2019 [30]

Figura 5: Murga Agarrate Catalina, febrero 2011 [31]

Figura 6: Desfile de Carnaval, Artigas [32]

Figura 7: Desfile de Carnaval, Artigas [33]

3 ANÁLISIS, FORMULACIÓN Y RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se desarrolla el caso de estudio. Para ello, se presenta en la Sección 3.1 y la Sección 3.2 una introducción sobre el concurso seleccionado, incluyendo el reglamento de este. En la Sección 3.3, se explica el proceso actual para el armado del calendario. En la Sección 3.4, se presenta el modelo matemático que se desarrolló para el concurso, en la Sección 3.5 el relevamiento, análisis y validación de datos. A continuación, la resolución del problema y validación de los resultados en la Sección 3.6. Finalmente, la Ronda 1 obtenida para el Calendario del Concurso 2019/2020 en la Sección 3.7.

3.1 Carnaval de las promesas y ADICAPRO

Con el fin de seleccionar como caso de estudio un espectáculo artístico nacional en donde se realice la programación del evento, nos comunicamos con la Gerencia de Eventos, una dependencia del Departamento de Cultura de la Intendencia de Montevideo, donde es propuesta la idea de trabajar con el carnaval de las promesas.

Como se menciona en el marco teórico, el carnaval tiene una fuerte relevancia en la cultura uruguaya. Esto se ve principalmente con el Concurso Oficial de Carnaval, que es excluyente para mayores de edad. Con el objetivo de promover la inclusión social y la integración de niñas, niños y adolescentes y fomentar el desarrollo artístico, personal y cultural de los mismos surge el Carnaval de las Promesas.

El Departamento de Cultura de la Intendencia de Montevideo en coordinación con la Asociación de Directores del Carnaval de las Promesas (ADICAPRO) organiza el evento “Carnaval de las Promesas”.

ADICAPRO es una institución sin fines de lucro, la cual fue fundada el 4 de junio de 1988. Su objetivo principal es el desarrollo artístico, personal y cultural de niños y adolescentes participantes del denominado Carnaval de las Promesas, de diversas zonas de Montevideo, e incluso, del interior del país [34].

Mediante el carnaval de las promesas se pretende que los niños logren un desarrollo personal y artístico, que logrará que, en futuras etapas de sus vidas, consigan tener una visión del mundo y las personas que los rodean, que les sea útil para alcanzar sus metas personales y profesionales.

En la actualidad participan del concurso entre 1500 y 2000 niños y jóvenes entre los 5 y 18 años. Los mismos son regularizados por INAU (Instituto del Niño y del Adolescente del Uruguay) en conjunto con la IM. En cuanto a lo que al espectáculo refiere, se tiene también un estricto control sobre el texto de los espectáculos.

Durante el año se apunta a realizar una actividad cultural con talleres de música, canto, coreografía, baile, actuación, maquillaje, vestuario y escenografía. Esto es llevado a cabo por niños, padres, excomponentes y técnicos formados dentro y fuera del Carnaval de las Promesas. Incluso en algunos casos, se ha contado con el apoyo de profesionales (psicólogos, asistentes sociales, etc.).

En la Figura 8, la Figura 9, la Figura 10 y la Figura 11 se presenta algunas imágenes de la etapa 1 del concurso 2019/2020 del Carnaval de las Promesas.

Figura 8: Sociedad de negros y lubolos Ohana en su presentación en el teatro de verano, 19/12/2019.

Figura 9: Humoristas Gnomos en su presentación en el teatro de verano 19/12/2019.

Figura 10: Sociedad de negros y lubolos Ohana bajando del escenario en el teatro de verano, 19/12/2019.

Figura 11: Revista Fenix en su presentación en el teatro de verano 19/12/2019.

3.2 Concurso y reglamento

Se menciona a continuación algunos de los artículos del reglamento que se consideran más relevantes para el caso de estudio, Reglamento Del Concurso Oficial De Agrupaciones Infantiles “Carnaval De Las Promesas 2020” [35]:

Artículo 1º- Misión y Visión: El Departamento de Cultura de la Intendencia de Montevideo, a través de su Gerencia de Festejos y Espectáculos, organiza el evento "Carnaval de las Promesas" en coordinación con la Asociación de Directores del Carnaval de las Promesas (A.DI.CA.PRO), con el objetivo de promover la inclusión social y la integración de niñas, niños y adolescentes de todo el territorio de Montevideo y área metropolitana. El objetivo de la integración social se busca plasmar a través del carnaval y su diversidad de expresiones artísticas, como excelente oportunidad para la generación de valores e identidad cultural. De este modo, promoviendo la formación artística a través del Carnaval, también se buscará fomentar y promover políticas específicas destinadas a infancia y juventud, como segmentos etarios principales para las políticas culturales del Departamento de Cultura. Dichas políticas contemplarán la formación en valores democráticos de participación, diversidad, tolerancia y perspectiva de género. En este último punto resulta fundamental el cuidado de nuestras niñas y adolescentes tendiendo a la resignificación del lugar de estas en el Carnaval, deconstruyendo roles y estereotipos femeninos heredados, para construir nuevos roles femeninos desde una perspectiva de igualdad de género. A través del Encuentro evaluatorio inicial y del Concurso Oficial de Agrupaciones Infantiles, se pretende combinar una serie de actividades de carácter participativo, formativo y de socialización que deberán encontrar en el concurso simplemente una excusa para juntarse a aprender y a disfrutar del carnaval como ámbito de integración y pertenencia.

Artículo 2º - Los eventos que constituyen el Carnaval de las Promesas 2019 serán: Monitoreo, Encuentro Evaluatorio (16 al 3 de noviembre de 2019), Desfile Oficial (7 de diciembre de 2019) y el Concurso Oficial de Agrupaciones Infantiles, a desarrollarse en el Teatro de Verano "Ramón Collazo" a partir del 19 de diciembre de 2019, rigiéndose en un todo por la presente reglamentación.

El Concurso de Agrupaciones Infantiles consta de dos ruedas en las que participarán todas las agrupaciones inscriptas. La administración de estos eventos será responsabilidad de la Gerencia de Festejos y Espectáculos en conjunto con ADICAPRO y se regirán por las normas que están encuadradas dentro de las disposiciones de la Constitución de la República, de las Leyes Nacionales y Decretos u Ordenanzas Municipales, especialmente en lo referente a la protección de niños, niñas y adolescentes.

Artículo 18º- La Gerencia de Festejos y Espectáculos designará al equipo de jurados que actuarán en el Encuentro Evaluatorio y en el Concurso Oficial, dentro del cual tres de ellos oficiarán como Monitores en la etapa previa al Encuentro. Durante los dos meses previos al mismo, el equipo de monitores realizará una recorrida por los ensayos de los conjuntos inscriptos que no hayan participado en el Carnaval anterior, y de aquellos conjuntos que sí hayan participado y que presentaron mayores debilidades en su proceso de trabajo a entender del Jurado actuante. El equipo de monitoreo visitará los ensayos de los conjuntos definidos según el criterio establecido, para evaluar las condiciones de trabajo de cada conjunto y realizar aportes y sugerencias para la mejora de estos previo al Encuentro Evaluatorio. En caso de considerarlo necesario, el equipo de monitoreo podrá realizar más de una visita a los conjuntos que encuentren con mayores dificultades en el proceso de trabajo. Al finalizar la recorrida por los ensayos de los conjuntos, el equipo de monitores deberá realizar un informe escrito sobre lo evaluado acerca del proceso de cada conjunto. Dicho informe será entregado a la Gerencia de Festejos y Espectáculos, y será un insumo para la evaluación a realizar tras el pasaje por el Encuentro Evaluatorio.

Artículo 19º- Durante el mes de octubre de 2019, en local a determinar por la Gerencia de Festejos y Espectáculos, se desarrollará el encuentro inicial en el que participarán todos los conjuntos inscriptos para participar del Carnaval de las Promesas 2020. Dicho encuentro tiene por objetivos:

- Un primer acercamiento al trabajo desarrollado hasta entonces por cada agrupación
- Una valoración del primer resultado del proceso desarrollado por los conjuntos que recibieron seguimiento del equipo de monitores
- El encuentro de todas y todos los integrantes de las diversas agrupaciones en una instancia en la que todos participan sin carácter competitivo
- Una evaluación del trabajo de cada agrupación por parte del jurado, con la finalidad de hacer una devolución a cada agrupación (participantes y adultos que trabajan junto a los y las participantes) para potenciar las fortalezas y realizar sugerencias para mejorar las debilidades encontradas en cada propuesta. El objetivo de estas devoluciones es de carácter formativo y apuntarán a que las propuestas se adecuen a la Misión que el Carnaval de las Promesas tiene según el Artículo 1º del presente reglamento.

Artículo 24º - Sociedades de Negros y Lubolos:

Constituyen una recreación libre de las manifestaciones afro uruguayas con sus trajes, cantos y bailes típicos, evocando los orígenes afro y su devenir natural y acompasado a la actualidad en vestimenta, coreografía y temática, sin perder la esencia conceptual del candombe y su evolución, no limitando la creación artística y su fusión argumental y musical. El espectáculo se desarrollará bajo el signo predominante del tambor, aunque se admitirá la utilización de otros instrumentos musicales, fuera de los de percusión.

Las letras y la música de los temas serán inéditas, debiendo regirse por la definición "inédita" contenida en el artículo 47º de este reglamento excepto en la despedida final del conjunto, que podrá utilizar el canto y la música tradicional del conjunto. Las propuestas podrán transmitir la evolución natural de la tradición del candombe. Los tambores podrán utilizar tensores, pero queda terminantemente prohibido la utilización de parches de "nylon" o similares, pudiendo solamente utilizar lonja.

Deberán contar como mínimo con una (1) bailarina principal; un (1) escobero/escobera; un (1) gramillero; una (1) mama vieja, seis (6) bailarinas, quienes danzarán acompañando los cuadros que se representen; dos (2) portabanderas, un (1) portaestandarte; una (1) estrella; una

(1) medialuna; un (1) cantante y nueve (9) tamborileros/tamborileras. Se puede contar con un (1) bailarín, pero no es obligatorio.

Integrantes: mínimo de veinticinco (25) y un máximo de sesenta y cinco (65). Estos/as integrantes deberán representar como mínimo siete (7) edades.

Sus actuaciones en el Concurso Oficial de Agrupaciones Infantiles tendrán una duración mínima de treinta (30) minutos y un máximo de cuarenta (40) minutos.

Artículo 25º - Revistas:

La categoría Revistas debe constituir una expresión artística integral de libre creación, conceptualmente imaginativa, tendiente a la diversión. Sin perjuicio de su característica de libre creación, se entiende que una Revista prioriza la alegría, la música y el baile. Los textos deberán ser inéditos, debiendo regirse por la definición "inédita", contenida en el artículo 47º de este reglamento. Podrán utilizarse músicas grabadas.

Armonizará coreografías, vestimenta, bailes, música, orquestaciones, canciones y parlamentos con marcada alegría, en una sucesión de cuadros enlazados que eviten la interrupción del espectáculo, dotándolo de continuidad y dinamismo. Estos cuadros alternarán lo artístico con lo divertido dentro de un clima alegre y colorido. Las letras serán inéditas. Las melodías musicales podrán ser inéditas. El cuerpo de baile estará integrado por bailarines y bailarinas.

Integrantes: mínimo dieciocho (18) máximo treinta y cinco (35). Estos integrantes deberán representar como mínimo siete (7) edades.

Sus actuaciones tendrán una duración mínima de treinta y cinco (35) y un máximo de cuarenta y cinco (45) minutos.

Artículo 26º - Parodistas:

Esta categoría deberá parodiar el argumento de obras, historias de hechos y/o personas de público y notorio conocimiento, en una imitación burlesca, realizada en tono jocoso, pudiendo, en determinados pasajes del espectáculo, tener matices dramáticos según la propuesta de cada conjunto. Para desarrollar su espectáculo cada conjunto de parodistas deberá: tener textos inéditos, debiendo regirse por la definición "inédita" contenida en el artículo 47º de este reglamento; cantar, realizar bailes y coreografías, usar vestuario, utilizar maquillaje, hacer una o varias parodias dentro del mismo. La música podrá ser interpretada por los propios integrantes o utilizando pistas grabadas.

Los cuadros de presentación y despedida serán optativos de cada conjunto y, en caso de realizarse, podrán ser o no parodias.

Integrantes: un mínimo de dieciocho (18), y un máximo de treinta y dos (32). Estos integrantes deberán representar como mínimo siete (7) edades.

Sus actuaciones en el Concurso Oficial de Agrupaciones Infantiles tendrán una duración mínima de treinta y cinco (35) minutos y un máximo de cuarenta y cinco (45) minutos.

Artículo 27º – Murgas:

Es una manifestación artística que refleja y representa diversos aspectos de la identidad uruguaya. El canto, la crítica, la sátira, la jocosidad, la picardía y la ironía son los pilares en que se sustenta el desarrollo artístico del género murguero, apostando fundamentalmente a la risa. El vestuario será alegre y colorido y el rostro deberá lucir maquillaje. Distingue a la Murga la mímica, la pantomima, la vivacidad, el movimiento, el contraste, la informalidad escénica y lo grotesco. La sincronización de movimientos se considerará válida si ésta diera mayor vuelo creativo al espectáculo y no fuera en contra de la informalidad característica de la Murga. Los textos deberán ser inéditos, debiendo regirse por la definición "inédita" contenida en el artículo 44º de este reglamento. Los instrumentos esenciales serán el platillo, bombo y redoblante, pudiendo utilizarse libremente otros instrumentos en carácter de apoyo.

Integrantes: mínimo diecisiete (17) máximo veintinueve (29). Estos integrantes deberán representar como mínimo siete (7) edades.

Sus actuaciones en el Concurso Oficial de Agrupaciones Infantiles tendrán una duración mínima de treinta (30) minutos y un máximo de cuarenta (40) minutos.

Artículo 28º- Humoristas:

Esta categoría se basará en la libre comicidad de escenas, situaciones o personajes no pudiendo basarse en argumentos de una obra literaria, hecho o suceso real.

Podrá utilizarse una creación jocosa única o plantearse varios cuadros con pequeños intervalos muy ágiles, enmarcados siempre en una faz cómica.

El planteo del espectáculo debe tender, con ingenio y creatividad, a descubrir y presentar cuadros, personajes, situaciones, sucesos y actos con características incongruentes y absurdas en donde predomina el humor, la sátira, la picardía y la jocosidad.

Los textos deberán ser inéditos, debiendo regirse por la definición "inédita", contenida en el artículo 47º de este reglamento. Deberán utilizar canciones y música, ésta podrá ser interpretada por los propios integrantes, o en su defecto utilizando pistas.

Integrantes: mínimo de dieciséis (16) y un máximo de veintinueve (29). Estos integrantes deberán representar como mínimo siete (7) edades.

Sus actuaciones en los espectáculos del Concurso Oficial de Agrupaciones Infantiles tendrán una duración mínima de veinticinco (25) minutos y una máxima de treinta y cinco (35) minutos.

Artículo 29º - Del Jurado del Concurso

El Jurado del Concurso Oficial de Agrupaciones Infantiles, estará integrado por un/una (1) presidente, cinco (5) integrantes titulares y un/una (1) funcionario/a administrativo/a que oficiará de secretario/a del cuerpo, designados por la Gerencia de Festejos y Espectáculos de la Intendencia de Montevideo.

El o la presidente deberá tener amplios conocimientos sobre el Carnaval de las Promesas y no podrá tener vinculación con ningún conjunto concursante durante su labor en la Presidencia del Jurado. Quien ejerza la Presidencia deberá tener amplias capacidades en el liderazgo del trabajo grupal, poniendo énfasis en la mirada pedagógica que del jurado se espera a la hora de sus devoluciones y premiaciones.

La designación de los integrantes del Jurado deberá contemplar el conocimiento de estos en materia de carnaval en general y de carnaval de las promesas en particular. También se ponderará su experiencia y formación artística vinculada al carnaval y a otros ámbitos de las artes y la cultura. Por último, resulta fundamental el perfil docente y pedagógico de quienes conformen el jurado, ya que el mismo deberá participar en instancias de evaluación con sus respectivas devoluciones, en las que se pondrá énfasis en el aspecto formativo de niños, niñas y adolescentes a través de las herramientas artísticas que cada categoría emplea para la creación de sus espectáculos. En cada rubro técnico los y las integrantes del jurado deberán manejar con solvencia los aspectos a evaluar, pero siempre dirigiendo las evaluaciones hacia una mirada formativa e integradora, en la que lo técnico se encuentre al servicio de lo humano. Los y las integrantes del jurado no podrán tener vinculación directa con los conjuntos participantes del Carnaval de las Promesas durante su designación como integrantes del cuerpo del jurado.

Artículo 36º - En cada rueda se hará un listado de la programación para conocimiento de los directores y las Directoras Responsables de los conjuntos, indicándose día y hora en que deberán estar presentes en el local donde se efectúe el Concurso. Además, se procederá por parte de A.DI.CA.PRO. a la notificación de la convocatoria a cada uno, en forma individual y por escrito. Un funcionario o funcionaria designado/a por la Gerencia de Festejos y Espectáculos fiscalizará la hora de llegada de los distintos conjuntos con la totalidad de sus integrantes y el director o Directora Responsable firmará un registro que acreditará la misma, aplicándose las sanciones correspondientes si se presentara fuera de los plazos establecidos.

Artículo 37º - En caso de que en una etapa queden conjuntos por concursar, debido a la suspensión por lluvia u otro motivo, pasarán a etapas restantes. La actuación de dichos conjuntos en las restantes etapas se realizará el día que designe el/la presidente del Jurado en acuerdo con ADICAPRO y la Gerencia de Festejos y Espectáculos.

Artículo 38º- El Concurso Oficial de Agrupaciones Infantiles 2019, se habrá de realizar de la siguiente manera:

DOS RUEDAS: donde participarán todos los conjuntos habilitados por este reglamento. Los puntajes totales obtenidos por todos los conjuntos participantes del Concurso Oficial de Agrupaciones Infantiles, desglosados por jurado, serán dados una vez finalizado dicho concurso al término de la segunda rueda.

FALLO FINAL: luego de concluida la actuación del último conjunto de la última etapa de la Segunda Rueda, el Jurado, en conjunto con los funcionarios y las funcionarias que la Gerencia de Festejos y Espectáculos designe a tal efecto, el delegado o delegada de A.DI.CA.PRO., un/a Escribano/a de la IM, que labrará el acta respectiva y en presencia de la prensa oral, escrita y televisiva debidamente acreditada, se reunirán a efectos de emitir el fallo final. De inmediato se procederá a la apertura de la urna, se contarán los sobres, clasificándolos por categoría y por nombre de conjunto.

Acto seguido se procederá a la apertura de los sobres, contabilizando lo dictaminado por cada uno de los Jurados, en planilla de clasificación que a tales efectos proporcionará la Gerencia de Festejos y Espectáculos.

El resultado final, será el producto de la sumatoria de los puntos de la primera y segunda rueda. El fallo del jurado será inapelable.

3.3 Planificación y relevamiento del armado del calendario

Con el objetivo de interiorizarse en el Carnaval de las Promesas y su programación, se consultó a los integrantes de ADICAPRO y la Gerencia de Eventos de la Intendencia de Montevideo. Los encargados de elaborar el calendario realizaron una introducción sobre la modalidad del concurso, agrupaciones, tipo de agrupaciones y de cómo confeccionaban el calendario los años anteriores. También, se estableció que este año se tomaría la solución de este proyecto y de acuerdo a la conformidad con el mismo, se optaría por utilizarlo, realizarle modificaciones o elaborar otro con la modalidad original. Más allá de encontrar una solución, la participación de los encargados actuales en la elección y validación del calendario es imprescindible para que éste sea acorde a sus criterios. Esta herramienta brindada es un apoyo a la toma de decisiones de la dirección, que no sustituye al responsable de tomar las decisiones.

Al profundizar en el tema, se observa que la elaboración del calendario por el método manual utilizado actualmente implica varias jornadas de trabajo. Además de ser complejo tener en cuenta todas las restricciones planteadas, también es posible que al realizar modificaciones causen un desajuste en otro aspecto. Por ello, es beneficioso encontrar un modelo matemático que represente correctamente la realidad, teniendo en cuenta todas las restricciones del sistema y que permita encontrar una solución en un menor tiempo.

El armado del concurso de carnaval implica un proceso largo, ya que se debe determinar un calendario teniendo en cuenta distintas consideraciones.

Para comenzar, se determinan cuántas agrupaciones se presentan y a cuál categoría pertenecen. Como se mencionó en los artículos del reglamento, las categorías son: murgas, sociedad de lubolos, humoristas parodistas y revistas. La situación ideal es que sean 10 etapas y que cada etapa esté conformada por 4 agrupaciones, siendo cada una de estas 4 agrupaciones de diferentes categorías. Si alguna etapa no pudiera tener 4 agrupaciones se suelen llamar invitados para que participen del concurso en esa etapa.

Posteriormente, se resuelve el cierre y la apertura de cada etapa del concurso. Se tiene en cuenta que las agrupaciones que cierran deben tener convocatoria alta para que el público decida quedarse hasta el final, ya que el cierre es un privilegio dentro de la cultura carnavalesca. Las dos categorías con mayor convocatoria en el Carnaval de las Promesas son parodistas y revistas, por esta razón son las que suelen tener dicho privilegio. De estas categorías se eligen los 5 parodistas y las 5 revistas que tuvieron las mayores puntuaciones en el concurso del año anterior, y con estas agrupaciones se crean dos “bombos” para sorteos. Algunas murgas también podrían cerrar dado que tienen buena convocatoria de público, pero hasta el momento no han actuado en el último horario.

Primero, un sorteo con 4 de las 10 agrupaciones, que lograron mayores puntajes en el año anterior, y estas son asignadas para ser sorteadas para actuar en las últimas 4 etapas en la cuarta hora. Esto ocurre ya que actuar en las últimas etapas de una ronda, también es una preferencia de las agrupaciones. Luego, se sortean las etapas restantes.

Los sorteos por horarios se hacen creando “bombos” para cada horario. Dicho bombo se conforma por un conjunto de agrupaciones preestablecidas para actuar en un mismo horario definido y se sortea en qué etapa para dicho horario actuará cada agrupación. Los bombos se eligen dependiendo de la cantidad de agrupaciones inscritas por categoría. Es recomendable que las categorías tengan un horario específico dentro de las etapas del calendario para que el público conozca el horario predominantemente que actuará cada categoría. El sorteo se hace con los directores de las agrupaciones para que sea transparente y de esta forma no se tenga favoritismos al elegir la etapa de cada agrupación.

De la forma que es armado el calendario actualmente, lo que resulta de mayor dificultad es armar la segunda ronda. Para esta ronda, se deben tener en cuenta ciertas restricciones con respecto a la ronda anterior. Por ejemplo, ningún par de agrupaciones que actúan en la misma etapa en la primera ronda pueden actuar en la misma etapa en la segunda ronda.

Otra consideración es la diferencia de días entre la actuación de una agrupación en la primera y la segunda ronda. Se espera que todas las agrupaciones tengan el mismo tiempo de preparación entre rondas, lo que hace más restringido el sorteo. Por último, ninguna agrupación que abre una etapa en la primera ronda abre en la segunda.

Otra consideración que se debe tener en cuenta a la hora de la programación es que algunas agrupaciones cuentan con bandas en vivo. Por la razón que la preparación del escenario para estas agrupaciones implica un tiempo considerable y para no extender la duración de la jornada, no debe actuar más de una agrupación con banda en vivo por etapa.

Se desea lograr un calendario equilibrado en cuanto a la asistencia de público. Para poder medirlo vamos a utilizar ponderaciones para cada agrupación.

3.4 Modelo matemático

La programación del concurso debe tener en cuenta la preferencia de las diferentes partes interesadas y cumplir el reglamento con el objetivo de equilibrar la asistencia de público en las etapas. El proceso de construcción del modelo se llevó a cabo junto con la recolección y análisis de los datos. Durante la construcción se realizaron pruebas de validación para que el modelo refleje la realidad del caso estudiado.

3.4.1 Objetivo

Lograr una programación del calendario del Carnaval de las Promesas de manera que las etapas sean equilibradas en relación con la asistencia del público. Para esto, se minimiza las desviaciones de la ponderación de popularidad de cada etapa con respecto al promedio de ponderaciones.

3.4.2 Conjuntos

D: Conjunto de etapas, con cardinalidad de $D = DN$
T: Conjunto de horarios, con cardinalidad de $T = TN$.
C: Conjunto de rondas, con cardinalidad de $C = CN$.
M: Conjunto de murga.
P: Conjunto de parodistas.
H: Conjunto de humoristas.
L: Conjunto de lubolos.
R: Conjunto de revistas.
I: Conjunto de invitados.
$A = M \cup P \cup H \cup L \cup R \cup I$: Conjunto de agrupaciones, con cardinalidad de $A = AN$.
$R1$: Conjunto de agrupaciones que pueden cerrar.
$R2$: Conjunto de agrupaciones que pueden abrir.
B: Conjunto de agrupaciones que tienen banda en vivo.
$K = \{1..5\}$: Conjunto de tipo de categoría a la que pertenece la agrupación, con: 1= murga, 2= lubolos, 3= humoristas, 4= parodistas y 5= revistas.

3.4.3 Parámetros

V_i : Ponderación para cada agrupación i, indica la popularidad en términos de convocatoria.

$w = \frac{\sum_{i \in A} V_i}{AN}$: Promedio de ponderaciones

HN: Cantidad de humoristas que deben actuar en el segundo horario.

HU: Cantidad de humoristas que deben actuar en el tercer horario.

DL={3,5,6,8} : Etapas para las cuales la diferencia entre una ronda y otra es de más menos dos días.

$F_i \in K$: Parámetro para agrupación *i* que define el tipo de categoría a la que pertenece la agrupación.

3.4.4 Variables

Variables de decisión

$$x_{i,d,t,c} = \begin{cases} 1 & \text{si la agrupación } i \text{ actúa en la etapa } d\text{, en el horario } t\text{, en la ronda } c. \\ 0 & \text{sí no.} \end{cases}$$

$$s_{k,t,c} = \begin{cases} 1 & \text{si la agrupación tipo } k \text{ actúa en el horario } t\text{, en la ronda } c. \\ 0 & \text{sí no.} \end{cases}$$

Variables auxiliares

z_c : variable auxiliar para medir la desviación de la ponderación promedio en cada ronda.

$y_{d,c}$: $d \in D, c \in C$ Ponderación para la etapa *d*, en la ronda *c*. Es la suma de las ponderaciones de las agrupaciones que actúan esa etapa.

3.4.5 Formulación matemática

$$\min \sum_{c \in C} z_c \tag{1}$$

s.a:

$$y_{d,c} = \frac{\sum_{i \in A} \sum_{t \in T} V_i \, x_{i,d,t,c}}{4} \quad \forall\, d \in D, \forall\, c \in C \tag{2}$$

$$z_c \geq y_{d,c} - w \quad \forall d \in D, \forall c \in C \tag{3}$$

$$z_c \geq w - y_{d,c} \quad \forall d \in D, \forall c \in C \tag{4}$$

$$\sum_{t\in T}\sum_{d\in D} x_{i,d,t,c} = 1 \qquad \forall i \in A, \forall c \in C \tag{5}$$

$$\sum_{i\in A} x_{i,d,t,c} = 1 \qquad \forall t \in T, \forall d \in D,\ \forall c \in C \tag{6}$$

$$x_{i,d,TN,c} = 0 \quad \forall i \in A\backslash R1, \forall d \in D,\ \forall c \in C \tag{7}$$

$$x_{i,d,1,c} = 0 \quad \forall i \in A\backslash R2, \forall d \in D,\ \forall c \in C \tag{8}$$

$$\sum_{d\in D} x_{i,d,1,1} + \sum_{d\in D} x_{i,d,1,2} \leq 1 \qquad \forall\ i \in A \tag{9}$$

$$x_{i,d,t,c} + x_{p,d,t+1,c} \leq 1 \quad \forall d \in D, \forall c \in C, \forall t \in \{1,(TN-1)\}, \forall\ i,p \in A\ ,\ F_i = F_p \tag{10}$$

$$\sum_{i\in L}\sum_{t\in T} x_{i,d,t,c} \leq 1 \qquad \forall d \in D, \forall c \in C \tag{11}$$

$$\sum_{i\in M}\sum_{t\in T} x_{i,d,t,c} \leq 1 \qquad \forall d \in D, \forall c \in C \tag{12}$$

$$\sum_{i\in R}\sum_{t\in T} x_{i,d,t,c} \leq 1 \qquad \forall d \in D, \forall c \in C \tag{13}$$

$$\sum_{i\in P}\sum_{t\in T} x_{i,d,t,c} \geq 1 \qquad \forall d \in D, \forall c \in C \tag{14}$$

$$\sum_{i\in P}\sum_{t\in T} x_{i,d,t,c} \leq 2 \qquad \forall d \in D, \forall c \in C \tag{15}$$

$$\sum_{i\in H}\sum_{t\in T} x_{i,d,t,c} \geq 1 \qquad \forall d \in D, \forall c \in C \tag{16}$$

$$\sum_{i\in H}\sum_{t\in T} x_{i,d,t,c} \leq 2 \qquad \forall d \in D, \forall c \in C \tag{17}$$

$$\sum_{t\in T} x_{i,d,t,1} + \sum_{t\in T} x_{p,d,t,1} + \sum_{t\in T} x_{i,l,t,2} + \sum_{t\in T} x_{p,l,t,2} \leq 3 \quad \forall\ d\ , l \in D, \forall\ i,p \in A, \forall\ i \neq p \tag{18}$$

$$\sum_{t\in T}\sum_{i\in B} x_{i,d,t,c} \leq 1 \qquad \forall d \in D, \forall c \in C \tag{19}$$

$$\sum_{i \in P} x_{i,d,Ti,c} + \sum_{i \in P} x_{i,d+1,Ti,c} = 1 \quad \forall d \in [1,(D-1)], \forall c \in C \tag{20}$$

$$\sum_{i \in R} x_{i,d,Ti,c} + \sum_{i \in R} x_{i,d+1,Ti,c} = 1 \quad \forall d \in [1,(D-1)], \forall c \in C \tag{21}$$

$$\sum_{i \in M} x_{i,d,Ti,c} + \sum_{i \in M} x_{i,d+1,Ti,c} = 1 \quad \forall d \in [1,(D-1)], \forall c \in C \tag{22}$$

$$\sum_{t \in T} x_{i,d,t,1} \leq \sum_{d \in [(d-2),(d+2)]} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,2} \qquad \forall d \in DL, \forall\, i \in A \tag{23}$$

$$\sum_{t \in T} x_{i,1,t,1} \leq \sum_{d \in [1,4]} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,2} \qquad \forall\, i \in A \tag{24}$$

$$\sum_{t \in T} x_{i,2,t,1} \leq \sum_{d \in [1,4]} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,2} \qquad \forall\, i \in A \tag{25}$$

$$\sum_{t \in T} x_{i,4,t,1} \leq \sum_{d \in [1,6]} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,2} \qquad \forall\, i \in A \tag{26}$$

$$\sum_{t \in T} x_{i,7,t,1} \leq \sum_{d \in [5,10]} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,2} \qquad \forall\, i \in A \tag{27}$$

$$\sum_{t \in T} x_{i,9,t,1} \leq \sum_{d \in [7,10]} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,2} \qquad \forall\, i \in A \tag{28}$$

$$\sum_{t \in T} x_{i,10,t,1} \leq \sum_{d \in [7,10]} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,2} \qquad \forall\, i \in A \tag{29}$$

$$\sum_{t \in T} s_{k,t,c} = 1 \qquad k \in \{1,2\}, \forall\, c \in C \tag{30}$$

$$\sum_{i \in L} \sum_{d \in D} x_{i,d,t,c} \geq 3 s_{2,t,c} \qquad \forall c \in C, \forall\, t \in T \tag{31}$$

$$\sum_{i \in M} \sum_{d \in D} x_{i,d,t,c} \geq 4 s_{1,t,c} \qquad \forall c \in C, \forall\, t \in T \tag{32}$$

$$\sum_{d \in D} \sum_{i \in H} x_{i,d,2,c} \leq HN \qquad \forall c \in C \tag{33}$$

$$\sum_{d \in D} \sum_{i \in H} x_{i,d,3,c} \geq HU \qquad \forall c \in C \tag{34}$$

$$\sum_{c \in C} \sum_{d \in D} x_{4,d,3,c} = 1 \tag{35}$$

$$x_{i,d,t,c} \in \{0,1\} \quad \forall \text{ i} \in A, \forall\, d \in D, \forall\, t \in T, \forall c \in C \tag{36}$$

$$s_{k,t,c} \in \{0,1\} \quad \forall\, k \in K, \forall\, t \in T, \forall c \in C \tag{37}$$

Como se muestra en (1), la función objetivo minimiza la desviación de la ponderación promedio en cada ronda con el promedio objetivo. La familia de ecuaciones (2) corresponde a definir la ponderación por etapa, mientras las familias de ecuaciones (3) y (4) calculan el mayor desvío de esa ponderación con respecto a la ponderación promedio para cada ronda.

La familia de restricciones (5) asegura que toda agrupación es asignada una única vez en cada ronda, mientras que la familia de restricciones (6) asegura que para cada espacio de tiempo hay una única agrupación asignada. Las familias de ecuaciones (7) y (8) determina los conjuntos de agrupaciones que pueden tanto cerrar como abrir las etapas en ambas rondas. La familia de restricciones (9) asegura que una agrupación que haya sido asignada a primera hora en la ronda uno, no sea asignada a primera hora en la ronda 2. La familia de ecuaciones (10) asegura que dos agrupaciones de la misma categoría no pueden actuar en horarios pegados en la misma etapa.

Las familias de restricciones (11) a (17) permiten definir la cantidad de veces por etapa que actuarán agrupaciones pertenecientes a cada categoría. Para las categorías que la cantidad de agrupaciones participantes es menor a la cantidad de etapas de una ronda, debe haber como máximo una única presentación de esa categoría por etapa. Para las categorías que la cantidad de agrupaciones participantes es mayor a la cantidad de etapas de una ronda, siempre debe haber una presentación de esa categoría y no más de dos por etapa. Para el concurso del año 2019/2020, las categorías que tienen menos agrupaciones que el número de etapas por ronda son lubolos, murgas y revistas, mientras que las categorías que tienen más agrupaciones que el número de etapas por ronda son parodistas y humoristas.

La familia de restricciones (18) asegura que ningún par de agrupaciones que actuaron en la misma etapa en la primera ronda actúen en la misma etapa en la segunda ronda. La familia de restricciones (19) asegura que no actúe más de una agrupación con banda en la misma etapa. Las familias de restricciones (20), (21) y (22) aseguran la alternancia del tipo de agrupación en los cierres de las etapas.

Las familias de restricciones (23) a (29) aseguran la distancia entre la ronda 1 y la ronda 2 para cada agrupación. Estas separaciones se visualizan en la Tabla 1, donde los números del esquema representan en qué etapa de la ronda 1 actuaron. Por ejemplo, si en la ronda 1 actuaron en la etapa 1, en la ronda 2 pueden actuar en las etapas 1, 2, 3 y 4.

RONDA 2									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	3	4	5	6	7	7
2	2	2	2	4	5	6	7	8	8
3	3	3	3	5	6	7	8	9	9
4	4	4	4	6	7	8	9	10	10
		5	5	7	8	9	10		
			6			10			

Tabla 1: Esquema de separación de días entre rondas para una agrupación.

Dado que es recomendable que las categorías tengan un horario específico dentro de las etapas del calendario, para que el público conozca el horario predominantemente que actuará cada categoría, la restricción (30) asigna un horario fijo al tipo de agrupación. Para este año, teniendo en cuenta las cantidades de agrupaciones por categoría y los cierres, se asignará el horario para la categoría lubolos y para las murgas que no cierran, estas restricciones están comprendido en las familias de ecuaciones (31) y (32).

La familia de restricciones (33) y (34) aseguran una cantidad *HN* y *HU* de humoristas que sean asignados en los horarios 2 y 3 respectivamente. Esto se debe a que en el momento que actúen estas agrupaciones debe haber suficiente público, lo que sucede en estos horarios.

La restricción (35) es específica para este año y se coordinó con la contraparte. Asegura que cierta revista con una buena performance el año pasado, actúe a tercera hora en una de las dos rondas.

Las ecuaciones (36) y (37) son restricciones de dominio para las variables binarias.

Para corroborar el funcionamiento del modelo, se asignó arbitrariamente valores a los parámetros del sistema: ponderaciones de las agrupaciones y promedio. Se incluyeron gradualmente diferentes restricciones de manera de ir validando el modelo de a grupos de restricciones y procurando obtener una solución en cada caso.

Debido a que con el software GLPK no se encontraba solución para el modelo completo, se decide usar para todo el proyecto el paquete de software de optimización AMPL – CPLEX versión 12.8.0.0 y versión 12.9.0.0 Se corrió el modelo en la computadora de características: CPU Intel Core i7 - 6700 - 3.40GHz - 24GB RAM, obteniendo solución factible.

3.5 Relevamiento, análisis y validación de datos

Los parámetros de entrada del modelo están compuestos por las agrupaciones a programar, su respectiva ponderación de popularidad, el promedio de esta ponderación, agrupaciones que cuentan con bandas y los conjuntos de agrupaciones que pueden cerrar y abrir una etapa.

La información de las agrupaciones que participan este año del concurso fue brindada por ADICAPRO, y para la edición 2019/2020 está compuesta de la siguiente manera: 8 revistas, 12 parodistas, 11 humoristas, 6 murgas y 3 lubolos, totalizando 40 agrupaciones. Del total de agrupaciones que participan en esta edición, 11 agrupaciones son catalogadas como nuevas, es la primera vez que participan en este concurso. A su vez, en esta edición, participan 5 agrupaciones con bandas.

- **Revistas:** Saphirus, Adrenalina, Dulcinea, Zodiaco, Los Buscadores, Fenix, Jade, Mandala.
- **Parodistas:** Quijotes, Buby's Bis, Poppin's, Imagine, Indigos, Crossed, Troyanos, Wonkas, Celestinos, Príncipes, Toon's, Zabritos.
- Humoristas: Gremlins, Valu's, Gnomos, Los Vagabundos, Cachirulos, Atomix, Aliados, Bam Bam, Sidney, Los Chapitas, Los Toby's.
- **Murgas:** Mano A Mano, La Zafada, Chin Pum Fuera, Los Pepinitos, La Descocada, Diablitos Verdes.
- **Lubolos:** Suena La Madera, Tocando Lunas, Ohana.
- **Agrupaciones nuevas:** Mandala, Wonkas, Celestinos, Príncipes, Toon's, Zabritos, Sidney, Los Chapitas, Los Toby's, Tocando Lunas, Ohana.
- **Agrupaciones con banda:** Suena La Madera, Tocando Lunas, Ohana, Los Chapitas, Zodiaco.
- **Agrupaciones que abren:** Suena La Madera, Tocando Lunas, Ohana, Chin Pum Fuera, Los Pepinitos, La Descocada, Diablitos Verdes, Los Buscadores, Jade, Mandala, Indigos, Troyanos Wonkas, Celestinos, Príncipes, Toon's, Zabritos, Sidney, Los Chapitas, Los Toby's.
- **Agrupaciones que cierran:** Saphirus, Adrenalina, Dulcinea, Fenix, Quijotes, Buby's Bis, Poppin's, Imagine, Mano A Mano, La Zafada.

Uno de los objetivos del proyecto es encontrar un calendario equilibrado en cuanto a la concurrencia de público. Es por esto por lo que se debe determinar una manera de estimar la concurrencia del público para cada agrupación.

Una posibilidad para estimar dicha concurrencia era relacionar la misma con la cantidad de entradas vendidas por las agrupaciones. Antes de comenzar el concurso, ADICAPRO les entrega a todas las agrupaciones entradas anticipadas para vender. La cantidad de entradas vendidas el año pasado podría estimar la concurrencia para este año. Sin embargo, según lo indicado por la organización, no sería una forma correcta de estimar concurrencia ya que algunas agrupaciones que no venden entradas anticipadas, pero por su desempeño en concursos anteriores, gozan de una alta popularidad y concurrencia. Por otro lado, este año actúan nuevas agrupaciones de las cuales no se tiene información sobre la cantidad de entradas vendidas el año pasado.

La manera optada para medir la concurrencia de las agrupaciones fue mediante el uso de encuestas. Al principio se sugirió que estas encuestas sean realizadas solamente por la gerencia de ADICAPRO, pero para involucrar a las agrupaciones en este proyecto, lo cual también lleva a motivarlos en su entendimiento y aceptación, las encuestas fueron realizadas por éstas. De esta manera, un delegado de cada agrupación debió indicar sí la convocatoria del resto de las agrupaciones era alta, mediana o baja. Se prefirió que la agrupación no puntúe a otras de su misma categoría para lograr una mayor objetividad. Se crearon 5 clases diferentes de encuestas para cada categoría. Por ejemplo, los parodistas realizaron una encuesta en la que opinan sobre la concurrencia de revistas, lubolos, murgas y humoristas. Ver en Anexo 2 encuesta ejemplo para parodistas.

Luego de que las encuestas fueron realizadas, se procesó esta información de la siguiente manera. Primero, se contó la cantidad de votos que cada agrupación obtuvo en cada una de las convocatorias. Segundo, se puntuó a la convocatoria alta con un índice de 10, a la convocatoria media con 5 y la convocatoria baja con 1. Finalmente, se calculó el promedio de convocatoria de cada agrupación.

Promedio de ponderación de agrupación =

$$\frac{10\ \sum votos\ de\ convocatoria\ alta\ +\ 5\sum votos\ de\ convocatoria\ media\ +\sum votos\ de\ convocatoria\ baja}{\sum votos}$$

Para determinar el promedio total de convocatoria = $\frac{\sum promedio\ ponderaciones}{cantidad\ de\ agrupaciones}$

El promedio obtenido en este caso fue de 5,51.

Ver en Anexo 3: resultados de la encuesta (cantidad de votos por categoría y ponderación de convocatoria).

El modelo busca un calendario factible equilibrado, esto implica minimizar la diferencia entre el promedio de cada etapa de ambas rondas y promedio total de las agrupaciones, 5,51.

La evaluación sobre el uso de encuestas fue positiva por parte de las diferentes agrupaciones participantes, lo cual proporcionó más transparencia al proyecto y permitirá aceptar el calendario obtenido. La gerencia de ADICAPRO evaluó como positivo el involucramiento de todas las agrupaciones y validó los datos obtenidos con estas encuestas, para los promedios de ponderaciones obtenidos.

3.6 Resolución del problema y validación de los resultados

Luego de validado el modelo y los datos, se corre el modelo y se obtienen diferentes calendarios para presentar a ADICAPRO.

En las reuniones anteriores con ADICAPRO, existieron ciertas discrepancias sobre determinadas familias de restricciones o conjuntos de agrupaciones. Por esta razón, construimos diferentes calendarios con combinaciones de esas discrepancias para compararlos.

Los escenarios con discrepancias eran los siguientes:

- Cierre de etapas: el conjunto de agrupaciones que cierran las etapas podría estar conformado por 5 revistas y 5 parodistas o por 4 revistas, 4 parodistas y 2 murgas.

- Hasta el momento, en las últimas 4 etapas de una ronda, cerraban las 4 agrupaciones con mayor puntaje del concurso del año anterior. Para este año ADICAPRO propone evaluar esta restricción, comparando calendarios con y sin esta restricción.

- Evaluar la posibilidad de que murgas y lubolos actúen siempre en el mismo horario.

Se presentó a ADICAPRO cuatro versiones de calendarios con combinaciones de los escenarios mencionados anteriormente. Estos calendarios pueden observarse en el Anexo 4.

ADICAPRO valida los resultados luego de evaluar los calendarios presentados. A su vez, se sugieren nuevas consideraciones para que el modelo se ajuste más a sus intenciones.

Las nuevas consideraciones son las siguientes:

- De manera de evitar asignaciones inadecuadas, se determinó el conjunto de agrupaciones que pueden abrir las etapas (restricción 8). Originalmente se habían determinado sólo las agrupaciones que cerraban las etapas.

- Si una agrupación es asignada en primera hora en una ronda, en la ronda siguiente no debe ser asignada a primera hora (restricción 9). Esto es una forma de no castigar a la misma agrupación, abriendo una etapa en ambas rondas.

- Se determinó que, para cierta revista, al a haber sido uno de los ganadores del año anterior, en una de las dos rondas actuará a tercera hora. Este horario es considerado beneficioso por las agrupaciones debido a la concurrencia de público (restricción 35).

Luego de estas modificaciones, se corre el modelo final. En la primera instancia, se obtuvo una solución en un tiempo de 15.000 segundos con valor de la función objetivo de 6,91. Ver en Anexo 5 el calendario obtenido.

Con el cometido de reducir el valor objetivo y el tiempo de procesamiento, se corre en otra computadora con mayor capacidad de cómputo. En esta instancia, se obtuvo una solución en un tiempo de procesamiento de 14.409 segundos, con valor de la función objetivo 2,17 y un gap de dualidad de 97,79 %.

El gap de dualidad es una forma posible de medir la calidad de la solución de un problema de optimización. Si el valor es cero, entonces sabemos con certeza que hemos encontrado la solución óptima al problema. Si existe gap y no es cero, entonces sabemos con certeza que el problema es factible, pero no hemos podido encontrar la solución óptima o no es posible demostrar que la solución encontrada es la óptima [36].

Se observa que, en esta instancia, se redujo el tiempo de procesamiento en 4 % y el valor de la función objetivo en 30 %, comparado con la versión anterior. A partir de este momento se toma esta alternativa de calendario, presentado en la Figura 12, como el caso base. En la figura se presenta el promedio de concurrencia para cada etapa, definido en (2).

RONDA 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	LOS BUSCADORES	ZABRITOS	CELESTINOS	JADE	SIDNEY	LOS CHAPITAS	MANDALA	INDIGOS	TROYANOS	TOON'S
2	WONKAS	LA DESCOCADA	OHANA	CROSSED	DIABLITOS VERDES	PRINCIPES	SUENA LA MADERA	CHIN PUM FUERA	TOCANDO LUNAS	LOS PEPINITOS
3	CACHIRULOS	BAM BAM	VALU'S	GNOMOS	ZODIACO	LOS VAGABUNDOS	ALIADOS	ATOMIX	GREMLINS	LOS TOBY'S
4	LA ZAFADA	DULCINEA	POPPIN'S	MANO A MANO	BUBY'S BIS	FENIX	QUIJOTES	ADRENALINA	IMAGINE	SAPHIRUS
PROM	5,48	5,52	5,59	5,49	5,62	5,69	5,30	5,35	5,57	5,55

RONDA 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	OHANA	WONKAS	DIABLITOS VERDES	LA DESCOCADA	SUENA LA MADERA	PRINCIPES	LOS PEPINITOS	TOCANDO LUNAS	LOS TOBY'S	CHIN PUM FUERA
2	ZABRITOS	JADE	CELESTINOS	LOS BUSCADORES	CROSSED	ZODIACO	MANDALA	TOON'S	INDIGOS	TROYANOS
3	GNOMOS	BAM BAM	CACHIRULOS	LOS CHAPITAS	VALU'S	ATOMIX	SIDNEY	LOS VAGABUNDOS	GREMLINS	ALIADOS
4	LA ZAFADA	POPPIN'S	DULCINEA	BUBY'S BIS	FENIX	MANO A MANO	IMAGINE	ADRENALINA	QUIJOTES	SAPHIRUS
PROM	5,71	5,18	5,32	5,20	5,79	5,71	5,22	5,81	5,73	5,47

Promedio deseado por día = 5,51

REVISTA PARODISTAS HUMORISTAS MURGA LUBOLOS

Figura 12: Calendario determinado como caso base

En la Tabla 2 se presenta a modo de resumen de ambas versiones: los tiempos de procesamiento y valor objetivo en cada caso.

Versión	Software	Hardware	Valor objetivo Total	Valor objetivo Ronda 1	Valor objetivo Ronda 2	Tiempo de procesamiento (s)
Versión 1	AMPL–CPLEX Versión 12.8.0.0	Intel Core i5 - 8250U- @1.60 GHz - 12 gb RAM	6,91	4,02	2,89	15.000
Versión 2	AMPL–CPLEX Versión 12.9.0.0	Intel Core i7-6700- @ 3.40GHz- 24 gb RAM	2,17	0,84	1,33	14.409

Tabla 2: Resumen de las versiones obtenidas.

En la Figura 13, se presenta una gráfica con la evolución del gap de dualidad y del valor objetivo durante el tiempo de ejecución para el caso base. De la misma se observa que se tardó 2.300 segundos en hallar una primera solución factible. Luego, el valor objetivo disminuyó 78 % y el gap de dualidad 1,7 % en los primeros 7.500 segundos después de haberla encontrado. Durante el restante tiempo de ejecución, 4.400 segundos, no hubo variaciones.

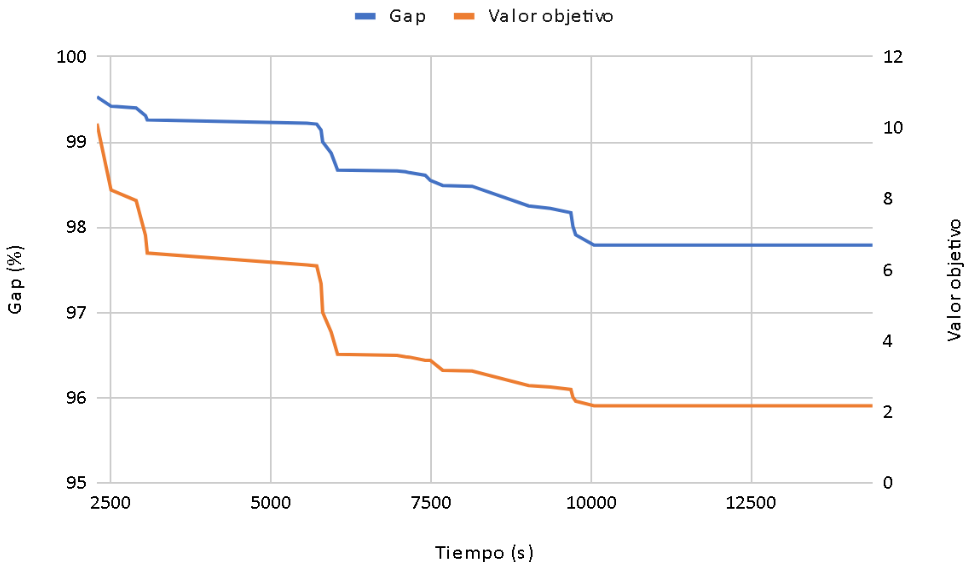

Figura 13: Evolución del gap de dualidad y del valor objetivo durante el tiempo de ejecución para caso base

3.7 Ronda 1 Calendario del Concurso 2019/2020

En esta sección se describe el proceso para la selección del calendario de la ronda 1 del concurso a partir de la solución obtenida con el modelo matemático.

Se realizó una reunión donde se presenta a la directiva de ADICAPRO las dos alternativas de calendario. Por parte de estos se validan los calendarios obtenidos, considerándolos adecuados y que el calendario caso base se ajusta más a sus necesidades y preferencias.

Al calendario caso base se le realizan cambios manuales por parte de ADICAPRO. Estos cambios se deben a que algunas agrupaciones en las fechas determinadas por la solución del modelo coinciden con eventos personales impostergables. Además, consideraron oportuno utilizar como ronda 1 a la encontrada como ronda 2 por el modelo. Esto se debe a ciertas consideraciones específicas de la cultura carnavalesca que permitirán que el calendario resultante sea considerado más adecuado para las agrupaciones y así utilizarlo en el concurso de la edición 2019/2020, comenzando en diciembre.

Se puede realizar esta clase de modificaciones manuales debido a que se obtiene un calendario adecuado sin utilizar un tiempo considerable de procesamiento de la herramienta para resolver el problema. Esto demuestra que la aplicación de métodos cuantitativos es una herramienta de ayuda en la toma de decisiones, luego la sugerencia de ajustes y la decisión final la tienen los integrantes de ADICAPRO. El calendario con los cambios manuales por parte de ADICAPRO se presenta en la Figura 14, para el cual la distancia de Hamming comparada al caso base es de 8. La distancia de Hamming, es un valor que sirve para comparar la diferencia entre los calendarios obtenidos. Se calcula comparando posición a posición, otorgando un valor de 1 cuando en la posición los valores no son iguales y 0 en otro caso, y luego haciendo la suma de todos los 1 obtenidos.

RONDA 1										
	Jueves 19	Viernes 20	Sabado 21	Domingo 22	Lunes 23	Jueves 26	Viernes 27	Sabado 28	Domingo 29	Lunes 30
1	OHANA	WONKAS	LA DESCOCADA	DIABLITOS VERDES	SUENA LA MADERA	PRINCIPES	LOS PEPINITOS	TOCANDO LUNAS	LOS TOBY'S	CHIN PUM FUERA
2	ZABRITOS	MANDALA	CELESTINOS	LOS BUSCADORES	CROSSED	ZODIACO	JADE	TOON'S	INDIGOS	TROYANOS
3	GNOMOS	BAM BAM	CACHIRULOS	LOS CHAPITAS	VALU'S	ATOMIX	SIDNEY	LOS VAGABUNDOS	GREMLINS	ALIADOS
4	FENIX	POPPIN'S	ADRENALINA	BUBY'S BIS	LA ZAFADA	MANO A MANO	IMAGINE	DULCINEA	QUIJOTES	SAPHIRUS
PROM	5,44	5,27	5,62	5,14	6,05	5,71	5,13	5,82	5,73	5,47

Promedio deseado por día = 5,51				
REVISTA	PARODISTAS	HUMORISTAS	MURGA	LUBOLOS

Figura 14: Calendario del Concurso de Carnaval de las Promesas 2019/2020 (primera ronda).

En la presentación oficial del calendario para el concurso del Carnaval de las Promesas 2019/2020, llevada a cabo en el anfiteatro de la Torre de las Comunicaciones el sábado 30 de noviembre, ADICAPRO presentó solamente la ronda 1 de la competencia. Luego, en la etapa 9 de la primera ronda, se presentó la ronda 2 de la competencia. El motivo de no presentar las dos rondas juntas es por el caso que exista suspensión de alguna etapa en la ronda 1, implicando una reprogramación de la ronda 2. El saber el calendario de antemano, que en caso de suspensión ya no sería usado, puede ocasionar discrepancias por parte de agrupaciones que prefieran su actuación de acuerdo con la programación original y no la nueva.

4 RESOLUCIÓN ALTERNATIVA DEL PROBLEMA

En el presente capítulo, se estudia la posibilidad de resolver el problema mediante otra estrategia de resolución. Surge la alternativa de encontrar una solución basándose en resolver cada ronda de manera independiente. Esto sería, encontrar una programación para la ronda 1 y utilizar esa información para hallar la programación de la ronda 2.

Originalmente, el objetivo era elaborar un modelo que permita resolver las dos rondas al mismo tiempo, buscando el óptimo global y teniendo en cuenta las restricciones que relacionan las dos rondas. Debido a que el tiempo de resolución para el modelo de ambas rondas para nuestro caso base fue de 14.409 segundos, se estudia si resolver el problema en dos fases podría resultar en una reducción del tiempo de procesamiento. En [37] se observa el uso de una metodología de resolución por fases para reducir el tiempo de procesamiento.

Esta metodología implica dos modelos diferentes, derivados de modificaciones del modelo original utilizado para calcular las dos rondas. En el Modelo Ronda 1, se eliminan las restricciones que involucran a la ronda 2, y se obtiene una programación únicamente para la ronda 1 del concurso. Mientras que en el Modelo Ronda 2, se ingresa la solución del Modelo Ronda 1 como parámetros del modelo, para poder obtener una ronda 2 que tenga en cuenta las asignaciones de agrupaciones de la ronda 1. También se eliminan de este último modelo aquellas restricciones que involucran solo a la ronda 1.

A continuación, se presenta el modelo con los cambios necesarios para representar solo la ronda 1, los conjuntos, parámetros y variables son los mismos de la Sección 3, se presentan nuevamente para facilitar el entendimiento al lector.

4.1 Modelo Ronda 1

Al programar una única ronda también se debe tener en cuenta la preferencia de las diferentes partes interesadas y cumplir el reglamento con el objetivo de equilibrar la asistencia de público en las etapas.

4.1.1 Objetivo

Lograr una programación de la primera ronda del calendario del carnaval de las promesas de manera que las etapas sean equilibradas en relación con la asistencia del público. Para esto se trata de minimizar las desviaciones de la ponderación de popularidad de cada etapa con respecto al promedio de ponderaciones.

4.1.2 Conjuntos

D: Conjunto de etapas, con cardinalidad de $D = DN$
T: Conjunto de horarios, con cardinalidad de $T = TN$.

C: Conjunto de rondas, con cardinalidad de $C = CN$.
M: Conjunto de murga.
P: Conjunto de parodistas.
H: Conjunto de humoristas.
L: Conjunto de lubolos.
R: Conjunto de revistas.
I: Conjunto de invitados.
$A = M \cup P \cup H \cup L \cup R \cup I$: Conjunto de agrupaciones, con cardinalidad de $A = AN$.
R1: Conjunto de agrupaciones que pueden cerrar.
R2: Conjunto de agrupaciones que pueden abrir.
B: Conjunto de agrupaciones que tienen banda en vivo.
$K = \{1..5\}$: Conjunto de tipo de categoría a la que pertenece la agrupación, con: 1= murga, 2= lubolos, 3= humoristas, 4= parodistas y 5= revistas.

4.1.3 Parámetros

V_i : Ponderación para cada agrupación *i*, indica la popularidad en términos de convocatoria.
$w = \frac{\sum_{i \in A} V_i}{AN}$: Promedio de ponderaciones

HN: Cantidad de humoristas que deben actuar en el segundo horario.

HU: Cantidad de humoristas que deben actuar en el tercer horario.

$DL=\{3,5,6,8\}$: Etapas para las cuales la diferencia entre una ronda y otra es de más menos dos días.

$F_i \in K$: Parámetro para agrupación *i* que define el tipo de categoría a la que pertenece la agrupación.

4.1.4 Variables

Variables de decisión

$$x_{i,d,t,c} = \begin{cases} 1 & \text{si la agrupación } i \text{ actúa en la etapa } d\text{, en el horario } t\text{, en la ronda } c. \\ 0 & \text{sí no.} \end{cases}$$

$$s_{k,t,c} = \begin{cases} 1 & \text{si la agrupación tipo } k \text{ actúa en el horario } t\text{, en la ronda } c. \\ 0 & \text{sí no.} \end{cases}$$

Variables auxiliares

z_c : variable auxiliar para medir la desviación de la ponderación promedio en cada ronda.

$y_{d,c}$: $d \in D, c \in C$ Ponderación para la etapa d, en la ronda c. Es la suma de las ponderaciones de las agrupaciones que actúan esa etapa.

4.1.5 Formulación matemática

$$\min z_1 \tag{38}$$

s.a:

$$y_{d,1} = \frac{\sum_{i \in A} \sum_{t \in T} V_i \, x_{i,d,t,1}}{4} \quad \forall\, d \in D \tag{39}$$

$$z_1 \geq y_{d,1} - w \quad \forall d \in D \tag{40}$$

$$z_1 \geq w - y_{d,1} \quad \forall d \in D \tag{41}$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{d \in D} x_{i,d,t,1} = 1 \quad \forall i \in A \tag{42}$$

$$\sum_{i \in A} x_{i,d,t,1} = 1 \quad \forall t \in T, \forall d \in D \tag{43}$$

$$x_{i,d,TN,1} = 0 \quad \forall i \in A \backslash R1, \forall d \in D \tag{44}$$

$$x_{i,d,1,1} = 0 \quad \forall i \in A \backslash R2, \forall d \in D \tag{45}$$

$$x_{i,d,t,1} + x_{p,d,t+1,1} \leq 1 \quad \forall d \in D, \forall t \in \{1, (TN-1)\}, \forall\, i, p \in A\,,\ F_i = F_p \tag{46}$$

$$\sum_{i \in L} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,1} \leq 1 \quad \forall d \in D \tag{47}$$

$$\sum_{i \in M} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,1} \leq 1 \quad \forall d \in D \tag{48}$$

$$\sum_{i \in R} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,1} \leq 1 \quad \forall d \in D \tag{49}$$

$$\sum_{i \in P} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,1} \geq 1 \quad \forall d \in D \tag{50}$$

$$\sum_{i\in P}\sum_{t\in T} x_{i,d,t,1} \leq 2 \qquad \forall d \in D \tag{51}$$

$$\sum_{i\in H}\sum_{t\in T} x_{i,d,t,1} \geq 1 \qquad \forall d \in D \tag{52}$$

$$\sum_{i\in H}\sum_{t\in T} x_{i,d,t,1} \leq 2 \qquad \forall d \in D \tag{53}$$

$$\sum_{t\in T}\sum_{i\in B} x_{i,d,t,1} \leq 1 \qquad \forall d \in D \tag{54}$$

$$\sum_{i\in P} x_{i,d,Ti,1} + \sum_{i\in P} x_{i,d+1,Ti,1} = 1 \quad \forall d \in [1,(D-1)] \tag{55}$$

$$\sum_{i\in R} x_{i,d,Ti,1} + \sum_{i\in R} x_{i,d+1,Ti,1} = 1 \quad \forall d \in [1,(D-1)] \tag{56}$$

$$\sum_{i\in M} x_{i,d,Ti,1} + \sum_{i\in M} x_{i,d+1,Ti,1} = 1 \quad \forall d \in [1,(D-1)] \tag{57}$$

$$\sum_{t\in T} s_{k,t,1} = 1 \qquad k \in \{1,2\} \tag{58}$$

$$\sum_{i\in L}\sum_{d\in D} x_{i,d,t,1} \geq 3s_{2,t,1} \qquad \forall t \in T \tag{59}$$

$$\sum_{i\in M}\sum_{d\in D} x_{i,d,t,1} \geq 4s_{1,t,1} \qquad \forall t \in T \tag{60}$$

$$\sum_{d\in D}\sum_{i\in H} x_{i,d,2,1} \leq HN \tag{61}$$

$$\sum_{d\in D}\sum_{i\in H} x_{i,d,3,1} \geq HU \tag{62}$$

$$\sum_{d\in D} x_{4,d,3,1} = 1 \tag{63}$$

$$x_{i,d,t,c} \in \{0,1\} \quad \forall\, \mathrm{i} \in A, \forall\, d \in D, \forall\, t \in T, \forall c \in C \tag{64}$$

$$s_{k,t,c} \in \{0,1\} \quad \forall\, k \in K\,, \forall\, t \in T, \forall c \in C \tag{65}$$

En (38) la función objetivo minimiza la desviación de la ponderación promedio con el promedio objetivo. La familia de ecuaciones (39) corresponde a definir la ponderación por etapa, mientras las familias de ecuaciones (40) y (41) calculan el mayor desvío de esa ponderación con respecto a la ponderación promedio.

La familia de restricciones (42) asegura que toda agrupación es asignada una única vez, mientras la familia de restricciones (43) asegura que para cada espacio de tiempo hay una única agrupación asignada. Las familias de ecuaciones (44) y (45) determina los conjuntos de agrupaciones que pueden tanto cerrar como abrir las etapas. La familia de ecuaciones (46) asegura que dos agrupaciones de la misma categoría no pueden actuar en horarios pegados en la misma etapa.

Las familias de restricciones (47) a (53) permiten definir la cantidad de veces por etapa que actuarán agrupaciones pertenecientes a cada categoría. Para las categorías que la cantidad de agrupaciones participantes es menor a la cantidad de etapas de una ronda, debe haber como máximo una única presentación de esa categoría por etapa. Para las categorías que la cantidad de agrupaciones participantes es mayor a la cantidad de etapas de una ronda, siempre debe haber una presentación de esa categoría y no más de dos por etapa. Para el concurso del año 2019/2020, las categorías que tienen menos agrupaciones que el número de etapas por ronda son lubolos, murgas y revistas, mientras que las categorías que tienen más agrupaciones que el número de etapas por ronda son parodistas y humoristas.

La familia de restricciones (54) asegura que no actúe más de una agrupación con banda en la misma etapa. Las familias de restricciones (55), (56) y (57) aseguran la alternancia del tipo de agrupación en los cierres de las etapas.

Dado que es recomendable que las categorías tengan un horario específico dentro de las etapas del calendario, para que el público conozca el horario predominantemente que actuará cada categoría, la restricción (58) asigna un horario fijo al tipo de agrupación. Para este año, teniendo en cuenta las cantidades de agrupaciones por categoría y los cierres, se asignará el horario para la categoría lubolos y para las agrupaciones pertenecientes a murgas que no cierran, estas restricciones están comprendido en las familias de ecuaciones (59) y (60).

La familia de restricciones (61) y (62) aseguran una cantidad *HN* y *HU* de humoristas que sean asignados en los horarios 2 y 3 respectivamente. Esto se debe a que en el momento que actúen estas agrupaciones debe haber suficiente público, lo que sucede en estos horarios.

La restricción (63) es específica para este año y se coordinó con la contraparte. Asegura que cierta revista con una buena performance el año pasado, le toque actuar a tercera hora.

Las ecuaciones (64) y (65) son restricciones de dominio para las variables binarias.

4.2 Evaluación Modelo Ronda 1

Resultados obtenidos:

- ➢ Valor de la función objetivo para la ronda 1: z_1=0,06
- ➢ Tiempo de procesamiento ronda 1: 2,283 segundos.
- ➢ Distancia de Hamming: 35, calculada con respecto al caso base.

Para analizar la diferencia entre los calendarios obtenidos se utiliza la distancia de Hamming definida en la Sección 3.9. En este caso, se encuentra una distancia de 35, por lo cual se puede concluir que el calendario obtenido difiere sustancialmente del calendario de ronda 1 del caso base.

El valor de la función objetivo para la primera ronda disminuye con respecto al de la primera ronda del caso base, lo que refleja que el calendario obtenido es más equilibrado. Esto se debe a que este modelo solamente resuelve la primera ronda y se encuentra menos restringido que el modelo base. La programación obtenida para la ronda 1 mediante esta metodología es la de la Figura 15.

RONDA 1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	WONKAS	TOON'S	TROYANOS	LOS TOBY'S	SIDNEY	CELESTINOS	INDIGOS	LOS BUSCADORES	ZABRITOS	JADE
2	MANDALA	OHANA	DIABLITOS VERDES	CHIN PUM FUERA	PRINCIPES	SUENA LA MADERA	LA DESCOCADA	CROSSED	TOCANDO LUNAS	LOS PEPINITOS
3	BAM BAM	GREMLINS	ATOMIX	ZODIACO	GNOMOS	CACHIRULOS	ALIADOS	VALU'S	LOS VAGABUNDOS	LOS CHAPITAS
4	LA ZAFADA	IMAGINE	ADRENALINA	QUIJOTES	DULCINEA	MANO A MANO	SAPHIRUS	POPPIN'S	FENIX	BUBY'S BIS
PROM	5,51	5,51	5,51	5,51	5,52	5,50	5,53	5,52	5,53	5,52

Promedio deseado por día = 5,51

REVISTA PARODISTAS HUMORISTAS MURGA LUBOLOS

Figura 15: Calendario ronda 1 obtenida con el Modelo Ronda 1

4.3 Modelo Ronda 2

Al programar la ronda 2 con los datos de la ronda uno como entrada, también se debe tener en cuenta la preferencia de las diferentes partes interesadas y cumplir el reglamento con el objetivo de equilibrar la asistencia de público en las etapas.

4.3.1 Objetivo

Lograr una programación de la segunda ronda del calendario del carnaval de las promesas que depende de lo sucedido en la realidad en la ronda uno, de manera que las etapas de la segunda ronda sean equilibradas en relación con la asistencia del público. Para esto se trata de minimizar las desviaciones de la ponderación de popularidad de cada etapa con respecto al promedio de ponderaciones.

Los conjuntos parámetros y variables son los ya presentados en la Sección 3.4.2 y la Sección 4.1.2

4.3.2 Formulación matemática

$$\min z_2 \tag{66}$$

s.a:

$$y_{d,2} = \frac{\sum_{i\in A}\sum_{t\in T} V_i\, x_{i,d,t,2}}{4} \quad \forall\, d \in D \tag{67}$$

$$z_2 \ \geq \ y_{d,2} \ - \ w \qquad \forall d \in D \tag{68}$$

$$z_2 \ \geq \ w \ - \ y_{d,2} \qquad \forall d \in D \tag{69}$$

$$\sum_{t\in T}\sum_{d\in D} x_{i,d,t,c} \ = 1 \qquad \forall i \in A, \forall c \in C \tag{70}$$

$$\sum_{i\in A} x_{i,d,t,c} = 1 \qquad \forall t \in T, \forall d \in D,\ \forall c \in C \tag{71}$$

$$x_{i,d,TN,2} = 0 \ \ \forall i \in A \backslash R1, \forall d \in D \tag{72}$$

$$x_{i,d,1,2} = 0 \ \ \forall i \in A \backslash R2, \forall d \in D \tag{73}$$

$$\sum_{d\in D} x_{i,d,1\,,1} + \sum_{d\in D} x_{i,d,1\,,2} \leq 1 \qquad \forall\, i \in A \tag{74}$$

$$x_{i,d,t,c} + \ x_{p,d,t+1,c} \quad \leq 1 \quad \forall d \in D, \forall c \in C, \forall t \in \{1,(TN-1)\}, \forall\, i,p \in A\ ,\ F_i \ = \ F_p \tag{75}$$

$$\sum_{i\in L}\sum_{t\in T} x_{i,d,t,2} \leq 1 \qquad \forall d \in D \tag{76}$$

$$\sum_{i\in M}\sum_{t\in T} x_{i,d,t,2} \leq 1 \qquad \forall d \in D \tag{77}$$

$$\sum_{i\in R}\sum_{t\in T} x_{i,d,t,2} \leq 1 \qquad \forall d \in D \tag{78}$$

$$\sum_{i \in P} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,2} \geq 1 \qquad \forall d \in D \tag{79}$$

$$\sum_{i \in P} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,2} \leq 2 \qquad \forall d \in D \tag{80}$$

$$\sum_{i \in H} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,2} \geq 1 \qquad \forall d \in D \tag{81}$$

$$\sum_{i \in H} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,2} \leq 2 \qquad \forall d \in D \tag{82}$$

$$\sum_{t \in T} x_{i,d,t,1} + \sum_{t \in T} x_{p,d,t,1} + \sum_{t \in T} x_{i,l,t,2} + \sum_{t \in T} x_{p,l,t,2} \leq 3 \quad \forall\, d, l \in D, \forall\, i, p \in A, \forall\, i \neq p \tag{83}$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{i \in B} x_{i,d,t,2} \leq 1 \qquad \forall d \in D, \forall c \in C \tag{84}$$

$$\sum_{i \in P} x_{i,d,Ti,2} + \sum_{i \in P} x_{i,d+1,Ti,2} = 1 \quad \forall d \in [1,(D-1)] \tag{85}$$

$$\sum_{i \in R} x_{i,d,Ti,2} + \sum_{i \in R} x_{i,d+1,Ti,2} = 1 \quad \forall d \in [1,(D-1)] \tag{86}$$

$$\sum_{i \in M} x_{i,d,Ti,2} + \sum_{i \in M} x_{i,d+1,Ti,2} = 1 \quad \forall d \in [1,(D-1)] \tag{87}$$

$$\sum_{t \in T} x_{i,d,t,1} \leq \sum_{d \in [(d-2),(d+2)]} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,2} \qquad \forall d \in DL, \forall\, i \in A \tag{88}$$

$$\sum_{t \in T} x_{i,1,t,1} \leq \sum_{d \in [1,4]} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,2} \qquad \forall\, i \in A \tag{89}$$

$$\sum_{t \in T} x_{i,2,t,1} \leq \sum_{d \in [1,4]} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,2} \qquad \forall\, i \in A \tag{90}$$

$$\sum_{t \in T} x_{i,4,t,1} \leq \sum_{d \in [1,6]} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,2} \qquad \forall\, i \in A \tag{91}$$

$$\sum_{t \in T} x_{i,7,t,1} \leq \sum_{d \in [5,10]} \sum_{t \in T} x_{i,d,t,2} \qquad \forall\, i \in A \tag{92}$$

$$\sum_{t\in T} x_{i,9,t,1} \leq \sum_{d\in[7,10]} \sum_{t\in T} x_{i,d,t,2} \qquad \forall\, i \in A \tag{93}$$

$$\sum_{t\in T} x_{i,10,t,1} \leq \sum_{d\in[7,10]} \sum_{t\in T} x_{i,d,t,2} \qquad \forall\, i \in A \tag{94}$$

$$\sum_{t\in T} s_{k,t,2} = 1 \qquad k \in \{1,2\} \tag{95}$$

$$\sum_{i\in L} \sum_{d\in D} x_{i,d,t,2} \ \geq\ 3s_{2,t,2} \qquad \forall\, t \in T \tag{96}$$

$$\sum_{i\in M} \sum_{d\in D} x_{i,d,t,2} \ \geq\ 4s_{1,t,2} \qquad \forall\, t \in T \tag{97}$$

$$\sum_{d\in D} \sum_{i\in H} x_{i,d,2,2} \leq HN \tag{98}$$

$$\sum_{d\in D} \sum_{i\in H} x_{i,d,3,2} \geq HU \tag{99}$$

$$\sum_{c\in C} \sum_{d\in D} x_{4,d,3,c} = 1 \tag{100}$$

$$x_{i,d,t,1} = 1 \tag{101}$$

$$x_{i,d,t,c} \in \{0,1\} \quad \forall\, \mathrm{i} \in A, \forall\, d \in D, \forall\, t \in T, \forall c \in C \tag{102}$$

$$s_{k,t,c} \in \{0,1\} \quad \forall\, k \in K, \forall\, t \in T, \forall c \in C \tag{103}$$

La función objetivo (66) minimiza la desviación de la ponderación promedio con el promedio objetivo. La familia de ecuaciones (67) corresponde a definir la ponderación por etapa, mientras las familias de ecuaciones (68) y (69) calculan el mayor desvío de esa ponderación con respecto a la ponderación promedio.

La familia de restricciones (70) asegura que toda agrupación es asignada una única vez en esta ronda, mientras la familia de restricciones (71) asegura que para cada espacio de tiempo hay una única agrupación asignada. Las familias de ecuaciones (72) y (73) determina los conjuntos de agrupaciones que pueden tanto cerrar como abrir las etapas para la ronda 2. La familia de restricciones (74) asegura que una agrupación que haya sido asignada a primera hora en la ronda 1, no sea asignada a primera hora en la ronda 2. La familia de ecuaciones (75) asegura que dos agrupaciones de la misma categoría no pueden actuar en horarios pegados en la misma etapa.

Las familias de restricciones (76) a (82) permiten definir la cantidad de veces por etapa que actuarán agrupaciones pertenecientes a cada categoría. Para las categorías que la cantidad de agrupaciones participantes es menor a la cantidad de etapas de esta ronda, debe haber como máximo una única presentación de esa categoría por etapa. Para las categorías que la cantidad de agrupaciones participantes es mayor a la cantidad de etapas de una ronda, siempre debe haber una presentación de esa categoría y no más de dos por etapa. Para el concurso del año 2019/2020, las categorías que tienen menos agrupaciones que el número de etapas por ronda son lubolos, murgas y revistas, mientras que las categorías que tienen más agrupaciones que el número de etapas por ronda son parodistas y humoristas.

La familia de restricciones (83) asegura que ningún par de agrupaciones que actuaron en la misma etapa en la primera ronda actúen en la misma etapa en esta ronda. La familia de restricciones (84) asegura que no actúe más de una agrupación con banda en la misma etapa. Las familias de restricciones (85), (86) y (87) aseguran la alternancia del tipo de agrupación en los cierres de las etapas de la ronda 2.

Las familias de restricciones (88) a (94) aseguran la distancia entre la ronda 1 y la ronda 2 para cada agrupación. Estas separaciones se visualizan en la Tabla 1, donde los números del esquema representan en qué etapa de la ronda 1 actuaron. Por ejemplo, si en la ronda 1 actuaron en la etapa 1, en la ronda 2 pueden actuar en las etapas 1, 2, 3 y 4.

Dado que es recomendable que las categorías tengan un horario específico dentro de las etapas del calendario, para que el público conozca el horario predominantemente que actuará cada categoría, la restricción (95) asigna un horario fijo al tipo de agrupación. Para este año, teniendo en cuenta las cantidades de agrupaciones por categoría y los cierres, se asignará el horario para la categoría lubolos y para las murgas que no cierran, estas restricciones están comprendido en las familias de ecuaciones (96) y (97).

La familia de restricciones (98) y (99) aseguran una cantidad *HN* y *HU* de humoristas que sean asignados en los horarios 2 y 3 respectivamente para la ronda 2. Esto se debe a que en el momento que actúen estas agrupaciones debe haber suficiente público, lo que sucede en estos horarios.

La restricción (100) es específica para este año y se coordinó con la contraparte. Asegura que cierta revista con una buena performance el año pasado, le toque estar a tercera hora en una de las dos rondas.

Las restricciones (101) se utilizan para ingresar la solución de la ronda 1 como parámetros del sistema.

Las ecuaciones (102) y (103) son restricciones de dominio para las variables binarias.

4.4 Evaluación Modelo Ronda 2

Al ejecutar el Modelo Ronda 2 con la solución obtenida en el Modelo Ronda 1 para los datos de este año, no existe solución factible. En consecuencia, consideramos que encontrar una solución a este problema mediante la resolución de forma independiente de ambas rondas no es una opción acertada en este caso comparada con la metodología que resuelve ambas rondas al mismo tiempo.

Concluimos que no siempre se podrá utilizar, depende de los datos, consideraciones y parámetros del caso de estudio. Si bien esta metodología implica una disminución del tiempo de procesamiento de la ronda 1 con respecto al modelo de ambas rondas juntas, no asegura encontrar solución para la ronda 2. Cuando nos planteamos resolver las dos rondas al mismo tiempo, el programa busca el óptimo para ambas rondas teniendo en cuenta las restricciones que las relacionan. Al eliminar estas restricciones y no buscar el óptimo global, puede que no se encuentre una solución factible para la ronda dos, como en este caso.

Por esta razón decidimos descartar la alternativa de resolver el problema en dos etapas, utilizando el modelo base para determinar la programación de ambas rondas.

Sin embargo, un modelo que permita programar la ronda 2 con datos de la ronda 1, es una herramienta valorada para ADICAPRO. Esto se debe a que hay cierta probabilidad de que alguna etapa de la primera ronda se suspenda, por ejemplo, a causa de inclemencias del clima. Esta estrategia permite tener en cuenta lo que sucedió en la primera ronda para poder programar la siguiente ronda.

De forma de evaluar el modelo ronda 2 en caso de ser usado para suspensión de etapas, se ingresó como datos la solución de la ronda 1 obtenida en el caso base. La solución obtenida fue igual a la solución hallada con el modelo base, este caso sirvió para validar el Modelo Ronda 2. Esta solución fue encontrada en un tiempo muy reducido con respecto al modelo original de dos rondas.

Resultados obtenidos:

- ➢ Valor de la función objetivo: z_1 = 0,84; z_2= 1,33.
- ➢ Tiempo de procesamiento Ronda 2: 1,2 segundos.

La estrategia de resolver las dos rondas juntas no implica que al suspenderse alguna etapa de la ronda 1, se obtenga una ronda 2 factible ejecutando el Modelo Ronda 2. Igualmente consideramos útil presentar inicialmente un calendario con la programación para las dos rondas, ya que te asegura contar con un calendario factible para cada una de las rondas.

5 EXPERIMENTACIÓN NUMÉRICA

El objetivo de la experimentación numérica es evaluar el resultado obtenido en diferentes casos de prueba, considerando el tiempo de procesamiento, el valor de la función objetivo y los calendarios obtenidos. Para llevar a cabo la experimentación numérica se plantearon los casos de prueba que mencionaremos a continuación.

Debido a diferentes sucesos que pueden ocurrir durante el concurso, como por ejemplo inclemencias climáticas algunas etapas pueden ser suspendidas en su totalidad o parcialmente, dado que el espectáculo se realiza al aire libre. Por lo cual, uno de los casos de prueba es suspender etapas del concurso. Si alguna etapa de la ronda 1 es suspendida durante el concurso, el calendario para la segunda ronda debe reprogramarse teniendo en cuenta lo acontecido en la ronda anterior. En ciertos casos analizados se eliminaron algunas restricciones para lograr factibilidad. En cada caso se aclara cuáles son, porqué y para qué son eliminadas.

Otro caso de prueba es la modificación de parámetros de entrada. Esto es necesario dado que los datos pueden tener cierta incertidumbre y es útil saber cómo esto se refleja en la solución correspondiente.

Finalmente, con el objetivo de determinar qué impacto tiene inicializar parcialmente información en el solver, se decide estudiar cómo este comporta computacionalmente al inicializar distintas variables de decisión.

A continuación, presentamos los resultados del CASO BASE, con el objetivo de compararlo con cada prueba de la experimentación numérica.

CASO BASE:

- Valor de la función objetivo: z = 2,17
- Valor de la función objetivo: Ronda 1: z_1 = 0,84; Ronda 2: z_2= 1,33
- Tiempo de procesamiento: 14.409 segundos.
- Promedio objetivo: 5,51.

Para analizar la diferencia entre los calendarios obtenidos en las diferentes pruebas de la experimentación numérica y el calendario del caso base, se utiliza la distancia de Hamming definida en la Sección 3.9.

5.1 Suspensión de etapas

Como mencionamos anteriormente, debido a inclemencias del tiempo u otro tipo de inconveniente, algunas etapas pueden verse suspendidas durante el concurso. En el caso que se suspenda alguna etapa de la ronda 1, el calendario del concurso debe volver a programarse para la ronda 2, teniendo en cuenta las etapas que sí han sido llevadas a cabo. Se evalúan los resultados cuando se suspende una etapa, dos etapas, tres etapas y media etapa. Para estos casos utilizamos el modelo presentado en la sección anterior, Modelo Ronda 2, el cual consiste en un modelo sólo de la ronda 2, al cual se le debe ingresar las posiciones de las agrupaciones obtenidas luego del transcurso de la ronda 1 como parámetros iniciales del modelo.

5.1.1 Suspensión de 1 etapa

Para realizar esta prueba elegimos suspender arbitrariamente la etapa 4. En el carnaval de las promesas en caso de suspenderse una etapa, esta se posterga para el final de la ronda correspondiente. Para este caso, las etapas 5 al 10 son numerados nuevamente del 4 al 9, de manera de respetar el orden en el que estaban planificados. Mientras que lo planificado para el día 4 es llevado a cabo el día 10 de la ronda.

Resultados obtenidos:

- Valor de la función objetivo: $z_2 = 3{,}24$
- Tiempo de procesamiento Ronda 2 (R2): 1,2 segundos.
- Distancia de Hamming: 31.

Concluimos que aumentó el valor de la función objetivo de la ronda 2 respecto al valor de esta en el calendario del caso base. Esto implica que es más desequilibrada la asistencia de público. El tiempo de procesamiento de la ronda 2 en el caso de que ocurra esta suspensión es evaluado positivamente ya que permite obtener rápidamente una solución.

5.1.2 Suspensión de 2 etapas

Para realizar esta prueba se consideraron los siguientes casos: suspensión de las etapas 7 y 8 y suspensión de las etapas 2 y 6.

5.1.2.1 Suspensión de etapas 7 y 8

Se repite el procedimiento de pasar al final de la ronda los días suspendidos, en este caso las etapas 7 y la 8.

Resultados obtenidos:

- Valor de la función objetivo: $z_2 = 4{,}02$.
- Tiempo de procesamiento R2: 1,1 segundos.
- Distancia de Hamming: 24.

Se observa que aumenta el valor de la función objetivo de la ronda 2 en relación con el caso base. El tiempo de procesamiento al igual que cuando se suspende una sola etapa, es evaluado positivamente ya que permite obtener rápidamente una solución.

5.1.2.2 Suspensión de etapas 2 y 6

Se decide suspender estas etapas con el cometido de demostrar que es posible que al suspender dos etapas de la ronda 1, no existe solución factible para la ronda 2.

Al correr el modelo se verificó la infactibilidad de la ronda 2. El motivo de la no factibilidad es que en ambos días cerraban revistas y en la última etapa también. Por lo que, al realizar las adaptaciones correspondientes luego de la suspensión, de los últimos 4 días, 3 cerraban revistas, no permitiendo cumplir con la alternancia requerida para el cierre y la diferencia entre las actuaciones de una misma agrupación entre ambas rondas.

Probamos relajar el problema de manera de encontrar una solución. Dado que ADICAPRO expresó que se podría eliminar la restricción de que dos agrupaciones de la misma categoría actúen en el mismo día en horarios seguidos, corrimos el modelo relajado, pero resultó también infactible.

Para lograr solucionar este problema, se eliminó la restricción de alternancia en los cierres de las etapas. Relajando el modelo de esta forma, sí se obtuvo una solución factible.

Resultados obtenidos:

- Valor de la función objetivo: $z_2 = \ 4{,}04$
- Tiempo de procesamiento R2: 1,046 segundos.
- Distancia de Hamming: 31.

En ambos casos donde se suspenden dos etapas y se halla solución, más allá de que en uno de ellos el modelo haya sido relajado y en otro no, sus valores objetivos son similares y más del doble que el caso base. El tiempo de procesamiento es evaluado positivamente ya que permite obtener rápidamente una solución.

5.1.3 Suspensión de 3 etapas

Para realizar esta prueba se consideraron los siguientes casos: suspensión de las etapas 3, 5 y 6 y suspensión de las etapas 1, 2 y 5.

5.1.3.1 Suspensión de etapas 3, 5 y 6

En este caso elegimos arbitrariamente suspender las etapas 3, 5 y 6. Al correr el modelo no se encontró solución factible.

Para encontrar una solución, también se relajó el modelo. La primera familia de restricciones que decidimos eliminar es la que dos agrupaciones de la misma categoría actúen el mismo día en horarios seguidos. Se obtuvo solución al correr el modelo relajado.

Resultados obtenidos:

- ➢ Valor de la función objetivo: $z_2 =\ \ 3{,}85$.
- ➢ Tiempo de procesamiento R2: 1,02 segundos.
- ➢ Distancia de Hamming: 37.

Otra alternativa de modelo relajado para encontrar solución después de la suspensión en este caso es quitar la familia de restricciones que hace referencia a la alternancia de las categorías en el cierre de las etapas de la ronda 2. Al ejecutar este nuevo modelo, también se obtuvo solución factible.

Resultados obtenidos:

- ➢ Valor de la función objetivo: $z_2 =\ \ 4{,}24$.
- ➢ Tiempo de procesamiento R2: 1,25 segundos.
- ➢ Distancia de Hamming: 36.

Se observa que para el caso de la suspensión de las etapas 3, 5 y 6, relajar el modelo al eliminar la familia de restricciones de que dos agrupaciones de la misma categoría actúen el mismo día en horarios seguidos, hace que el valor de la función objetivo sea menor. Por lo tanto, se obtiene un calendario más equilibrado, que al eliminar la familia de restricciones de alternancias de categorías al cierre.

5.1.3.2 Suspensión de etapas 1, 2 y 5

Al relajar el modelo anterior, quitando la familia de restricciones de alternancia en el cierre, el modelo pasaba a ser factible. Por esto, decidimos elegir que los tres días que se suspenden, permita que la ronda 1 obtenida alterne categorías en el cierre, de esta forma al correr la ronda 2 habrá más posibilidades de obtener una solución. Las etapas suspendidas fueron la 1, 2 y 5 y se obtuvo solución factible sin necesidad de relajar el modelo.

Resultados obtenidos:

- ➢ Valor de la función objetivo: $z_2 =\ 6{,}71$.
- ➢ Tiempo de procesamiento R2: 1,093 segundos.
- ➢ Distancia de Hamming: 37.

5.1.4 Suspensión de media etapa

La situación que refleja este caso es cuando la mitad de una etapa es suspendida, debido a un suceso inesperado, como puede ser cambios repentinos en el clima. Según lo indicado por ADICAPRO, al suspenderse la mitad de la etapa dos, la misma quedaría solo con dos agrupaciones y en la etapa 11 se contaría con dos invitados y luego actuarían las dos agrupaciones que fueron suspendidos de la etapa 2.

El modelo Ronda 2 se modificó para adaptarse a los cambios que ocasiona la suspensión. Las restricciones que hacen referencia a la diferencia de días entre actuaciones de una misma agrupación en cada ronda fueron modificadas. También se modificó el tamaño del conjunto días y las restricciones correspondientes.

Resultados obtenidos:

- ➢ Valor de la función objetivo: $z_2 = \ 4{,}78$.
- ➢ Tiempo de procesamiento R2: 0,984 segundos.
- ➢ Distancia de Hamming: 37.

Se observa que el valor de la función objetivo de la ronda 2 aumento respecto al valor del caso base e, incluso es mayor que la mayoría de los escenarios procesados en el que se suspenden etapas.

5.1.5 Conclusión de suspensión de etapas

El impacto en la obtención del nuevo calendario para la ronda dos depende de cuál sea la etapa o las etapas que se suspendan. Por ejemplo, en el caso de suspenderse las etapas 1, 2 y 5, da una solución sin tener que relajar el modelo, mientras que cuando se suspenden las etapas 2 y 6, se debe relajar el modelo para encontrar factibilidad. Por lo tanto, concluimos que la factibilidad de la ronda 2 no está relacionada a la cantidad de etapas que se suspenden en la ronda 1, ya que encontramos casos donde se suspende dos etapas y no es factible. Por otro lado, se suspende tres etapas y se encuentra una solución factible. Además, el valor de la función objetivo varía con respecto a cuál es la modificación del calendario y no a la cantidad de etapas suspendidas en la ronda 1.

Evaluamos como positivos los resultados obtenidos con respecto a los tiempos de procesamiento. En el caso de que ocurra una suspensión, nos permite obtener un resultado en cuestión de segundos. Esto favorece a los tomadores de decisión, porque los días entre la ronda 1 y ronda 2 son acotados y se debe presentar la programación de la ronda 2 rápidamente. Comparando con el tiempo de procesamiento del calendario entero, en ambas rondas, el tiempo de resolver sólo la ronda 2 con la información de la ronda 1, disminuye considerablemente. Esto es positivo para que las agrupaciones planifiquen su actuación en la segunda ronda.

Es pertinente aclarar que la suspensión de etapas en la ronda 1 puede resultar en un calendario reprogramado muy diferente al obtenido en el caso base. Esto se puede observar con la distancia de Hamming, donde en todos los casos estudiados más de la mitad de las agrupaciones no conservaron su lugar original. Se concluye que esto tampoco tiene una relación con la cantidad de etapas suspendidas.

Para facilitar al lector el análisis de los resultados observados, se presenta la Tabla 3 con un resumen de estos.

Software	Hardware	Versión	Cantidad etapas suspendidas	Modelo relajado	Valor de la función objetivo de la ronda 2	Distancia de Hamming
AMPL – CPLEX Versión: 12.8.0.0	Intel Core i7 - 6700 - @3.40GHz - 24 gb RAM	Caso Base	0	No	0,84	Caso Base
AMPL – CPLEX Versión: 12.9.0.0	Intel Core i5 - 8250 - @1.60GHz - 12 gb RAM	5.1.1	1	No	3,24	31
		5.1.2.1	2	No	4,02	24
		5.1.2.2	2	Si	4,04	31
		5.1.3.1	3	Si	3,85	37
		5.1.3.1	3	Si	4,24	36
		5.1.3.2	3	No	6,71	37
		5.1.4	½	No	4,78	37

Tabla 3: Resultados obtenidos al suspender etapas.

5.2 Modificación de parámetros de entrada

En esta etapa, se ejecuta el modelo base, pero modificando los parámetros de entrada. Se probaron tres casos diferentes. En los primeros dos, se modifica el valor de las ponderaciones de las agrupaciones y, en consecuencia, también el promedio. Mientras que, en el tercero, se mantienen las ponderaciones de las agrupaciones, pero se eleva el promedio deseado por etapa.

5.2.1 Modificación de la ponderación de murgas

A la categoría murgas se le aumenta la ponderación con el objetivo de evaluar no sólo la variación en la función objetivo sino también, cómo es la variación en el calendario obtenido.

Resultados obtenidos:

- Variar de la función objetivo: z = 10.14.
- Valor de la función objetivo: z_1 = 3,85; z_2 =6,29.
- Tiempo de procesamiento: 2.961 segundos
- Distancia de Hamming: 73.

Se puede observar un mayor valor de la función objetivo, esto significa que será más desequilibrado la asistencia de público. Esto puede deberse a que con las nuevas ponderaciones no permita encontrar un calendario que logre ser equilibrado.

Se obtiene un calendario diferente con respecto al caso base, la diferencia se debe a la modificación de las ponderaciones de las murgas, ya que el modelo busca que las etapas sean lo más equilibradas en relación con la asistencia del público.

No se observa ninguna asignación específica respecto a días u horarios para las agrupaciones que aumentamos las ponderaciones, consideramos que esto se debe a que no existen diferentes valoraciones para los espacios de tiempo dentro del calendario.

5.2.2 Modificación de las ponderaciones de todas las agrupaciones

Se cambió arbitrariamente las ponderaciones de las agrupaciones asignando de forma aleatoria un valor del 1 al 10 y, en consecuencia, resulta en un promedio de 5.5.

Resultados obtenidos:

- ➢ Valor de la función objetivo: z = 14.
- ➢ Valor de la función objetivo: $z_1 = 4$; $z_2 = 10$.
- ➢ Tiempo de procesamiento: 4.832 segundos.
- ➢ Distancia de Hamming: 73.

Se observa que aumenta el valor de la función objetivo. Esto puede deberse a que con las nuevas ponderaciones no permita encontrar un calendario tan equilibrado como el caso base en la asistencia de público.

El calendario resultante varía del calendario del caso base ya que en este caso se tienen diferentes ponderaciones para cada agrupación y un promedio meta distinto. Por lo cual, para alcanzar el objetivo de equilibrar la asistencia de público, se generará un calendario diferente.

Luego de realizar las dos modificaciones anteriores en los datos de las ponderaciones de las agrupaciones, resulta que, en ambos casos, el valor de la función objetivo aumenta con respecto al caso base. Un posible motivo puede ser el tiempo de ejecución de estos modelos, dado que el gap encontrado fue 100% para ambos.

5.2.3 Modificación del promedio de las ponderaciones

No se modifican las ponderaciones de las agrupaciones, pero se eleva el promedio meta a 7.

Resultados obtenidos:

- ➢ Valor de la función objetivo: z = 19,52

- ➢ Valor de la función objetivo: $z_1 = 9{,}49$; $z_2 = 10{,}03$
- ➢ Tiempo de procesamiento: 6.805 segundos
- ➢ Distancia de Hamming: 76

El valor de la función objetivo es mayor porque le estamos exigiendo al modelo que se acerque a un promedio de 7, pero el promedio de las agrupaciones es 5,51. No es posible que todos los días se acerque al valor objetivo, porque implica aumentar la convocatoria de todas las agrupaciones.

5.2.4 Conclusión de variación de parámetros de entrada

Se probaron tres formas distintas de variar los parámetros de entrada del modelo original. Al variar la ponderación de las agrupaciones y el promedio, se obtuvieron calendarios distintos del calendario del caso base. El modelo, trata de optimizar el calendario factible teniendo en cuenta las ponderaciones de las agrupaciones, el promedio deseado por días y la función objetivo. En todos los casos, analizando la medida de la distancia de Hamming, más del 90% de las agrupaciones han cambiado su lugar de actuación respecto al calendario base, esto demuestra la importancia de las encuestas realizadas a todas las agrupaciones. Por eso, se procura que esta información refleja la realidad de la convocatoria.

5.3 Inicialización de variables

Se estudia el impacto que tiene inicializar variables de decisión. Las variables de decisión que usamos parten de la solución del caso base. Para poder comparar los diferentes casos de prueba, se fija el tiempo de procesamiento en 6000 segundos. Para este tiempo determinado, se compara valor de la función objetivo y gap obtenido.

5.3.1 Casos de prueba

Se probaron 8 versiones, donde se aumentó la cantidad de variables inicializadas. Se utilizó desde 10 hasta 40 variables iniciales, tanto con valores solo de la ronda 1, como de la ronda 1 y 2. Los valores inicializados son los obtenidas en el calendario del caso base. A continuación, se presentan las diferentes versiones.

Se define el valor GAP como la diferencia entre el valor de la función objetivo obtenido en cada caso y el valor de la función objetivo de la mejor solución hallada, el caso base. Se utiliza el mismo para comparar la calidad de la solución obtenida.

$$GAP = \frac{Valor\ funicón\ objetivo\ para\ el\ caso\ actual - Valor\ función\ objetivo\ caso\ base}{Valor\ función\ objetivo\ caso\ base}\ 100$$

Valor de la función objetivo caso base = 2,17

- Caso base* (se le permite un tiempo de ejecución de 6000 segundos). Cantidad de variables inicializadas: 0

  Resultados obtenidos:
    - ➢ Valor de la función objetivo (6000s): z = 4,25
    - ➢ Gap: 95,85 %

- Se inicializa por completo el primer horario de la primera ronda. Cantidad de variables inicializadas: 10.

  Resultados obtenidos:
    - ➢ Valor de la función objetivo: z = 10,64
    - ➢ Gap: 390,32 %

- Se inicializa por completo el primer horario y el segundo horario de la primera ronda. Cantidad de variables inicializadas: 20.

  Resultados obtenidos:
    - ➢ Valor de la función objetivo: z = 9,44
    - ➢ Gap: 335,02 %

- Se inicializa por completo el primer, el segundo y el tercer horario de la primera ronda. Cantidad de variables inicializadas: 30.

  Resultados obtenidos: No se encontró una solución en este tiempo de procesamiento.

- Se inicializa por completo la primera ronda. Cantidad de variables inicializadas: 40.

  Resultados obtenidos:
    - ➢ Valor de la función objetivo: z = 8,87
    - ➢ Gap: 308,76 %

- Se inicializa por completo el primer horario tanto de la primer como de la segunda ronda. Cantidad de variables inicializadas: 20.

  Resultados obtenidos: No se encontró solución para este tiempo de procesamiento.

- Se inicializa por completo el primer y segundo horario tanto de la primer como de la segunda ronda. Cantidad de variables inicializadas: 40.

  Resultados obtenidos:
    - ➢ Valor de la función objetivo: z = 8,87

- Gap: 308,76 %

- Se inicializa por completo el primer y segundo horario de la primera ronda y el primer horario de la segunda ronda. Cantidad de variables inicializadas: 30.

  Resultados obtenidos:
  - Valor de la función objetivo: z = 8,87
  - Gap: 308,76 %

- Se inicializa por completo el primer horario de la primera ronda y el primer y segundo horario de la segunda ronda. Cantidad de variables inicializadas: 30.

  Resultados obtenidos:
  - Valor de la función objetivo: z = 8,87
  - Gap: 308,76 %

5.3.2 Conclusión de inicialización de variables

Evaluando las versiones donde se inicializan diferentes cantidades de variables, se concluye que no existe una relación entre esta cantidad y el valor de la función objetivo o el gap obtenidos para el tiempo fijo elegido, en este caso de 6000 segundos. Un ejemplo de esto es que en uno de los casos donde se inicializan 30 variables, no se obtiene un calendario en el tiempo fijado. Sin embargo, para este mismo tiempo en otros casos donde se inicializan un menor número de variables, si se obtiene una solución.

Estos resultados pueden observarse tanto en la Tabla 4, como en la Figura 16, donde se resume los resultados obtenidos de las distintas versiones al inicializar variables.

Por último, se concluye que ninguno de los valores iniciales ingresados fue utilizado como solución por el modelo, reflejando que los mismos no actúan como una restricción del modelo.

Software	Hardware	Cantidad de variables inicializadas	Valor de la función objetivo	Gap (%)
AMPL – CPLEX Versión: 12.8.0.0	Intel Core i7-6700 - @3.40GHz - 24 gb RAM	0	4,25	95,85
AMPL – CPLEX Versión: 12.9.0.0	Intel Core i5-8250 - @1.60GHz - 12 gb RAM	10	10,64	390,32
		20	9,44	335,02
		20	-	-
		30	8,87	308,76
		30	-	-
		30	8,87	308,76
		40	8,87	308,76
		40	8,87	308,76

Tabla 4: Resumen de resultados obtenidos al inicializar variables

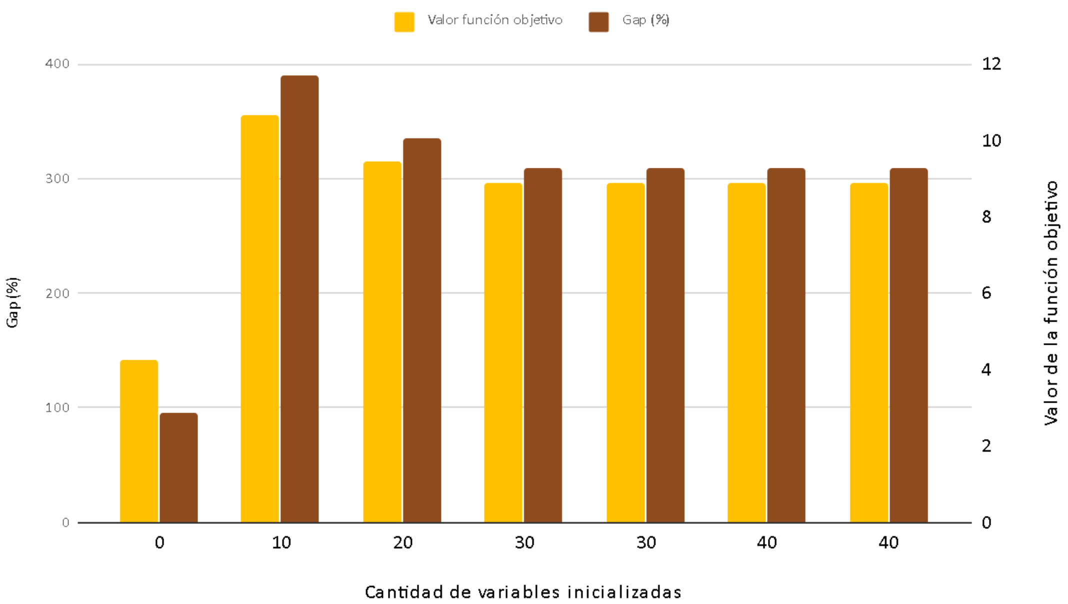

Figura 16: Gráfico de resultados obtenidos al inicializar variables

5.4 Conclusiones experimentación numérica

Se destaca que, en caso de que exista suspensión de alguna o varias etapas, el reprogramar el calendario de la segunda ronda del concurso con los datos de la ronda 1 como entrada implica un tiempo de procesamiento en cuestión de segundos. Esto favorece a ADICAPRO porque los días entre la ronda 1 y ronda 2 son acotados y se debe presentar la programación de la ronda 2 rápidamente, para que las agrupaciones planifiquen su presentación. Al suspender etapas y reprogramar el calendario, el valor de la función objetivo no mejora con respecto al caso base, ya que la solución en este caso es más restringida.

Asimismo, no hay una relación entre la cantidad de etapas que se suspendieron y los calendarios obtenidos. Dependiendo de la etapa que se suspendió, varía como afecta al calendario resultante. Por ejemplo, cuando se suspende la etapa 4 la distancia de Hamming es 31 y cuando se suspende la etapa 7 y 8 la distancia es 24.

Por otro lado, con respecto a inicializar variables, no se halló una correspondencia entre esto y el valor de la función objetivo y gap obtenidos en las distintas versiones. Por ejemplo, en el tiempo fijado para dichas pruebas, en un caso se halló una solución inicializando 10 variables, mientras que en otros casos no se halló solución inicializando 20 y 30 variables.

Por último, el calendario obtenido depende de los datos ingresados, por lo cual es importante el tratamiento de las encuestas de manera de que estos datos sean lo más representativos de la realidad como sea posible.

En el Anexo 6 se pueden observar los diferentes calendarios obtenidos en la experimentación numérica para suspensión de etapas y modificaciones en los parámetros.

6 RONDA 2 CONCURSO 2019/2020

Durante el desarrollo de la primera ronda del concurso, hubo 4 suspensiones. El motivo de las suspensiones fue debido a inclemencias climáticas, específicamente lluvias. Las etapas suspendidas fueron las etapas: etapa 2 (20/12/2019), etapa 3 (21/12/2019), la segunda mitad de la etapa 4 (26/12/2019) y la etapa 10 (30/12/2019).

En Anexo 7, se observa el calendario a presentar para la ronda 2 del concurso en caso de que no hubiesen existido suspensiones. Esta ronda fue obtenida con el Modelo Ronda 2 presentado en el Capítulo 4.

El calendario de la Ronda 1 luego de las suspensiones se puede apreciar en la Figura 17.

RONDA 1										
	Jueves 19	Domingo 22	Lunes 23	Jueves 26	Viernes 27	Sabado 28	Domingo 29	Jueves 2	Viernes 3	Domingo 5
1	OHANA	DIABLITOS VERDES	SUENA LA MADERA	PRINCIPES	LOS PEPINITOS	TOCANDO LUNAS	LOS TOBY'S	WONKAS	LA DESCOCADA	CHIN PUM FUERA
2	ZABRITOS	LOS BUSCADORES	CROSSED	ZODIACO	JADE	TOON'S	INDIGOS	MANDALA	ATOMIX	TROYANOS
3	GNOMOS	LOS CHAPITAS	VALU'S	SUSPENSIÓN	SIDNEY	LOS VAGABUNDOS	GREMLINS	BAM BAM	CELESTINOS	ALIADOS
4	FENIX	BUBY'S BIS	LA ZAFADA	SUSPENSIÓN	IMAGINE	DULCINEA	QUIJOTES	POPPIN'S	CACHIRULOS	SAPHIRUS
5								MANO A MANO	ADRENALINA	

Figura 17: Primera ronda del calendario del Concurso de Carnaval de las Promesas 2019/2020 (luego de las suspensiones).

Al analizar con la directiva de ADICAPRO la suspensión de media etapa, no se planteó la posibilidad de que en alguna etapa actuaran 5 agrupaciones, fue un caso particular ya que los días disponibles para utilizar el Teatro de Verano no eran suficientes. Por esta razón se realizaron modificaciones al modelo presentado en la Sección 4.3 para poder generar la ronda 2.

El primer cambio que se planteó fue la distancia de días entre la actuación en la ronda 1 y la ronda 2 para las agrupaciones. Los cambios se realizaron debido a que ahora la etapa 4 cuenta solo con dos agrupaciones y en la etapa 8 y 9 actuaron 5 agrupaciones. Se observa el nuevo esquema de separación en la Tabla 5.

RONDA 2									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	3	4	5	6	7	7
2	2	2	2	4	5	6	7	8	8
3	3	3	3	5	6	7	8	9	9
4	4	4	4	6	7	8	9	10	10
5	5	5	5	7	8	9	10		
			6	8	9	10			

Tabla 5: Esquema de separación de días entre rondas para una agrupación.

Al correr el modelo ronda 2 con la nueva modificación de días, no se obtuvo calendario factible. Luego de analizar junto con ADICAPRO para esta situación particular cual sería la mejor opción para relajar el modelo, se decide eliminar las restricciones (98) y (99).

La familia de restricciones (98) y (99) aseguran una cantidad *HN* y *HU*, siendo estos números enteros, de humoristas que sean asignados en los horarios 2 y 3 respectivamente para la ronda 2. De modo que no se determina de antemano cuantos humoristas actuarán tanto a segunda como a tercera hora.

El calendario obtenido con esta nueva versión del modelo se puede observar en la Figura 18.

Resultados obtenidos:

- ➢ Valor de la función objetivo: $z_2 = 2{,}71$
- ➢ Tiempo de procesamiento Ronda 2 (R2): 5,2 segundos.

RONDA 2										
	Lunes 6	Martes 7	Miercoles 8	Jueves 9	Viernes 10	Sabado 11	Domingo 12	Lunes 13	Martes 14	Miercoles 15
1	ZABRITOS	LOS BUSCADORES	LOS CHAPITAS	SIDNEY	INDIGOS	TOON'S	JADE	CELESTINOS	MANDALA	TROYANOS
2	VALU'S	PRINCIPES	CROSSED	OHANA	SUENA LA MADERA	ATOMIX	ALIADOS	TOCANDO LUNAS	CACHIRULOS	LOS TOBY'S
3	DIABLITOS VERDES	GNOMOS	LOS PEPINITOS	LOS VAGABUNDOS	BAM BAM	ZODIACO	LA DESCOCADA	GREMLINS	CHIN PUM FUERA	WONKAS
4	IMAGINE	LA ZAFADA	FENIX	BUBY'S BIS	DULCINEA	MANO A MANO	POPPIN'S	SAPHIRUS	QUIJOTES	ADRENALINA

Figura 18: Calendario ronda 2 obtenido luego de las suspensiones en la ronda 1.

Al calendario se le realizó un cambio manual por parte de ADICAPRO. Este cambio se debe a que una de las agrupaciones que debería actuar los primeros días de esta ronda, presentó un problema con INAU. Se intercambió con otra agrupación que pertenece a la misma categoría y actuaba en el mismo horario. En la Figura 19 se presenta el calendario para la ronda 2 del

Concurso de Carnaval de las Promesas 2019/2020. La distancia de Hamming comparada al calendario sin cambios manuales es de 2.

RONDA 2										
	Lunes 6	Martes 7	Miercoles 8	Jueves 9	Viernes 10	Sabado 11	Domingo 12	Lunes 13	Martes 14	Miercoles 15
1	ZABRITOS	JADE	LOS CHAPITAS	SIDNEY	INDIGOS	TOON'S	LOS BUSCADORES	CELESTINOS	MANDALA	TROYANOS
2	VALU'S	PRINCIPES	CROSSED	OHANA	SUENA LA MADERA	ATOMIX	ALIADOS	TOCANDO LUNAS	CACHIRULOS	LOS TOBY'S
3	DIABLITOS VERDES	GNOMOS	LOS PEPINITOS	LOS VAGABUNDOS	BAM BAM	ZODIACO	LA DESCOCADA	GREMLINS	CHIN PUM FUERA	WONKAS
4	IMAGINE	LA ZAFADA	FENIX	BUBY'S BIS	DULCINEA	MANO A MANO	POPPIN'S	SAPHIRUS	QUIJOTES	ADRENALINA

Figura 19: Calendario del Concurso de Carnaval de las Promesas 2019/2020 (segunda ronda)

7 CONCLUSIONES

En este documento se presenta el trabajo realizado sobre la aplicación de métodos cuantitativos en la programación del calendario del concurso del Carnaval de las Promesas 2019/2020.

Como primera conclusión, afirmamos que se alcanzó el primer objetivo del proyecto, el cual consistió en realizar un relevamiento sobre métodos cuantitativos aplicados a la programación de eventos, y más específicamente los vinculados a espectáculos artísticos. Nuestra motivación surgió en realizar la programación de eventos específicamente de índole artística, para ello se realizó una revisión bibliográfica, en la cual identificamos una falta de bibliografía sobre el tema de estudio. Más allá de encontrar trabajos relacionados, en ningún caso se cuenta con un problema de iguales características al planteado en este informe.

Con respecto al segundo objetivo, el cual consistió en aplicar esta metodología a un evento cultural local, se trabajó junto a ADICAPRO y la Intendencia de Montevideo, para determinar la programación del Concurso de las Promesas 2019/2020. Este objetivo también fue alcanzado ya que el calendario obtenido, luego de unas modificaciones manuales, fue utilizado en la edición del concurso 2019/2020 [38].

Consideramos enriquecedor el aplicar la ingeniería a temas de la cultura local, donde participan una gran cantidad de jóvenes. Como estudiantes de la Universidad de la República, poder volcar lo que aprendimos a la sociedad nos llena de orgullo y emoción. También, consideramos que presentar este trabajo a jóvenes puede motivar la participación de estos en una carrera universitaria científica-tecnológica y demostrar cómo esta puede relacionarse con las áreas culturales.

Confeccionar el calendario mediante esta herramienta es una manera objetiva, que cuenta con un respaldo matemático, a diferencia de los sorteos utilizados actualmente por ADICAPRO. Si bien los sorteos son una manera imparcial para el armado, no se tiene en cuenta la ventaja de encontrar un calendario óptimo según un criterio definido. Se logró obtener un calendario factible con concurrencia equilibrada y que cumpla con las restricciones del reglamento y las consideraciones más justas para todas las agrupaciones.

Otra ventaja respecto a la metodología manual es reducir el tiempo de armado del calendario. Al aplicar métodos cuantitativos se obtienen distintos calendarios tomando en cuenta diferentes consideraciones. Esto le permite al tomador de decisiones poder compararlos y elegir el calendario que mejor se adapten a sus necesidades.

Luego de relevado el caso de estudio se elaboró un modelo matemático para resolver las dos rondas del concurso simultáneamente, teniendo en cuenta las relaciones determinadas en el reglamento del concurso y lo indicado por la organización. La función objetivo del modelo fue encontrar una programación del concurso de manera que las etapas sean equilibradas en relación con la asistencia del público. Los datos para el modelo fueron obtenidos mediante encuestas realizadas a las diferentes agrupaciones. Vale destacar, que el involucramiento de los participantes en las encuestas de convocatoria de las agrupaciones lleva a que estos se sientan parte de la creación del calendario. Esto genera un acercamiento con los integrantes, logrando que se acepte nuestro trabajo de forma más sencilla. Además, al analizar la experimentación numérica observamos la importancia de estos datos en el calendario final, por eso se procura que esta información refleje la realidad de la convocatoria.

Por otro lado, se analizó la posibilidad de resolver el problema mediante otra estrategia de resolución. La misma consiste en resolver ambas rondas de manera independiente, mediante dos modelos distintos. En una primera instancia, se resuelve la ronda 1 y con la información obtenida, se resuelva en otro modelo la ronda 2. Resolver la ronda 1 de esta manera conlleva un menor tiempo que el utilizado con el modelo que implica ambas rondas. Además, es más equilibrado en cuanto a la asistencia de público que la ronda 1 obtenida en la solución de ambas rondas.

En un principio creímos que resolverlas por separado no generaba valor, ya que consideramos pertinente encontrar un óptimo global para ambas rondas del concurso mediante el modelo de ambas rondas. Luego a lo largo del transcurso del carnaval, observando la cantidad de suspensiones de etapas que ocurrieron, concluimos que, dada la alta probabilidad de inclemencias climáticas, no permite utilizar la ronda 2 obtenida originalmente con el modelo de ambas rondas. Entendimos la importancia de contar con un modelo que encuentre el óptimo para la ronda 2 con los datos de lo acontecido en ronda1.

Esto también nos lleva a pensar que quizás es conveniente obtener la programación de la ronda 1 con el Modelo Ronda 1, y luego con los datos de la realidad utilizando el Modelo Ronda 2, hallar la programación para la ronda siguiente. En el caso de que haya suspensiones en la ronda 1, de cualquier manera, se utiliza el Modelo Ronda 2. Esta metodología implica un mejor valor de función objetivo para la ronda 1 y una reducción en el tiempo de procesamiento para la obtención de los calendarios.

Por lo tanto, basándose en la probabilidad de que existan suspensiones, es necesario evaluar en cada caso concreto y elegir realizar la programación mediante alguna de las estrategias de resolución presentadas. En el caso de que esta probabilidad sea baja para determinado año, es conveniente el modelo de ambas rondas, ya que se obtiene el óptimo global para ambas rondas. Otro aspecto importante también, es que permite encontrar factibilidad para ambas, lo que al programar solo la ronda uno con su modelo correspondiente no asegura factibilidad para la ronda 2 al buscar el óptimo local de esta. Esto se ve reflejado en el Capítulo 4, donde no se encontró factibilidad para la ronda 2 ingresando como datos la ronda 1 hallada mediante el Modelo Ronda 1.

A pesar de que para las circunstancias del concurso 2019/2020 no utilizamos la metodología alternativa de resolución por fase, es importante aclarar que en los próximos años puede resultar útil.

En base al modelo de resolución de ambas rondas, se realizó una experimentación numérica donde se evalúa el impacto en el calendario resultante al modificar ciertos datos de entrada. A partir de esta evaluación surge que el calendario resultante depende fuertemente de los parámetros ingresados.

También con base en el modelo de resolución de ambas rondas, se evalúa el impacto de inicializar variables. Para ello, se fija el tiempo de procesamiento y se evalúa el valor objetivo obtenido en diferentes versiones inicializando distintas variables. De esto, se puede concluir que inicializar variables no aporta a tener una solución de mejor calidad.

Finalmente, se evaluaron diferentes situaciones en caso de que ocurra una suspensión de alguna etapa de la ronda 1, utilizando el Modelo Ronda 2. Se concluye que reprogramar la segunda ronda, implica un tiempo de procesamiento de segundos. Además, no hay una relación entre la cantidad de etapas suspendidas y el calendario resultante.

Consideramos que a futuro se podría adaptar y generalizar nuestro modelo para que sea útil e independiente de la cantidad y clasificación de las agrupaciones e incluso para otros concursos con características similares. También, esperamos que nuestra investigación sea fuente de motivación para otros que deseen involucrarse en la planificación de eventos ya sea de índole deportiva, académica o artística.

Una modificación al proyecto podría ser cambiar el enfoque por uno que procure maximizar la concurrencia del público. Esto implicaría trabajar en conjunto con otras áreas como marketing o comunicación.

Por otro lado, para modelar la realidad se podría ponderar los diferentes horarios y días, ya que la concurrencia de público depende de los mismos. De lo contrario, podría también evaluarse otras formas de medir la concurrencia.

Por último, con el objetivo de reducir el tiempo de procesamiento para resolver ambas rondas, se podría investigar el uso otras metodologías de resolución, como por ejemplo mediante el desarrollo de procedimientos heurísticos o basados en alguna metaheurística.

BIBLIOGRAFÍA

[1] F. Ortega, M. Pozo, J. Puerto. Modelling and planning public cultural schedules for efficient use of resources. *Computers & Operations Research 58,* 9–23, 2015.

[2] Uno por uno, los 10 líos que dejó este carnaval. *Diario El Observador*. https://www.elobservador.com.uy/nota/uno-por-uno-los-10-lios-que-dejo-este-carnaval-201936155957
Último acceso: 15/12/2019

[3] Real Academia Española. Diccionario de la lengua española (Edición de tricentenario), 2008.

[4] G. Kendall, S. Knust, C. Ribeiro, S. Urrutia. Scheduling in sports: An annotated bibliography. *Computers & Operations Research 37*, 1-19, 2010.

[5] F. Yang. NBA sports game scheduling problem and ga-based solver. *Proceedings of the 2017 International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Application (ICIMSA)*, 1-5, 2017.

[6] D. Goossens, F. Spieksma. Scheduling the Belgian soccer league. *Interfaces 39*, 109-118, 2009.

[7] C. Ribeiro, S. Urrutia. Scheduling the brazilian soccer tournament: solution approach and practice. *Interfaces 42*, 260-272, 2012.

[8] S. Chand, H. Singh, T. Ray. Team selection using multi/many-objective optimization with integer linear programming. *Proceedings of the 2018 IEEE Congress on Evolutionary Computation,* 2018.

[9] R. Eglese, G. Rand. Conference seminar timetabling. *The Journal of Operation Research Society 38*, 591-598, 1987.

[10] R. Potthof, M. Munger. Use of integer programming to optimize the scheduling of panels at annual meetings of the public choice society. *Public Choice 117*, 163-175, 2003.

[11] D. de Werra. An introduction to timetabling. *European Journal of Operational Research 19*, 151-162, 1985.

[12] B. McCollum, P. McMullan, A. Parkes, E. Burke, R. Qu. A new model for automated examination timetabling. *Proceedings of the Annual Operations Research Conference 194*, 291-315, 2012.

[13] R. Qu, E. Burke, B. McCollum, L. Merlot, S. Lee. A survey of search methodologies and automated system development for examination timetabling. *Journal Scheduling 12,* 55-89, 2009.

[14] R. Bai, J. Xie. Heuristic algorithms for simultaneously accepting and scheduling advertisements on broadcast television. *Journal of Information and Computing Science 1*, 245–251, 2006.

[15] A. Kimms, M. Muller-Bungart. Revenue management for broadcasting commercials: the channel's problem of selecting and scheduling the advertisements to be aired. *Journal of Revenue and Pricing Management 1*, 28–44, 2007.

[16] M. Prino, E. Sánchez, H. Cancela. Optimal distribution of habitational units in a cooperative: A mathematical application to optimize satisfaction. *Proceedings of the XLII Latin American Computing Conference (CLEI),* 1-7, 2016.

[17] I. Marques, M. Captivo, N. Barros. Optimizing the master surgery schedule in a private hospital. *Operations Research for HealthCare 20*, 11–24, 2019.

[18] E. Cardoen, J. Demeulemeester. Operating room planning and scheduling: A literature review. *European Journal of Operational Research 201*, 921–932, 2010.

[19] F. Guerriero, R. Guido. Operational research in the management of the operating theatre: a survey. *Health Care Management Science 14,* 89–114, 2011.

[20] M. Dotoli, F. Sciancalepore, N. Epicoco, M. Falagario, B. Turchiano, N. Costantino. A periodic event scheduling approach for offline timetable optimization of regional railways. *Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC),* 849-854, 2013.

[21] P. Hosei, S. Boodhoo. Event scheduling with soft constraints and on-demand re-optimization. *Proceedings of the International Conference of Knowledge Engineering and Applications*, 62-66, 2016.

[22] N. Bikakis, V. Kalogeraki, D. Gunopulos. Attendance maximization for successful social event planning. *Proceedings of Intl. Conf. on Extending Database Technology (EDBT),* 2019.
https://openproceedings.org/2019/conf/edbt/proceedings.pdf
Último acceso: 05/01/2020

[23] Portal Intendencia de Montevideo. Sección: Carnaval y llamadas
http://montevideo.gub.uy/carnaval-y-llamadas
Último acceso: 15/12/2019

[24] Portal Uruguay Natural – Ministerio de Turismo. Sección: Carnaval.

https://turismo.gub.uy/index.php/uruguay-es/uruguay-es-carnaval
Último acceso: 15/12/2019

[25] Universia. Portal de las Universidades uruguayas. Sección: Cultura y tradiciones.
https://www.universia.edu.uy/estudiar-extranjero/uruguay/vivir/cultura-tradiciones/2585
Último acceso: 15/12/2019

[26] Wikipedia. Daecpu.
https://es.wikipedia.org/wiki/DAECPU
Último acceso: 20/12/2019.

[27] J. Baikovicius. Desfiles de Las Llamadas - The Calls Parade.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Desfiles_de_Las_Llamadas-_The_Calls_Parade_190207-1040066-jikatu_(32089642767).jpg
Último acceso: 05/01/2020

[28] J. Baikovicius. Desfiles de Las Llamadas - The Calls Parade.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Desfiles_de_Las_Llamadas-_The_Calls_Parade_19020 7-1030979-jikatu_(46307163684).jpg
Último acceso: 05/01/2020

[29] J. Baikovicius. Desfiles de Las Llamadas - The Calls Parade.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Desfiles_de_Las_Llamadas-_The_Calls_Parade_190207-1040055-jikatu_(46979155542).jpg
Último acceso: 05/01/2020

[30] Mediared, Actuación en el Encuentro de Mujeres Murguistas y Murga de Mujeres. Teatro de Verano "Ramón Collazo". Marzo 2019.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cero_Bola_(Uruguay).jpg
Último acceso: 05/01/2020

[31] J. Del Rio. Agarrate
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Agarrate_(30823773).jpeg
Último acceso: 05/01/2020

[32] C. Gerardo. Carnaval de Artigas
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:W_007.jpg
Último acceso: 05/01/2020

[33] C. Gerardo. Carnaval de Artigas
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:W_015.jpg
Último acceso: 05/01/2020

[34] Portal Asociación de Directores del Carnaval de las Promesas (ADICAPRO).
http://www.adicapro.org/
Último acceso: 15/12/2019

[35] Boletín Cultura. Sección: Reglamentos del Carnaval 2020.
http://www.boletincultura.com/2019/11/reglamentos-del-carnaval-2020.html
Último acceso: 15/12/2019

[36] Mathematical Programming Glossary.
https://glossary.informs.org/ver2/mpgwiki/index.php?title=Duality_gap
Último acceso: 15/12/2019

[37] S. Bollapragada, M. Garbiras. Scheduling commercials on broadcast television. *The Journal of Operations Research Society* 52, 337-345, 2004.

[38] Equilibrio y taquilla: estudiantes de ingeniería diseñaron el fixture del carnaval de las promesas. *Diario El Observador*.
https://www.elobservador.com.uy/nota/equilibrio-y-taquilla-estudiantes-de-ingenieria-disenaron-el-fixture-del-carnaval-de-las-promesas-2019112810611.
Ultimo acceso 22/12/2019

Anexo 1: Estado del arte

Facultad de Ingeniería - Universidad de la República - 2019

Aplicación de Métodos Cuantitativos en la Programación de Eventos

Estado del Arte

Autores:
Alfonsina Cardozo
Carolina Guido
Juan Carlos Machin

Tutores:
Héctor Cancela
Pedro Piñeyro

Índice

Introducción 5
Características del relevamiento 6
Programación de acontecimientos 8
Deportivos 8
  Fútbol 8
  Otros deportes 9
Académicos 11
  Conferencias 11
  Exámenes 12
  Otros 13
Artísticos 14
  Comerciales TV 14
  Espectáculos 16
Asignación 17
  Jueces 17
  Viviendas 18
  Hospitales 18
  Logística en trenes 21
  Calendario Electrónico 22
Conclusiones 25
Bibliografía 27

Introducción

El propósito de este documento es relevar y analizar la literatura en torno a la aplicación de métodos cuantitativos en la programación de eventos, con el fin de mostrar en qué fase de desarrollo se encuentra el tema.

Para definir un evento, tomamos la definición de la Real Academia Española [1], en la cual un evento es un ¨suceso importante y programado, de índole social, académica, artística o deportiva¨. Llamaremos evento a un suceso programable, que ocurre en un espacio de tiempo determinado. Un conjunto de eventos es un acontecimiento que puede ser de índole social, académica, artística o deportiva. Dentro del acontecimiento se le asigna a cada evento un espacio de tiempo.

Dado entonces un conjunto acotado de eventos, denominaremos programación de eventos al proceso de asignar cada uno de los eventos a un cierto espacio de tiempo, con un inicio y un fin, de un conjunto finito de espacios de tiempo, con el objetivo de organizar las actividades de la mejor manera teniendo en cuenta las necesidades y preferencias de las diferentes partes interesadas. De esta manera se logra la satisfacción de estos y en la mayoría de los casos mayor rentabilidad para el evento [2]. Cuando decimos partes interesadas nos referimos a cualquier individuo, grupo u organización que forme parte o se vea afectado por el mismo, obteniendo algún beneficio o perjuicio.

Nuestra motivación surge en cómo confeccionar la programación de los espectáculos artísticos, teniendo en cuenta ciertas restricciones, asignando para un conjunto de espacios de tiempo, el conjunto de espectáculos disponibles. En ciertos casos esta asignación se realiza según el conocimiento de la persona encargada de tomar las decisiones o al azar [3]. Esto motiva a generar una herramienta para confeccionarlo de una forma objetiva y teniendo en cuenta las preferencias de las diferentes partes interesadas. Como se concluye de los trabajos leídos, la aplicación de métodos cuantitativos es una buena herramienta de apoyo para la toma de decisiones en este tipo de problemas. Se utilizan modelos que permiten la comprensión y la resolución de problemas, los cuales implican abstracciones que permiten tener en cuenta las interacciones relevantes de las entidades del problema. Se busca entonces determinar una solución óptima dentro de un conjunto factible de decisiones. Es importante destacar que en algunos casos esto no puede realizarse en un tiempo razonable de cómputo debido a lo complejo que puede ser la realidad estudiada y en consecuencia el modelo matemático que lo representa.

Características del relevamiento

La búsqueda de artículos fue realizada fundamentalmente en la plataforma Timbó [4]. Comenzamos la búsqueda utilizando palabras claves relacionadas a la aplicación de métodos cuantitativos para la programación de eventos artísticos. Por ejemplo: social event timetabling, social event scheduling, optimization, social event arrangement. Debido a que no se encontró la cantidad esperada de trabajos relacionados con el tema, ampliamos la búsqueda a aplicaciones de métodos cuantitativos para eventos en general. Para procesar la información utilizamos una planilla en la cual para cada artículo se indica el campo de aplicación, cantidad de documentos encontrados en cada campo, bibliografía y citaciones. El aporte que genera el estudio de las citaciones es el de realizar un seguimiento de las investigaciones en cada campo de manera de ver su evolución en estudios posteriores. Un artículo que hace referencia a otro anterior puede tener el propósito de mejorar la calidad de la solución o basarse en el trabajo actual para aplicarlo en otro caso.

Para este documento se clasifican los diferentes trabajos relevados en problemas de programación de un acontecimiento y problemas de asignación relacionados. A su vez, dentro de programación de un acontecimiento, se pueden encontrar deportivos, académicos y artísticos. La clasificación utilizada se indica en la Figura 1.

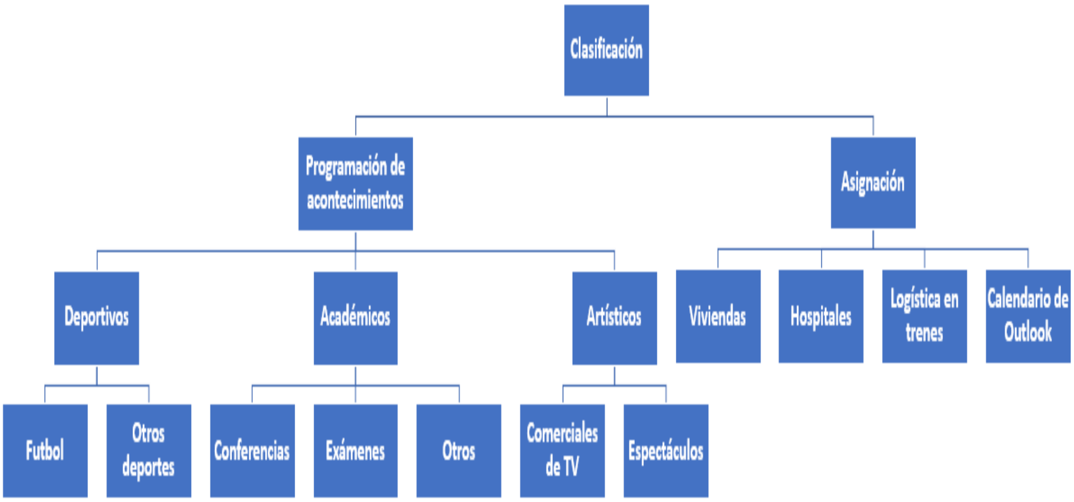

Figura 1: Clasificación de artículos utilizada.

En la Figura 2, representamos las proporciones de artículos encontrados para las diferentes clasificaciones utilizadas en un total de 76 artículos.

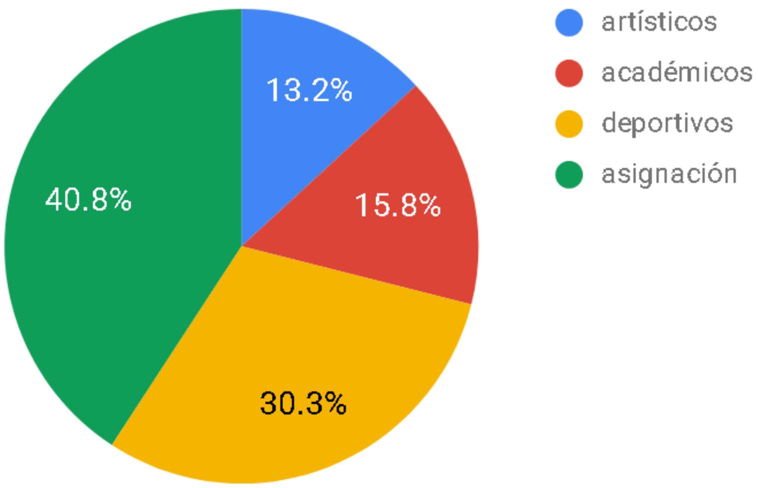

Figura 2: Representación de proporciones de categorías

Programación de acontecimientos

En esta sección nos enfocamos en describir casos de programación de acontecimientos para las diferentes clasificaciones que se pueden observar en la Figura 1.

Deportivos

Las ligas profesionales pueden involucrar millones de seguidores y una inversión considerable en jugadores, derechos de emisión, merchandise y publicidad [5, 6, 7, 8]. Es por esto, que los deportes son parte de una gran actividad económica, se presentan oportunidades para poder optimizar las ganancias de las diferentes partes interesadas y minimizar costos respecto a las logísticas de organización, como distancias recorridas por los equipos o seleccionar los días de ejecución de los partidos. Por lo tanto, los calendarios son importantes para maximizar ganancias y mantener el interés de los medios y los fans, ya que pueden interferir en el rendimiento de todos los equipos participantes y tener un gran impacto económico. Encontrar la mejor programación de una liga o campeonato deportivo es una tarea que requiere equilibrar los intereses de diferentes partes interesadas y cumpliendo la reglamentación de cada liga.

Fútbol

Siendo el fútbol el deporte más popular, existen numerosos trabajos aplicados a este deporte. Por ejemplo, en [9], se presenta una investigación sobre la creación de un fixture para el campeonato de primera división del fútbol chileno. Debe lograrse que se enfrenten todos los equipos contra todos, lograr beneficios económicos para los clubes, equilibrio deportivo, un torneo más atractivo para el público y cumplir con las exigencias de la Asociación Nacional de Fútbol Profesional. Para esto dividen los requerimientos en restricciones duras, las cuales deben cumplirse obligatoriamente y condiciones blandas las cuales al cumplirse se obtendrá beneficios. Se definieron 23 familias de restricciones para este problema teniendo en consideración las diferentes partes interesadas en la creación del fixture. La función objetivo varía dependiendo del tiempo computacional esperado, es decir si se prefiere que el tiempo que se requiere para obtener una solución sea más bajo se utiliza determinada función objetivo y de lo contrario se utiliza la función objetivo definida originalmente. En consideraciones futuras del artículo se menciona la posibilidad de incluir equipos “mellizos”; lo que serían equipos que cumplen el mismo rol en todas las restricciones y en la función objetivo, esto lleva que al intercambiarlos no afectará el valor de la función objetivo. El trabajo de [10] se basa en el anterior para estudiar también la programación del torneo chileno. Luego en [11], se propone otro modelo donde se agrega la consideración de los árbitros asignados, de manera de lograr determinar el árbitro más adecuado para cada partido teniendo en cuenta, por ejemplo, minimizar la distancia entre el lugar de residencia del juez y donde se juega el partido.

También, podemos encontrar el trabajo realizado por Goossens y Spieksma en [6] sobre la liga belga. En este trabajo, con un modelo de programación entera, se toman en cuenta restricciones sobre el uso de los estadios, así como las preferencias de los equipos, la policía y las emisoras de televisión. Los resultados fueron puestos en práctica en la temporada 2006-2007 y 2007-2008. La liga belga consta de dos rondas, en el cual los equipos juegan todos contra todos. A diferencia de la liga danesa [12], la cual consta de tres ruedas, agregando complejidad al problema para hacer la liga lo más justa posible, debido a que no todos los equipos juegan la misma cantidad de veces como local o visitante. En este trabajo utilizan un método de solución en cuatro pasos, el paso uno es generar patrones definiendo si los equipos sean locales o visitantes en las siguientes fechas, el paso dos es asignar equipos a esos patrones, el paso tres consta en validar que el resultado del paso dos sea factible, de no serlo se vuelve al paso dos, pero antes se debe analizar por qué razón no lo es evitando que esa solución sea calculada nuevamente. Luego de encontrar la factibilidad, en el paso cuatro se genera el calendario. La solución encontrada que fue utilizada para la programación de la temporada 2006-2007 fue considerada más efectiva comparada con el calendario usado en la temporada 2005-2006. Se basan en este último los trabajos [13], [14] y [15] sobre el formato tradicional de torneos donde todos los participantes se enfrentan entre ellos en un número constante de oportunidades.

Podemos observar la importancia económica que tiene la confección del calendario de partidos, como en el caso del trabajo realizado por Ribeiro y Urrutia [7] sobre el campeonato brasileño. En su trabajo, uno de los objetivos es aumentar las ganancias de la emisora de TV Globo. Esta empresa es el principal patrocinador del campeonato y es la emisora más grande del país, imponiendo restricciones para la emisión de los partidos.

Consideramos pertinente mencionar para la aplicación de programación entera, el caso en que las diez selecciones nacionales miembros de la Confederación Sudamericana de Fútbol (CONMEBOL) compiten por uno de los espacios de América del Sur en la Copa Mundial de la FIFA [16]. En este caso la fase de clasificación consiste en un torneo de liga a doble vuelta, los partidos están programados en nueve pares estrechamente espaciados conocidos como rondas dobles, cada equipo juega dos veces en cada doble vuelta. El torneo se distribuye en dos años, por lo que las rondas dobles tienen meses de diferencia. Después de usar el mismo horario durante unos veinte años y persistentes quejas de sus miembros, la CONMEBOL decidió cambiar el horario para el Mundial de 2018. Con el apoyo de uno de los miembros de la CONMEBOL, se utilizó el enfoque de programación entera para construir horarios que superan los principales inconvenientes del enfoque anteriormente utilizado. La característica principal que detectan en la programación propuesta es que cada equipo juega una vez en casa y otra de visitante en cada ronda doble.

Otros deportes

No solamente en el fútbol, sino también en el basketball podemos encontrar trabajos sobre programación de eventos. Este es el caso del trabajo realizado por Yang [5], quien crea un calendario para los partidos de la NBA (National Basketball Association), reduciendo las distancias recorridas por los equipos durante el campeonato comparado con el calendario del año 2014. El calendario es un factor muy influyente en esta competencia ya que todos los equipos deben jugar una gran cantidad de partidos a través de todo el país en un periodo de pocos meses. Sumado a esto, existen varias partes interesadas como sponsors y transmisoras de TV, así como del público que asiste. La función objetivo utilizada para modelar el problema fue minimizar la distancia recorrida por cada equipo, de esta forma, no solamente disminuyen los costos de transporte para los equipos, sino también el riesgo de lesiones de los jugadores. Se tomaron como restricciones fuertes las impuestas por el reglamento de la NBA. En [17] podemos ver otra aplicación dentro del basketball. En este caso se discute el problema de encontrar un calendario mejor al actual para la liga de baloncesto alemán. Se busca en este caso asignar los juegos más interesantes a los espacios de televisión, minimizar las distancias que los equipos deban conducir en un día y cumplir con las peticiones del equipo. Presentan varios enfoques algorítmicos y muestran cómo estos modelos se ajustan a los requisitos de la liga. En este proceso, y como característica diferencial de otros trabajos, demuestran que los modelos clásicos aplicados anteriormente y que en muchas otras ligas todavía se aplican, son demasiado limitados para cumplir con estos requisitos.

Además, se encontró su aplicación en otros deportes como baseball, aplicado a la programación de la liga de Texas, Estados Unidos [18]. En el cual luego se basa [19] para realizar sus trabajos sobre el calendario de baseball en Corea y en el artículo [20] en el que utilizan un algoritmo de planificación para los juegos de deportes profesionales, lo que mejora en gran medida el rendimiento de los resultados de programación convencionales respectivamente. Se observa también en el hockey, en el cual se estudió la complejidad de programar partidos que añade incluir más equipos a la liga nacional de hockey de Estados Unidos [21]. En este trabajo se basan, [22] en el que se diseña un sistema de soporte de decisiones para la programación de la liga de fútbol canadiense y [23] el cual ofrece una revisión introductoria de los problemas fundamentales en la programación de deportes y sus formulaciones, seguido de un estudio de las aplicaciones de los métodos de optimización a problemas de programación en las ligas profesionales de diferentes disciplinas deportivas.

El cricket es otro deporte donde se trabajó sobre la programación del campeonato mundial de 1992 [24] y sobre la programación de la liga local en Australia, puesto en práctica en la temporada 1992-1993 [25].

Más allá de la variedad de aplicaciones sobre la programación de competencias en diferentes deportes de la liga profesional como el basketball, fútbol, rugby, también se observa que en el campo deportivo se ha sugerido su utilización para montar equipos con enfoques de optimización estocástica [8] pero se consideró desventajoso dado que son aproximaciones y está en juego muchos millones. En [8], se explora el uso del enfoque de formulaciones con multiobjetivo, ofreciendo conjuntos de soluciones comprometidas con las diferentes partes interesadas y con la posibilidad de acomodar la toma de decisiones variando las ponderaciones de los objetivos dependiendo las preferencias del usuario específico.

Académicos

Definimos eventos en el ámbito académico a aquellos eventos que involucran a estudiantes, profesores, investigadores o padres de estudiantes. Encontramos trabajos en este campo que datan de 1985 hasta la fecha.

Conferencias

Un tipo de evento muy importante en el ámbito académico son las conferencias. En estas, los autores de las investigaciones pueden difundir sus trabajos, recibir devoluciones de sus colegas o aprender sobre otras investigaciones. Es por esto, que la programación de las conferencias resulta de interés, no solo para los propios investigadores, sino también para el público, resultando en que se puede encontrar numerosos trabajos sobre este tema. Uno de ellos es el trabajo realizado por Potthof y Munger [26], sobre la planificación de la reunión anual de la Public Choice Society. Este es un trabajo en el cual los autores utilizan programación entera para programar la presentación de investigaciones desde la perspectiva de los presentadores. Esta conferencia dura tres días en el cual las distintas investigaciones son presentadas en paneles agrupadas por áreas por parte de sus creadores y con la moderación de un orador. A pesar de no ser una competencia directamente, hay espacios de tiempo que son menos deseados que otros por parte de los investigadores. Por ejemplo, al estar finalizado la conferencia, las investigaciones tienen menos difusión ya que la gente empieza a partir. En este trabajo, el objetivo es lograr un cronograma de presentaciones equilibrado, esto es minimizar la cantidad de veces que un presentador realiza su intervención, en los horarios menos populares. Los autores, también indican que se puede trabajar de una forma alternativa al ponderar las diferentes investigaciones o investigadores por su popularidad y penalizar los horarios menos populares. De esta manera, las investigaciones más populares no serían en los horarios menos populares. Sin embargo, de esta forma, los resultados estarían relacionados con el sistema de asignar ponderación o las ponderaciones podrían ser usadas de forma estratégica, y esta idea de que algunos presentadores son más importantes que otros, violaría el principio de neutralidad. Como conclusión, los autores indican que puede haber varias soluciones factibles con el mismo valor objetivo, como también puede no haber ninguna solución factible. Se destaca el poco tiempo de procesamiento a la hora de resolverlo. A su vez, si a último minuto, ocurre un cambio después que se haya determinado el cronograma completo, se puede volver a correr, con la nueva información. Los nuevos ajustes van a ser más fáciles de hacer si se hace de forma manual. Por último, Potthof y Munger, destacan que no encuentran otro trabajo con su mismo objetivo por otros autores. Sin embargo, si encuentran tres trabajos sobre planificación de sesiones en reuniones o conferencias, pero que usan información sobre las preferencias de las sesiones, con información obtenida anteriormente, siendo estos trabajos más complejos. Mencionan que hay extensa literatura sobre programación de eventos deportivos y timetabling en centros educativos, pero que tienen poca similitud con su trabajo. Estos en su mayoría son resueltos mediante heurísticas y pocos, más simples, han sido tratados de ser resueltos con programación entera.

Como se mencionó en [26], otra forma para programar las presentaciones en una conferencia es desde la perspectiva del público. El primer trabajo que encontramos es el realizado en 1987 por Eglese y Rand [27], sobre las disertaciones en la conferencia anual de la fundación Tear (1985, Inglaterra). Los participantes debían con antelación elegir cuatro seminarios y su orden de preferencia, así como también un seminario extra como reserva. El modelo trata de maximizar la puntuación total del calendario de charlas, obtenida mediante la participación de los invitados en las charlas (mayor puntuación a mayor orden de preferencia) y una penalidad si un participante no es asignado a ninguna charla de su preferencia. A su vez, se busca que los seminarios no tengan una alta cantidad de participantes, ni tampoco muy poco. Para resolver, se utilizó una heurística consistente de dos etapas. En la primera etapa, se crea un calendario factible. En la segunda etapa, se toma este calendario y mediante un algoritmo de búsqueda por vecindad, se maximiza la puntuación del calendario, asignando los participantes a los diferentes seminarios programados en la primera etapa. Como resultado, se obtiene una programación en la cual todos los participantes quedan designados a cuatro seminarios. El valor objetivo obtenido es mayor al obtenido si la organización lo hace de forma manual. Por último, se comparan los resultados obtenidos si en la segunda etapa se usa un algoritmo descendente. A pesar de que este algoritmo es más rápido que la búsqueda por vecindad, el valor objetivo obtenido no es tan bueno como en el último.

Por último, encontramos el trabajo realizado en el 2018 [28], el cual trabaja desde ambas perspectivas. Desde la perspectiva del público, se programa teniendo en cuenta los espacios de tiempo y los salones, agrupar charlas por afinidad temática y decidir un itinerario óptimo de presentaciones para el público. Mientras que, desde la perspectiva de los presentadores, se optimiza la disponibilidad de los presentadores. El objetivo de este trabajo es maximizar la cantidad de gente que atiende una charla.

Exámenes

En los problemas de programación de exámenes (ETTP, The Examination Timetabling Problem), el objetivo es programar exámenes y sus correspondientes estudiantes en salones en un periodo de tiempo. El problema ETTP y diferentes extensiones son problemas NP-completos como fue demostrado en [29].

Se definen restricciones duras como programar todos los exámenes, no exceder la capacidad de los salones, exclusividad de los salones para un examen, los estudiantes deben tener solamente un examen programado para el mismo periodo de tiempo y garantizar el orden de los exámenes. Por otro lado, se definen restricciones blandas como evitar que los estudiantes tengan programados más de un examen el mismo día o en periodos consecutivos o que los exámenes con mayor cantidad de estudiantes sean al principio del periodo [30]. Mientras que las restricciones duras se deben cumplir para obtener una solución factible, la mejora de la calidad de la solución es obtenida al minimizar el incumplimiento de las restricciones blandas, que si se pueden incumplir [31].

En las instituciones educativas, la programación de los exámenes es construida semanas antes al periodo para permitir que los estudiantes planifiquen el mismo. Debido a la complejidad de estos problemas, los algoritmos para obtener una solución pueden demorar varios días en su ejecución. Es por esto, que hay dos indicadores para evaluar la performance de los algoritmos: la calidad de la solución y el tiempo de cómputo. Estos indicadores son inversamente proporcionales, en el sentido que, si uno quiere obtener una solución de mejor calidad, un mayor tiempo de ejecución es necesario, debido a que se deben evaluar un mayor conjunto de soluciones [32].

Otro trabajo es el realizado por Caramia, Dell'Olmo e Italiano [33]. La manera novedosa que utilizan para evaluar la calidad de una solución es introducir costos de proximidad, asignándoles cuando dos exámenes para el mismo estudiante se colocan muy juntos. Tienen en cuenta que el horario sea libre de conflicto, donde los exámenes se extienden lo más uniformemente posible, es decir, con el mínimo coste de las limitaciones. Utilizan un algoritmo de búsqueda en un grafo, siendo los nodos de este los exámenes y las aristas reflejan la relación de estos exámenes, adquiriendo un valor según la cantidad de estudiantes anotados a ambos exámenes, llamados exámenes adyacentes. Asignan un costo según la separación asignada para exámenes adyacentes. Tienen en cuenta para realizar la búsqueda: horario tentativo, la prioridad asignada al examen, como ejemplo exámenes más difíciles de coordinar se programan primero, se asigna penalidad por la suma de los costos de proximidad. Asignan un examen en el espacio de tiempo que genera menos conflictos y se actualizan las penalidades, esto se realiza para tener un calendario inicial para comenzar la búsqueda. Luego, tratan de reducir los costos moviendo los exámenes de su intervalo de tiempo actual a otros intervalos de tiempo factibles. Esto se hace sucesivamente hasta que sea posible. Concluyen en la implementación que sus algoritmos producen mejores soluciones, es decir, soluciones con un menor número de ranuras de tiempo, aunque tienen sanciones consistentemente más altas como es de esperar.

Otros trabajos han sido resueltos usando metaheurísticas como BCO (Bee Colony Optimization) [34], basado en el comportamiento de las abejas, o CEA (Cellular Evolutionary Algorithms) [32], basado en la evaluación celular.

Otros

También usando las preferencias de partes interesadas, los autores Burke y Rudová [35], resuelven un problema que ocurre todos los años en los liceos italianos. Este problema es que algunos días en el año, los profesores y padres tienen una reunión sobre el desempeño de sus hijos. Al no estar planificado, los padres hacen fila para poder tener su reunión con determinado profesor, ocasionado largas filas con mucho tiempo libre de los padres y estos pudiendo tener reunión con pocos profesores. Es por esto, que, mediante una heurística de dos fases, los autores tratan de minimizar el tiempo libre de los padres y que pueden reunirse con todos los profesores que deseen. Además, demuestran que es un problema del tipo NP-hard. Luego de que se tenga la lista de preferencias por parte de los padres, en la primera fase, se determina una programación inicial de las reuniones. Luego en la segunda fase, se minimiza el tiempo libre de los padres, a través de búsquedas locales, lo cual se puede hacer mediante dos métodos. El primero, se basa en tomar una reunión, buscar un espacio libre de un padre y fijarla ahí, si el profesor está ocupado con otra reunión, se toma esa reunión y se hace el mismo proceso.

Mientras que, en el segundo método, se hace lo mismo, pero cambiando el orden, por lo cual se toma una reunión y se fija en la cual el profesor está libre. Como resultado, obtienen que el tiempo libre de los padres, se va reduciendo constantemente por cada iteración de la segunda fase. La mejor calidad de los resultados se obtiene con el primer método para la segunda fase.

También se encontró un trabajo sobre los liceos griegos [36], en el cual se confecciona la programación semanal. En este, se programa las clases, salones, profesores y materias, teniendo en cuenta las regulaciones por parte de los organismos. Lo interesante de este trabajo es que se puede adaptar a cualquier centro de ese país con solo cambiar el valor de los parámetros o agregar o eliminar algunas restricciones.

Otra forma de ver la aplicación de métodos cuantitativos es en la confección del calendario de cursos de la compañía aérea alemana Lufthansa, uno de los mayores empleadores de ese país. En el trabajo [37] se realiza la confección del calendario anual de los cursos de entrenamiento del servicio técnico de la compañía, encargado del chequeo, mantenimiento y mejora de la flota. Se trata de 670 tipos de cursos en el cual se tiene en cuenta relaciones de precedencias y uso de recursos, por ejemplo. El resultado obtenido es la obtención de un calendario de cursos en un menor tiempo, ya que la confección manual de este calendario era hecha por dos trabajadores de la empresa en un tiempo de varias semanas.

Artísticos

Consideramos eventos artísticos aquellos eventos relacionados con el arte. Como arte tomaremos la definición de la Real Academia Española [1]: “manifestación de la actividad humana mediante la cual se interpreta lo real o se plasma lo imaginado con recursos plásticos, lingüísticos o sonoros”. Dividimos esta categoría en comerciales de televisión y espectáculos.

Comerciales TV

Debido a que los comerciales durante las pausas de programas de televisión generan ganancias millonarias anuales, hay diversos trabajos en la aplicación de métodos cuantitativos enfocados en la programación de estos comerciales. Durante una pausa, el primer horario y el último son los que atraen más atención, resultando en un problema que todas las empresas deseen publicitar en estos horarios.

Para este problema de programación en [38] se formuló un modelo de programación entera donde se aceptan los anuncios y luego se programan en el horario de comerciales en pro de maximizar los ingresos. En [39], se presenta un modelo matemático donde las solicitudes de los anunciantes para mostrar un anuncio se aceptan o no y luego, se programan estos anuncios aceptados. Tanto para [38] y [39] se evalúan los modelos con bancos de pruebas de diferentes tamaños de anuncios, evaluando su tiempo de procesamiento.

En [40] desarrollaron un algoritmo heurístico para generar un plan de ventas óptimo que satisfaga los requisitos de los anunciantes. Se incluyen todos los detalles de la programación de los comerciales. Fue implementado por la cadena de televisión NBC para mejorar sus ingresos. Usándolo como base, en [41] construyen otro modelo donde la primera y la última posición en una ranura obtienen calificaciones de audiencia más altas que las del medio. Las empresas firman contratos para emitir sus comerciales y determinan un mínimo de apariciones dentro de determinado momento del bloque debido a que la mayor audiencia se da en estos espacios específicos. Toman como principales restricciones que el comercial de dos productos que compiten entre sí no puede estar programados en el mismo bloque y el mínimo pactado en el contrato. Debido a la complejidad del modelo inicial, los autores lo subdividen en dos partes. En la primera, crean un modelo para crear un programa factible, esto es que cumpla la primera restricción. En la segunda etapa, se toma ese programa factible, y se determina el orden de comerciales dentro de cada bloque, teniendo en cuenta la otra restricción ya mencionada. Este algoritmo ha tenido un considerable éxito, ya que la cadena NBC lo utiliza para programar los comerciales desde el 2002 [40]. Se corre el programa durante la noche para planificar los comerciales de varias semanas. Si durante un día, hay un imprevisto, se puede correr para programar los arreglos de ese mismo día. Como resultado, se ha reducido el número de personas dedicadas a la programación de comerciales, también se ha disminuido los conflictos entre las empresas y la cadena y aumentado la satisfacción del cliente.

Para resolver el problema de programación de comerciales, en [42], utilizan un método que consiste en una heurística de optimización de colonias de hormigas (ACO por su nombre en inglés, Ant Colony Optimization). Cuando los clientes compran tiempo de publicidad, los programadores deben satisfacer simultáneamente las necesidades del cliente y cumplir con los requisitos legales y reglamentarios. El objetivo de este estudio es desarrollar un método que atienda mejor a las necesidades del cliente. Así, el modelo matemático debe incorporar un costo penalización si no se satisfacen las necesidades del cliente. En la función objetivo se tiene la suma de todos los costos de penalización. La restricciones son las siguientes: limitaciones encontradas en el anuncio de televisión programada; diferencias entre la compra total del cliente y programación real; limitaciones asociadas con los conflictos entre categorías de productos, es decir, el número de veces que el mismo anuncio del producto se puede emitir en un plazo determinado; limitaciones asociada con la publicidad de posición, es decir, la diferencia entre la relación de posición de espera del cliente y programación real; una restricción que asegura que la longitud total de todos los anuncios programados en un intervalo no exceda la longitud de ese intervalo. Se requiere que un máximo de anuncios se programase en cada posición dentro de cada intervalo de anuncio. Se representa la situación en la que cada anuncio solamente tendrá una posición en un intervalo de anuncios. Aseguran que al aumentar el número de intervalos en el anuncio y número de anuncios aumenta la complejidad de la solución. El tiempo necesario para encontrar soluciones es estable, y no aumenta significativamente con el intervalo o anuncio. Concluyen que no sólo puede reducir el tiempo de preparación de la programación y mejorar la eficiencia, sino que se puede estimular al cliente por tener en cuenta sus necesidades e incluso mejorar la eficiencia general de funcionamiento de la empresa.

En el campo de la programación de comerciales de televisión también se observa la utilización de modelos con múltiples objetivos. Esto es buscar la mayor utilidad respecto a varios objetivos, lo cual lleva a que las alternativas óptimas para unos, no lo son para otros. Por ejemplo, en [43] los objetivos en conflicto son la maximización de la audiencia y la minimización del costo. Los valores pronosticados de los ratings y los costos se pronostican mediante modelo de regresión y luego se usan en el modelo de optimización como entradas. En [44] también se puede ver un modelo con múltiples objetivos, pero solo desde la perspectiva del anunciante. En este caso los objetivos en conflicto son maximizar el alcance y minimizar el costo de la publicidad para el productor del anunciante.

Espectáculos

Los autores Ortega, Pozo y Puerto [3] abordan un problema de toma de decisiones relativas a la planificación de la programación de ciertos espectáculos culturales en España, es decir deciden en qué sitio y en qué horario se realizará cada evento. Tiene la característica de que consideran los puntos de vista procedentes de varios tomadores de decisiones involucrados en el proceso, así como los recursos limitados con los que se cuenta para la planificación de estos eventos en cuanto a costos y presupuestos. La diferencia principal que encuentran entre esta planificación con respecto a otros problemas de tipo de asignación es que su objetivo es la maximización del bienestar social, lo cual implica que no se persigue un fin de aumento de la rentabilidad como en otros casos, sino que se busca también que el público esté satisfecho y pueda participar de los eventos. Pretenden proporcionar una oferta cultural atractiva con respecto a una combinación de preferencias de las partes involucradas. Se tienen en cuenta los conjuntos de agentes y de modalidades culturales dentro de eventos, además de los sitios de actuación y el día de actuación y costos y presupuestos. Siendo el objetivo maximizar el bienestar general, adoptaron la convención de que el bienestar es calculado con la combinación de varios factores que dependen de la capacidad de atracción de los agentes, los sitios y los días del calendario, asignando para cada entidad un factor de bienestar. De esta forma logran tener en cuenta el bienestar de todas las partes interesadas. Demostraron que la solución exacta es difícil de obtener usando únicamente el modelo propuesto, incluso para casos de tamaño medio. Este comportamiento los lleva a desarrollar un enfoque alternativo, en el que se llega a buenas soluciones aproximadas, así como límites válidos para evaluar la calidad de las soluciones. Para esto se basan en diferentes descomposiciones del modelo inicial, subproblemas, obteniendo así cotas rápidamente. Concluyen que el modelo original es complejo debido esencialmente a la interacción de 5 factores, estos elementos dan lugar a una formulación de programación entera con varias variables. Se puede ver por lo tanto que lograr el beneficio de mayores cantidades de interesados dificulta el problema. Destacan que para cada enfoque posterior al modelo se evidencia un tiempo computacional significativamente menor que los reportados para este. Una vez más al utilizar un caso particular basándose en datos reales recogidos encuentran que al implementarse se informa una mejora en la calidad de las soluciones respecto a los datos de la temporada anterior.

En la línea de programación de eventos artísticos nos encontramos con el trabajo de Bikakis, Kalogeraki y Gunopulos [45] donde asignan eventos a intervalos de tiempo, con el objetivo de maximizar la asistencia. Cada evento está asociado a una ubicación. Se tienen en cuenta conjunto de eventos de competencia que fueron programados por terceros y que pueden atraer posibles asistentes a los eventos sociales objetivo. Otro elemento del sistema es un conjunto de usuarios, para el cual se tiene una función que modela el interés del usuario, y la probabilidad que el usuario participe en una actividad social en un determinado período de tiempo. La idea es maximizar la utilidad total para una programación, la cual se calcula considerando la asistencia esperada para todos los eventos programados. Incluso en casos altamente restringidos, no es posible computacionalmente encontrar una solución. En [46] un artículo de los mismos autores donde presentan este tema por primera vez, se desarrolla un algoritmo para encontrar una solución aproximada a este problema debido a la imposibilidad computacional mencionada. Lo resuelven generando asignaciones entre todos los pares de eventos e intervalos de tiempo y en cada iteración se elige la asignación con mayor puntuación y se actualiza el puntaje de la asignación.

Asignación

Si bien nuestra investigación se enfoca en la programación de un acontecimiento, dada la basta literatura de problemas de tipo asignación decidimos agregar esta categoría, ya que entendemos que la aplicación de estas metodologías aporta a la compresión del tema.

Jueces

En el campo deportivo, un ejemplo de problema de asignación es la asignación de jueces para el cual encontramos varios trabajos sobre este tema. El realizado por Yavuz, Inan y Figlali [47] en la liga turca de fútbol. En este trabajo, los autores asignan jueces a partidos previamente programados, con el objetivo de que su asignación sea más equitativa. Se entiende por una asignación no equitativa a que un equipo sea arbitrado varias veces por mismo juez, que sea arbitrado por el mismo juez en partidos consecutivos o que los partidos de ida y vuelta entre dos mismos equipos, sean arbitrados por el mismo juez. Los autores usan una heurística para hallar una solución inicial y luego mediante una búsqueda local mejoran esa solución, obteniendo una solución de buena calidad en un tiempo de cómputo de segundos. Se basa en este trabajo [48] en el cual se hace la programación de los partidos y se asignan los jueces a esos partidos de la liga turca de fútbol. Para esto, utilizan un algoritmo genético debido a el problema es extremadamente difícil de resolver, como concluyen los autores.

También está el trabajo Alarcón, Durán y Guajardo [49] sobre la liga chilena de fútbol. La solución hallada es de mejor calidad comparada con la asignación actual, teniendo en cuenta la cantidad de total de partidos asignados a cada juez, la cantidad de partidos asignados al mismo equipo a cada juez, distancia recorrida por los jueces y partidos consecutivos sin ser asignados a algún partido.

Viviendas

En los casos de asignación de vivienda se asigna dónde va a vivir un usuario dentro de una cantidad de apartamentos disponible. Una forma de tener en cuenta la satisfacción del usuario es solicitar que estos realicen una escala de nivel de satisfacción para cada opción posible. Prino, Sánchez y Cancela [50], en su artículo sobre distribución óptima de unidades habitacionales en una cooperativa, tienen en cuenta este aspecto. Buscan optimizar el nivel de satisfacción de las familias, permitiendo niveles mucho más altos que los alcanzados utilizando el método de lotería tradicional de asignación. Pretenden encontrar asignaciones en las que los involucrados no necesiten realizar intercambios entre sí y mejorar su satisfacción luego de la resolución. Como metodología de resolución, consideraron dos planteos posibles: en el primero, se buscaron modelos para optimizar la satisfacción promedio de los interesados, y como objetivo subsidiario minimizar las diferencias de satisfacción entre cooperativistas, representado a través de la maximización de la satisfacción del cooperativista menos satisfecho, formulación matemática en dos etapas. En una segunda opción, se consideró como objetivo principal el maximizar la "mínima satisfacción" garantizada a todos los cooperativistas, es decir, buscar maximizar la satisfacción más baja, y como objetivo subsidiario el maximizar la satisfacción promedio. Finalmente observan que la asignación con cualquiera de las dos opciones del programa de optimización es casi cinco veces mejor que la aleatoria, permitiendo así beneficiar con claridad a los cooperativistas. De manera similar Perach, Polak y Rothblum [51] proponen para la asignación de los estudiantes a dormitorios tener en cuenta preferencia de estudiantes sobre el conjunto de grupos de dormitorio existentes, puntuación sobre mérito según calificaciones y el score de crédito asignado según las posibilidades de cada alumno. La asignación consiste en una lista de pares alumno-dormitorio, además se devuelve los alumnos que están en una lista de espera y de alumnos que nunca serán asignados, que están excluidos y deben buscar una consideración adicional. Luego desarrollan algoritmos para mejorar la solución obtenida, generando de esta forma menor lista de espera y la lista de refugiados más pequeño. Concluyen una vez más a que al resolverlo mediante esta clase de métodos, se logran obtener mejores soluciones y de mayor beneficio para los involucrados.

Hospitales

El avance científico y tecnológico en las últimas décadas permitió la solución de muchos problemas en el ámbito de la salud, pero también contribuyó a la aparición de nuevos problemas. Muchos de estos debido a los cambios en las necesidades de los proveedores de salud (ejemplo: hospitales), a causa del aumento de la esperanza de vida o al progresivo envejecimiento de la población [52]. La administración de los servicios de salud se está convirtiendo cada vez más desafiante, y un sector de especial interés dentro de los hospitales son las salas de operación [53]. Debido a que un gran porcentaje de las admisiones en un hospital es a causa de las intervenciones quirúrgicas, las salas de operación son objeto de un alto nivel de costos y de ganancias de un hospital [54]. Una planificación y programación eficiente de la sala de operación es crucial para minimizar el tiempo de espera de los pacientes, reducir el número de cancelaciones, nivelar la carga de trabajo de los trabajadores involucrados y mejorar la performance del centro en general [53]. Es por esto, que encontramos varios trabajos que abordan este tema.

La formulación exacta del problema varía considerablemente entre distintos hospitales o mismo dentro de diferentes sectores de un hospital. El nivel de detalle varía dependiendo de las diferentes planificaciones o el rango de tiempo. Como es el caso de [55], sobre la programación diaria considerando cirujanos, salas de operación y de recuperación. Por lo tanto, implementan una heurística de dos fases: determinar salas que funcionan ese día y asignar cirujanos y crear secuencia de las operaciones. Otro ejemplo, es [56] en el cual se trabaja con la reprogramación de las operaciones, esto es una vez que se tenga una programación inicial para un cierto periodo de tiempo, agregar nuevas operaciones. Es por esta razón que es difícil diseñar métodos generales de programación que pueden ser aplicados a todos lados sin una importante modificación para su aplicación. En [57], se propone un modelo general para este tipo de problema, que fue aplicado en un hospital noruego, en la programación diaria y en la programación semanal de un hospital.

Otro caso de programación semanal es el trabajo realizado por Fei, Meskens y Chu [58], quienes realizan un trabajo de programar semanalmente las cirugías de un hospital, con el objetivo de maximizar el uso de las salas de operaciones, minimizar el tiempo libre entre cirugías, eliminar la superposición de horarios para los cirujanos, de esta forma, minimizando los costos del bloque quirúrgico. El proceso consta de dos fases, en las cuales se resuelven distintos problemas, con distintos algoritmos y restricciones. En la primera fase, se determina la fecha de cada cirugía, primero con una heurística se determinan un conjunto de planes factibles y luego con otra heurística de generación de columna, se genera un plan semanal factible de buena calidad. En la segunda fase, luego de tener el plan de cirugías para esa semana, se utiliza otro algoritmo para determinar el horario de cada cirugía. Se obtienen mejores resultados en la reducción de tiempo libre entre cirugías y mayor utilización de las salas operatorias comparado con resultados de la realidad de un hospital de Holanda. Luego, en [59], mejoran la calidad de la solución del trabajo anterior mediante el uso de un algoritmo basado en optimización por enjambre de partículas. En [60] realizan la programación diaria del quirófano, pero con el objetivo de minimizar el tiempo de finalización y el máximo de horas extras, mientras que la integración de las limitaciones cirujano de la vida real, tales como su papel, especialidad, calificación y disponibilidad. En el caso de [61] el objetivo es similar, programan el funcionamiento para maximizar la eficiencia del uso de los quirófanos y minimizar el costo de horas extras. Pero se diferencian en realizar la programación del quirófano con la estrategia de programación abierta. De acuerdo con esta estrategia el quirófano está reservado para un cirujano particular sin ranura de tiempo. Los cirujanos pueden utilizar todas las horas disponibles. Para el modelo que se considera que es cercano a la realidad, se desarrolla un algoritmo heurístico para resolverlo. Basados en [61], en el caso de [62] expanden el objetivo al resolver una variante de dos niveles del problema, el problema de programación de cirugías quirúrgicas maestro y el problema de la asignación del caso, donde se consideran tanto los costos hospitalarios y el costo del paciente; en el caso de [63] utilizan esta clase de modelos para garantizar la gestión de las salas de operaciones y asegurar el aumento de la productividad fundamental al tiempo que garantiza la calidad y seguridad de la atención al paciente.

Un ejemplo diferente de aplicación es el caso de realizar la programación de las cirugías, pero al mismo tiempo determinar la asignación de los recursos necesarios [64], teniendo en cuenta una serie de limitaciones para asegurar un flujo completo de la cirugía, la disponibilidad de recursos, y las especialidades y la cualificación de los recursos humanos. Esta tarea juega un papel crucial en el suministro de tratamientos oportunos para los pacientes garantizando al mismo tiempo el equilibrio en la utilización de recursos del hospital. Al observar las similitudes entre la programación de las salas de operaciones y un problema multi-recurso, este artículo propone un enfoque de optimización de Colonia de Hormigas (ACO) para resolver eficazmente este tipo de problemas. Basándose en el trabajo anterior [65], incorporan los estilos de toma de decisiones de los miembros del equipo quirúrgico (como un indicador de la personalidad) en un problema de programación de la sala de operaciones para mejorar el nivel de compatibilidad dentro de los equipos quirúrgicos. Además, proporcionan una solución más eficaz y realista para el problema considerando varios factores prácticos. Estos factores incluyen la disponibilidad de recursos materiales (es decir, quirófanos, camas post-anestesia y equipos), las prioridades de los pacientes, y la disponibilidad, las habilidades y competencias del personal quirúrgico. Se enfocan en estas mejoras debido a que la calidad de la interacción y compatibilidad a nivel de miembros del equipo quirúrgico puede tener un impacto significativo en la calidad y seguridad de una cirugía. Otro caso es el de [66], que se basa en [64], para realizar la programación de cirugías electivas en un país volátil como Irak, que debido a los incidentes relacionados con la guerra es a menudo interrumpido por cirugías no electivas. Por lo tanto, este trabajo tiene la intención de abordar esta cuestión proponiendo un modelo de programación con el foco en el departamento de neurocirugía. El objetivo del modelo es maximizar la utilización de la sala de operaciones, mientras que al mismo tiempo reducir al mínimo el tiempo de inactividad de la cirugía. Mejoran los modelos anteriores en [67], al considerar aún más la capacidad compartida entre los pacientes electivos y de emergencia, al crear un modelo de programación que se extiende por primera vez para hacer frente a la interrupción de las cirugías inciertas.

El artículo [68] tiene como característica diferenciada investigar el impacto de permitir la recuperación del paciente en la sala de operaciones cuando no hay cama recuperación disponible. En él se basan [69] para realizar la planificación y programación de los centros procedimiento ambulatorio; en [70] donde abordan la planificación del quirófano integrado y el problema de programación con equipos quirúrgicos compuestos por uno o dos cirujanos, donde la duración de la cirugía dependen de su experiencia y habilidades; en [71] con el objetivo de optimizar el uso de la sala de operaciones, reduciendo al mínimo las horas extraordinarias, y diferenciándose en la maximización de las afinidades entre los miembros del equipo quirúrgico; por último en [72], donde abordan el problema de la programación de las cirugías teniendo en cuenta al mismo tiempo, por primera vez, los quirófanos, la recuperación posterior a la anestesia, los recursos requeridos por la cirugía y la posible llegada de cirugías de emergencia.

Actualmente, la gestión de los sistemas de logística y transporte es un problema importante, por ello decidimos tratar el problema de asignación de franja horaria en líneas de transporte. Investigadores italianos se plantean la programación del servicio de ferroviarios regionales en Italia, en una serie de artículos. En [73] al estudiar el problema, se puede observar que estos trenes regionales apuntan a un nivel de servicio constante, por lo cual los horarios se consideran cíclicos. Se ocupan de la asignación de franjas horarias a los trenes, es decir, el establecimiento de los tiempos de viaje de cada tren, con los horarios de salida y llegada en cada estación. La forma de medir el nivel de servicio de estos es por el tiempo total de viaje, por esta razón se decide que la función objetivo sea minimizar el tiempo total de viaje para los pasajeros. Para el planteo se tienen en cuenta restricciones de distancias temporales entre trenes consecutivos, incapacidad de cruce o adelantar por la misma vía, tiempo mínimo de parada por estación y cumplimiento de normas de seguridad. Con la función objetivo y las restricciones propuestas se encuentra un modelo no lineal, se reformula el mismo convirtiendo restricciones no lineales en restricciones lineales, de este modo se puede utilizar programación lineal. De forma exitosa pueden aplicar el modelo a la red ferroviaria del sur de Italia. En [74], donde el método habitual con el que los ferrocarriles gestionan el rendimiento del tráfico se rige por el plan de operaciones diseñado en [73], se investiga sobre un sistema operativo control de tráfico centralizado (CTC), que permite aumentar la potencialidad de las líneas ferroviarias, especialmente de las de vía única. La investigación está enfocada en los conflictos de trenes que pueden ocurrir en el cronograma reprogramado después del horizonte de tiempo elegido. El comando es ejecutado por el Train Dispatcher (TD) que monitorea el estado de la red y el tráfico y recopila información. Este realiza la gestión de tráfico en tiempo real, que generalmente no tiene información precisa sobre la evolución futura del tráfico de trenes y termina adoptando acciones de control de tráfico que a menudo son subóptimas. Dada esta necesidad de mejorar las decisiones en la programación basándose en un modelo de programación lineal entera mixta con horizonte de tiempo finito propuesto en la literatura relacionada [75], en [74] se mejora el modelo mediante un algoritmo heurístico iterativo que resuelve dichos conflictos. El enfoque presentado se aplica a un conjunto de datos reales relacionados con una gran parte de una red regional en el sur de Italia, lo que demuestra su efectividad para proporcionar una solución. En [76] para el mismo modelo de red ferroviaria que en [73] con la gestión de tiempo real de [74], presentan un sistema de apoyo a la decisión (DSS) para la gestión en tiempo real de las redes ferroviarias. El DSS presentado está basado en un método de perfil de velocidad fija. Adaptando el modelo de reprogramación con n números de pistas paralelas [75] para reprogramación en redes mixtas (tanto simples como dobles). Emplea un modelo de reprogramación y calcula el cronograma actualizado mediante un procedimiento heurístico que extiende el cronograma después del horizonte temporal, garantizando la ausencia de conflictos. Utiliza un método de reprogramación de tres niveles, la reprogramación jerárquica permite obtener en un corto tiempo de cómputo un calendario sólido y sin conflictos.

Calendario Electrónico

En el artículo de Hosein y Boodhoo [77], los autores abordan el tema de programación de eventos, pero enfocados en la vida diaria de las personas, ya sea eventos individuales o en el que concurren varias personas, por ejemplo, con el uso de calendarios electrónicos como Outlook. Los autores introducen un algoritmo en el que incluyen restricciones blandas y duras que permitan elegir el momento óptimo para un evento. Los autores creen que el valor de un espacio de tiempo puede variar para una persona, dependiendo de qué tipo de actividad sea y también puede variar en el correr del tiempo. Es por esto, que el valor de un evento también puede cambiar en el tiempo. A su vez, se abordan los eventos en el cual concurren varias personas. Para el modelo matemático, se toman como parámetros la cantidad de espacios de tiempo, participantes, eventos públicos y sus participantes y el valor de los eventos en un determinado espacio de tiempo para una determinada persona, además de la duración de los eventos. Los participantes deben valorar un evento en un determinado espacio de tiempo (de 0 a 10), y también valorar espacios de tiempo para expresar que tan importante es tener tiempo libre en ese espacio. Hosei y Boodhoo, resuelven el problema de cuatro formas posibles y después comparan sus resultados. La primera de ellas, la nombran solución óptima global, en la cual cada vez que se agrega un evento, se re optimiza todos los eventos. El problema es que se consumen muchos recursos, ya que se debe volver a ver todas las combinaciones y que se le tenga que pedir a personas que cambien de eventos que ya tenían agendados. La segunda de ellas, nombrada solución secuencial tradicional, que puede ser sub-optimal, se trata de que determinan un potencial espacio de tiempo y se calcula la diferencia de valoración entre ese potencial y la valoración del evento. Se determina que el mejor espacio es el cual la diferencia es más grande, ya que era el espacio en el cual los invitados tenían cosas menos importantes para hacer. Como complemento al método anterior, se desarrolla la solución tradicional con restricciones duras, cuyo proceso es similar al anterior, en el cual a los espacios de tiempo se les asigna 0 si están libres. El espacio elegido es el cual la suma de ceros es mayor, significa que, para la mayor cantidad de personas, ese espacio está libre de evento. Por último, se utiliza la solución coordenada ascendente, en la cual se genera una solución con el método de solución secuencial tradicional, para luego tomar un evento y re-optimizar para ese evento, manteniendo los otros fijos. Los resultados que obtienen los autores es que al agregar soluciones blandas se mejora la solución. También, concluyen que el método de solución coordenada ascendente es el que consigue la mejor solución, como por ejemplo mejorando la fracción de invitados que atienden un evento. Este enfoque requería un tiempo de cómputo significativamente alto resultando no factible en la práctica. En [78] los autores investigan una solución al problema, proporcionando grandes mejoras en el tiempo de ejecución. La solución propuesta es una solución distribuida, lo que quiere decir distribuir el trabajo, para eso se plantean dividir el espacio de tiempo, no es una división trivial ya que al no tener en cuenta cómo afectan diferentes eventos en diferentes intervalos no modelaría correctamente el problema. Como los eventos se afectan si hay interacciones en los grupos de personas invitadas, definimos a los usuarios como conjuntos de eventos. El modelo consiste en tres pasos, grupos de usuarios, grupos de horarios para producir ubicaciones candidatas y la evaluación y selección de las ubicaciones candidatas. Si el evento k pertenece a más de un conjunto candidato, se elige la ubicación que produce el máximo beneficio. Se observó que con estos cambios se logra bajar significativamente el tiempo de ejecución con una reducción relativamente pequeña en la optimalidad.

Conclusiones

En el presente estado del arte se buscó acercar al lector a la aplicación de métodos cuantitativos aplicados en la programación de eventos.

Incluimos en nuestra búsqueda a los acontecimientos deportivos, académicos y problemas de asignación, dada la poca cantidad de artículos encontrados que abordan el tema específico de nuestro estudio sobre la resolución de problemas de programación para eventos artísticos. En la Figura 3, podemos observar la cantidad de artículos encontrados por categoría.

Dentro de nuestra investigación, se ve reflejada la variedad de temas relacionados a la programación de eventos, incluyendo artículos desde 1985, como se puede observar en la Figura 4, enfocándonos en los trabajos de mayor actualidad.

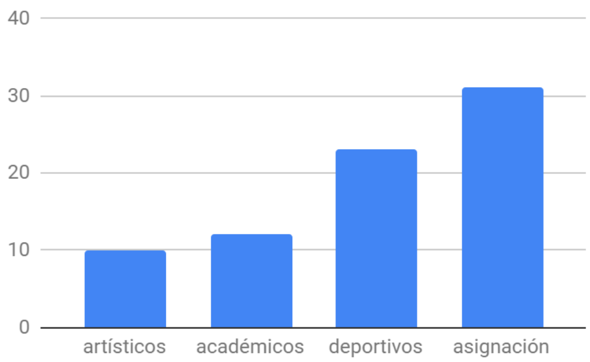

Figura 3: Cantidad de trabajos encontrados por categoría.

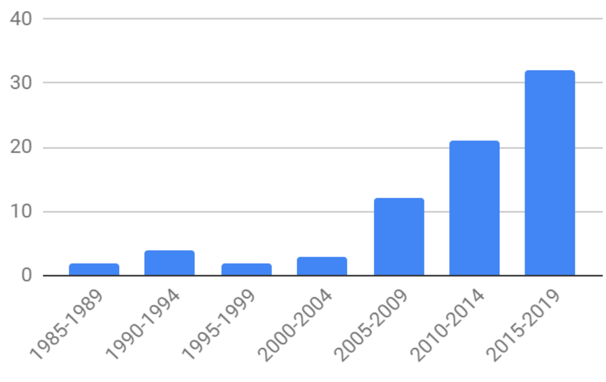

Figura 4: Cantidad de trabajos encontrados por período.

Se observa que la menor cantidad de trabajos fue encontrada en el campo artístico, donde dentro del mismo la mayor parte son sobre programación de comerciales de TV, y solamente tres artículos sobre el tema de motivación de nuestro estudio. Esto representa menos del 4% de la totalidad de trabajos encontrados. La categoría de trabajos deportivos es donde encontramos la mayor cantidad de trabajos dentro de programación de eventos. Encontramos que los métodos cuantitativos han sido aplicados a diferentes deportes, con el foco, en la mayoría de los casos, de maximizar ganancias. Esto es debido a que los deportes involucran grandes sumas de dinero. Por otro lado, en el campo académico, los trabajos se centran en beneficiar a las partes interesadas. Por último, en la categoría de problemas de tipo asignación fue donde se encontró la mayor cantidad de trabajos, a pesar de no estar contenidos en nuestra definición de programación de eventos, pero que a nuestra consideración aportan a la comprensión del tema.

En la mayoría de los trabajos encontrados, se puede apreciar que los métodos cuantitativos son una herramienta que permite obtener una solución de mejor calidad. Esta solución obtenida, es una herramienta de ayuda en la toma de decisión.

Debido a su complejidad, algunos problemas son clasificados como NP-hard o NP-completos, por lo tanto, a la hora de resolver los problemas, se utilizan diferentes técnicas con el fin de obtener una solución en un tiempo razonable de cómputo como heurísticas, metaheurísticas y combinaciones de estas con métodos exactos.

En general los métodos cuantitativos se conocen por su aplicación en el rubro de la industria manufacturera. A lo largo de este estudio identificamos que aplicarlos en otros campos puede ser viable, enriquecedor y aporta buenos resultados. A pesar de esto, identificamos una falta de bibliografía específica sobre la programación de eventos artísticos.

Bibliografía

[1] Diccionario de la lengua española. Edición del Tricentenario. Actualización 2008.

[2] G. Kendall, S. Knust, C. Ribeiro, S. Urrutia. Scheduling in sports: An annotated bibliography. Computers & Operations *Research 37*, 1-19, 2010.

[3] F. Ortega, M. Pozo, J. Puerto. Modelling and planning public cultural schedules for efficient use of resources. *Computers & Operations Research 58*, 9–23, 2015.

[4] Plataforma Timbó. http://www.timbo.org.uy.

[5] F. Yang. NBA sports game scheduling problem and ga-based solver. *Proceedings of the 2017 International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Application (ICIMSA)*, 1-5, 2017.

[6] D. Goossens, F. Spieksma. Scheduling the Belgian soccer league. *Interfaces 39*, 109-118, 2009.

[7] C. Ribeiro, S. Urrutia. Scheduling the brazilian soccer tournament: solution approach and practice. *Interfaces 42*, 260-272, 2012.

[8] S. Chand, H. Singh, T. Ray. Team selection using multi/many-objective optimization with integer linear programming. *Proceedings of the 2018 IEEE Congress on Evolutionary Computation*, 2018.

[9] G. Durán, M. Guajardo, J. Miranda, D. Sauré, S. Souyris, A. Weintraub, A. Carmash, F. Chaigneau. Programación matemática aplicada al fixture de la primera división de fútbol chileno. *Revista de Ingeniería de Sistemas 19*, 29-48, 2005.

[10] T. Noronha, C. Ribeiro, G. Duran, S. Souyris, A. Weintraub. A branch-and-cut algorithm for scheduling the highly constrained Chilean soccer tournament. *Proceedings of the 6th International Conference of Practice and Theory of Automated Timetabling*, 2006.

[11] R. Linfati, G. Gatica, J. Escobar. A flexible mathematical model for the planning and designing of a sporting fixture by considering the assignment of referees. *International Journal of Industrial Engineering Computations 10*, 281-294, 2018.

[12] R. Rasmussen. Scheduling a triple round robin tournament for the best Danish soccer league. *European Journal of Operational Research 185*, 795-810, 2008.

[13] M. Carlsson, M. Johansson, J. Larson. Scheduling double round-robin tournaments with divisional play using constraint programming. *European Journal of Operational Research 259*, 1180-1190, 2017.

[14] J. Larson. M. Johansson. Constructing schedules for sports leagues with divisional and round-robin tournament. *Journal of Quantitative Analysis in Sports 10*, 2014.

[15] L. Su, Y. Chiu, T. Cheng. Sports tournament scheduling to determine the required number of venues subject to the minimum time slots under given formats. *Computers & Industrial Engineering 65*, 226-232, 2013.

[16] G. Durán, M. Guajardo, D. Sauré. Scheduling the South American qualifiers to the 2018 FIFA World Cup by integer programming. *European Journal of Operational Research 262*, 1109-1115, 2017.

[17] S. Westphal. Scheduling the German basketball league. *Journal of Applied Analytics 44*, 2014

[18] R. Russell, J. Leung. Devising a cost-effective schedule for a baseball league. *Operations Research*, 614–625, 1994.

[19] Y. Ko, S. Hwan, S. Kim; S. Lee. Sustainable sport scheduling approach considering team equity for the Korean professional baseball league. *Sustainability 10*, 429-440, 2018.

[20] J. Hung, N. Yen, H. Jeong, Y. Chan. Adaptive mechanism for schedule arrangement and optimization in socially empowered professional sports games. *Multimedia Tools & Applications 74*, 5085-5108, 2015.

[21] C. Fleurent, J. Ferland. Allocating games for the NHL using integer programming. *Operations Research*, 649–654, 1993.

[22] K. Kostuk, K. Willoughby. A decision support system for scheduling the Canadian football league. *The Institute for Operations Research and the Management Sciences*, 286-295, 2012.

[23] C. Ribeiro. Sports scheduling: Problems and applications. *International Transactions in Operational Research*, January 19, 201-226, 2012.

[24] J. Armstrong, R. Willis. Scheduling the cricket World Cup-a case-study. *Journal of the Operational Research Society*, 1067–1072, 1993.

[25] R. Willis, B. Terrill. Scheduling the Australian state cricket season using simulated annealing. *Journal of the Operational Research Society*, 276–280, 1994.

[26] R. Potthof, M. Munger. Use of integer programming to optimize the scheduling of panels at annual meetings of the public choice society. *Public Choice 117*, 163-175, 2003.

[27] R. Eglese, G. Rand. Conference seminar timetabling. *The Journal of Operation Research Society 38*, 591-598, 1987.

[28] B. Vangervena, A. Ficker, D. Goossens, W. Passchyna, F. Spieksmaa, G. Woeginger. *Conference scheduling-a personalized approach. Omega 81*, 38-47, 2018.

[29] D. de Werra. An introduction to timetabling. *European Journal of Operational Research 19*, 151-162, 1985.

[30] B. McCollum, P. McMullan, A. Parkes, E. Burke, R. Qu. A new model for automated examination timetabling. *Proceedings of the Annual Operations Research Conference 194*, 291-315, 2012.

[31] R. Qu, E. Burke, B. McCollum, L. Merlot, S. Lee. A survey of search methodologies and automated system development for examination timetabling. *Journal Scheduling 12*, 55-89, 2009.

[32] N. Leite, C. Fernandes, F. Melícioa, A. Rosac. A cellular memetic algorithm for the examination timetabling problem. *Computers and Operations Research 94*, 118–138, 2018.

[33] M. Caramia, P. Dell'Olmo, G. Italiano. Novel local search-based approaches to university examination timetabling. *Journal of Computing*, 86–99, 2008.

[34] M. Alzaqebah, S. Abdullah. Hybrid bee colony optimization for examination timetabling problems. *Computers & Operations Research 54*, 142–154, 2015.

[35] F. Rinaldi, P. Serafini. Scheduling school meetings. E. *Lecture Notes in Computer Science 3867*, 280–293, 2007.

[36] T. Birbas, S. Daskalaki, E. Housos. Timetabling for Greek high schools. *The Journal of the Operational Research Society 48*, 1191-1200, 1997.

[37] K. Haase, J. Latteier, A. Schirmer. Course Planning at Lufthansa Technical Training: Constructing More Profitable Schedules. *The Institute for Operations Research and the Management Sciences*, 95-109, 1999.

[38] R. Bai, J. Xie. Heuristic algorithms for simultaneously accepting and scheduling advertisements on broadcast television. *Journal of Information and Computing Science 1*, 245–251, 2006.

[39] A. Kimms, M. Muller-Bungart. Revenue management for broadcasting commercials: the channel's problem of selecting and scheduling the advertisements to be aired. *Journal of Revenue and Pricing Management 1*, 28–44, 2007.

[40] S. Bollapragada, H. Cheng, M. Phillips, M. Garbiras, M. Scholes, T. Gibbs, M. Humphreville. NBC's optimization systems increase revenues and productivity. *Interfaces 32* 47–60, 2002.

[41] S. Bollapragada, M. Garbiras. Scheduling commercials on broadcast television. *The Journal of Operations Research Society 52*, 337-345, 2004.

[42] M. Wuang, C. Yang, R. Huang, P. Chuang. Scheduling of television commercials. *Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM),* 803-807, 2010.

[43] T. Lupo. Non-dominated "trade-off" solutions in television scheduling optimization. *International Transactions in Operational Research 22*, 563–584, 2015.

[44] A. Kaul, S. Aggarwal, P. Jha, A. Gupta. Optimal advertisement allocation for product promotion on television channels. *Recent Advances in Mathematics, Statistics and Computer Science*, 173–184, 2016.

[45] N. Bikakis, V. Kalogeraki, D. Gunopulos. Attendance maximization for successful social event planning. *Proceedings of Intl. Conf. on Extending Database Technology (EDBT),* 2019. https://openproceedings.org/2019/conf/edbt/proceedings.pdf Último acceso: 05/01/2020

[46] N. Bikakis, V. Kalogeraki, D. Gunopulos. Social event scheduling. *Proceedings of the 34th IEEE International Conference on Data Engineering*, 2018.

[47] M. Yavuza, U. Inan, A. Figlali. Fair referee assignments for professional football leagues. *Computers & Operations Research 35*, 2937–2951, 2008.

[48] T. Atan, O. Huseyinoglu. Simultaneous scheduling of football games and referees using Turkish league data. *International Transactions in Operational Research 24*, 465-484, 2017.

[49] F. Alarcón, G. Durán, M. Guajardo. Referee assignment in the Chilean football league using integer programming and patterns. *International Transactions in Operational Research*, 415-438, 2014.

[50] M. Prino, E. Sánchez, H. Cancela. Optimal distribution of habitational units in a cooperative: A mathematical application to optimize satisfaction. *Proceedings of the XLII Latin American Computing Conference (CLEI),* 1-7, 2016.

[51] N. Perach, J. Polak, U. Rothblum. A stable matching model with an entrance criterion applied to the assignment of students to dormitories at the technion. *International Journal of Game Theory 36*, 519-535, 2008.

[52] I. Marques, M. Captivo, N. Barros. Optimizing the master surgery schedule in a private hospital. *Operations Research for HealthCare 20*, 11–24, 2019.

[53] E. Cardoen, J. Demeulemeester. Operating room planning and scheduling: A literature review. *European Journal of Operational Research 201*, 921–932, 2010.

[54] F. Guerriero, R. Guido. Operational research in the management of the operating theatre: a survey. *Health Care Management Science 14*, 89–114, 2011.

[55] M. Bam, B. Denton, M. Oyen, M. Cowen. Surgery scheduling with recovery resources. *Operations Engineering & Analytics*, 942-955, 2017.

[56] B. Akbarzadeh, G. Moslehi, M. Reisi-Nafchi, B. Maenhout. The re-planning and scheduling of surgical cases in the operating room department after block release time with resource scheduling. *European Journal of Operational Research 278*, 596–614, 2019.

[57] A. Riise, C. Mannino, E. Burke. Modelling and solving generalised operational surgery scheduling problems. *Computers & Operations Research 66*, 1-11, 2016.

[58] H. Fei, N. Meskens, C. Chu. A planning and scheduling problem for an operating theatre using an open scheduling strategy. *Computers & Industrial Engineering 58*, 221-230, 2010.

[59] X. Wu, X. Shen and L. Zhang. Solving the planning and scheduling problem simultaneously in a hospital with a bi-layer discrete particle swarm optimization. *Mathematical Biosciences and Engineering 16*, 831–861, 2019.

[60] M. Khalfalli, F. Abdelaziz, H. Kamoun. Multi-objective surgery scheduling integrating surgeon constraints. *Management Decision 57*, 445-460, 2019.

[61] Y. Liu, C. Chu, K, Wang. A new heuristic algorithm for the operating room scheduling problem. *Computers & Industrial Engineering*, 865-871, 2011.

[62] M. Hosney, L. Almaneea. A two-level hybrid bees algorithm for operating room scheduling problem. *Intelligent Computing*, 272-290, 2018.

[63] F. Bennis, M. Amghar, N. Sbiti, A. Elouadi. Service quality improvement in the operating rooms using optimization, problematic solved by a discrete particle swarm and queues simulation approaches. *International Review of Automatic Control 7*, 370-379, 2014.

[64] W. Xiang, J. Yin, G. Lim. An ant colony optimization approach for solving an operating room surgery scheduling problem. *Computers & Industrial Engineering*, 335-345, 2015.

[65] M. Hamid, M. Nasiri, F. Werner, F Sheikhahmadi, M. Zhalechian. Operating room scheduling by considering the decision-making styles of surgical team members: A comprehensive approach. *Computers and Operations Research 108*,166-181, 2019.

[66] H. Ali, H. Lamsali, S. Othman. Operating Rooms Scheduling for Elective Surgeries in a Hospital Affected by War-Related Incidents. *Journal of Medical Systems 43*, 2019.

[67] A. Soudi, M. Heydari. Generating a stable primary schedule for an integrated surgical suite. *International Journal of Medical Engineering and Informatics 11*, 2019.

[68] V. Augusto, X. Xie, V. Perdomo. Operating theatre scheduling with patient recovery in both operating rooms and recovery beds. *Computers & Industrial Engineering*, 231-238, 2010.

[69] B. Berg, B. Denton. Appointment planning and scheduling in outpatient procedure centers. *International Series in Operations Research and Management Science*, 131-154, 2012.

[70] J. Molina-Pariente, V. Fernandez-Viagas, J. Framinan. Integrated operating room planning and scheduling problem with assistant surgeon dependent surgery durations. *Computers & Industrial Engineering*, 8-20, 2015.

[71] N. Meskens, D. Duvivier, A. Hanset. Multi-objective operating room scheduling considering desiderata of the surgical team. *Decision Making in Healthcare, Decision Support Systems 55*, 650-659, 2013.

[72] G. Latorre-Núñez, A. Lüer-Villagra, V. Marianov, C. Obreque, F. Ramis, L. Neriz. Scheduling operating rooms with consideration of all resources, post anesthesia beds and emergency surgeries. Computers & Industrial Engineering 97, 248-257, 2016.

[73] M. Dotoli, F. Sciancalepore, N. Epicoco, M. Falagario, B. Turchiano, N. Costantino. A periodic event scheduling approach for offline timetable optimization of regional railways. *Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)*, 849-854, 2013.

[74] M. Dotoli, N. Epicoco, M. Falagario, A. Piconese, F. Sciancalepore, B. Turchiano. A real time traffic management model for regional railway networks under disturbances. *Proceedings of the IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)*, 2013.

[75] J. Törnquist, J. Persson. N-tracked railway traffic rescheduling during disturbances. *Transportation Research Part B 41*, 342–362, 2007.

[76] M. Dotoli, N. Epicoco, M. Falagario, B. Turchiano, G. Cavone, A. Converini. A decision support system for real-time rescheduling of railways. *Proceedings of European Control Conference (ECC)*, 696–701, 2014.

[77] P. Hosei, S. Boodhoo. Event scheduling with soft constraints and on-demand re-optimization. *Proceedings of the International Conference of Knowledge Engineering and Applications*, 62-66, 2016.

[78] S. Boodhoo, P. Hosein. On the distributed optimization of calendar events. *Proceedings of the 10th International Workshop on Computational Intelligence and Applications (IWCIA)*, 79-84, 2017.

Anexo 2: Encuesta realizada por parodistas

ENCUESTA PARODISTAS

El cometido de la encuesta es tener una adecuada estimación de la convocatoria de cada agrupación.
Consideramos importante aclarar que cuando hablamos de convocatoria no hacemos referencia al desempeño o favoritismo de la misma, sino a la cantidad de gente que asiste a sus presentaciones.
Para que sea más objetivo cada categoría no puntuará a su propia categoría.

Marcar con una cruz para cada agrupación.

Agrupación	Categoría	Convocatoria ALTA	Convocatoria MEDIA	Convocatoria BAJA
SAPHIRUS	REVISTA			
ADRENALINA	REVISTA			
DULCINEA	REVISTA			
ZODIACO	REVISTA			
L.BUSCADORES	REVISTA			
FENIX	REVISTA			
JADE	REVISTA			
MANDALA	REVISTA			
GREMLINS	HUMORISTAS			
VALU'S	HUMORISTAS			
GNOMOS	HUMORISTAS			
L. VAGABUNDOS	HUMORISTAS			
CACHIRULOS	HUMORISTAS			
ATOMIX	HUMORISTAS			
ALIADOS	HUMORISTAS			
BAM BAM	HUMORISTAS			
SIDNEY	HUMORISTAS			
LOS CHAPITAS	HUMORISTAS			
LOS TOBY'S	HUMORISTAS			
MANO A MANO	MURGA			
LA ZAFADA	MURGA			
CHIN PUM FUERA	MURGA			
L. PEPINITOS	MURGA			
LA DESCOCADA	MURGA			
DIABLITOS VERDES	MURGA			

SUENA LA MADERA	LUBOLOS			
TOCANDO LUNAS	LUBOLOS			
OHANA	LUBOLOS			

Anexo 3: Resultados de la encuesta de convocatoria

	CONJUNTOS	CATEGORIA	CONVOCATORIA ALTA	CONVOCATORIA MEDIA	CONVOCATORIA BAJA	PONDERACIÓN DE CONVOCATORIA
1	SAPHIRUS	REVISTA	24	6	0	9,00
2	ADRENALINA	REVISTA	24	7	0	8,87
3	DULCINEA	REVISTA	22	4	1	8,93
4	ZODIACO	REVISTA	9	18	2	6,28
5	L.BUSCADORES	REVISTA	4	15	11	4,20
6	FENIX	REVISTA	21	2	4	8,30
7	JADE	REVISTA	0	9	21	2,20
8	MANDALA	REVISTA	2	4	16	2,55
9	QUIJOTES	PARODISTAS	26	1	1	9,50
10	BUBY'S BIS	PARODISTAS	22	5	1	8,79
11	POPPIN'S	PARODISTAS	19	9	0	8,39
12	IMAGINE	PARODISTAS	13	14	0	7,41
13	INDIGOS	PARODISTAS	1	16	9	3,81
14	CROSSED	PARODISTAS	1	7	16	2,54
15	TROYANOS	PARODISTAS	1	19	7	4,15
16	WONKAS	PARODISTAS	4	11	5	5,00
17	CELESTINOS	PARODISTAS	3	7	10	3,75
18	PRINCIPES	PARODISTAS	2	7	11	3,30
19	TOON'S	PARODISTAS	2	7	13	3,09
20	ZABRITOS	PARODISTAS	1	5	13	2,53
21	GREMLINS	HUMORISTAS	18	7	1	8,31
22	VALU'S	HUMORISTAS	11	14	1	6,96
23	GNOMOS	HUMORISTAS	16	6	3	7,72
24	L. VAGABUNDOS	HUMORISTAS	20	6	0	8,85
25	CACHIRULOS	HUMORISTAS	2	9	12	3,35
26	ATOMIX	HUMORISTAS	2	12	10	3,75
27	ALIADOS	HUMORISTAS	4	9	13	3,77
28	BAM BAM	HUMORISTAS	7	10	8	5,12
29	SIDNEY	HUMORISTAS	1	4	17	2,14
30	LOS CHAPITAS	HUMORISTAS	1	3	12	2,31
31	LOS TOBY'S	HUMORISTAS	1	0	28	1,31
32	MANO A MANO	MURGA	28	3	0	9,52
33	LA ZAFADA	MURGA	27	4	0	9,35

34	CHIN PUM FUERA	MURGA	3	21	4	4,96
35	L. PEPINITOS	MURGA	22	5	1	8,79
36	LA DESCOCADA	MURGA	7	17	5	5,52
37	DIABLITOS VERDES	MURGA	8	13	8	5,28
38	SUENA LA MADERA	LUBOLOS	12	8	12	5,38
39	TOCANDO LUNAS	LUBOLOS	2	4	18	2,42
40	OHANA	LUBOLOS	4	5	16	3,24

Anexo 4: 4 calendarios presentados a ADICAPRO en reunión para validación

Alternativa 1

RONDA 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	LA ZAFADA	DIABLITOS VERDES	TOON'S	WONKAS	MANO A MANO	CHIN PUM FUERA	PRINCIPES	LOS PEPINITOS	LA DESCOCADA	VALU'S
2	OHANA	CELESTINOS	FENIX	TOCANDO LUNAS	JADE - R	ZABRITOS	MANDALA	TROYANOS	SUENA LA MADERA	CROSSED
3	GREMLINS	LOS VAGABUNDOS	CACHIRULOS	ATOMIX	LOS TOBY'S	GNOMOS	ALIADOS	LOS CHAPITAS	SIDNEY	BAM BAM
4	INDIGOS	LOS BUSCADORES	IMAGINE	DULCINEA	POPPIN'S - P	ZODIACO	BUBY'S BIS	ADRENALINA	QUIJOTES	SAPHIRUS
PROM	6,18	5,52	5,54	5,03	5,36	5,38	4,60	6,03	5,64	5,91

RONDA 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	LA ZAFADA	TOCANDO LUNAS	OHANA	DIABLITOS VERDES	MANO A MANO	GNOMOS	SUENA LA MADERA	CHIN PUM FUERA	LOS PEPINITOS	LA DESCOCADA
2	WONKAS	FENIX	CELESTINOS	JADE	TOON'S	MANDALA	ZABRITOS	CROSSED	PRINCIPES	TROYANOS
3	CACHIRULOS	LOS VAGABUNDOS	LOS TOBY'S	GREMLINS	ATOMIX	LOS CHAPITAS	VALU'S	ALIADOS	SIDNEY	BAM BAM
4	LOS BUSCADORES	INDIGOS	DULCINEA	IMAGINE	ZODIACO	POPPIN'S	ADRENALINA	QUIJOTES	SAPHIRUS	BUBY'S BIS
PROM	5,48	5,84	4,31	5,80	5,66	5,24	5,93	5,20	5,81	5,89

Alternativa 2

RONDA 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	SUENA LA MADERA	LOS PEPINITOS	LA ZAFADA	TOCANDO LUNAS	BAM BAM	MANO A MANO	LA DESCOCADA	CHIN PUM FUERA	DIABLITOS VERDES	OHANA
2	WONKAS	PRINCIPES	CROSSED	FENIX	ZABRITOS	MANDALA	TROYANOS	JADE	CELESTINOS	TOON'S
3	SIDNEY	LOS TOBY'S	CACHIRULOS	GREMLINS	LOS VAGABUNDOS	ALIADOS	LOS CHAPITAS	VALU'S	ATOMIX	GNOMOS
4	ADRENALINA	POPPIN'S	LOS BUSCADORES	INDIGOS	ZODIACO	IMAGINE	SAPHIRUS	BUBY'S BIS	DULCINEA	QUIJOTES
PROM	5,35	5,45	4,86	5,71	5,70	5,81	5,25	5,73	5,43	5,89

RONDA 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	SUENA LA MADERA	WONKAS	CROSSED	FENIX	TROYANOS	TOCANDO LUNAS	ALIADOS	OHANA	TOON'S	JADE
2	PRINCIPES	LA ZAFADA	LOS PEPINITOS	ZABRITOS	MANO A MANO	CHIN PUM FUERA	CELESTINOS	MANDALA	LA DESCOCADA	DIABLITOS VERDES
3	GREMLINS	LOS TOBY'S	BAM BAM	SIDNEY	CACHIRULOS	LOS VAGABUNDOS	GNOMOS	ATOMIX	VALU'S	LOS CHAPITAS
4	LOS BUSCADORES	INDIGOS	ADRENALINA	POPPIN'S	ZODIACO	IMAGINE	SAPHIRUS	BUBY'S BIS	DULCINEA	QUIJOTES
PROM	5,59	4,87	6,33	5,34	5,83	5,91	6,06	4,58	6,13	4,82

Alternativa 3

RONDA 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	CHIN PUM FUERA	JADE	PRINCIPES	TOON'S	ATOMIX	LOS PEPINITOS	LA DESCOCADA	WONKAS	MANDALA	DIABLITOS VERDES
2	CELESTINOS	CROSSED	FENIX	TOCANDO LUNAS	OHANA	INDIGOS	LOS BUSCADORES	SUENA LA MADERA	TROYANOS	ZABRITOS
3	GREMLINS	LOS VAGABUNDOS	ALIADOS	GNOMOS	VALU'S	LOS TOBY'S	LOS CHAPITAS	CACHIRULOS	BAM BAM	SIDNEY
4	ZODIACO	LA ZAFADA	IMAGINE	MANO A MANO	POPPIN'S	DULCINEA	BUBY'S BIS	SAPHIRUS	QUIJOTES	ADRENALINA
PROM	5,82	5,73	5,69	5,68	5,59	5,71	5,20	5,68	5,33	4,70

RONDA 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	CHIN PUM FUERA	JADE	CELESTINOS	LOS PEPINITOS	TOON'S	GNOMOS	ZABRITOS	DIABLITOS VERDES	LOS BUSCADORES	LA DESCOCADA
2	TOCANDO LUNAS	PRINCIPES	OHANA	CROSSED	FENIX	WONKAS	MANDALA	INDIGOS	SUENA LA MADERA	TROYANOS
3	LOS VAGABUNDOS	GREMLINS	ALIADOS	ATOMIX	LOS TOBY'S	LOS CHAPITAS	VALU'S	BAM BAM	SIDNEY	CACHIRULOS
4	IMAGINE	MANO A MANO	LA ZAFADA	ZODIACO	POPPIN'S	DULCINEA	BUBY'S BIS	SAPHIRUS	QUIJOTES	ADRENALINA
PROM	5,90	5,83	5,03	5,34	5,27	5,99	5,20	5,80	5,30	5,47

Alternativa 4

RONDA 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	SUENA LA MADERA	FENIX	TOON'S	WONKAS	MANDALA	SIDNEY	TOCANDO LUNAS	CELESTINOS	INDIGOS	OHANA
2	PRINCIPES	CROSSED	LOS PEPINITOS	LOS BUSCADORES	DIABLITOS VERDES	ZABRITOS	LA DESCOCADA	CHIN PUM FUERA	JADE	TROYANOS
3	GNOMOS	BAM BAM	CACHIRULOS	LOS CHAPITAS	LOS TOBY'S	LOS VAGABUNDOS	GREMLINS	VALU'S	ALIADOS	ATOMIX
4	DULCINEA	MANO A MANO	IMAGINE	LA ZAFADA	POPPIN'S	ZODIACO	BUBY'S BIS	ADRENALINA	QUIJOTES	SAPHIRUS
PROM	6,33	6,37	5,66	5,22	4,38	4,95	6,26	6,14	4,82	5,04

RONDA 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	TOON'S	PRINCIPES	CROSSED	ZABRITOS	GREMLINS	LOS BUSCADORES	CELESTINOS	TROYANOS	INDIGOS	JADE
2	SUENA LA MADERA	FENIX	LOS PEPINITOS	MANDALA	WONKAS	TOCANDO LUNAS	DIABLITOS VERDES	CHIN PUM FUERA	LA DESCOCADA	OHANA
3	BAM BAM	LOS CHAPITAS	LOS TOBY'S	GNOMOS	CACHIRULOS	LOS VAGABUNDOS	ALIADOS	SIDNEY	ATOMIX	VALU'S
4	LA ZAFADA	IMAGINE	DULCINEA	MANO A MANO	ZODIACO	POPPIN'S	SAPHIRUS	QUIJOTES	ADRENALINA	BUBY'S BIS
PROM	5,74	5,33	5,39	5,58	5,74	5,97	5,45	5,19	5,49	5,30

Anexo 5: Calendario versión 1

RONDA 1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	CELESTINOS	SUENA LA MADERA	OHANA	LOS CHAPITAS	TOON'S	PRINCIPES	LOS TOBY'S	ZABRITOS	MANDALA	TOCANDO LUNAS
2	CHIN PUM FUERA	WONKAS	TROYANOS	JADE	LOS BUSCADORES	DIABLITOS VERDES	CROSSED	LA DESCOCADA	LOS PEPINITOS	INDIGOS
3	GNOMOS	ALIADOS	GREMLINS	BAM BAM	SIDNEY	VALU'S	ZODIACO	LOS VAGABUNDOS	CACHIRULOS	ATOMIX
4	DULCINEA	BUBY'S BIS	SAPHIRUS	POPPIN'S	LA ZAFADA	QUIJOTES	MANO A MANO	FENIX	IMAGINE	ADRENALINA
PROM	6,34	5,73	6,17	4,51	4,70	6,26	4,91	6,30	5,52	4,71

RONDA 2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	WONKAS	TROYANOS	CHIN PUM FUERA	DIABLITOS VERDES	JADE	SIDNEY	LOS BUSCADORES	LOS PEPINITOS	LA DESCOCADA	INDIGOS
2	OHANA	SUENA LA MADERA	TOON'S	CELESTINOS	PRINCIPES	CROSSED	TOCANDO LUNAS	ZABRITOS	ZODIACO	MANDALA
3	GNOMOS	BAM BAM	LOS CHAPITAS	ALIADOS	GREMLINS	VALU'S	CACHIRULOS	LOS TOBY'S	ATOMIX	LOS VAGABUNDOS
4	POPPIN'S	DULCINEA	BUBY'S BIS	SAPHIRUS	LA ZAFADA	FENIX	QUIJOTES	ADRENALINA	IMAGINE	MANO A MANO
PROM	6,09	5,90	4,79	5,45	5,79	4,99	4,87	5,38	5,74	6,18

Anexo 6: Calendarios obtenidos en la experimentación numérica

Suspensión de etapas

Suspensión etapa 4

RONDA 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	LOS BUSCADORES	ZABRITOS	CELESTINOS	SIDNEY	LOS CHAPITAS	MANDALA	INDIGOS	TROYANOS	TOON'S	JADE
2	WONKAS	LA DESCOCADA	OHANA	DIABLITOS VERDES	PRINCIPES	SUENA LA MADERA	CHIN PUM FUERA	TOCANDO LUNAS	LOS PEPINITOS	CROSSED
3	CACHIRULOS	BAM BAM	VALU'S	ZODIACO	LOS VAGABUNDOS	ALIADOS	ATOMIX	GREMLINS	LOS TOBY'S	GNOMOS
4	LA ZAFADA	DULCINEA	POPPIN'S	BUBY'S BIS	FENIX	QUIJOTES	ADRENALINA	IMAGINE	SAPHIRUS	MANO A MANO
PROM	5,48	5,52	5,59	5,62	5,69	5,30	5,35	5,57	5,55	5,49

RONDA 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	WONKAS	DIABLITOS VERDES	OHANA	LA DESCOCADA	SUENA LA MADERA	PRINCIPES	CHIN PUM FUERA	TOCANDO LUNAS	LOS TOBY'S	LOS PEPINITOS
2	ZODIACO	CELESTINOS	ZABRITOS	LOS BUSCADORES	INDIGOS	MANDALA	CROSSED	TOON'S	TROYANOS	JADE
3	BAM BAM	CACHIRULOS	LOS VAGABUNDOS	SIDNEY	VALU'S	GREMLINS	LOS CHAPITAS	ALIADOS	GNOMOS	ATOMIX
4	POPPIN'S	DULCINEA	LA ZAFADA	QUIJOTES	FENIX	BUBY'S BIS	SAPHIRUS	MANO A MANO	ADRENALINA	IMAGINE
PROM	6,20	5,33	5,99	5,34	6,11	5,74	4,70	4,70	5,51	5,54

Suspensión de etapas 7 y 8

RONDA 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	LOS BUSCADORES	ZABRITOS	CELESTINOS	JADE	SIDNEY	LOS CHAPITAS	TROYANOS	TOON'S	MANDALA	INDIGOS
2	WONKAS	LA DESCOCADA	OHANA	CROSSED	DIABLITOS VERDES	PRINCIPES	TOCANDO LUNAS	LOS PEPINITOS	SUENA LA MADERA	CHIN PUM FUERA
3	CACHIRULOS	BAM BAM	VALU'S	GNOMOS	ZODIACO	LOS VAGABUNDOS	GREMLINS	LOS TOBY'S	ALIADOS	ATOMIX
4	LA ZAFADA	DULCINEA	POPPIN'S	MANO A MANO	BUBY'S BIS	FENIX	IMAGINE	SAPHIRUS	QUIJOTES	ADRENALINA
PROM	5,48	5,52	5,59	5,49	5,62	5,69	5,57	5,55	5,30	5,35

RONDA 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	WONKAS	OHANA	DIABLITOS VERDES	LA DESCOCADA	PRINCIPES	LOS PEPINITOS	CHIN PUM FUERA	SUENA LA MADERA	LOS TOBY'S	TOCANDO LUNAS
2	JADE	ZABRITOS	CELESTINOS	LOS BUSCADORES	ZODIACO	CROSSED	MANDALA	TROYANOS	INDIGOS	TOON'S
3	BAM BAM	GNOMOS	CACHIRULOS	LOS CHAPITAS	VALU'S	SIDNEY	LOS VAGABUNDOS	ATOMIX	GREMLINS	ALIADOS
4	POPPIN'S	LA ZAFADA	DULCINEA	BUBY'S BIS	MANO A MANO	FENIX	IMAGINE	SAPHIRUS	QUIJOTES	ADRENALINA
PROM	5,18	5,71	5,33	5,21	6,52	5,44	5,94	5,57	5,73	4,54

Suspensión de etapas 2 y 6

RONDA 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	LOS BUSCADORES	CELESTINOS	JADE	SIDNEY	MANDALA	INDIGOS	TROYANOS	TOON'S	ZABRITOS	LOS CHAPITAS
2	WONKAS	OHANA	CROSSED	DIABLITOS VERDES	SUENA LA MADERA	CHIN PUM FUERA	TOCANDO LUNAS	LOS PEPINITOS	LA DESCOCADA	PRINCIPES
3	CACHIRULOS	VALU'S	GNOMOS	ZODIACO	ALIADOS	ATOMIX	GREMLINS	LOS TOBY'S	BAM BAM	LOS VAGABUNDOS
4	LA ZAFADA	POPPIN'S	MANO A MANO	BUBY'S BIS	QUIJOTES	ADRENALINA	IMAGINE	SAPHIRUS	DULCINEA	FENIX
PROM	5,48	5,59	5,49	5,62	5,30	5,35	5,57	5,55	5,52	5,69

RONDA 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	WONKAS	DIABLITOS VERDES	SUENA LA MADERA	OHANA	TOCANDO LUNAS	LOS TOBY'S	PRINCIPES	CHIN PUM FUERA	LA DESCOCADA	LOS PEPINITOS
2	JADE	LOS BUSCADORES	CELESTINOS	CROSSED	INDIGOS	ZODIACO	MANDALA	ZABRITOS	TOON'S	TROYANOS
3	VALU'S	GNOMOS	SIDNEY	CACHIRULOS	ALIADOS	ATOMIX	BAM BAM	LOS VAGABUNDOS	GREMLINS	LOS CHAPITAS
4	BUBY'S BIS	POPPIN'S	LA ZAFADA	ADRENALINA	MANO A MANO	QUIJOTES	IMAGINE	SAPHIRUS	FENIX	DULCINEA
PROM	5,74	6,40	5,16	4,50	4,88	5,21	4,60	6,34	6,31	6,05

Suspensión de etapas 3, 5 y 6
Sin alternancia en el cierre

RONDA 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	LOS BUSCADORES	ZABRITOS	JADE	MANDALA	INDIGOS	TROYANOS	TOON'S	CELESTINOS	SIDNEY	LOS CHAPITAS
2	WONKAS	LA DESCOCADA	CROSSED	SUENA LA MADERA	CHIN PUM FUERA	TOCANDO LUNAS	LOS PEPINITOS	OHANA	DIABLITOS VERDES	PRINCIPES
3	CACHIRULOS	BAM BAM	GNOMOS	ALIADOS	ATOMIX	GREMLINS	LOS TOBY'S	VALU'S	ZODIACO	LOS VAGABUNDOS
4	LA ZAFADA	DULCINEA	MANO A MANO	QUIJOTES	ADRENALINA	IMAGINE	SAPHIRUS	POPPIN'S	BUBY'S BIS	FENIX
PROM	5,48	5,52	5,49	5,30	5,35	5,57	5,55	5,59	5,62	5,69

RONDA 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	WONKAS	SUENA LA MADERA	CHIN PUM FUERA	LA DESCOCADA	TOCANDO LUNAS	LOS TOBY'S	DIABLITOS VERDES	PRINCIPES	LOS PEPINITOS	OHANA
2	MANDALA	ZABRITOS	CROSSED	LOS BUSCADORES	JADE	TROYANOS	INDIGOS	ZODIACO	CELESTINOS	TOON'S
3	BAM BAM	GNOMOS	CACHIRULOS	ALIADOS	ATOMIX	VALU'S	LOS CHAPITAS	GREMLINS	SIDNEY	L. VAGABUNDOS
4	MANO A MANO	LA ZAFADA	DULCINEA	IMAGINE	QUIJOTES	ADRENALINA	SAPHIRUS	POPPIN'S	FENIX	BUBY'S BIS
PROM	5,55	6,25	4,95	5,23	4,47	5,32	5,10	6,57	5,75	5,99

Suspensión de etapas 3, 5 y 6

Agrupaciones de la misma categoría en horarios pegados en el mismo día

RONDA 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	LOS BUSCADORES	ZABRITOS	JADE	MANDALA	INDIGOS	TROYANOS	TOON'S	CELESTINOS	SIDNEY	LOS CHAPITAS
2	WONKAS	LA DESCOCADA	CROSSED	SUENA LA MADERA	CHIN PUM FUERA	TOCANDO LUNAS	LOS PEPINITOS	OHANA	DIABLITOS VERDES	PRINCIPES
3	CACHIRULOS	BAM BAM	GNOMOS	ALIADOS	ATOMIX	GREMLINS	LOS TOBY'S	VALU'S	ZODIACO	LOS VAGABUNDOS
4	LA ZAFADA	DULCINEA	MANO A MANO	QUIJOTES	ADRENALINA	IMAGINE	SAPHIRUS	POPPIN'S	BUBY'S BIS	FENIX
PROM	5,48	5,52	5,49	5,30	5,35	5,57	5,55	5,59	5,62	5,69

RONDA 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	WONKAS	SUENA LA MADERA	LA DESCOCADA	TOCANDO LUNAS	CHIN PUM FUERA	OHANA	LOS PEPINITOS	DIABLITOS VERDES	LOS TOBY'S	PRINCIPES
2	MANDALA	CROSSED	LOS BUSCADORES	ZABRITOS	JADE	TOON'S	INDIGOS	TROYANOS	ZODIACO	CELESTINOS
3	BAM BAM	CACHIRULOS	ATOMIX	GNOMOS	ALIADOS	GREMLINS	LOS CHAPITAS	VALU'S	LOS VAGABUNDOS	SIDNEY
4	MANO A MANO	DULCINEA	QUIJOTES	LA ZAFADA	IMAGINE	ADRENALINA	BUBY'S BIS	FENIX	POPPIN'S	SAPHIRUS
PROM	5,55	5,05	5,74	5,51	4,59	5,88	5,93	6,17	6,21	4,55

Suspensión de etapas 1, 2 y 5

RONDA 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	CELESTINOS	JADE	LOS CHAPITAS	MANDALA	INDIGOS	TROYANOS	TOON'S	LOS BUSCADORES	ZABRITOS	SIDNEY
2	OHANA	CROSSED	PRINCIPES	SUENA LA MADERA	CHIN PUM FUERA	TOCANDO LUNAS	LOS PEPINITOS	WONKAS	LA DESCOCADA	DIABLITOS VERDES
3	VALU'S	GNOMOS	LOS VAGABUNDOS	ALIADOS	ATOMIX	GREMLINS	LOS TOBY'S	CACHIRULOS	BAM BAM	ZODIACO
4	POPPIN'S	MANO A MANO	FENIX	QUIJOTES	ADRENALINA	IMAGINE	SAPHIRUS	LA ZAFADA	DULCINEA	BUBY'S BIS
PROM	5,59	5,49	5,69	5,30	5,35	5,57	5,55	5,48	5,52	5,62

RONDA 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	SUENA LA MADERA	PRINCIPES	OHANA	TOCANDO LUNAS	CHIN PUM FUERA	LOS PEPINITOS	DIABLITOS VERDES	WONKAS	LOS TOBY'S	LA DESCOCADA
2	CELESTINOS	MANDALA	CROSSED	JADE	TROYANOS	LOS BUSCADORES	INDIGOS	ZODIACO	ZABRITOS	TOON'S
3	GNOMOS	VALU'S	ALIADOS	LOS VAGABUNDOS	LOS CHAPITAS	ATOMIX	GREMLINS	BAM BAM	SIDNEY	CACHIRULOS
4	FENIX	MANO A MANO	ADRENALINA	POPPIN'S	SAPHIRUS	QUIJOTES	DULCINEA	IMAGINE	LA ZAFADA	BUBY'S BIS
PROM	6,29	5,58	4,61	5,47	5,11	6,56	6,58	5,95	3,83	5,19

Suspensión media etapa 2

RONDA 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2
1	LOS BUSCADORES	ZABRITOS	CELESTINOS	JADE	SIDNEY	LOS CHAPITAS	MANDALA	INDIGOS	TROYANOS	TOON'S	INVITADO 1
2	WONKAS	LA DESCOCADA	OHANA	CROSSED	DIABLITOS VERDES	PRINCIPES	SUENA LA MADERA	CHIN PUM FUERA	TOCANDO LUNAS	LOS PEPINITOS	INVITADO 2
3	CACHIRULOS	SUSPENDIDO	VALU'S	GNOMOS	ZODIACO	LOS VAGABUNDOS	ALIADOS	ATOMIX	GREMLINS	LOS TOBY'S	BAM BAM
4	LA ZAFADA	SUSPENDIDO	POPPIN'S	MANO A MANO	BUBY'S BIS	FENIX	QUIJOTES	ADRENALINA	IMAGINE	SAPHIRUS	DULCINEA
PROM	5,48		5,59	5,49	5,62	5,69	5,30	5,35	5,57	5,55	

RONDA 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	LA DESCOCADA	OHANA	WONKAS	DIABLITOS VERDES	PRINCIPES	SUENA LA MADERA	LOS TOBY'S	CHIN PUM FUERA	LOS PEPINITOS	TOCANDO LUNAS
2	LOS BUSCADORES	ZABRITOS	JADE	CELESTINOS	ZODIACO	CROSSED	TROYANOS	TOON'S	MANDALA	INDIGOS
3	GNOMOS	SIDNEY	VALU'S	CACHIRULOS	ALIADOS	LOS VAGABUNDOS	LOS CHAPITAS	GREMLINS	ATOMIX	BAM BAM
4	POPPIN'S	LA ZAFADA	BUBY'S BIS	FENIX	MANO A MANO	ADRENALINA	QUIJOTES	DULCINEA	IMAGINE	SAPHIRUS
PROM	6,46	4,32	5,74	5,17	5,72	6,41	4,32	6,32	5,63	5,09

Modificación parámetros de entrada

Modificación de la ponderación de murgas

Ronda 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	TROYANOS	LOS CHAPITAS	JADE	INDIGOS	CELESTINOS	TOON'S	ZABRITOS	PRINCIPES	WONKAS	MANDALA
2	LOS PEPINITOS	LOS BUSCADORES	CROSSED	TOCANDO LUNAS	DIABLITOS VERDES	OHANA	ZODIACO	LA DESCOCADA	SUENA LA MADERA	CHIN PUM FUERA
3	BAM BAM	LOS VAGABUNDOS	VALU'S	GREMLINS	ALIADOS	GNOMOS	CACHIRULOS	SIDNEY	ATOMIX	LOS TOBY'S
4	FENIX	QUIJOTES	LA ZAFADA	ADRENALINA	IMAGINE	DULCINEA	POPPIN'S	SAPHIRUS	MANO A MANO	BUBY'S BIS
PROM	6,89	6,22	5,43	5,85	6,23	5,75	5,14	6,11	6,03	5,66

Ronda 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	TOCANDO LUNAS	LOS BUSCADORES	LOS PEPINITOS	DIABLITOS VERDES	OHANA	SIDNEY	SUENA LA MADERA	LOS TOBY'S	CHIN PUM FUERA	LA DESCOCADA
2	CROSSED	INDIGOS	JADE	TROYANOS	ZABRITOS	CELESTINOS	PRINCIPES	TOON'S	WONKAS	MANDALA
3	LOS VAGABUNDOS	BAM BAM	GREMLINS	LOS CHAPITAS	VALU'S	GNOMOS	ALIADOS	ZODIACO	CACHIRULOS	ATOMIX
4	FENIX	LA ZAFADA	QUIJOTES	DULCINEA	IMAGINE	ADRENALINA	BUBY'S BIS	MANO A MANO	SAPHIRUS	POPPIN'S
PROM	5,53	5,78	7,50	6,35	5,04	5,62	5,31	5,17	6,84	6,17

Modificación de las ponderaciones de todas las agrupaciones

Ronda 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	PRINCIPES	INDIGOS	TOON'S	SUENA LA MADERA	SIDNEY	WONKAS	MANDALA	CELESTINOS	OHANA	TOCANDO LUNAS
2	CHIN PUM FUERA	LOS BUSCADORES	ZODIACO	CROSSED	TROYANOS	LA DESCOCADA	LOS PEPINITOS	DIABLITOS VERDES	JADE	ZABRITOS
3	BAM BAM	LOS VAGABUNDOS	ATOMIX	ALIADOS	GREMLINS	LOS TOBY'S	CACHIRULOS	LOS CHAPITAS	VALU'S	GNOMOS
4	ADRENALINA	MANO A MANO	BUBY'S BIS	SAPHIRUS	IMAGINE	FENIX	POPPIN'S	DULCINEA	QUIJOTES	LA ZAFADA
PROM	4.50	6.50	5.25	5.00	5.75	5.25	5.25	5.75	5.50	6.25

Ronda 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	CHIN PUM FUERA	L.BUSCADORES	TROYANOS	LOS TOBY'S	LOS PEPINITOS	LA DESCOCADA	JADE	LOS CHAPITAS	ZABRITOS	DIABLITOS VERDES
2	INDIGOS	CROSSED	SUENA LA MADERA	PRINCIPES	TOON'S	MANDALA	CELESTINOS	WONKAS	OHANA	TOCANDO LUNAS
3	ATOMIX	BAM BAM	LOS VAGABUNDOS	ZODIACO	GREMLINS	ALIADOS	SIDNEY	GNOMOS	CACHIRULOS	VALU'S
4	SAPHIRUS	BUBY'S BIS	ADRENALINA	MANO A MANO	FENIX	IMAGINE	LA ZAFADA	QUIJOTES	DULCINEA	POPPIN'S
PROM	6.5	5.75	5.25	6.25	4.75	4.25	3.5	5.5	8	5.25

Modificación del promedio de las ponderaciones

Ronda 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	OHANA	INDIGOS	LOS BUSCADORES	TOON'S	TOCANDO LUNAS	JADE	SUENA LA MADERA	LOS CHAPITAS	WONKAS	SIDNEY
2	LA DESCOCADA	CHIN PUM FUERA	DIABLITOS VERDES	MANDALA	TROYANOS	CROSSED	CELESTINOS	PRINCIPES	LOS PEPINITOS	ZABRITOS
3	ALIADOS	LOS VAGABUNDOS	GREMLINS	CACHIRULOS	ATOMIX	VALU'S	LOS TOBY'S	BAM BAM	GNOMOS	ZODIACO
4	POPPIN'S	ADRENALINA	IMAGINE	MANO A MANO	DULCINEA	BUBY'S BIS	SAPHIRUS	QUIJOTES	FENIX	LA ZAFADA
PROM	5,23	6,62	6,30	4,63	4,81	5,12	4,86	5,06	7,45	5,08

Ronda 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	DIABLITOS VERDES	MANDALA	LA DESCOCADA	CHIN PUM FUERA	CELESTINOS	TROYANOS	LOS PEPINITOS	PRINCIPES	ZABRITOS	LOS TOBY'S
2	TOON'S	OHANA	INDIGOS	TOCANDO LUNAS	LOS BUSCADORES	JADE	CROSSED	ZODIACO	SUENA LA MADERA	WONKAS
3	ALIADOS	LOS VAGABUNDOS	GREMLINS	VALU'S	ATOMIX	CACHIRULOS	SIDNEY	GNOMOS	BAM BAM	LOS CHAPITAS
4	ADRENALINA	IMAGINE	DULCINEA	POPPIN'S	MANO A MANO	QUIJOTES	SAPHIRUS	BUBY'S BIS	FENIX	LA ZAFADA
PROM	5,25	5,51	6,64	5,68	5,31	4,80	5,62	6,52	5,33	4,49

Anexo 7: Ronda 2 sin suspensión de etapas en Ronda 1

RONDA 2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	CELESTINOS	MANDALA	LOS BUSCADORES	ZABRITOS	LOS CHAPITAS	JADE	INDIGOS	SIDNEY	TOON'S	TROYANOS
2	DIABLITOS VERDES	OHANA	WONKAS	LA DESCOCADA	PRINCIPES	CROSSED	SUENA LA MADERA	CHIN PUM FUERA	LOS PEPINITOS	TOCANDO LUNAS
3	BAM BAM	CACHIRULOS	GNOMOS	ATOMIX	VALU'S	LOS VAGABUNDOS	ALIADOS	ZODIACO	LOS TOBY'S	GREMLINS
4	FENIX	BUBY'S BIS	LA ZAFADA	POPPIN'S	ADRENALINA	MANO A MANO	DULCINEA	QUIJOTES	SAPHIRUS	IMAGINE
PROM	5,61	4,48	6,57	5,05	5,36	5,78	5,47	5,72	5,55	5,57