



FACULTAD DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS
DIRECCIÓN DE POSTGRADO
MAGISTER EN GESTIÓN DE SISTEMAS DE SALUD

**OPTIMIZACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN DE MENÚS SEMANALES
PARA EL RÉGIMEN LIVIANO DE UNA CENTRAL DE
ALIMENTACIÓN EN UN HOSPITAL DE MEDIANA COMPLEJIDAD**

Profesor Guía:

Leopoldo López Lastra

Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Chile.

MBA, Florida International University, Miami.

Integrantes:

Kristian Navarro Morales Kinesiólogo

Felipe Ortega Ortega Ingeniero Civil Industrial

Talca, 11 de Octubre de 2019.

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2019

Índice de contenidos

Índice de contenidos	2
Índice de tablas	3
Índice de ecuaciones.....	5
Capítulo 1: Formulación General	7
1.1. Introducción.....	7
Capítulo 2: Discusión bibliográfica.....	9
2.1. Estado del arte y discusión.....	9
Capítulo 3: Identificación del problema	18
3.1. Relevancia.....	18
3.2. Descripción	18
3.3. Pregunta de investigación	20
3.4. Hipótesis	20
Capítulo 4: Objetivos.....	21
4.1. Objetivo general.....	21
4.2. Objetivos específicos	21
Capítulo 5: Metodología.....	22
5.1. Metodología.....	22
Capítulo 6: Desarrollo	25
6.1. Resultados esperados	25

6.2. Resultados obtenidos	25
6.2.1 Etapa 1: Definición del proyecto.....	25
6.2.2 Etapa 2: Recopilación y análisis de información.	26
6.2.3 Etapa 3: Definición de datos relevantes.	31
6.2.4 Etapa 4: Recopilación de datos relevantes.	32
6.2.5 Etapa 5: Análisis y estandarización de datos relevantes.	39
6.2.6 Etapa 6: Desarrollo de modelo de optimización lineal.	40
6.2.7 Etapa 7: Diseño de un sistema de optimización.	49
6.2.8 Etapa 8: Análisis de resultados de aplicación del modelo:	69
6.2.9 Etapa 9: Implementación.....	71
6.3. Discusión	72
6.4. Conclusiones	72
6.5. Referencias.....	76
6.6. Anexos	78

Índice de tablas

Tabla 1: Información Relevante	32
Tabla 2: Mínimos y máximos atributos nutricionales por persona	42
Tabla 3: Programación menús semanales.....	69

Índice de Figuras

Figura 1: Formulación Matemática Problema de la Dieta.....	12
Figura 2: Modelo de programación lineal entera de menús semanales de colaciones	15
Figura 3: Documento Procedimiento Operativos estandarizados de preparaciones.....	29
Figura 4 Documento procedimientos operativos estandarizados régimen papilla liviana adulto	30
Figura 5. Documento POE de las preparaciones del Jardín Infantil.....	31
Figura 6. Ejemplo Archivo Informe ejecución presupuestaria 2017.....	33
Figura 7. Ejemplo Archivo Excel Base de Datos Licitaciones Central de Alimentación	34
Figura 8. Ejemplo Búsqueda Orden de Compra en Sitio Web de www.mercadopublico.cl	35
Figura 9 Ejemplo Orden de Compra	35
Figura 10. Ejemplo Planilla de Datos Excel de censo mensual de atención de hospitalización y uso de camas por servicio clínico Enero 2018	36
Figura 11. Ejemplo de Base Access de Datos históricos de ingresos y egresos de atención de hospitalización y uso de camas por servicio clínico abril 2017.....	37
Figura 12. Ejemplo Archivo Minutas Hospital de Constitución enero 2018	38
Figura 13. Archivo Excel Aportes nutricionales de cada uno de los platos Hospital de Constitución.....	39
Figura 14. Base de datos con información relevante.....	40
Figura 15. Logo GAMS.....	50
Figura 16. Interfaz gráfica software GAMS.....	50
Figura 17. Logo AMPL	51
Figura 18. Interfaz gráfica AMPL	51

Figura 19. Logo IBM CPLEX	52
Figura 20. Interfaz gráfica Software OPL	53
Figura 21. Logo MS Excel	54
Figura 22. Interfaz Solver Excel.....	54
Figura 23. Instalación software ILOG CPLEX Optimization Studio.....	56
Figura 24. Instalación software ILOG CPLEX Optimization Studio.....	56
Figura 25. Logo software ILOG CPLEX Optimization Studio.....	57
Figura 26. Espacio de Trabajo software ILOG CPLEX Optimization Studio	57
Figura 27. Creación de proyecto software ILOG CPLEX Optimization Studio	58
Figura 28. Contenidos Proyecto software ILOG CPLEX Optimization Studio.....	59
Figura 29. Pestaña WSCODIGOS base de datos modelo de Optimización.....	64
Figura 30. Pestaña WSGR1 base de datos modelo de Optimización	64
Figura 31. Pestaña WSINT1 base de datos modelo de Optimización	65
Figura 32. Pestaña WSCSTI1 base de datos modelo de Optimización	66
Figura 33. Pestaña WSCOSTOS1 base de datos modelo de Optimización	67
Figura 34. Pestaña RESULTMOD base de datos modelo de Optimización.....	68
Figura 35. Resultado planificación en modelo de Optimización	69

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Función objetivo modelo de optimización	43
Ecuación 2. Restricción de límite diario de Desayunos	43
Ecuación 3. Restricción de límite diario de Almuerzos	44

Ecuación 4. Restricción de límite diario de Postres para el Almuerzo.....	44
Ecuación 5. Restricción de límite diario de Onces.....	44
Ecuación 6. Restricción de límite diario de Cenas.....	44
Ecuación 7. Restricción de límite diario de Postres de Cena.....	44
Ecuación 8. Restricción de consumo mínimo diario por cada atributo nutricional.....	45
Ecuación 9. Restricción de consumo máximo diario por cada atributo nutricional.....	45
Ecuación 10. Restricción de repetición de Desayunos en horizonte de planificación.....	45
Ecuación 11. Restricción de repetición de Almuerzos en horizonte de planificación.....	46
Ecuación 12. Restricción de repetición de Postres de Almuerzos en horizonte de planificación.....	46
Ecuación 13. Restricción de repetición de Onces en horizonte de planificación.....	46
Ecuación 14. Restricción de repetición de Cenas en horizonte de planificación.....	46
Ecuación 15. Restricción de repetición de Postres de Cenas en horizonte de planificación.....	47
Ecuación 16. Restricción de repetición de ingrediente Pescado en colaciones diarias.....	47
Ecuación 17. Restricción de repetición de ingrediente Vacuno en colaciones diarias.....	47
Ecuación 18. Restricción de repetición de ingrediente Pollo en colaciones diarias.....	48
Ecuación 19. Restricción de repetición de ingrediente Papas en colaciones diarias.....	48
Ecuación 20. Restricción de repetición de ingrediente Arroz en colaciones diarias.....	48
Ecuación 21. Restricción de repetición de ingrediente Pasta en colaciones diarias.....	48
Ecuación 22. Restricción de naturaleza de las variables.....	49

Capítulo 1: Formulación General

En este capítulo se presentará la introducción del trabajo de grado, desarrollando de manera clara las ideas centrales del proyecto a realizar.

1.1. Introducción

La alimentación en centros de salud es un área compleja y delicada por sus implicancias en los tiempos de recuperación de los pacientes y en el bienestar tanto de pacientes como del personal médico y administrativo (Balintfy, 1975).

Actualmente el Hospital de Constitución se encuentra en un plan de reducción de gastos, por lo cual se requiere un plan de mejoramiento de la Central de Alimentación, donde no existe un control de las existencias ni de planificación, lo cual influye en un alto gasto.

El problema del Hospital de Constitución es una constante en los Hospitales de Mediana Complejidad del país, dado que las nutricionistas son las encargadas de las centrales de alimentación referente a los menús y raciones diarias, las cuales dependen netamente de la decisión de la profesional y no de los procesos de costos y logísticos que contemplan. La planificación estratégica está orientada en mejorar financieramente a la Institución y para apoyar esta perspectiva, el trabajo de grado se alinea directamente con mejorar el Proceso de Control y Gestión de la Central de Alimentación y así disminuir el alto gasto de alimentos que contempla actualmente la unidad al interior del centro de salud.

Debido a que la Central de Alimentación del Hospital de Constitución se adhiere a las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), la cual garantiza los niveles de calidad en un Servicio de Alimentación, se hace necesario contar con procedimientos operativos estandarizados (POE) ya que la aplicación de estos procedimientos son requeridas por las

BPM con los objetivos de: suministrar un registro que demuestre el control del proceso, minimizar o eliminar errores y riesgos en la inocuidad alimentaria, asegurar que la tarea sea realizada en forma segura, todo con fin de garantizar los niveles de calidad de las preparaciones de manera estandarizada.

Desde el punto motivacional, la solución al problema de optimización de la Central de Alimentación puede ser replicado en cualquier hospital de mediana complejidad del país, lo cual ayudaría a la reducción de gastos de estos centros de salud.

Capítulo 2: Discusión bibliográfica

En este capítulo se presentará la discusión bibliográfica en relación con textos, estudios, o investigaciones anteriores citadas en el proyecto.

2.1. Estado del arte y discusión

La programación de menús semanales al interior de los servicios de salud, en específico los Hospitales, ha sido un área compleja que involucra varios factores: estándares alimentarios, variedad, costos y aspectos culturales. Es de suma importancia que la toma de decisiones en este aspecto esté basada en la evidencia, sobre todo en la actualidad en que cada aspecto del quehacer dentro de una institución médica debe ser evaluado en base a ámbitos y características a cumplir (Superintendencia de salud, 2009). Los tiempos en que las decisiones eran tomadas en base a políticas o por medio de la intuición, independiente de su intención, ha ido avanzando hacia la valoración positiva de decisiones basadas en fundamento teórico-empírico sólidos. Es en este sentido, que la priorización en la toma de decisiones, considera condiciones tales como, en primer lugar, que las necesidades de salud están en constante movimiento debido a los cambios en la demografía y la epidemiología de la población; en segundo lugar, los conceptos de salud sufren variaciones ya que la ciencia médica está en constante actualización de sus conocimientos, así como también por la necesidad de combatir ciertas conductas inherentes a la cultura con hechos científicos que se adapten al medio; en tercer lugar, está el hecho de que los recursos no son suficientes para todas las necesidades de salud existentes, por lo que el financiamiento de ciertas necesidades por sobre otras, siempre está mediado por los valores sociales y culturales que provee el contexto; en último lugar, tenemos que adecuadas prácticas de administración requieren una

distribución razonada de los fondos disponibles, lo que actualmente pone el foco tanto en la acumulación de evidencia, como también en la atención a los fenómenos económicos presentes (White, 1998).

Es así que, en la realidad, las prioridades se pretenden fijar desde la evidencia que desde su marco teórico ofrece optimizar la calidad del proceso de la determinación de prioridades y la toma de decisiones, pero que, sin embargo, siempre se encuentra con dificultades debido a los intereses que están en juego detrás de cada decisión, ya sea de carácter económico, social o cultural. Tales dificultades comprenden consideraciones como que, a pesar de la evidencia disponible, siempre hay otras consideraciones, ejemplo de esto, es la gran evidencia acerca del daño de tabaco desde hace décadas, ante lo que no se implementaron políticas públicas tempranas que evitaran el fomento de su consumo. Otra consideración válida, es que las decisiones suelen tomarse teniendo información fragmentada o incompleta, esto es dado debido a que la publicación de un estudio no es suficiente para la toma de una decisión, sino que los científicos someten sus resultados a revisiones múltiples de sus pares, para confirmar la exactitud de sus resultados, dejando atrás en la línea de tiempo el momento en que se debió tomar una decisión. Una última consideración, revela que el uso de la evidencia más adecuada que se tenga al alcance no es garante de que produzca resultados favorables, pero en términos de probabilidades, las aumenta. Para asegurar esta probabilidad, es necesario tomar en cuenta a todos quienes participan de la decisión en todos sus niveles, ya que es necesario que todos entiendan el funcionamiento de la evidencia en el terreno práctico y estén dispuestos a utilizar las herramientas entregadas (White, 1998).

Teniendo en claro estas consideraciones, el enfoque basado en la evidencia consta de 4 fases relacionadas entre sí las cuales son el análisis de la situación, la evaluación de la

eficacia y la efectividad, la evaluación económica, y las consideraciones sociopolíticas (White, 1998). Es sobre esta base la que situamos la planificación de menús semanales.

Actualmente en la literatura existen destacados trabajos relacionados con estos aspectos, en los que se desarrollan modelos de planificación alimentaria, programación lineal y optimización de servicios, considerando lo anterior es que se realiza un análisis de la bibliografía relevante, la cual se presenta a continuación:

a) Modelo Matemático de Castillo & Cols, 2002

Un aspecto para considerar fue la revisión de ejemplos de programación lineal, los cuales son contextualizados por Castillo & Cols, 2002, en el libro “Formulación y resolución de modelos de programación matemática en ingeniería y ciencia”. En dicho documento se desarrollan una serie de problemas de programación lineal, programación lineal entera mixta y programación no lineal, lo cual permite ampliar el espectro en lo que se refiere a optimización y obtener ciertos conocimientos relacionados a los métodos que permiten llegar a la solución óptima. Además de lo anterior en esta literatura se describe de una forma detallada como poder modelar los problemas en el lenguaje de programación GAMS “General Algebraic Modeling System” (GAMS Development Corporation, 1987), lo cual permite sin lugar a duda una comprensión de los algoritmos y estructuras que permiten el modelamiento de sistemas de optimización. Ahora bien, desde el punto de la optimización necesaria para la central de alimentación, se describe de una forma básica el clásico problema de la dieta, en el cual se determinan los distintos nutrientes que deben ingerirse y que permiten asegurar ciertas condiciones de nutrición y minimización de los costos.

Referente al clásico problema de la dieta, Castillo & Cols, 2002, presentan la siguiente

Figura 1: Formulación Matemática Problema de la Dieta

1. **Datos**

m : el número de nutrientes

n : el número de alimentos

a_{ij} : la cantidad del nutriente i en una unidad del alimento j

b_i : la cantidad mínima del nutriente i aconsejada

c_j : el precio de una unidad del alimento j

2. **Variables.** Las variables relevantes en este problema son:

x_j : la cantidad del alimento j que debe adquirirse.

3. **Restricciones.** Como la cantidad total de un nutriente dado i es la suma de las cantidades de los nutrientes en todos los alimentos y las cantidades de alimentos deben ser no negativas, se deben cumplir las siguientes restricciones:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \geq b_i; \quad i = 1, \dots, m$$
$$x_j \geq 0; \quad j = 1, \dots, n$$

4. **Función a minimizar.** En el problema de la dieta se está interesado en minimizar el precio de la dieta:

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

donde c_j es el precio unitario del alimento j .

Fuente: Castillo & Cols, 2002, "Formulación y resolución de modelos de programación matemática en ingeniería y ciencia".

El problema de la dieta presentado se enfoca en determinar las cantidades óptimas de diferentes nutrientes que deben ingerirse con tal de garantizar condiciones de nutrición según la norma y minimizar los costos de compra de los nutrientes. Dado lo anterior con dicha formulación expuesta se puede determinar la cantidad de alimentos específicos con tal de que se satisfagan los mínimos aconsejados y se alcance un precio total mínimo.

Ahora, desde el punto de vista de la formulación en Software, el código fuente (*Anexo I*) permite apreciar que la formulación presenta una definición de los nutrientes, alimentos, las cantidades mínimas y costos de estos, además se define una matriz de cada nutriente por alimento, para luego definir las variables de optimización, la función objetivo y las restricciones.

Lo importante de este modelo es que permite tener una idea de los aspectos a considerar dentro de la programación matemática, y los puntos clave que permiten agilizar la ejecución de esta, como podría ser el cargar los datos desde una base, con tal de no tener que definirlos uno a uno en el código fuente.

b) Casos de Programación Lineal de Richard, B. 2009

De la misma forma, la literatura respecto a los modelos de optimización es variada, por ejemplo, en el libro de Administración de Operaciones (Richard, 2009), se analizan varios de los clásicos modelos como, por ejemplo:

- ✓ Planeación de operaciones y ventas agregadas.
- ✓ Análisis de la productividad en la producción/servicios
- ✓ Planeación de los productos
- ✓ Rutas de los productos
- ✓ Programación de vehículos/cuadrillas
- ✓ Control de procesos
- ✓ Control de inventarios
- ✓ Programación de la distribución
- ✓ Estudios para ubicar la planta

✓ Manejo de materiales

Lo anterior permite entender la lógica tras la optimización, y ver la gran variedad de aplicaciones existentes, con la finalidad de poder extraer desde dichos modelos estructuras que permitan asimilarse a la optimización de menús de alimentación. Ahora bien, lo que se presenta en dicha bibliografía se encuentra en un nivel básico de la programación lineal, por lo cual es necesario complementar con bibliografía avanzada.

c) Modelo Matemático de Guala y Marengo, 2013

Dado que es necesario conocer modelos avanzados de programación lineal, se tienen diversos estudios referentes a los modelos de optimización de servicios, uno de ellos relacionados a la aplicación de un modelo de programación lineal entera para la optimización de los menús de un hospital de la provincia de Buenos Aires, Argentina, (Guala y Marengo, 2013). En dicho modelo, se realiza un trabajo bastante complejo, en el cual se definieron una serie de variables y restricciones, que luego de ser programado en el lenguaje Zimpl y ejecutado en el software scip 3.0.0 permitió generar propuestas gastronómicas factibles y aplicables para servicios de colaciones con una optimización de los costos.

A continuación, se presenta el modelo matemático de Guala y Marenco, 2013:

Figura 2: Modelo de programación lineal entera de menús semanales de colaciones

$$\begin{aligned} & \min \sum_{i \in P} \sum_{j \in J} x_{ij} \left(\sum_{k \in I} \text{precio}_k \text{bruto}_{ik} / 10^3 \right). \\ & \sum_{i \in \text{Entrada}} x_{ij} = 1, \quad \forall j \in J. \\ & \sum_{i \in \text{Cont}} 2x_{ij} + \sum_{i \in \text{PFondo}} x_{ij} + \sum_{i \in \text{Acomp}} x_{ij} = 2, \quad \forall j \in J. \\ & \sum_{i \in \text{PFondo}} x_{ij} \leq 1, \quad \forall j \in J. \\ & \sum_{i \in \text{Acomp}} x_{ij} \leq 1, \quad \forall j \in J. \\ & \sum_{i \in \text{Post}} x_{ij} = 1, \quad \forall j \in J. \\ & \sum_{j \in J} x_{ij} \leq 1, \quad \forall i \in \text{PFondo} \cup \text{Cont}. \\ & \sum_{j \in J} x_{ij} \leq 2, \quad \forall i \in \text{Entrada} \cup \text{Acomp} \cup \text{Post}. \\ & x_{ij} + x_{i,j+1} + x_{i,j+2} \leq 1, \quad \forall j \in J, j < 2n-1, i \in \text{Entrada} \cup \text{Acomp} \cup \text{Post}. \\ & \min_t \leq \sum_{i \in P} (x_{ij} + x_{ij+1}) \left(\sum_{k \in T} \frac{\text{prop}_{kt} \text{neto}_{ik}}{\text{bp}_k} \right) \leq \max_t, \\ & \quad \quad \quad \forall t \in T, j \in J, j \text{ impar}. \\ & \sum_{i \in \text{CA}} x_{ij} = 1, \quad \forall j \in J, j \text{ impar}. \\ & \sum_{i \in \text{CN}} x_{ij} \leq 1, \quad \forall j \in J, j \text{ par}. \\ & \sum_{i \in \text{PP}} x_{ij} = 0, \quad \forall j \in J, j \text{ impar}. \\ & \sum_{i \in \text{PP}} x_{ij} \leq 1, \quad \forall j \in J, j \text{ par}. \\ & \sum_{i \in \text{EV}} x_{ij} \geq \sum_{i \in \text{CH}} x_{ij}, \quad \forall j \in J, j \text{ par}. \\ & \sum_{i \in \text{PH}} x_{ij} \leq 1, \quad \forall j \in J. \\ & \sum_{i \in \text{PF}} x_{ij} + x_{ij+1} \geq 1, \quad \forall j \in J, j \text{ impar}. \\ & x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \forall i \in P, j \in J. \end{aligned}$$

Fuente: Modelo Matemático de Guala y Marenco, 2013

d) Modelo Matemático de Beltrán, 2011

De igual forma el modelo de costo mínimo de una dieta balanceada para la población de Bogotá diseñado por Juan Beltrán (Beltrán, 2011), permite tener una idea bastante acotada sobre la optimización enfocada al sector alimenticio, considerando un modelo matemático ejecutado a través del software LP Solve IDE que permitió la reducción de los costos en cuatro rangos de edad para la población de la localidad de estudio.

- **Conjuntos:**

- Productos alimenticios: A
- Nutrientes: N

- **Parámetros:**

- c_i : Precio del producto i
- n_{ji} : Nutriente j contenido en el producto i
- b_j : Requerimiento mínimo del nutriente j
- p_j : Requerimiento máximo del nutriente j

- **Variables de decisión:**

- x_i = cantidad del producto i

- **Función objetivo:**

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I c_i x_i$$

- **Restricciones:**

$$\sum_{i=1}^I n_{ji} x_i \geq b_j \quad \forall j \in N$$

$$\sum_{i=1}^I n_{ji} x_i \leq p_j \quad \forall j \in N$$

$$x_i \geq 0 \quad \forall i \in A$$

e) Planificación de producción de alimentos de Vergara, 2017

Además de lo anterior, es necesario conocer el funcionamiento y la lógica tras los procesos de planificación de la producciones de alimentos, para lo cual los textos como el de la tesis de Priscila Vergara Sáez (Vergara, 2017), permiten, a través de la incorporación de un sistema con una lógica inteligente, conocer sistemas de optimización que logran la reducción en el tiempo de planificación y además beneficios económicos importantes debido a la disminución de los costos de los platos seleccionados para los menús a ofrecer a los clientes.

Otros de los textos relacionados a poder comprender como se gestionan los centros de preparaciones de alimentos como hoteles y restaurantes son los de Jorge Aguilar López (Aguilar, 2014) y Ron Heddy (Heddy, 2011), los cuales explican cómo se funcionan, estandarizan y optimizan dichos complejos, con la finalidad de entregar el mejor producto en base a los estándares requeridos por los clientes,

Finalmente, y considerando que la propuesta de los modelos revisados no considera la normativa nutricional vigente, para poder optimizar la planificación de menús semanales de acuerdo con los requerimientos nutricionales, es necesario basarse en los requisitos de la OMS y realidad local, permitiría minimizar los costos diarios de los Centros de Salud.

Capítulo 3: Identificación del problema

En este capítulo se presentará un análisis de la relevancia del problema, la descripción de este y la formulación de preguntas de investigación relacionadas.

3.1. Relevancia

La programación de menús semanales en centros de salud siempre ha sido un área compleja que involucra varios factores: estándares alimentarios, variedad, costos, entre otros. En este trabajo presentamos la optimización de la planificación de menús semanales de la central de alimentación en un hospital de mediana complejidad. En este contexto, la programación del menú contempla el desayuno, almuerzo, once y cena en pacientes con régimen liviano. El objetivo de la optimización de la planificación es proponer un menú semanal que minimice los costos respetando la normativa nutricional vigente de salud. Los resultados muestran mejoras de un 21 % a un 25 % comparados con los costos obtenidos por los métodos manuales utilizados actualmente.

3.2. Descripción

Actualmente el Hospital de Constitución se encuentra en un proceso de reducción de gastos, lo cual se debe a un plan de mejora de la eficiencia operacional, en el marco del nuevo gobierno de D. Sebastián Piñera Echeñique. Dentro de las líneas en las cuales se está trabajando se encuentran la gestión de inventarios de medicamentos, ejecución de Horas extraordinarias, y reducción de costos asociados a los servicios.

Dentro del eje de reducción de costos asociados a servicios, se encuentra inmerso lo que se relaciona a la preparación de Menús de la Central de Alimentación del Hospital de Constitución, donde se ha podido detectar que no existe un control adecuado del gasto ni una metodología de optimización de costos de preparación de alimentos.

Referente al control del gasto, la Unidad de Administración y Finanzas se encarga solamente de devengar, pagar y registrar las facturas relacionadas a la compra de insumos para la preparación de los menús de la Central de alimentación, sin llevar un control del gasto, tener una idea de cuáles son los insumos que representan la mayor proporción de este, y si es que existe una estacionalidad o un patrón referente a la cantidad por mes.

Referente a la optimización de los costos de preparación de los menús, se tiene que la Central de alimentación se encarga de definir los menús mensuales, respecto a su propia experiencia y enfocándose solo en lo nutricional, dejando de lado los costos relacionados a los insumos.

Todos los puntos anteriormente presentados están relacionados para poder realizar una reducción de gasto enfocada al ítem de alimentación, en primer lugar, se debe tener claridad de los costos históricos asociados a esto, luego del análisis de los menús, para finalmente generar un modelo de optimización que busca ser un recurso y alternativa de solución a la gestión de la Institución.

De acuerdo con los puntos anteriores es que se ha decidido diseñar al Hospital de Constitución, un sistema de optimización de costos basado en programación lineal, para que sea implementado en el año 2019 y con eso mejorar los niveles de control y gestión del gasto de la Central de alimentación, asegurando la calidad de los procesos para satisfacer las necesidades de los usuarios y mejorar la eficiencia presupuestaria.

3.3. Pregunta de investigación

Considerando el punto principal del trabajo de grado se tiene la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuánto se puede disminuir los costos de los menús semanales de la central de alimentación del Hospital de Constitución considerando la normativa nutricional vigente?

Derivado de lo anterior se presentan otras preguntas:

1. ¿Qué información es necesaria para optimizar los costos de la Central de Alimentación?
2. ¿Cuánto representa el gasto en el ítem de alimentación referente al presupuesto del Hospital de Constitución?
3. ¿Cuántos son los costos de los menús semanales de la Central de Alimentación del Hospital de Constitución considerando la normativa nutricional vigente?

3.4. Hipótesis

Dados los puntos anteriores, se plantea la siguiente hipótesis:

“Aplicando un modelo de optimización enfocado en programación lineal a los menús diarios de la Central de Alimentación del Hospital de Constitución, se reducirá un 20 % y se mejorará la calidad del servicio”.

Capítulo 4: Objetivos

En este capítulo se presentarán el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto.

4.1. Objetivo general

Optimizar la planificación de menús semanales de la Central de Alimentación del Hospital de Constitución en el año 2019 considerando la normativa nutricional vigente mediante un modelo de programación lineal entera que sea capaz de reducir los costos.

4.2. Objetivos específicos

Dentro de los objetivos específicos se tiene lo siguiente:

1. Identificar las actividades de la actual planificación, gestión y producción de menús y especificaciones técnicas de la Central de Alimentación del Hospital de Constitución.
2. Cuantificar los costos involucrados en la producción de menús semanales de la Central de Alimentación del Hospital de Constitución.
3. Desarrollar un modelo de optimización en base a programación lineal entera que permita minimizar los costos de los menús semanales y cumplir con la normativa nutricional vigente.

Capítulo 5: Metodología

En este capítulo se presentará el método y las técnicas a emplear en el desarrollo del Trabajo de grado.

5.1. Metodología

La metodología para utilizar en el desarrollo del presente proyecto se divide en nueve etapas fundamentales, con el fin de cumplir con el objetivo general y los objetivos específicos. Dichas etapas se presentan a continuación:

Etapa 1: Definición del proyecto.

En primer lugar, es necesario establecer cuál será el proyecto, el área donde se va a desarrollar, los objetivos de éste, los alcances, lo que se espera del trabajo. Esto para orientar el resto de los pasos.

Etapa 2: Recopilación y análisis de información.

En segundo lugar, se debe hacer un análisis de la información proveniente de la literatura referente a los modelos de optimización lineal, con el fin de conocer el procedimiento a seguir y cada una de las herramientas a utilizar, desarrollado en la discusión bibliográfica y contextualización del problema. Además de lo anterior se debe entender el trabajo de la Central de Alimentación del Hospital de Constitución, en relación con el funcionamiento y preparación de menús, para lo cual se realizarán recopilaciones de la información existente día a día para ver la actividad real de la unidad; se analizarán los procesos, determinar roles y actividades asociadas.

Etapa 3: definición de datos relevantes.

En tercer lugar, se deben definir los datos relevantes a trabajar en el proyecto, dentro

de los cuales se tienen los relacionados a costos de insumos, tipos de menús de alimentación y aportes nutricionales de cada uno de ellos, días cama de hospitalizados, etc.

Etapa 4: Recopilación de datos relevantes.

En cuarto lugar, y una vez definidos los datos relevantes a trabajar en el proyecto, se debe proceder a la recopilación de estos, para lo cual se deben realizar los procedimientos necesarios para la obtención de estos.

Etapa 5: Análisis y estandarización de datos relevantes.

En quinto lugar, y una vez recolectados los datos relevantes a trabajar en el proyecto, se debe trabajar con ellos, con la finalidad de poder generar información útil para poder cuantificar los costos involucrados en la producción de menús semanales de la Central de Alimentación del Hospital de Constitución.

Etapa 6: Desarrollo de modelo de optimización lineal.

Una vez teniendo todos los datos necesarios, se procederá a desarrollar y aplicar un modelo de optimización basado en programación lineal entera que sea capaz de minimizar los costos de preparación de los menús semanales de la Central de Alimentación.

Etapa 7: Diseño de un sistema de optimización.

Definiendo el modelo matemático, este será representado en algún software que permita modelar problemas de optimización utilizando un lenguaje de programación como por ejemplo GAMS (General Algebraic Modeling System), AMPL (A Mathematical Programming Language), OPL (Optimization Programming Language) etc. , y que además permita exportar los resultados a una base de datos MS Excel, con la finalidad de que se entregue la programación necesaria de los menús diarios considerando la optimización de los costos.

Etapa 8: Análisis de resultados de aplicación del modelo.

Teniendo el modelo desarrollado, se realizará una comparación de costos de la programación de menús aplicando el modelo en comparación con los costos de programación de los menús realizados por la nutricionista para el año 2017. Con la comparación se procederá a contrastar la hipótesis y analizar los resultados.

Etapa 9: Implementación

En esta etapa se desarrolla la propuesta de implementación de las herramientas desarrolladas. Dicha propuesta corresponde a una planificación, en la cual se detallarán cada uno de los pasos a seguir, con el fin de lograr una implementación del sistema propuesto y con eso mejorar los niveles de control y gestión del gasto de la Central de Alimentación, asegurando la calidad de los procesos para satisfacer las necesidades de los usuarios y mejorar la eficiencia presupuestaria de la Institución.

Capítulo 6: Desarrollo

En este capítulo se presentará los resultados, la discusión y conclusiones del trabajo de grado.

6.1. Resultados esperados

A continuación, se presentan los resultados esperados del proyecto:

1. Desarrollar una base de datos históricos de costos de menús, ingredientes, aportes nutricionales y de días cama de hospitalización.
2. Generar un modelo de programación lineal entera, que permita optimizar la programación de los menús diarios de la Central de Alimentación del Hospital de Constitución.
3. Diseñar un sistema que permita a la nutricionista del Hospital de Constitución realizar la programación de sus menús diarios minimizando los costos.
4. Realizar una propuesta de implementación del sistema a la Central de Alimentación del Hospital de Constitución.

6.2. Resultados obtenidos

A continuación, se presentan los resultados esperados del proyecto por cada una de las etapas definida en la metodología:

6.2.1 Etapa 1: Definición del proyecto.

En esta etapa se procedió a conocer el estado actual del Hospital de Constitución, para lo cual se realizaron reuniones de trabajo con la Subdirectora Administrativa y la Jefa de Finanzas del establecimiento. De dichas reuniones se desprendió que el Hospital se encuentra en un proceso de reducción de gastos, por políticas públicas instauradas desde el nivel central. Dentro del eje de reducción de costos asociados a servicios, se tiene inmerso lo que se

relaciona a la preparación de Menús de la Central de Alimentación del Hospital de Constitución, donde han podido detectar que no existe un control adecuado del gasto ni una metodología de optimización de costos de preparación de alimentos.

Motivo de lo anterior es que se define la realización de un proyecto de optimización de la planificación de menús semanales para el régimen liviano de la Central de Alimentación en el Hospital de Constitución, con la finalidad poder reducir los costos anuales sujetos al Ítem de Alimentación.

6.2.2 Etapa 2: Recopilación y análisis de información.

En esta etapa se procedió a realizar recopilaciones de la información existente día a día del proceso para ver el funcionamiento real de la unidad de alimentación. Para lo cual se procedió a solicitar información y entrevistar a la Nutricionista Jefe Srta. Macarena Castillo Pérez.

Según lo anterior se pudo apreciar que dicha unidad juega un rol importante en la recuperación y mantención del estado de salud del individuo hospitalizado. Forma parte del servicio de alimentación y nutrición del Hospital de Constitución y depende jerárquicamente de la subdirección médica del establecimiento. Su función es otorgar alimentación completa a los usuarios hospitalizados de modo que a través de la dietoterapia se pueda contribuir a la mantención y/o recuperación de la salud y entregar alimentación en forma parcial a los niños y niñas pertenecientes a la sala cuna y jardín infantil del establecimiento. En esta unidad se ejecutan todos los procesos destinados a la elaboración de preparaciones culinarias en base a regímenes científica y técnicamente elaborados.

El nutricionista jefe del servicio de Alimentación y Nutrición establece los estándares de calidad técnica para la Planificación Alimentaria Nutricional considerando:

1. Calidad Nutricional: La distribución energética de Suficiencia Nutritiva: para determinar el cálculo de nutrientes a aportar se consideran las recomendaciones internacionales de la FAO/OMS/UNU. Dicho cálculo se actualiza de acuerdo con las publicaciones científicas de los organismos internacionales.
2. macronutrientes considera los siguientes rangos: Proteínas 12 – 16% Carbohidratos 50 – 60% Grasas 25 – 30%

Referente a la planificación alimentario nutricional se materializa en una minuta diaria, herramienta técnica que incorpora un listado de alimentos y/o preparaciones, la definición de tiempos de comida (desayuno, almuerzo, once y cena) y el aporte de calorías y nutrientes; con el propósito de dar cumplimiento a las normas de calidad alimentario nutricional y satisfacer los requerimientos de los individuos, para contribuir a mantener o recuperar su estado de salud.

La elaboración del set de minutas estandarizadas es de responsabilidad del nutricionista jefe de la unidad de producción en colaboración con nutricionistas clínicos. Dichas minutas desarrolladas cuentan con atributos como:

1. Variedad: para estimular el interés por la dieta al contraponer sabores, texturas colores y formas.
2. Intervalos y tiempos de comida: los tiempos de comida no podrán ser inferiores a 4 (desayuno, almuerzo, once y cena) y el intervalo entre la última comida y la primera del día siguiente no podrá exceder a las 12 horas.
3. Ración Alimentaria: Considerando que la alimentación es parte de la indicación clínica del tratamiento de los pacientes, por lo cual la dietoterapia estará de acuerdo a la patología y requerimientos nutricionales, la unidad de alimentación deberá incluir las

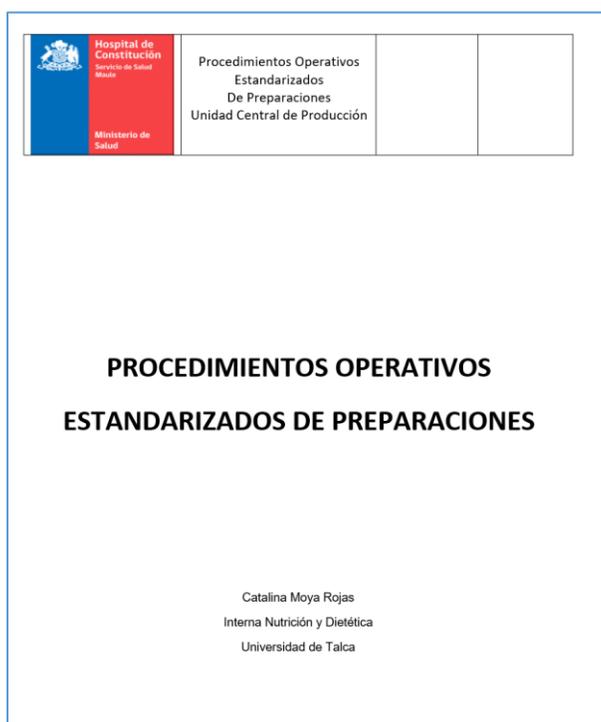
modificaciones que indique el médico y/o nutricionista clínica en relación a consistencia, digestibilidad, selección de nutrientes y aspectos organolépticos, los que originaran los regímenes especiales y deberán ser elaborados en forma separada, con las restricciones correspondientes.

4. Regímenes: Los regímenes básicos incluidos en el establecimiento de salud son: Completo o Común, Liviano, Blando sin Residuos, Líquido, Líquido frío y Hídrico. Los regímenes especiales incluidos son: Hipo o Hiperglucídico, Hipo o Hipercalórico, Hipo o Hiperproteico, Hipo sódico y Diabético., Dichos regímenes especiales podrán ser solicitados en diferentes consistencias: entero, blando, papilla, tamizado y líquido. Además, se podrán requerir otros regímenes que no son de preparación diaria, pero indispensables para determinados pacientes (Celiaco, APLV, etc). El régimen completo para pacientes adultos deberá tener un aporte calórico entre 1000 y 2500 calorías diarias, respetando las condiciones para el cuadro clínico y condiciones basales del paciente

Dentro de la información facilitada por la Nutricionista Jefe se tuvo lo siguiente:

1. Informe de PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS ESTANDARIZADOS DE PREPARACIONES del Hospital de Constitución, el cual tiene como objetivo ser una guía específica para toda persona que trabaje o ingrese a trabajar en la preparación de regímenes en la Unidad Central de Producción de Alimentación del Hospital de Constitución, asegurando al máximo que la tarea sea realizada en forma segura y obtener un mismo producto.

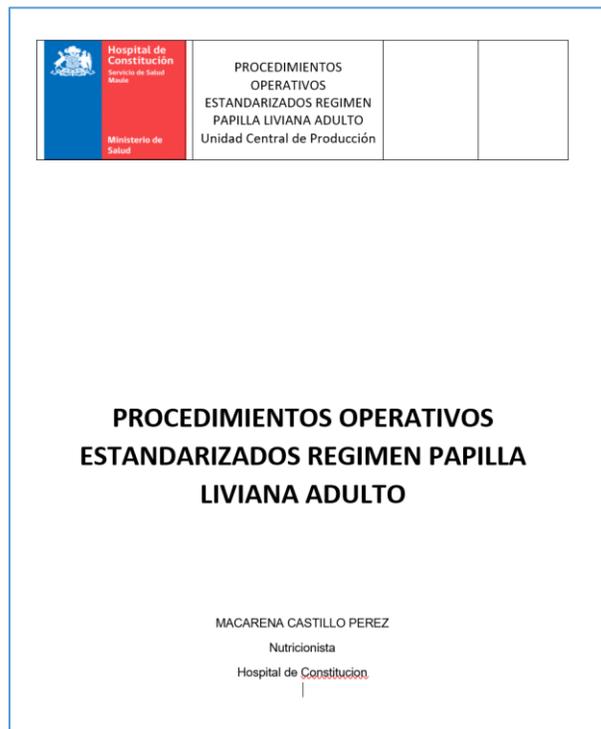
Figura 3: Documento Procedimiento Operativos estandarizados de preparaciones



Fuente: Catalina Moya Rojas Interna Nutrición y dietética Hospital de Constitución

2. Documento de PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS ESTANDARIZADOS RÉGIMEN PAPILLA LIVIANA ADULTO del Hospital de Constitución, el cual indica los procesos de preparación de papillas con sus respectivos gramajes y aportes nutricionales.

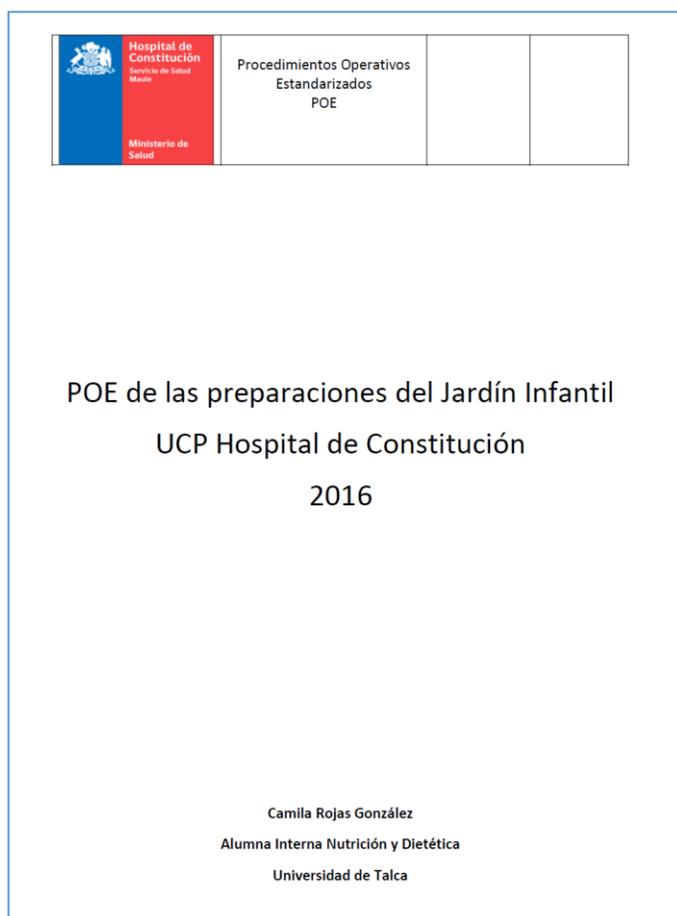
Figura 4 Documento procedimientos operativos estandarizados régimen papilla liviana adulto



Fuente. Macarena Castillo Pérez, Nutricionista Hospital de Constitución.

3. Informe de PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS ESTANDARIZADOS DE LAS PREPARACIONES DEL JARDÍN INFANTIL UCP Hospital de Constitución, objetivo ser una guía específica para toda persona que trabaje o ingrese a trabajar en la preparación de regímenes en la Unidad Central de Producción de Alimentación del Hospital de Constitución, asegurando al máximo que la tarea sea realizada en forma segura y obtener un mismo producto.

Figura 5. Documento POE de las preparaciones del Jardín Infantil



Fuente. Catalina Moya Rojas Interna Nutrición y dietética Hospital de Constitución.

6.2.3 Etapa 3: Definición de datos relevantes.

En esta etapa se realizó una reunión con Subdirectora Administrativa y Jefa Servicio de Orientación Médico Estadístico Sra. Sandra Luna Castro, Jefa de Administración y Finanzas Srta. María Paz Quiroz Castillo y jefa de Central de Alimentación Srta. Macarena Castillo Pérez, en la cual se definieron los datos que podían ser aportados al proyecto y que eran relevantes para el análisis, dentro de los cuales se tiene:

Tabla 1: Información Relevante

Unidad	Dato Necesario
Unidad de Administración y Finanzas	Dato 1.1: Informes de Ejecución presupuestaria.
	Dato 1.2 Datos de orden de compra relacionadas a alimentación
Servicio de Orientación Médico Estadístico	Dato 2.1 Datos de censo mensual de atención de hospitalización y uso de camas por servicio clínico.
	Dato 2.2 Datos históricos de ingresos y egresos de atención de hospitalización y uso de camas por servicio clínico.
Central de Alimentación	Dato 3.1: Tipos de Menús del Hospital de Constitución.
	Dato 3.2: Tipos de Platos por cada tipo de menú.
	Dato 3.3: Ingredientes de cada uno de los platos.
	Dato 3.4: Aportes nutricionales de cada uno de los platos.
	Dato 3.5: Minutas por año.

Fuente: Elaboración Propia

6.2.4 Etapa 4: Recopilación de datos relevantes.

En cuarto lugar, y una vez definidos los datos relevantes a trabajar en el proyecto, se debe proceder a la recopilación de estos, para lo cual se deben realizar los procedimientos necesarios para la obtención de estos, para lo cual se tiene lo siguiente:

1. Jefa de Administración y Finanzas Srta. María Paz Quiroz Castillo facilita información de ejecución presupuestaria y números de orden de compra relacionada a alimentación.

Figura 6. Ejemplo Archivo Informe ejecución presupuestaria 2017

Estado de Ejecución Presupuestaria										
1629009 Hospital Constitución										
01 enero 2017 al 31 diciembre 2017										
Nacional - Unidad										
Criterios de Búsqueda										
Ejercicio Fiscal	2017	Fecha	Desde 01/01/2017 Hasta 31/12/2017							
Cobertura	1629009 Hospital Constitución;	Tipo de Presupuesto	Gasto							
Moneda Presupuestaria	Nacional	Expresión Valores	Unidad							
Catálogo Base	Concepto Presupuestario	Tipo de Demanda	Ley de Presupuestos							
Poblamiento Catálogo Cruce										
Concepto Presupuestario	Ley de Presupuestos	Actividad Presupuestaria	Saldo por Aplicar	Compromiso	Saldo por Comprometer	Devengado	Saldo por Devenegar	Efectivo	Deuda Flotante	
21 GASTOS EN PERSONAL	4.709.998,87	4.709.998,87	0	4.616.951,43	93.047,441	4.616.951,43	0	4.616.951,43	0	0
2101 Personal de Planta	1	1.817.403,81	(1.817.403,81)	1.796.272,71	21.131,094	1.796.272,71	0	1.796.272,71	0	0
2101001 Sueldos y Sobresueldos	0	1.298.565,05	(1.298.565,05)	1.279.344,05	19.221,002	1.279.344,05	0	1.279.344,05	0	0
2101001001 Sueldos Bases	0	347.331,749	(347.331,749)	331.655,277	15.676,472	331.655,277	0	331.655,277	0	0
210100100101 Sueldo B Planta L	0	15.676,472	(15.676,472)	0	15.676,472	0	0	0	0	0
210100100102 Sueldos B Planta L	0	275.020,923	(275.020,923)	275.020,923	0	275.020,923	0	275.020,923	0	0
210100100103 Sueldos B Planta L	0	56.634,354	(56.634,354)	56.634,354	0	56.634,354	0	56.634,354	0	0
2101001002 Asignación de Antigüedad	0	53.356,659	(53.356,659)	53.356,659	0	53.356,659	0	53.356,659	0	0
210100100202 Asig Ant Bienes	0	16.021,239	(16.021,239)	16.021,239	0	16.021,239	0	16.021,239	0	0
210100100203 Asig Ant Trienios	0	37.335,420	(37.335,420)	37.335,420	0	37.335,420	0	37.335,420	0	0
2101001003 Asignación Profesional	0	57.057,342	(57.057,342)	57.057,342	0	57.057,342	0	57.057,342	0	0
210100100302 Asig Prof Planta L	0	57.057,342	(57.057,342)	57.057,342	0	57.057,342	0	57.057,342	0	0
2101001009 Asignaciones Especiales	0	62.449,510	(62.449,510)	62.447,134	2,376	62.447,134	0	62.447,134	0	0
210100100902 Bonif. Extraordinaria	0	3.460,142	(3.460,142)	3.460,142	0	3.460,142	0	3.460,142	0	0
210100100905 Asig Competencias	0	24.049,388	(24.049,388)	24.049,388	0	24.049,388	0	24.049,388	0	0
210100100906 Asig Condiciones y	0	21.038,609	(21.038,609)	21.036,233	2,376	21.036,233	0	21.036,233	0	0
210100100908 Asignación Planta L	0	2.343,724	(2.343,724)	2.343,724	0	2.343,724	0	2.343,724	0	0
210100100909 Asig Especial Planta	0	3.021,485	(3.021,485)	3.021,485	0	3.021,485	0	3.021,485	0	0

Fuente. Sistema de Información para la Gestión Financiera del Estado SIGFE.

Figura 7. Ejemplo Archivo Excel Base de Datos Licitaciones Central de Alimentación

OC. 2018 LICITACION 1511-61-LE17								
N° orden de compra	Nombre de la OC	Estado OC	Nombre Proveedor	RUT Proveedor	Fecha envío de OC	Monto neto	I.V.A	Total OC
1511-1410-SE17	OC. PEDIDO PAN MES DE ENERO 2018, DESDE 1511-61-LE17	Aceptada	PANIFICADORA UNIPAN LIMITADA	77.584.800-6	26-12-2017 15:41	\$ 243.600	\$ 46.284	\$ 289.884
1511-1122-SE17	OC. SALMON CONGELADO EN TROZOS MES DE NOVIEMBRE 2017 DESDE 1511-61-LE17	Aceptada	PANIFICADORA UNIPAN LIMITADA	77.584.800-6	19-10-2017 15:25	\$ 107.568	\$ 20.438	\$ 128.006
1511-1126-SE17	OC. PEDIDO PAN MES DE NOVIEMBRE 2017, DESDE 1511-61-LE17	Aceptada	PANIFICADORA UNIPAN LIMITADA	77.584.800-6	19-10-2017 15:07	\$ 240.240	\$ 45.646	\$ 285.886
1511-966-SE17	OC. TRUTO Y PECHUGA DE POLLO MES DE SEPTIEMBRE 2017, DESDE 1511-61-LE17	Aceptada	PANIFICADORA UNIPAN LIMITADA	77.584.800-6	05-09-2017 12:48	\$ 572.265	\$ 108.730	\$ 680.995
1511-967-SE17	OC. PEDIDO PAN MES DE SEPTIEMBRE 2017, DESDE 1511-61-LE17	Aceptada	PANIFICADORA UNIPAN LIMITADA	77.584.800-6	05-09-2017 12:48	\$ 240.240	\$ 45.646	\$ 285.886
1511-1409-SE17	OC. TRUTRO Y PECHUGA DE POLLO MES DE ENERO 2018, DESDE 1511-61-LE17	Aceptada	PANIFICADORA UNIPAN LIMITADA	77.584.800-6	26-12-2017 16:12	\$ 777.150	\$ 147.659	\$ 924.809
	OC. SUMINISTRO SUPERMERCADO MES DE SEPTIEMBRE 2017		PANIFICADORA UNIPAN					

Fuente. Unidad de Abastecimiento Hospital de Constitución.

Una vez obtenidas los números de orden de compra, se procede a ingresar a mercado público, buscar y descargar cada una de ellas.

Figura 8. Ejemplo Búsqueda Orden de Compra en Sitio Web de www.mercadopublico.cl

Orden de Compra
 Fecha: 22 / 06 / 2018 | 21:26:55 hrs.

Licitaciones | Administración | **Orden de Compra** | Gestión

Búsqueda y Gestión de Órdenes de Compra

Ver Orden de Compra

Nro. de OC/Licitación de Origen:
Ej.: 697-475-C107

Buscar Orden de Compra

Nombre:
 Proveedor:
 Estado:
 Unidad Compradora:

Ordenar Por:
 Desde:
 Hasta:

Número OC	Nombre OC	Unidad compradora	Proveedor
1511-151-SE18	OC. PEDIDO FRUTAS Y VERDURAS MES DE MARZO 2018 CENTRAL DE ALIMENTACIÓN DESDE 1511-74-LE17	Hospital de Constitución	MI HUERTO CHILE SPA

Pág. 1
 1 Registro/s Obtenidos

Fuente. Mercado Público.

Figura 9 Ejemplo Orden de Compra

Rut :	61.606.911-k	Demandante :	SERVICIO DE SALUD DEL MAULE HOSPITAL DE
Dirección Demandante :	Hospital N° 200	Unidad de Compra :	Hospital de Constitución
Teléfono :	56-71-2412034	Fecha Envío OC. :	23-02-2018 12:48:09
		Estado :	Aceptada
		Número Licitación :	1511-74-LE17

ORDEN DE COMPRA N°: 1511-151-SE18

SEÑOR (ES) :	MI HUERTO CHILE SPA	A Sr (a) :	Fernanda Oyarzun
DIRECCIÓN :	VILLOTA 373 Curicó Región del Maule	FONO :	--
RUT :	76.773.362-3	FAX :	--

NOMBRE ORDEN DE COMPRA : OC. PEDIDO FRUTAS Y VERDURAS MES DE MARZO 2018 CENTRAL DE ALIMENTACIÓN DESDE 1511-74-LE17
FECHA ENTREGA PRODUCTOS :
DIRECCION DE ENVIO FACTURA : Hospital N° 200 Constitución Región del Maule
DIRECCION DE DESPACHO : Hospital N° 200 Constitución Región del Maule
METODO DE DESPACHO : Despachar a Dirección de envío
FORMA DE PAGO : 30 días contra la recepción conforme de la factura
CONTACTO OC : María Consuelo Cabello Villegas 56-71-2412034 abastecimiento2012@gmail.com

Código	Producto	Cantidad / Unidad	Especificaciones Comprador	Especificaciones Proveedor	Precio Unitario	Descuento	Cargos	Valor Total
73131703	Servicios de envasado de frutas o verduras	40 kilogramo	40 KILOGRAMOS DE NARANJA	40 KILOGRAMOS DE NARANJA	990,00	0,00	0,00	39.600
73131703	Servicios de envasado de frutas o verduras	30 Unidad	30 UNIDADES DE PIMENTON	30 UNIDADES DE PIMENTON	390,00	0,00	0,00	11.700
73131703	Servicios de envasado de frutas o verduras	40 kilogramo	40 KILOGRAMOS DE TOMATES	40 KILOGRAMOS DE TOMATES	1.200,00	0,00	0,00	48.000

Fuente. Mercado Público.

2. Subdirectora Administrativa y Jefa Servicio de Orientación Médico Estadístico Sra. Sandra Luna Castro, facilita datos de censo mensual de atención de hospitalización y uso de camas por servicio clínico y Datos históricos de ingresos y egresos de atención de hospitalización y uso de camas por servicio clínico año 2016, 2017 y 2018.

Figura 10. Ejemplo Planilla de Datos Excel de censo mensual de atención de hospitalización y uso de camas por servicio clínico Enero 2018

SERVICIO DE SALUD DEL MUNICIPIO		HOSPITAL: CONSTITUCIÓN		MES: ENERO 2018		REM 20 ATENCIÓN DE HOSPITALIZACIÓN Y USO DE CAMAS POR SERVICIO CLÍNICO																						
CÓDIGOS	SERVICIOS CLÍNICOS	DOTACIÓN DE CAMAS	EXISTENCIA MES ANTERIOR	URGENCIA	INGRESOS					TOTAL	EGRESOS				EXISTENCIA MES SIGUIENTE	INGRESO EGRESO MISMO DIA	DIAS CAMA		DIAS ESTADA DE LOS EGRESADOS		DIAV SERV. CLÍNICO RANNEBLUT ADD	INDICADORES						
					APS	CAE	OTRO HOSPITAL	OTRA PROCES	TRASLADOS		ACTA AL INGRESO O OTRO SERVICIO HOSPITAL	TRASLADO A OTRO SERVICIO DEL HOSPITAL	FALLECIDOS	TOTAL			DISPONIBLES	OCCUPADOS	TOTAL	BENEFIC		PROM. DIAS ESTADA	LETALIDAD	INDE. OCUPACIONAL	INTERV. JUSTIFICÓN	INDE. ROTACION		
TOTAL ESTABLECIMIENTO		75	19	288	0	0	0	0	0	0	288	266	0	6	272	35	0	2.341	945	874	867	0	3,2	2,2%	46,9%	5,1	3,8	
20-130	MEDICINA BASICA	18	13	125							125	117		8	123	15		674	465	452	452		3,3	4,0%	46,9%	5,1	4,0	
20-130	QUIRURGIA BASICA	18	3	70							70	60		10	60	13		558	241	179	179		3,0		43,2%	5,3	3,3	
20-130	TRAUMATOLOGIA Y ORTOPEDIA										0	0		0	0	0												
20-140	QUIRUGIA INFANTIL										0	0		0	0	0												
20-145	AREA QUIRURGIA INFANTIL INF										0	0		0	0	0												
20-150	NEONATOLOGIA	15	1	27							27	26		1	26	2		465	67	59	59		2,3		14,4%	15,4	1,1	
20-151	NEONATOLOGIA INCLUIDORAS										0	0		0	0	0												
20-152	NEONATOLOGIA CLINICA										0	0		0	0	0												
20-160	OBSTETRICIA Y GINECOLOGIA	20	2	59							59	58		1	58	3		620	142	147	147		2,5		22,9%	8,3	2,8	
20-161	OBSTETRICIA										0	0		0	0	0												
20-162	GINECOLOGIA										0	0		0	0	0												
20-163	PSIQUIATRIA CIRUJA E ESTADIA										0	0		0	0	0												
20-220	OPHTALMOLOGIA										0	0		0	0	0												
20-240	OTORRINOLARINGOLOGIA										0	0		0	0	0												
20-250	UROLOGIA										0	0		0	0	0												
20-300	ENFERMERIA GENERAL INF										0	0		0	0	0												
20-330	ENFERMERIA	4	0	7							7	5		2	5	2		124	10	7			1,4		8,1%	22,4	1,3	
20-311	LAB NEONATOLOGIA										0	0		0	0	0												
20-310	LAB ADULTO										0	0		0	0	0												
20-313	LAB PEDIATRIA										0	0		0	0	0												
20-321	LAB MEDICINA INTERMEDIA										0	0		0	0	0												
20-322	LAB QUIRUGIA INTERMEDIA										0	0		0	0	0												
20-323	LAB PEDIATRIA INTERMEDIA										0	0		0	0	0												
20-324	LAB NEONAT INTERMEDIA										0	0		0	0	0												
20-115	MEDICINA AGUDOS										0	0		0	0	0												
20-410	LAB AMERICA										0	0		0	0	0												
20-410	QUIRUGIA AGUDOS										0	0		0	0	0												
20-420	LAB QUIRURGIA INTERMEDIA										0	0		0	0	0												
20-999	NO DEFINICIONADO										0	0		0	0	0												

CÓDIGO	ESPECIALIDAD	DS BENEF
02-03-001	NEONATOLOGIA GENERAL PEDIATRIA OBSTETRICIA GINECOLOGIA Y SERVICIOS ASIST	867
02-03-002	LAB QUIRURGIA INTERMEDIA (LAB)	0
02-03-012	OBSTETRICIA Y GINECOLOGIA (*)	0
02-03-100	PSIQUIATRIA CIRUJA ESTADIA	0
02-03-110	PSIQUIATRIA MEDIANA ESTADIA	0
02-03-009	PSIQUIATRIA CRONICOS (*)	0
02-03-200	LAB QUIRURGIA ALCOHOL Y DROGAS	0
02-03-017	LAB QUIRURGIA MED COMPLEJ	0
02-03-018	LAB QUIRURGIA ALTA COMPLEJ	0
02-03-005	LAB TRAT INTERMEDIO	0
02-03-008	INCLUIDORAS	0
02-03-015	LAB QUIRURGIA INTERMEDIA (*)	0
02-03-999	TOTAL	867

SECCIÓN E. HOSPITALIZACIÓN AMBULATORIA			
TIPO DE CAMA NO HOSPITALARIA	CAMAS ANEXAS	DIAS TOTAL ANEXAS	BENEF. (1,3)
02-03-010	DIURNA PSICIAAT		
02-03-011	DIAS AMBUL. DIURNA		

MISCELANEO		NUMERO
02-03-013	LAB CAMA INTEGRAL PSIQ DURNO	
02-03-012	LAB EST. CAMARA SUPERVISORIA	
02-03-006	LAB QUIRURGIA A CIR. NO CAMARICA	
02-03-007	LAB MED A PLEN SALA DE PARTO PABELLON	13
02-03-009	LAB QUIRURGIA INTERMEDIA	13
02-03-009	TOTAL	26

JEFE DE ESTADISTICA

(*) EN ESTOS CASOS POR LAS CARACTERISTICAS DE LAS HOSPITALIZACIONES SE CONSIDERAN LOS DIAS CAMAS OCCUPADOS EN EL MES.
 (**) SOLO APLICABLE AL RECIÉN NACIDO EN OBSERVACION QUE NO GENERA INGRESO Y EGRESO HOSPITALARIO. SE INCLUYE EN ESTA SECCION PARA FACILITAR SU FACTURACION (I NO SE REGISTRA EN SECCION A.5)

Fuente Servicio de Orientación Médico Estadístico Hospital de Constitución.

Figura 11. Ejemplo de Base Access de Datos históricos de ingresos y egresos de atención de hospitalización y uso de camas por servicio clínico abril 2017

ESTAB	RUT	HORA_ING	MIN_ING	DIA_ING	MES_ING	ANO_ING	SER_CLIN_I	HORA_EGR	MIN_EGR	DIA_EGR	MES_EGR	ANO_EGR	SERC_E
116107		19	20	8	4	2017	403	9	43	12	4	2017	
116107		18	40	11	4	2017	403	9	26	12	4	2017	
116107		16	35	10	4	2017	407	8	48	12	4	2017	
116107		4	32	12	4	2017	416	12	35	12	4	2017	
116107		5	45	10	4	2017	416	10	52	12	4	2017	
116107		13	11	12	4	2017	403	22	37	13	4	2017	
116107		22	18	12	4	2017	403	17	14	13	4	2017	
116107		7	10	11	4	2017	403	17	4	13	4	2017	
116107		16	33	11	4	2017	403	8	28	13	4	2017	
116107		16	36	11	4	2017	403	10	45	13	4	2017	
116107		20	47	11	4	2017	403	8	7	13	4	2017	
116107		22	56	11	4	2017	407	10	51	13	4	2017	
116107		23	30	12	4	2017	407	16	20	13	4	2017	
116107		19	39	11	4	2017	407	16	15	13	4	2017	
116107		7	9	11	4	2017	416	8	24	13	4	2017	
116107		16	35	10	4	2017	416	9	16	13	4	2017	
116107		14	55	10	4	2017	416	8	52	13	4	2017	
116107		15	2	10	4	2017	416	9	2	13	4	2017	
116107		8	21	12	4	2017	416	8	37	13	4	2017	
116107		14	27	9	4	2017	403	9	11	14	4	2017	
116107		11	42	9	4	2017	403	10	8	14	4	2017	
116107		15	41	10	4	2017	403	10	13	14	4	2017	
116107		19	18	12	4	2017	403	20	39	14	4	2017	
116107		13	23	26	3	2017	403	18	40	4	4	2017	
116107		1	13	13	4	2017	403	10	26	14	4	2017	
116107		5	42	11	3	2017	403	18	42	4	4	2017	
116107		14	48	10	4	2017	416	8	24	14	4	2017	
116107		1	4	4	4	2017	403	9	52	15	4	2017	
116107		16	10	13	4	2017	403	10	12	15	4	2017	
116107		9	18	15	4	2017	403	9	19	15	4	2017	

Fuente. Servicio de Orientación Médico Estadístico Hospital de Constitución.

3. Jefa de Central de Alimentación Srta. Macarena Castillo Pérez facilita Menús, Tipos Ingredientes de cada uno de los platos Aportes nutricionales de cada uno de los platos y Minutas de los años 2016, 2017, y 2018

Figura 12. Ejemplo Archivo Minutas Hospital de Constitución enero 2018

Minutas Hospital de Constitución Enero 2018					
Día	Papilla Sala Cuna	Régimen Común		Régimen Liviano	
		Almuerzo	Once	Almuerzo	Cena
Lunes 01	Papilla Porotos Durazno	Tomate Porotos Granados Durazno	Leche Blanca Pan con Huevo	Carne al jugo con espirales Jalea/ Jalea Diet	Estofado de Pollo Leche con sémola /Flan diet
Martes 02	Papilla Ave melón	Pepino Carbonada de Ave Melón	Leche con chocolate Pan con Jamón	Charquicán vacuno Leche con sémola/Flan diet	Pantrucas de vacuno Coctail Fruta/durazno diet
Miércoles 03	Papilla Vacuno Plátano	Tomate Pastel de Choclo Sandía	Leche Frutilla Pan con Queso	Carne mechada con Arroz Coctail Fruta/Durazno diet	Cazuela Ave Flan/Flan diet
Jueves 04	Papilla Huevo Frutillas	Tomate Huevo escalfado con arroz Frutillas	Leche Vainilla Pan con Palta	Pollo asado con corbatas con salsa de tomate Flan/Flan diet	Estofado de vacuno Leche con maicena/Flan diet
Viernes 05	Papilla Pescado Tuti fruti molido	Brócoli Salmon al horno con papas doradas Tuti Fruti (piña, frutilla, plátano)	Yogurt con Cereales	Pollo al jugo con puré de papas Leche con maicena/Flan diet	Cazuela de Vacuno Leche con sémola/jalea diet
Sábado 06				Pollo asado con espirales Sémola/Jalea diet	Carbonada Vacuno Durazno/durazno diet
Domingo 05				Carne al jugo con arroz Durazno7Durazno diet	Ajiaco Jalea/Jalea diet

Fuente. Central de Alimentación Hospital de Constitución.

Figura 13. Archivo Excel Aportes nutricionales de cada uno de los platos Hospital de Constitución

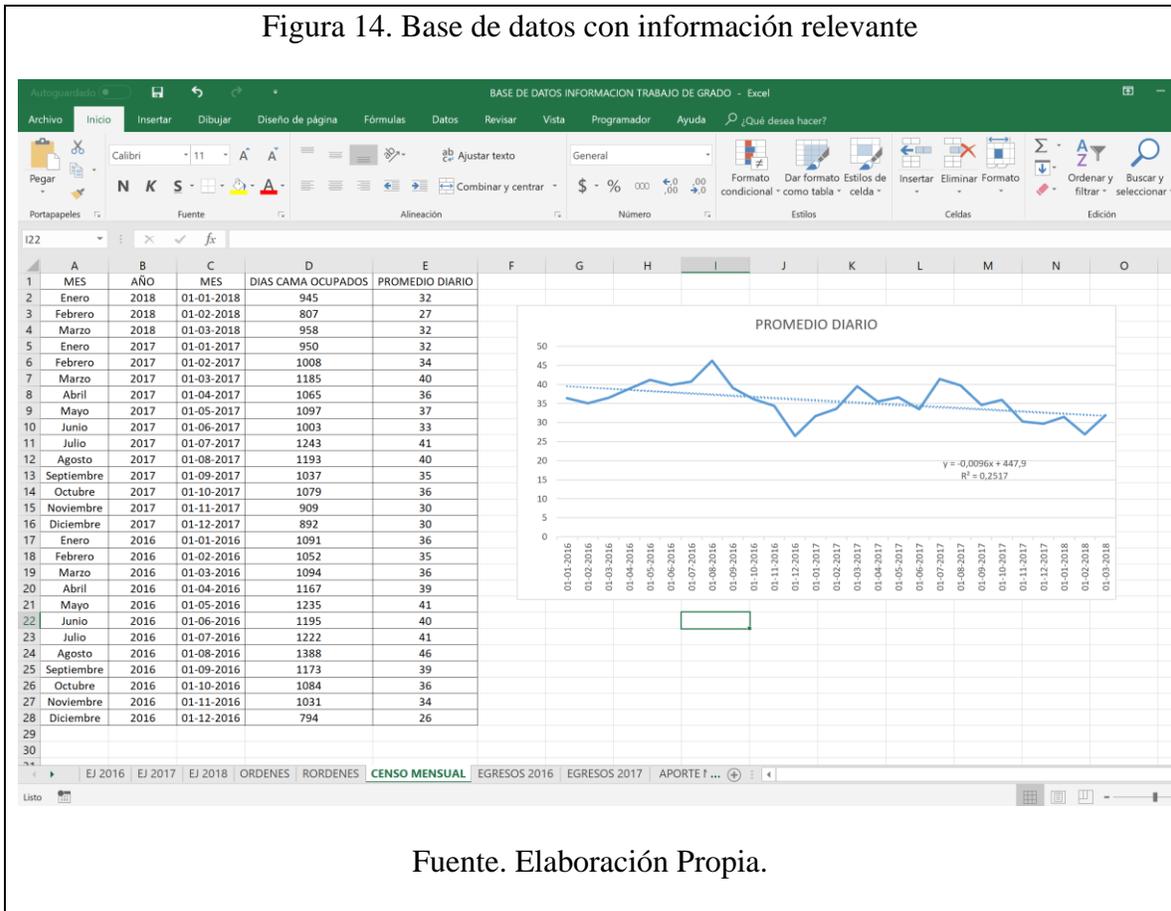
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Platos de fondo	Calorías (Kcal)	CHO (g)	Proteínas (g)	Lípidos (g)	Fosforo (mg)	Sodio (mg)	Potasio
2	Carne al jugo con espirales	515	73,64	33,37	9,2	422,6	531,4	
3	Pollo asado con puré	457	46	39	12,2	381,6	546,2	
4	Cazuela Vacuno	443	58,8	32,7	8,8	266,2	553	1
5	Pollo al jugo con puré	472	49,6	39,6	12,2	398,2	553,8	
6	Carne al jugo con arroz	509	77,8	27,8	8,4	227,3	503,5	
7	Charquicán Vacuno	371	46	29,1	8,4	259,6	558,6	1
8	Cazuela Ave	441	61,3	30,3	8,5	276,2	559	1
9	Pastel de papa	391	47,7	31,3	8,3	253,7	553,7	
10	Pollo al jugo con espirales	570	72,62	34,85	15,19	406,4	40	
11	Pollo al jugo con arroz	564	76,85	29,27	14,38	211,1	12,1	
12	Pantrucas	539	79,9	34,5	8,8	298	575,8	
13	Carne mechada con papas doradas	404	41,4	38,2	9,6	283,3	559	
14	Carbonada de vacuno	441	61,3	30,33	8,5	276,2	559	
15	Estofado de vacuno	408	53,7	30,4	8,5	278,2	561,5	
16	Carne al jugo con arroz jardinera	463	67,2	28,4	8,4	243,4	549,8	
17	Pollo al jugo con papas doradas	409	38,9	34,5	12,1	271,7	489,6	
18	Ajiaco	417	53,9	32,5	8,5	281,1	598,7	
19	jurel en salsa con puré	505	61,7	40,2	10,7	639,1	777,4	
20	Pollo asado con corbatas	564	69,3	39,4	13,1	457,6	509,4	
21	Pollo asado con verduras asadas	440	45,6	35,76	12,29	302,1	495,7	
22	PROMEDIO	466,15	59,16	33,57	10,30	321,68	504,36	1
23								

Fuente. Central de Alimentación Hospital de Constitución.

6.2.5 Etapa 5: Análisis y estandarización de datos relevantes.

Una vez recolectados los datos relevantes a trabajar en el proyecto, con la finalidad de poder generar información útil para poder cuantificar los costos involucrados en la producción de menús semanales de la Central de Alimentación del Hospital de Constitución, se crea una sola planilla en Excel en la cual se trabaja y estandarizan los datos recolectados.

Figura 14. Base de datos con información relevante



Fuente. Elaboración Propia.

Según lo anterior, en dicha planilla se estandarizaron datos como las ejecuciones presupuestarias, órdenes de compra, censo mensual, egresos hospitalarios, información de aportes nutricionales y minutas.

Una vez estandarizados los datos, se procede a analizar la información y depurar los datos críticos necesarios para la ejecución de un modelo de optimización de las preparaciones de menú del Hospital.

6.2.6 Etapa 6: Desarrollo de modelo de optimización lineal.

Una vez teniendo todos los datos necesarios, se procederá a desarrollar y aplicar un modelo de optimización basado en programación lineal entera que sea capaz de minimizar

los costos de preparación de los menús semanales de la Central de Alimentación.

Dicho modelo se presenta a continuación:

SEA:

1. **ING:** conjunto de ingredientes. Utilizamos habitualmente el índice $k \in \text{ING}$ para referirnos a los ingredientes
2. **PL:** Conjunto de platos disponibles. $PL = 1$ para Desayuno, 2 para Almuerzo, 3 para Postre Almuerzo, 4 Once, 5 para Cena y 6 para Postre Cena. Se utilizará el índice i para referirnos a los elementos de PL
3. **JN:** conjunto de colaciones a lo largo de los n días del horizonte de planificación. Se utilizará el índice j para referirnos a los elementos de JN
4. **AT:** conjunto de atributos nutricionales dado por la siguiente tabla. Se utilizará el índice t para referirnos a los elementos de AT

Tabla 2: Mínimos y máximos atributos nutricionales por persona

Atributo (t)	Min t	Max t (OMS)
Calorías (Kcal)	1000	2500
Carbohidratos (g)	120	400
Proteínas (g)	30	100
Lípidos (g)	20	100
Sodio (mg)	300	2000
Fósforo (mg)	300	N/A
Potasio (mg)	1000	N/A

Fuente: Documento “PLANIFICACIÓN DEL MENÚ SEMANAL DE COLACIONES DE

UN HOSPITAL DE ARGENTINA POR MEDIO DE PROGRAMACIÓN

LINEAL ENTERA” de Sebastián Guala y Javier Marengo

5. **BSk**: Cantidad base para el cálculo proporcional de los atributos del ingrediente k, Generalmente $BSk = 100$ gramos.
6. **PRkt**: Cantidad del atributo t (en gramos o miligramos) por cada BSk unidades del ingrediente k.
7. **Mint**: Consumo mínimo diario recomendado del atributo t (expresado en las unidades correspondientes).
8. **Maxt**: Consumo máximo diario recomendado del atributo t (expresado en las unidades correspondientes).
9. **Valork**: Precio unitario del ingrediente k (expresado en pesos por kilogramo)
10. **Psnetoik**: Peso neto utilizado del ingrediente k en cada plato i (expresado en gramos).

Función objetivo.

La función objetivo solicita minimizar el costo total de la combinación mensual de menús de desayunos, almuerzos, postres de almuerzos, onces, cenas y postres de cenas.

Ecuación 1. Función objetivo modelo de optimización

$$\text{Min} \sum_{i \in PL} \sum_{j \in JN} x_{ij} \left(\sum_{k \in ING} Valork * Psnetoik \right)$$

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo para cada plato $i \in PL$ y cada colación $j \in JN$, la variable binaria x_{ij} , de modo tal que $x_{ij} = 1$ si el plato i se sirve en la colación j , y $x_{ij} = 0$ en caso contrario.

Restricciones.

En dicho modelo se han definido las siguientes restricciones, considerando una preparación variada dentro del horizonte de planificación:

1. Límite de platos diarios. Por cada colación se tiene la siguiente restricción de límites por platos diarios:

Ecuación 2. Restricción de límite diario de Desayunos

$$\sum_{i \in Desayuno} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in JN$$

Fuente: Elaboración Propia

Ecuación 3. Restricción de límite diario de Almuerzos

$$\sum_{i \in \text{Almuerzo}} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in JN$$

Fuente: Elaboración Propia

Ecuación 4. Restricción de límite diario de Postres para el Almuerzo

$$\sum_{i \in \text{PostreA}} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in JN$$

Fuente: Elaboración Propia

Ecuación 5. Restricción de límite diario de Onces

$$\sum_{i \in \text{Once}} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in JN$$

Fuente: Elaboración Propia

Ecuación 6. Restricción de límite diario de Cenas

$$\sum_{i \in \text{Cena}} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in JN$$

Fuente: Elaboración Propia

Ecuación 7. Restricción de límite diario de Postres de Cena

$$\sum_{i \in \text{PostreC}} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in JN$$

Fuente: Elaboración Propia

2. Consumos mínimos y máximos de cada atributo nutricional. Considerando lo indicado por la OMS de mínimos y máximos de atributos nutricionales se definen las siguientes restricciones sobre el consumo mínimo y máximo por cada atributo nutricional:

Ecuación 8. Restricción de consumo mínimo diario por cada atributo nutricional

$$\sum_{i \in PL} (x_{ij}) * \left(\sum_{k \in AT} \left(\frac{PR_{kt} * Ps_{netoik}}{BS_k} \right) \right) \geq Mint \quad \forall j \in JN, t \in AT$$

Fuente: Elaboración Propia

Ecuación 9. Restricción de consumo máximo diario por cada atributo nutricional

$$\sum_{i \in PL} (x_{ij}) * \left(\sum_{k \in AT} \left(\frac{PR_{kt} * Ps_{netoik}}{BS_k} \right) \right) \leq Maxt \quad \forall j \in JN, t \in AT$$

Fuente: Elaboración Propia

3. Repetición de platos en planificación. Considerando una variabilidad en la planificación es que se han establecido una serie de restricciones, que permitían tener una diversidad de menús diferentes a lo largo de la programación. En primer lugar, se han definido que los desayunos se podrían repetir en una ventana de tres colaciones diarias:

Ecuación 10. Restricción de repetición de Desayunos en horizonte de planificación

$$x_{ij} + x_{ij+1} + x_{ij+2} \leq 1 \quad \forall j \in JN, i \in Desayuno$$

Fuente: Elaboración Propia

Luego, que los Almuerzos se podrían repetir en una ventana de siete colaciones:

Ecuación 11. Restricción de repetición de Almuerzos en horizonte de planificación

$$x_{ij} + x_{ij+1} + x_{ij+2} + x_{ij+3} + x_{ij+4} + x_{ij+5} + x_{ij+6} \leq 1 \quad \forall j \in JN, i \in \text{Almuerzo}$$

Fuente: Elaboración Propia

En tercer lugar, se han definido que los postres de almuerzo se podrían repetir en una ventana de tres colaciones:

Ecuación 12. Restricción de repetición de Postres de Almuerzos en horizonte de planificación

$$x_{ij} + x_{ij+1} + x_{ij+2} \leq 1 \quad \forall j \in JN, i \in \text{Postre Almuerzo}$$

Fuente: Elaboración Propia

También se ha definido que las Onces se podrían repetir en una ventana de tres colaciones:

Ecuación 13. Restricción de repetición de Onces en horizonte de planificación

$$x_{ij} + x_{ij+1} + x_{ij+2} \leq 1 \quad \forall j \in JN, i \in \text{Once}$$

Fuente: Elaboración Propia

En quinto lugar, se establece que las Cenas se podrían repetir en una ventana de siete colaciones:

Ecuación 14. Restricción de repetición de Cenas en horizonte de planificación

$$x_{ij} + x_{ij+1} + x_{ij+2} + x_{ij+3} + x_{ij+4} + x_{ij+5} + x_{ij+6} \leq 1 \quad \forall j \in JN, i \in \text{Cena}$$

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se define que los postres de Cena se podrían repetir en una ventana de tres colaciones:

Ecuación 15. Restricción de repetición de Postres de Cenas en horizonte de planificación

$$x_{ij} + x_{ij+1} + x_{ij+2} \leq 1 \quad \forall j \in JN, i \in \text{Postre}$$

Fuente: Elaboración Propia

4. Repetición de ingredientes en planificación: También, y con la finalidad de la variabilidad en la planificación es que se han establecido una serie de restricciones referentes a los ingredientes, que permitan tener una diversidad de menús diferentes a lo largo de la programación. En primer lugar, se ha establecido que exista a lo más un plato de Pescado en cada colación diaria:

Ecuación 16. Restricción de repetición de ingrediente Pescado en colaciones diarias

$$\sum_{i \in PSC} (x_{ij}) \leq 1 \quad \forall j \in JN; PSC \in ING$$

Fuente: Elaboración Propia

También se tiene que debe existir a lo más un plato de Vacuno en cada colación:

Ecuación 17. Restricción de repetición de ingrediente Vacuno en colaciones diarias

$$\sum_{i \in VCN} (x_{ij}) \leq 1 \quad \forall j \in JN; VCN \in ING$$

Fuente: Elaboración Propia

En tercer lugar, se tiene que a lo más un plato con Pollo en cada colación:

Ecuación 18. Restricción de repetición de ingrediente Pollo en colaciones diarias

$$\sum_{i \in \mathbf{POLL}} (x_{ij}) \leq 1 \quad \forall j \in \mathbf{JN}; \mathbf{POLL} \in \mathbf{ING}$$

Fuente: Elaboración Propia

Otra de las restricciones es que debe existir a lo más un plato con Papas en cada colación:

Ecuación 19. Restricción de repetición de ingrediente Papas en colaciones diarias

$$\sum_{i \in \mathbf{PAPA}} (x_{ij}) \leq 1 \quad \forall j \in \mathbf{JN}; \mathbf{PAPA} \in \mathbf{ING}$$

Fuente: Elaboración Propia

En quinto se tiene que a lo más un plato con Arroz en cada colación:

Ecuación 20. Restricción de repetición de ingrediente Arroz en colaciones diarias

$$\sum_{i \in \mathbf{ARROZ}} (x_{ij}) \leq 1 \quad \forall j \in \mathbf{JN}; \mathbf{ARROZ} \in \mathbf{ING}$$

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se tiene que a lo más un plato con Pasta en cada colación:

Ecuación 21. Restricción de repetición de ingrediente Pasta en colaciones diarias

$$\sum_{i \in \mathbf{PASTA}} (x_{ij}) \leq 1 \quad \forall j \in \mathbf{JN}; \mathbf{PASTA} \in \mathbf{ING}$$

Fuente: Elaboración Propia

5. Naturaleza de variables. Finalmente se define la restricción de que las variables sean

binarias es decir 0 para indicar si no existe el componente o 1 si existe:

Ecuación 22. Restricción de naturaleza de las variables

$$x_{ij} \in (0, 1) \quad \forall I \in PL; J \in JN$$

Fuente: Elaboración Propia

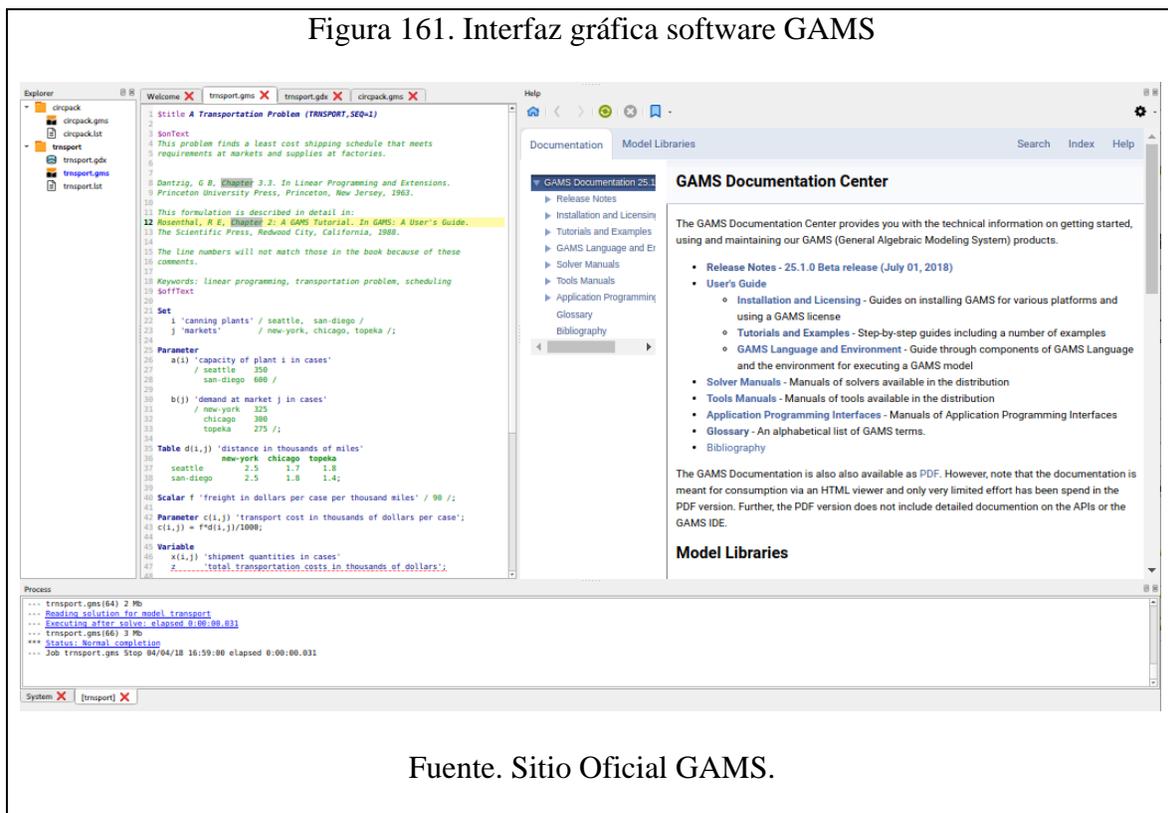
6.2.7 Etapa 7: Diseño de un sistema de optimización.

Considerando el modelo definido anteriormente, se procedió a la modelación, considerando algún lenguaje de programación y software *SOLVER* que permitiera resolver la problemática.

Presentación de Alternativas

En primer lugar, se analizaron las alternativas posibles para el modelamiento del problema considerando su grado de complejidad, para lo cual se tuvo lo siguiente:

1. Lenguaje GAMS (General Algebraic Modeling System) – Software GAMS Studio – GAMS IDE (graphical integrated development environmen): Utilizado para el modelamiento de sistemas de optimización matemática. Su diseño permite modelar y resolver problemas lineales, no lineales y optimización entera mixta. Permite trabajar con ficheros que contengan todas las instrucciones y datos necesarios del problema, o bien recurrir a leer ficheros de datos externos como hojas de cálculo. Nivel de Complejidad y aprendizaje: Alto – Factibilidad de Uso: Apropiaada

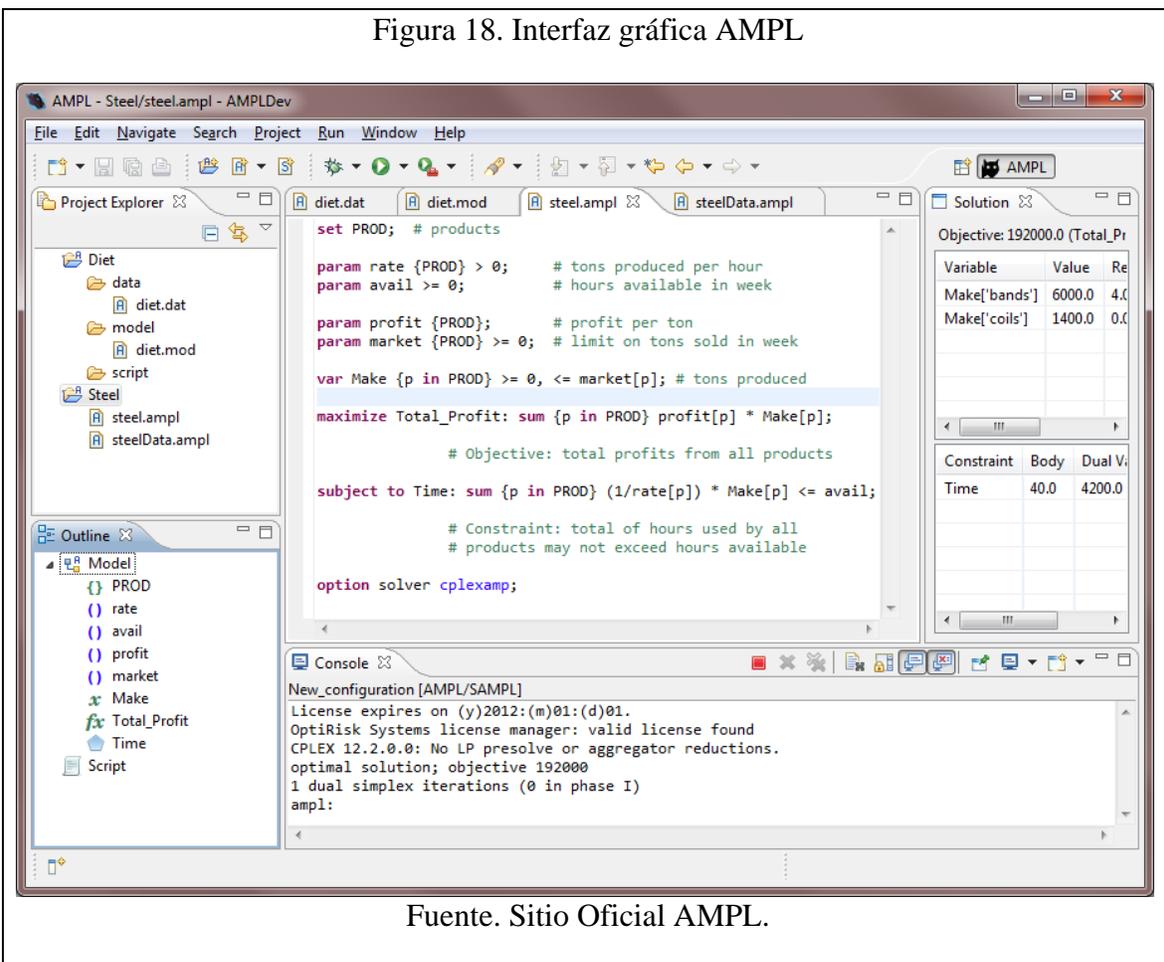


2. AMPL (A Mathematical Programming Language) – Software AMPL FOR STUDENTS
- AMPL IDE (graphical integrated development environmen): Se utiliza para describir y solucionar problemas de gran complejidad para computación matemática de gran escala. Permite una sintaxis similar a la notación matemática de problemas de optimización, lo que permite una definición muy concisa y legible de problemas en el ámbito de

optimización. Nivel de Complejidad y aprendizaje: Medio – Factibilidad de Uso: Apropiaada.



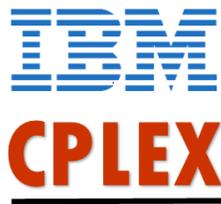
Figura 18. Interfaz gráfica AMPL



Fuente. Sitio Oficial AMPL.

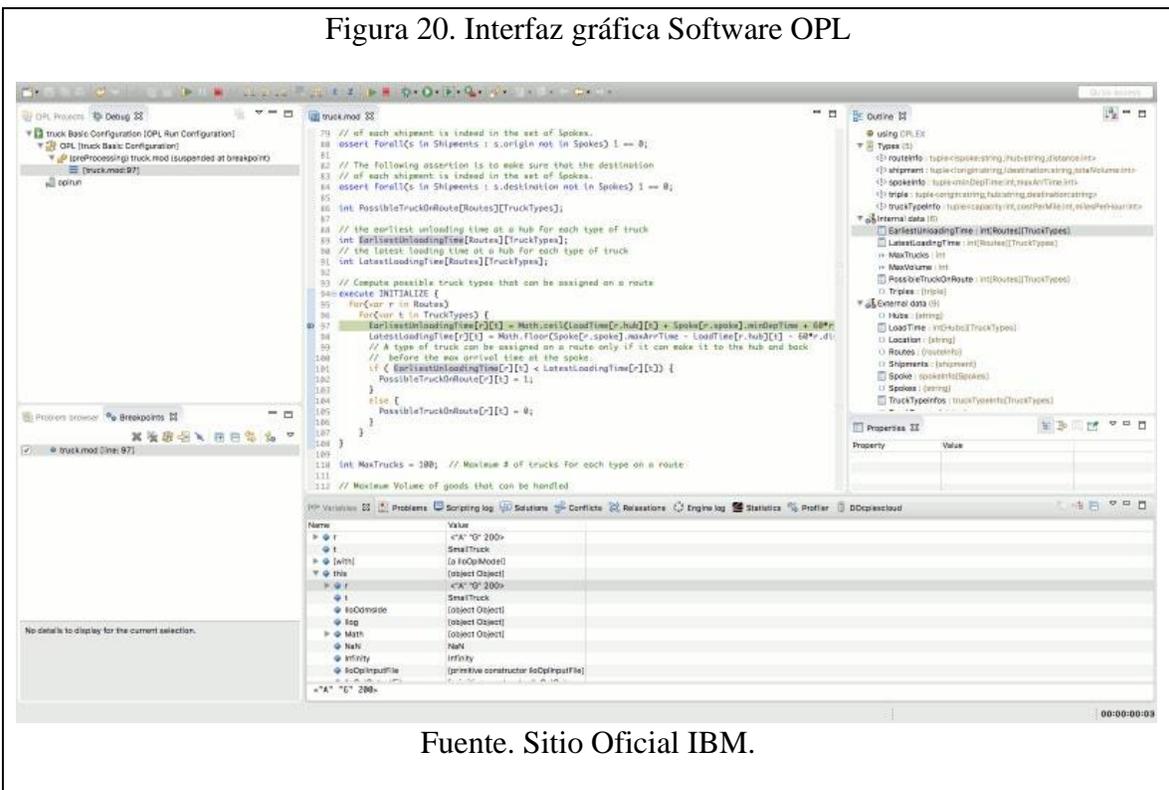
3. OPL (Optimization Programming Language) – Software IBM ILOG CPLEX Optimization Studio: Introduce, mediante un lenguaje de programación declarativo, las características más sobresalientes de la programación con restricciones, dentro del campo de los problemas de optimización. Permite resolver problemas de optimización en distintos dominios de aplicación, especialmente, aquellos modelables mediante la Programación Lineal y la Programación Entera, además tiene la opción de leer datos externos y exportar soluciones óptimas. Nivel de Complejidad y aprendizaje: Alto – Factibilidad de Uso: Apropiaada.

Figura 19. Logo IBM CPLEX



Fuente. Sitio Oficial IBM.

Figura 20. Interfaz gráfica Software OPL



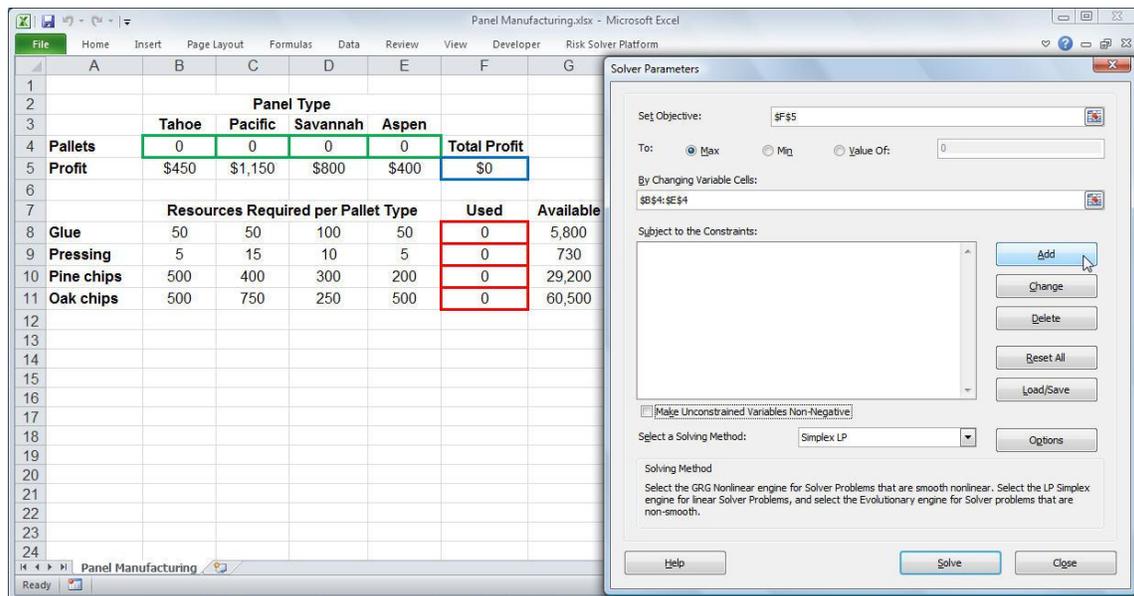
4. Microsoft VBA (Visual Basic for Applications) – Software Microsoft Excel – Solver:
- VBA permite a usuarios y programadores ampliar la funcionalidad de programas de la suite Microsoft Office, además en conjunto con El Solver, que es una herramienta de Microsoft Excel, sirve para resolver problemas de programación lineal utilizando el método Simplex. Nivel de Complejidad y aprendizaje: Bajo – Factibilidad de Uso: Limitada al Número de Restricciones y variables de trabajo.

Figura 21. Logo MS Excel



Fuente. Sitio Oficial MS.

Figura 22. Interfaz Solver Excel.



The screenshot displays the Solver Parameters dialog box in Microsoft Excel. The background spreadsheet shows a linear programming problem for panel manufacturing. The Solver Parameters dialog is configured as follows:

- Set Objective:** \$F\$5
- To:** Max Min Value Of: 0
- By Changing Variable Cells:** \$B\$4:\$E\$4
- Subject to the Constraints:** \$B\$8:\$E\$8 <= \$F\$8:\$F\$11
- Make Unconstrained Variables Non-Negative
- Select a Solving Method:** Simplex LP
- Solving Method:** Select the GRG Nonlinear engine for Solver Problems that are smooth nonlinear. Select the LP Simplex engine for linear Solver Problems, and select the Evolutionary engine for Solver problems that are non-smooth.

The spreadsheet data is as follows:

	Panel Type					
	Tahoe	Pacific	Savannah	Aspen		
4 Pallets	0	0	0	0	Total Profit	
5 Profit	\$450	\$1,150	\$800	\$400	\$0	
	Resources Required per Pallet Type				Used	Available
8 Glue	50	50	100	50	0	5,800
9 Pressing	5	15	10	5	0	730
10 Pine chips	500	400	300	200	0	29,200
11 Oak chips	500	750	250	500	0	60,500

Fuente. Sitio Oficial MS.

Selección de Alternativa.

Considerando las opciones antes mencionadas, se procedió a seleccionar la alternativa más adecuada a las necesidades, en primer lugar se descartó la opción de Microsoft VBA (Visual Basic for Applications) – Software Microsoft Excel – Solver, ya que dada la cantidad de variables y restricciones, no es posible modelar el problema en dicho sistema.

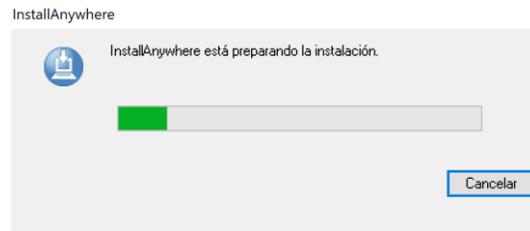
Ahora bien, de las otras 3 alternativas se procedió a seleccionar OPL (Optimization Programming Language) – Software IBM ILOG CPLEX Optimization, considerando principalmente la ventaja de tener una mayor cantidad de referencias bibliográficas y ejemplos de problemas matemáticos de optimización tanto en inglés como español y la factibilidad de instalación en los sistemas operativos.

Instalación y preparación sistema.

En primer lugar se procedió a descargar el software IBM ILOG CPLEX Optimization Studio desde el sitio web oficial <https://www.ibm.com/cl-es/products/ilog-cplex-optimization-studio>, para lo cual es necesario crear una cuenta IBM. Una vez realizado esto se procede a realizar la descarga del software ILOG CPLEX Optimization Studio Free Edition V12.8 for Windows x86-64 English a través del archivo [COSCE128WIN64.exe](#) (748 MB)

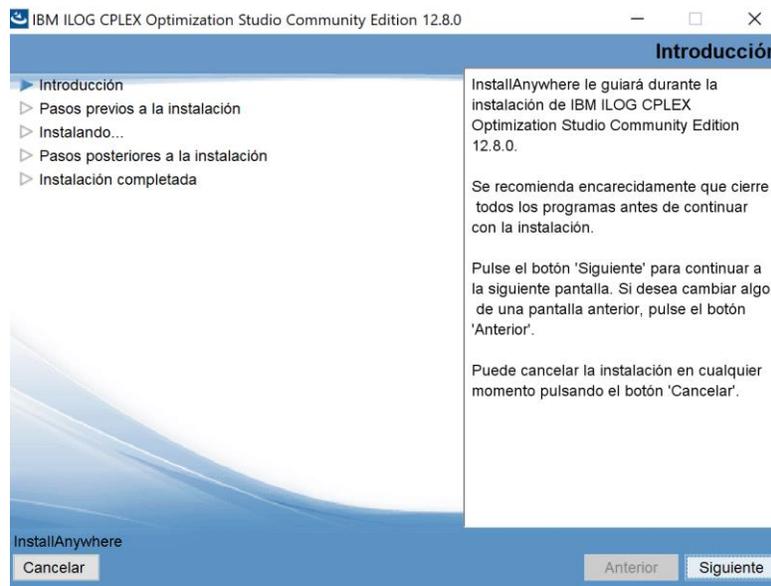
Descargado el software se procedió a realizar la instalación, ejecutando el archivo .EXE y siguiendo las respectivas instrucciones.

Figura 23. Instalación software ILOG CPLEX Optimization Studio



Fuente. Sitio Oficial IBM.

Figura 24. Instalación software ILOG CPLEX Optimization Studio.



Fuente. Sitio Oficial IBM.

Finalizada la instalación es necesario ejecutar el software y preparar el espacio de trabajo, el cual corresponde a la ubicación física en la cual se encontrarán los archivos de trabajo.

Figura 25. Logo software ILOG CPLEX Optimization Studio

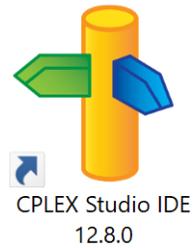
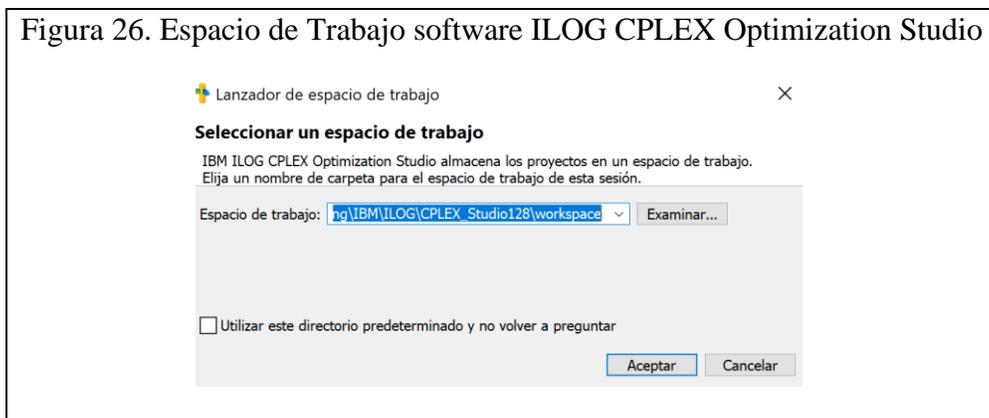
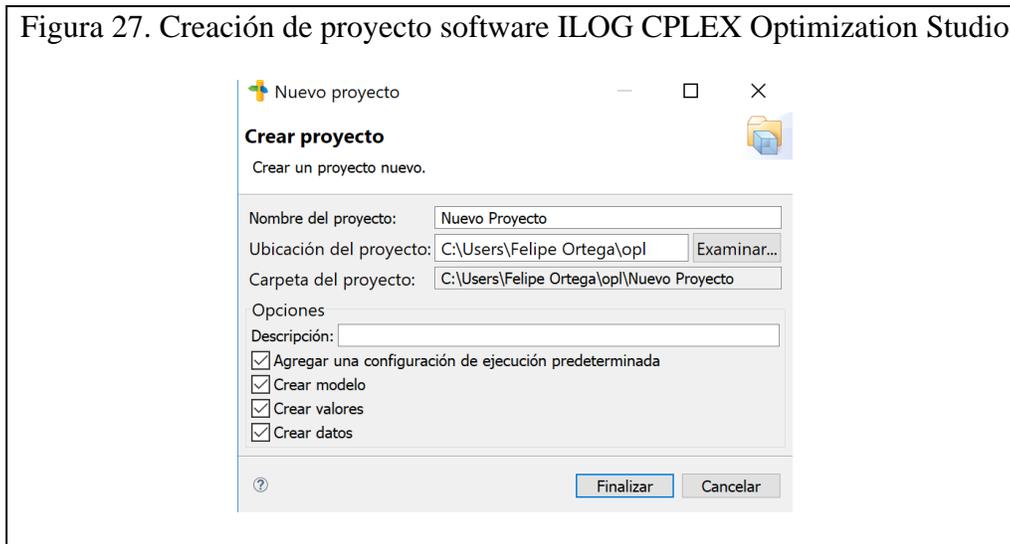


Figura 26. Espacio de Trabajo software ILOG CPLEX Optimization Studio



Posterior a esto, se debe crear el proyecto de trabajo, agregando la configuración de ejecución predeterminada, los modelos, valores y archivos de datos.

Figura 27. Creación de proyecto software ILOG CPLEX Optimization Studio



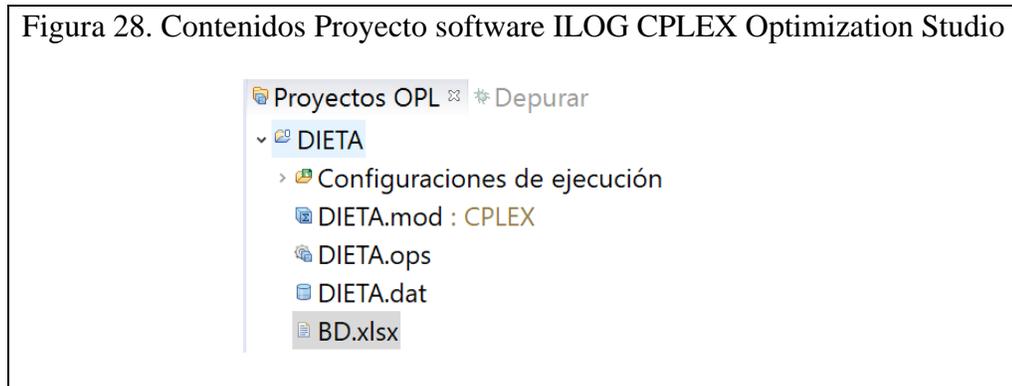
Diseño proyecto.

Una vez concluidos los pasos anteriores, se inició el trabajo en el proyecto llamado DIETA, considerando los siguientes módulos:

1. DIETA.MOD: modulo del software OPL, el cual contendrá todo lo relacionado a la programación del modelo de optimización lineal, ya sea función objetivo, restricciones etc.
2. DIETA.OPS: modulo del software OPL, el cual contiene la configuración para la aplicación del modelo.
3. DIETA.DAT: modulo del software OPL, el cual contendrá todo lo relacionado a los datos que se trabajaran.

Considerando este módulo se cargarán datos desde una base Excel, para lo cual se creó y cargo un archivo llamado BD.xlsx

Figura 28. Contenidos Proyecto software ILOG CPLEX Optimization Studio



Dado lo antes descrito y luego de varios meses de programación, se logra tener un sistema que es capaz de leer desde una base de datos con información crítica de los diferentes platos trabajados dentro del Hospital de Constitución, aplicar optimización basada en programación lineal entera y exportar un resultado minimizando los costos, el cual permite realizar la programación de las minutas.

Considerando esto, es que para cada módulo antes descrito se tiene el siguiente detalle, el cual es fundamental a la hora de aplicar el sistema:

1. DIETA.MOD:

En dicho modulo, se trabajó en el código fuente que permite realizar la optimización de los menús para la Central de Alimentación. El código se compone de las siguientes partes:

- Definición de Variables:

```
/*Variable Listados de Almuerzos y Cenas*/  
{string} VarAlmuerzo_Cena =...;  
/*Variable Listados de Desayunos y Onces*/  
{string} VarDesayuno_Once =...;  
/*Variable Listados de Postres*/  
{string} VarPostres =...;  
/*Variable Listados de atributos nutricionales */  
{string} VarAtrib_Nutricional =...;  
  
/*Variables numeros de dias a planificar*/  
int nuPeriodos = ...;  
range Periodos = 1..nuPeriodos;  
  
/*Variables aportes nutricionales por Almuerzo y Cena*/  
float Consumo[VarAtrib_Nutricional][VarAlmuerzo_Cena] = ...;  
/*Variables aportes nutricionales por Desayuno y Once*/
```

```

float ConsumoDesayunoOnce[VarAtrib_Nutricional][VarDesayuno_Once] = ...;
/*Variables aportes nutricionales por Postres y Cena*/
float ConsumoPostres[VarAtrib_Nutricional][VarPostres] = ...;

/*Variables costos por Almuerzo y Cena*/
float costInterno[VarAlmuerzo_Cena] = ...;
/*Variables costos por Desayuno y Once*/
float costInternoDesayunoOnce[VarDesayuno_Once] = ...;
/*Variables costos por Postres*/
float costInternoPostres[VarPostres] = ...;

/*Variables de limites atributos nutricionales*/
float MinConsumo [VarAtrib_Nutricional] = ...;
float MAxConsumo [VarAtrib_Nutricional] = ...;

/*Variables binarias de existencia del ingrediente en plato*/
float Vacuno[VarAlmuerzo_Cena] = ...;
float Pollo[VarAlmuerzo_Cena] = ...;
float Pescado[VarAlmuerzo_Cena] = ...;
float Papa[VarAlmuerzo_Cena] = ...;
float Arroz[VarAlmuerzo_Cena] = ...;
float Pasta[VarAlmuerzo_Cena] = ...;

/*Variables binarias de realizacion plato en periodo*/
dvar int prodInterna[VarAlmuerzo_Cena][Periodos] in 0..1;
dvar int prodInternaDesayunoOnce[VarDesayuno_Once][Periodos] in 0..1;
dvar int prodInternaPostres[VarPostres][Periodos] in 0..1;

```

- **Función Objetivo:**

```

/*FUNCION OBJETIVO:
MINIMIZAR COSTOS DE DESAYUNO, ALMUERZO, POSTRE ALMUERZO, ONCE, CENA Y POSTRE CENA PARA t
PERIODOS*/

```

```

/*****
*****/

```

```

minimize
sum(p in VarAlmuerzo_Cena, t in Periodos) costInterno[p]*prodInterna[p][t]
+ sum(p in VarDesayuno_Once, t in
Periodos)costInternoDesayunoOnce[p]*prodInternaDesayunoOnce[p][t]
+ sum(p in VarPostres, t in Periodos)costInternoPostres[p]*prodInternaPostres[p][t];

```

- **Restricciones:**

```

/*****
*****/

```

```

/*RESTRICCIONES ALMUERZO CENA*/

```

```

/*****
*****/

```

```

subject to {
forall (t in Periodos) (sum (p in VarAlmuerzo_Cena) prodInterna[p][t]== 2);

```

```

forall( p in VarAlmuerzo_Cena , t in Periodos )
prodInterna[p][t] <= 1;

```

```

forall( p in VarAlmuerzo_Cena)
sum(t in Periodos) prodInterna[p][t] <= 1;

```

```

/*Restriccion vacuno*/

```

```

forall(t in Periodos )
sum(p in VarAlmuerzo_Cena) Vacuno[p] * prodInterna[p][t] <= 1;

```

```

/*Restriccion Pollo */
forall(t in Periodos )
sum(p in VarAlmuerzo_Cena) Pollo[p] * prodInterna[p][t] <= 1;

/*Restriccion Pescado */
forall(t in Periodos )
sum(p in VarAlmuerzo_Cena) Pescado[p] * prodInterna[p][t] <= 1;

/*Restriccion Papa */
forall(t in Periodos )
sum(p in VarAlmuerzo_Cena) Papa[p] * prodInterna[p][t] <= 1;

/*Restriccion Arroz */
forall(t in Periodos )
sum(p in VarAlmuerzo_Cena) Arroz[p] * prodInterna[p][t] <= 1;

/*Restriccion Pasta */
forall(t in Periodos )
sum(p in VarAlmuerzo_Cena) Pasta[p] * prodInterna[p][t] <= 1;

/*****
*****/
/*RESTRICCIONES DESAYUNO Y ONCE*/
/*****
*****/

/*UN DESAYUNO + UNA ONCE PARA CADA DIA*/
forall (t in Periodos) (sum (p in VarDesayuno_Once) prodInternaDesayunoOnce[p][t]== 2);

/*UN DESAYUNO Y UNA ONCE DIFERENTES PARA CADA DIA*/
forall (p in VarDesayuno_Once , t in Periodos) prodInternaDesayunoOnce[p][t] <= 1;

/*DESAYUNO/ONCE VARIADOS PARA SEMANA*/
forall( p in VarDesayuno_Once)
prodInternaDesayunoOnce[p][1]+prodInternaDesayunoOnce[p][2]+prodInternaDesayunoOnce[p][3] <=
1;
forall( p in VarDesayuno_Once)
prodInternaDesayunoOnce[p][3]+prodInternaDesayunoOnce[p][4]+prodInternaDesayunoOnce[p][5] <=
1;
forall( p in VarDesayuno_Once)
prodInternaDesayunoOnce[p][5]+prodInternaDesayunoOnce[p][6]+prodInternaDesayunoOnce[p][7] <=
1;
forall( p in VarDesayuno_Once)
prodInternaDesayunoOnce[p][2]+prodInternaDesayunoOnce[p][4] <= 1;
forall( p in VarDesayuno_Once)
prodInternaDesayunoOnce[p][4]+prodInternaDesayunoOnce[p][6] <= 1;
forall( p in VarDesayuno_Once)
prodInternaDesayunoOnce[p][1]+prodInternaDesayunoOnce[p][7] <= 1;

/*****
*****/
/*RESTRICCIONES POSTRES*/
/*****
*****/

/*DOS POSTRES PARA CADA DIA*/
forall (t in Periodos) (sum (p in VarPostres) prodInternaPostres[p][t]== 2);

/*POSTRES DIFERENTES PARA CADA DIA*/
forall (p in VarPostres , t in Periodos) prodInternaPostres[p][t] <= 1;

/*POSTRES VARIADOS PARA SEMANA*/

forall( p in VarPostres)
prodInternaPostres[p][1]+prodInternaPostres[p][2]+prodInternaPostres[p][3] <= 1;
forall( p in VarPostres)

```

```

prodInternaPostres[p][3]+prodInternaPostres[p][4]+prodInternaPostres[p][5] <= 1;
forall( p in VarPostres)
prodInternaPostres[p][5]+prodInternaPostres[p][6]+prodInternaPostres[p][7] <= 1;
forall( p in VarPostres)
prodInternaPostres[p][2]+prodInternaPostres[p][4] <= 1;
forall( p in VarPostres)
prodInternaPostres[p][4]+prodInternaPostres[p][6] <= 1;
forall( p in VarPostres)
prodInternaPostres[p][1]+prodInternaPostres[p][7] <= 1;

/*****
*****/
/*RESTRICCIONES CONSUMO MINIMO DE NUTRIENTES*/
/*****
*****/

forall(r in VarAtrib_Nutricional, t in Periodos )
sum(p in VarAlmuerzo_Cena) Consumo[r][p] * prodInterna[p][t]
+ sum(p in VarPostres) ConsumoPostres[r][p] * prodInternaPostres[p][t]
+ sum(p in VarDesayuno_Once) ConsumoDesayunoOnce[r][p] * prodInternaDesayunoOnce[p][t] >=
MinConsumo[r];

/*****
*****/
/*RESTRICCIONES CONSUMO MAXIMO DE NUTRIENTES*/
/*****
*****/

forall(r in VarAtrib_Nutricional, t in Periodos )
sum(p in VarAlmuerzo_Cena) Consumo[r][p] * prodInterna[p][t]
+ sum(p in VarPostres) ConsumoPostres[r][p] * prodInternaPostres[p][t]
+ sum(p in VarDesayuno_Once) ConsumoDesayunoOnce[r][p] * prodInternaDesayunoOnce[p][t] <=
MAXConsumo[r];

}

```

2. DIETA.DAT:

En dicho modulo, se trabajó en el código fuente que permite cargar y trabajar con los datos, los cuales se encuentran en una base de Excel. El código se compone de las siguientes partes:

- **Conexión a Base de datos Excel:**

```
SheetConnection sheet("BD.xlsx");
```

- **Carga y definicion de Datos:**

```

nuPeriodos = 7;

/*Carga datos de nombres de platos*/
VarAlmuerzo_Cena from SheetRead(sheet,"WSCODIGOS!A2:A37");
VarDesayuno_Once from SheetRead(sheet,"WSCODIGOS!B2:B9");
VarPostres from SheetRead(sheet,"WSCODIGOS!C2:C11");

```

```

/*Carga datos de nombres de informacion nutricional*/
VarAtrib_Nutricional from SheetRead(sheet,"WSCODIGOS!D2:D8");

/*Carga datos de informacion nutricional por plato*/
Consumo from SheetRead(sheet,"WSINT1!C2:I37");
ConsumoDesayunoOnce from SheetRead(sheet,"WSINT2!C2:I9");
ConsumoPostres from SheetRead(sheet,"WSINT3!C2:I11");

/*Carga datos de costos de Almuerzos y Cenas*/

costInterno from SheetRead(sheet,"WSCOSTOS1!W2:W37");
costInternoDesayunoOnce from SheetRead(sheet,"WSCOSTOS2!L2:L9");
costInternoPostres from SheetRead(sheet,"WSCOSTOS3!P2:P11");

/*Verifica existencia de ingredientes en Almuerzos y Cenas*/
Vacuno from SheetRead(sheet,"WSGR1!X2:X37");
Pescado from SheetRead(sheet,"WSGR1!Y2:Y37");
Pollo from SheetRead(sheet,"WSGR1!Z2:Z37");
Papa from SheetRead(sheet,"WSGR1!AA2:AA37");
Arroz from SheetRead(sheet,"WSGR1!AB2:AB37");
Pasta from SheetRead(sheet,"WSGR1!AC2:AC37");

/*Define Consumos Minimios y Maximios segun OMS*/
MinConsumo =[0808.00, 0091.31, 0025.99, 0018.57, 0012.00, 0238.00, 0896.00];
MAxConsumo =[2500.00, 0400.00, 0100.00, 0100.00, 2000.00, 9999999, 9999999];

```

- **Exportación de Datos:**

```

// Escritura de resultados en archivo excel
prodInterna to SheetWrite(sheet,"RESULMOD!B2:h37");
prodInternaDesayunoOnce to SheetWrite(sheet,"RESULMOD!B48:h55");
prodInternaPostres to SheetWrite(sheet,"RESULMOD!B38:h47");

```

3. BD.xlsx:

Este archivo corresponde a la base de datos principal, la cual almacena toda la información necesaria para poder trabajar con el modelo de optimización, y además almacena el resultado de la programación.

Dicho archivo contiene las siguientes pestañas:

1. WSCODIGOS: Pestaña en la cual se tiene toda la información referente a los nombres de los platos, los tipos de atributos, y los respectivos nombres de los ingredientes:

Figura 29. Pestaña WSCODIGOS base de datos modelo de Optimización

A	B	C	D	E	F	G	
1	ALMUERZO / CENA	DESAYUNO ONCE	POSTRE	ATRIBUTOS	INGREDIENTES ALMUERZO/CENA	INGREDIENTES ONCE/DESAYUNO	INGREDIENTES POSTRE
2	CARNE AL JUGO CON ARROZ	PAN CON DULCE MEMBRILLO	PLÁTANO	CALORIAS (KCAL)	ACEITE	CLARA DE HUEVO	ARROZ
3	POLLO AL JUGO CON PURÉ	PAN CON HUEVO	COCTAIL DE FRUTA	CARBOHIDRATOS (G)	ACELGA	PAN	CLARA DE HUEVO
4	CHARQUICÁN DE VACUNO	PAN CON JAMÓN PAVO	FLAN	PROTEÍNAS (G)	ARROZ	DULCE MEMBRILLO	LECHE
5	POLLO AL JUGO CON PAPAS DORADAS	PAN CON MANIAR	JALEA	LÍPIDOS (G)	CLARA DE HUEVO	JAMÓN PAVO	PLÁTANO
6	POLLO ASADO CON PURÉ	PAN CON MERMELADA	LECHE CON ARROZ	SODIO (MG)	CORBATAS	MANIAR	COCTAIL DE FRUTA
7	PANTRUCAS DE VACUNO	PAN CON PALTA	LECHE CON AVENA	FÓSFORO (MG)	ESPIRALES	MERMELADA	FLAN
8	CAZUELA DE AVE	PAN CON QUESILLO	LECHE CON MAICENA	POTASIO (MG)	HARINA	PALTA	JALEA
9	CAZUELA DE VACUNO	PAN CON QUESO	LECHE CON SÉMOLA		JUREL EN CONSERVA	QUESILLO	AVENA
10	AJIACO		LECHE NEVADA		LECHE	QUESO	MAICENA
11	CARNE AL JUGO CON ARROZ JARDINERA		DURAZNO EN CONSERVA		PAN		SEMOLA
12	CARNE AL JUGO CON ESPIRALES				PAPAS		AZUCAR
13	JUREL EN SALSA CON PURÉ				POROTO VERDE		CANELA
14	POLLO ASADO CON CORBATAS				POSTA		DURAZNO EN CONSERVA
15	PASTEL DE PAPA				SAL		
16	CARBONADA DE VACUNO				TRUTIRO CORTO		
17	ESTOFADO DE VACUNO				ZANAHORIA		
18	POLLO ASADO CON VERDURAS ASADAS				ZAPALLO		
19	CARNE MECHADA CON PAPAS DORADAS				ZAPALLO ITALIANO		
20	BUDÍN DE JUREL CON PURÉ				SALSA DE TOMATE		
21	BUDÍN DE ZAPALLO ITALIANO				PAVO		
22	CARBONADA DE AVE						
23	CARNE AL JUGO CON CORBATAS						
24	CARNE AL JUGO CON PURÉ						
25	CARNE MECHADA CON ARROZ						
26	CARNE MECHADA CON PURÉ						
27	CHARQUICÁN DE VERDURAS CON HUEVO						
28	CORBATAS CON SALSA BOLONESA						
29	CROQUETAS DE JUREL CON PURÉ						
30	ESPIRALES CON SALSA BOLONESA						

2. WSGR1, WSGR2 y WSGR3: Pestaña en la cual se tiene toda la información referente a los gramajes de los ingredientes por cada uno de los platos de Almuerzo, Cena, Desayuno, Once y Postres.

Figura 30. Pestaña WSGR1 base de datos modelo de Optimización

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1	TIPO	PLATO	ACEITE	ACELGA	ARROZ	CLARA DE HUEVO	CORBATAS	ESPIRALES	HARINA	JUREL EN CONSERVA	LECHE	PAN	PAPAS	POROTO VERDE	POSTA	SAL	TRUTIRO CORTO	ZANAHORIA
2	ALMUERZO / CENA	CARNE AL JUGO CON ARROZ	7	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	1	0	20
3	ALMUERZO / CENA	POLLO AL JUGO CON PURÉ	7	0	0	0	0	0	0	10	0	0	250	20	0	1	100	20
4	ALMUERZO / CENA	CHARQUICÁN DE VACUNO	7	20	0	0	0	0	0	0	0	200	20	100	1	0	20	
5	ALMUERZO / CENA	POLLO AL JUGO CON PAPAS DORADAS	7	0	0	0	0	0	0	0	0	230	0	0	1	100	10	
6	ALMUERZO / CENA	POLLO ASADO CON PURÉ	7	0	0	0	0	0	0	10	0	250	0	0	1	100	0	
7	ALMUERZO / CENA	PANTRUCAS DE VACUNO	7	20	0	0,2	0	0	50	0	0	200	20	100	1	0	20	
8	ALMUERZO / CENA	CAZUELA DE AVE	7	20	20	0	0	0	0	0	0	200	20	0	1	100	20	
9	ALMUERZO / CENA	CAZUELA DE VACUNO	7	20	20	0	0	0	0	0	0	200	20	100	1	0	20	
10	ALMUERZO / CENA	AJIACO	7	20	0	0,2	0	0	0	0	0	250	20	100	1	0	20	
11	ALMUERZO / CENA	CARNE AL JUGO CON ARROZ JARDINERA	7	20	90	0	0	0	0	0	0	66	20	100	1	0	20	
12	ALMUERZO / CENA	CARNE AL JUGO CON ESPIRALES	7	0	0	0	0	0	90	0	0	0	0	100	1	0	20	
13	ALMUERZO / CENA	JUREL EN SALSA CON PURÉ	7	0	0	0	0	0	120	10	0	250	20	0	1	0	0	
14	ALMUERZO / CENA	POLLO ASADO CON CORBATAS	7	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	1	100	20	
15	ALMUERZO / CENA	PASTEL DE PAPA	7	0	0	0,2	0	0	0	0	0	250	0	100	1	0	20	
16	ALMUERZO / CENA	CARBONADA DE VACUNO	7	20	20	0	0	0	0	0	0	200	20	100	1	0	20	
17	ALMUERZO / CENA	ESTOFADO DE VACUNO	7	20	0	0	0	0	0	0	0	250	20	100	1	0	20	
18	ALMUERZO / CENA	POLLO ASADO CON VERDURAS ASADAS	7	0	0	0	0	0	0	0	0	250	20	0	1	100	20	
19	ALMUERZO / CENA	CARNE MECHADA CON PAPAS DORADAS	7	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	150	1	0	20	
20	ALMUERZO / CENA	BUDÍN DE JUREL CON PURÉ	7	0	0	0,2	0	0	120	20	20	250	20	0	1	0	20	
21	ALMUERZO / CENA	BUDÍN DE ZAPALLO ITALIANO	7	0	0	0,2	0	0	0	0	0	20	0	50	1	0	20	
22	ALMUERZO / CENA	CARBONADA DE AVE	7	20	20	0	0	0	0	0	0	200	20	0	1	100	20	
23	ALMUERZO / CENA	CARNE AL JUGO CON CORBATAS	7	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	100	1	0	20	
24	ALMUERZO / CENA	CARNE AL JUGO CON PURÉ	7	0	0	0	0	0	0	0	10	0	250	20	100	1	0	
25	ALMUERZO / CENA	CARNE MECHADA CON ARROZ	7	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	150	1	0	20	
26	ALMUERZO / CENA	CARNE MECHADA CON PURÉ	7	0	0	0	0	0	0	10	0	250	0	150	1	0	0	
27	ALMUERZO / CENA	CHARQUICÁN DE VERDURAS CON HUEVO	7	0	1	0	0	0	0	0	0	200	20	50	1	0	20	
28	ALMUERZO / CENA	CORBATAS CON SALSA BOLONESA	7	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	50	1	0	0	
29	ALMUERZO / CENA	CROQUETAS DE JUREL CON PURÉ	7	0	0	0,2	0	0	10	120	10	20	250	0	1	0	0	
30	ALMUERZO / CENA	ESPIRALES CON SALSA BOLONESA	7	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	50	1	0	0	
31	ALMUERZO / CENA	ESTOFADO DE POLLO	7	20	0	0	0	0	0	0	0	250	20	0	1	100	20	
32	ALMUERZO / CENA	PANTRUCAS DE POLLO	7	20	0	0,2	0	0	50	0	0	200	20	0	1	100	20	
33	ALMUERZO / CENA	POLLO ASADO CON PURÉ	7	0	0	0	0	0	0	10	0	250	0	0	1	0	0	
34	ALMUERZO / CENA	POLLO AL JUGO CON ARROZ	7	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100	20	
35	ALMUERZO / CENA	POLLO AL JUGO CON ESPIRALES	7	0	0	0	0	90	0	0	0	0	0	20	0	1	100	
36	ALMUERZO / CENA	POLLO ASADO CON ARROZ JARDINERA	7	20	90	0	0	0	0	0	0	66	20	0	1	100	20	

3. WSINT1, WSINT2 y WSINT3: Pestaña en la cual se tiene toda la información referente a los datos nutricionales por cada uno de los platos de Almuerzo, Cena, Desayuno, Once y Postres.

Figura 312. Pestaña WSINT1 base de datos modelo de Optimización

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	TIPO	PLATO	CALORIAS (KCAL)	CARBOHIDRATOS (G)	PROTEÍNAS (G)	LÍPIDOS (G)	SODIO (MG)	FÓSFORO (MG)	POTASIO (MG)
2	ALMUERZO / CENA	CARNE AL JUGO CON ARROZ	509	77,8	27,8	8,4	503,5	227,3	663,9
3	ALMUERZO / CENA	POLLO AL JUGO CON PURÉ	472	49,6	39,6	12,2	553,8	398,2	1522,3
4	ALMUERZO / CENA	CHARQUICÁN DE VACUNO	371	46	29,1	8,4	558,6	259,6	1702,7
5	ALMUERZO / CENA	POLLO AL JUGO CON PAPAS DORADAS	409	38,9	34,5	12,1	489,6	271,7	1175,9
6	ALMUERZO / CENA	POLLO ASADO CON PURÉ	457	46	39	12,2	546,2	381,6	1398,3
7	ALMUERZO / CENA	PANTRUCAS DE VACUNO	539	79,9	34,5	8,8	575,8	298	1600
8	ALMUERZO / CENA	CAZUELA DE AVE	441	61,3	30,3	8,5	559	276,2	1676,1
9	ALMUERZO / CENA	CAZUELA DE VACUNO	443	58,8	32,7	8,8	553	266,2	1703,1
10	ALMUERZO / CENA	AJAJCO	417	53,9	32,5	8,5	598,7	281,1	1889,8
11	ALMUERZO / CENA	CARNE AL JUGO CON ARROZ JARDINERA	463	67,2	28,4	8,4	549,8	243,4	1041,1
12	ALMUERZO / CENA	CARNE AL JUGO CON ESPIRALES	515	73,6	33,3	9,2	531,4	422,6	898,8
13	ALMUERZO / CENA	JUREL EN SALSA CON PURÉ	505	61,7	40,2	10,7	777,4	639,1	1430,7
14	ALMUERZO / CENA	POLLO ASADO CON CORBATAS	564	69,3	39,4	13,1	509,4	457,6	582,8
15	ALMUERZO / CENA	PASTEL DE PAPA	391	47,7	31,3	8,3	553,7	253,7	1635,1
16	ALMUERZO / CENA	CARBONADA DE VACUNO	441	61,3	30,3	8,5	559	276,2	1676,1
17	ALMUERZO / CENA	ESTOFADO DE VACUNO	408	53,7	30,4	8,5	561,5	278,2	1862,6
18	ALMUERZO / CENA	POLLO ASADO CON VERDURAS ASADAS	440	45,6	35,76	12,29	302,1	495,7	1402,1
19	ALMUERZO / CENA	CARNE MECHADA CON PAPAS DORADAS	404	41,4	38,2	9,6	559	283,3	1646,4
20	ALMUERZO / CENA	BUDÍN DE JUREL CON PURÉ	505	61,7	40,2	10,7	777,4	639,1	1430,7
21	ALMUERZO / CENA	BUDÍN DE ZAPALLO ITALIANO	391	47,7	31,3	8,3	253,7	553,7	1635,1
22	ALMUERZO / CENA	CARBONADA DE AVE	268	35,8	17	6,84	173,8	515,3	1226
23	ALMUERZO / CENA	CARNE AL JUGO CON CORBATAS	515	73,64	33,37	9,2	422,6	531,4	898,8
24	ALMUERZO / CENA	CARNE AL JUGO CON PURÉ	472	49,6	39,6	12,2	398,2	553,8	1522,3
25	ALMUERZO / CENA	CARNE MECHADA CON ARROZ	463	67,2	28,4	8,4	549,8	243,4	1041,1
26	ALMUERZO / CENA	CARNE MECHADA CON PURÉ	404	41,4	38,2	9,6	283,3	559	1646,4
27	ALMUERZO / CENA	CHARQUICÁN DE VERDURAS CON HUEVO	292	36,7	13,5	10,4	210,4	562,5	1090
28	ALMUERZO / CENA	CORBATAS CON SALSA BOLOÑESA	515	73,6	33,3	9,2	531,4	422,6	898,8
29	ALMUERZO / CENA	CROQUETAS DE JUREL CON PURÉ	505	61,7	40,2	10,7	777,4	639,1	1430,7
30	ALMUERZO / CENA	ESPIRALES CON SALSA BOLOÑESA	515	73,6	33,3	9,2	531,4	422,6	898,8
31	ALMUERZO / CENA	ESTOFADO DE POLLO	303	35,2	20	8,9	186,7	462,27	1039,2
32	ALMUERZO / CENA	PANTRUCAS DE POLLO	539	79,9	34,5	8,8	298	575,8	1600
33	ALMUERZO / CENA	PAVO ASADO CON PURÉ	457	46	39	12,2	546,2	381,6	1398,3
34	ALMUERZO / CENA	POLLO AL JUGO CON ARROZ	564	76,85	29,27	14,38	211,1	12,1	227,5
35	ALMUERZO / CENA	POLLO AL JUGO CON ESPIRALES	564	69,3	39,4	13,1	509,4	457,6	582,8
36	ALMUERZO / CENA	POLLO ASADO CON ARROZ JARDINERA	564	76,85	29,27	14,38	211,1	12,1	227,5

4. WSCSTI1, WSCSTI2 y WSCSTI3: Pestaña en la cual se tiene toda la información referente a los costos por cada uno de los ingredientes de los platos de Almuerzo, Cena, Desayuno, Once y Postre, considerando los valores de las respectivas órdenes de compra.

Figura 32. Pestaña WSCSTI1 base de datos modelo de Optimización

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
1	INSUMO	ACEITE	ACELGA	ARROZ	CLARA DE HUEVO	CORBATAS	ESPIRALES	HARINA	JURELEN CONSERVA	LECHE	PAN	PAPAS	POROTO VERDE	POSTA	SAL	TRUTRO CORTO	ZANAHORIA	ZAPALLO	ZAPALLO ITALIANO	SALSA DE TOMATE	PI
2	PRECIO	\$1.429	\$300	\$1.100	\$134	\$1.426	\$1.199	\$642	\$1.370	\$3.240	\$840	\$480	\$2.850	\$4.820	\$450	\$2.355	\$500	\$1.200	\$450	\$449	\$6
3	IVA	\$1.700	\$357	\$1.309	\$159	\$1.697	\$1.427	\$764	\$1.630	\$3.856	\$1.000	\$571	\$3.392	\$5.736	\$536	\$2.802	\$595	\$1.428	\$536	\$534	\$8
4	UNIDAD	\$1.000	\$500	\$1.000	\$10	\$1.000	\$1.000	\$1.000	\$375	\$1.000	\$1.000	\$1.000	\$1.000	\$1.000	\$1.000	\$1.000	\$1.000	\$1.000	\$1.000	\$200	\$1
5	PRECIO POR GRAMO/ML	\$2	\$1	\$1	\$16	\$2	\$1	\$1	\$4	\$4	\$1	\$1	\$3	\$6	\$1	\$3	\$1	\$1	\$1	\$3	\$1
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
21																					
22																					
23																					
24																					
25																					
26																					
27																					
28																					
29																					
30																					

5. WSCOSTOS1, WSCOSTOS2 y WSCOSTOS3: Pestaña en la cual se generan los cálculos referentes a los costos totales por cada uno de los platos de Almuerzo, Cena, Desayuno, Once y Postres.

Figura 333. Pestaña WSCOSTOS1 base de datos modelo de Optimización

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
	PLATO	ACITE	ACELGA	ARROZ	CLARA DE HUEVO	CORBATAS	ESPIRALES	HARINA	JUREL EN CONSERVA	LECHE	PAN	PAPAS	POROTO VERDE	POSTA	SAL	TRITRO CORTO	ZANAHORIA	ZAPALLO	ZAPALLO ITALIANO	SALSA DE TOMATE	PAVO		TOTAL
1	CARNE AL JUGO CON ARROZ	11,9	0	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 716
2	POLLO AL JUGO CON PURÉ	11,9	0	0	0	0	0	0	0	38,6	0	142,8	67,83	0	1	280,245	11,9	0	0	0	0	0	\$ 554
3	CHARQUICÁN DE VACUNO	11,9	14,28	0	0	0	0	0	0	0	0	114,2	67,83	574	1	0	11,9	71,4	10,71	0	0	0	\$ 876
4	POLLO AL JUGO CON PAPAS DORADAS	11,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	131,4	0	0	1	280,245	5,95	0	0	0	0	0	\$ 430
5	POLLO ASADO CON PURÉ	11,9	0	0	0	0	0	0	0	38,6	0	142,8	0	0	1	280,245	0	0	0	0	0	0	\$ 474
6	PANTRUCAS DE VACUNO	11,9	14,28	0	3,1892	0	0	38,2	0	0	0	114,2	67,83	574	1	0	11,9	0	0	0	0	0	\$ 836
7	CAZUELA DE AVE	11,9	14,28	26,2	0	0	0	0	0	0	0	114,2	67,83	0	1	280,245	11,9	71,4	0	0	0	0	\$ 599
8	CAZUELA DE VACUNO	11,9	14,28	26,2	0	0	0	0	0	0	0	114,2	67,83	574	1	0	11,9	71,4	0	0	0	0	\$ 892
9	AJIACO	11,9	14,28	0	3,1892	0	0	0	0	0	0	142,8	67,83	574	1	0	11,9	71,4	0	0	0	0	\$ 897
10	CARNE AL JUGO CON ARROZ JARDINERA	11,9	14,28	118	0	0	0	0	0	0	0	37,7	67,83	574	1	0	11,9	0	0	0	0	0	\$ 836
11	CARNE AL JUGO CON ESPIRALES	11,9	0	0	0	0	128,41	0	0	0	0	0	0	0	1	574	0	0	0	0	0	0	\$ 726
12	JUREL EN SALSA CON PURÉ	11,9	0	0	0	0	0	0	521,696	38,6	0	142,8	67,83	0	1	0	0	0	0	0	0	0	\$ 783
13	POLLO ASADO CON CORBATAS	11,9	0	0	0	152,72	0	0	0	0	0	0	0	0	1	280,245	11,9	0	0	0	0	0	\$ 457
14	PASTEL DE PAPA	11,9	0	0	3,1892	0	0	0	0	0	0	142,8	0	0	1	574	0	0	0	0	0	0	\$ 744
15	CARBONADA DE VACUNO	11,9	14,28	26,2	0	0	0	0	0	0	0	114,2	67,83	574	1	0	11,9	71,4	0	0	0	0	\$ 892
16	ESTOFADO DE VACUNO	11,9	14,28	0	0	0	0	0	0	0	0	142,8	67,83	574	1	0	11,9	71,4	0	0	0	0	\$ 894
17	POLLO ASADO CON VERDURAS ASADAS	11,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142,8	67,83	0	1	280,245	11,9	0	10,71	0	0	0	\$ 526
18	CARNE MECHADA CON PAPAS DORADAS	11,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	114,2	0	0	1	574	0	0	0	0	0	0	\$ 999
19	BUDÍN DE JUREL CON PURÉ	11,9	0	0	3,1892	0	0	0	521,696	77,1	20	142,8	67,83	0	1	0	11,9	0	0	0	0	0	\$ 857
20	BUDÍN DE ZAPALLO ITALIANO	11,9	0	0	3,1892	0	0	0	0	0	0	20	0	0	1	574	0	0	107,1	0	0	0	\$ 509
21	CARBONADA DE AVE	11,9	14,28	26,2	0	0	0	0	0	0	0	114,2	67,83	0	1	280,245	11,9	71,4	0	0	0	0	\$ 599
22	CARNE AL JUGO CON CORBATAS	11,9	0	0	0	152,72	0	0	0	0	0	0	0	0	1	574	0	0	0	0	0	0	\$ 751
23	CARNE AL JUGO CON PURÉ	11,9	0	0	0	0	0	0	0	38,6	0	142,8	67,83	574	1	0	11,9	0	0	0	0	0	\$ 847
24	CARNE MECHADA CON ARROZ	11,9	0	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	574	0	0	0	0	0	0	\$ 1.003
25	CARNE MECHADA CON PURÉ	11,9	0	0	0	0	0	0	0	38,6	0	142,8	0	0	1	860	0	0	0	0	0	0	\$ 1.054
26	CHARQUICÁN DE VERDURAS CON HUEVO	11,9	0	0	15,946	0	0	0	0	0	0	114,2	67,83	287	1	0	11,9	71,4	10,71	0	0	0	\$ 591
27	CORBATAS CON SALSA BOLOÑESA	11,9	0	0	0	152,72	0	0	0	0	0	0	0	0	1	287	0	0	0	0	0	0	\$ 452
28	CROQUETAS DE JUREL CON PURÉ	11,9	0	0	3,1892	0	0	7,64	521,696	38,6	20	142,8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	\$ 746
29	ESPIRALES CON SALSA BOLOÑESA	11,9	0	0	0	0	128,41	0	0	0	0	0	0	0	1	287	0	0	0	53,431	0	0	\$ 481
30	ESTOFADO DE POLLO	11,9	14,28	0	0	0	0	0	0	0	0	142,8	67,83	0	1	280,245	11,9	71,4	0	0	0	0	\$ 601
31	PANTRUCAS DE POLLO	11,9	14,28	0	3,1892	0	0	38,2	0	0	0	114,2	67,83	0	1	280,245	11,9	0	0	0	0	0	\$ 542
32	PAVO ASADO CON PURÉ	11,9	0	0	0	0	0	0	0	38,6	0	142,8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	\$ 1.027
33	POLLO AL JUGO CON ARROZ	11,9	0	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	280,245	11,9	0	0	0	0	0	\$ 422
34	POLLO AL JUGO CON ESPIRALES	11,9	0	0	0	0	128,41	0	0	0	0	0	0	0	1	67,83	0	1	280,245	5,95	0	0	\$ 495
35	POLLO ASADO CON ARROZ JARDINERA	11,9	14,28	118	0	0	0	0	0	0	0	37,7	67,83	0	1	280,245	11,9	0	0	0	0	0	\$ 542
36	POLLO ASADO CON ESPIRALES	11,9	0	0	0	0	128,41	0	0	0	0	0	0	0	1	280,245	0	0	0	0	0	0	\$ 421
37																							
38																							
39																							
40																							
41																							
42																							
43																							
44																							
45																							

6. RESULTMOD: Pestaña en la cual se generan a través del modelo matemático programado en OPL CEPLEX la planificación de los Almuerzo, Cena, Desayuno, Once y Postres por cada día, además del cálculo del costo correspondiente.

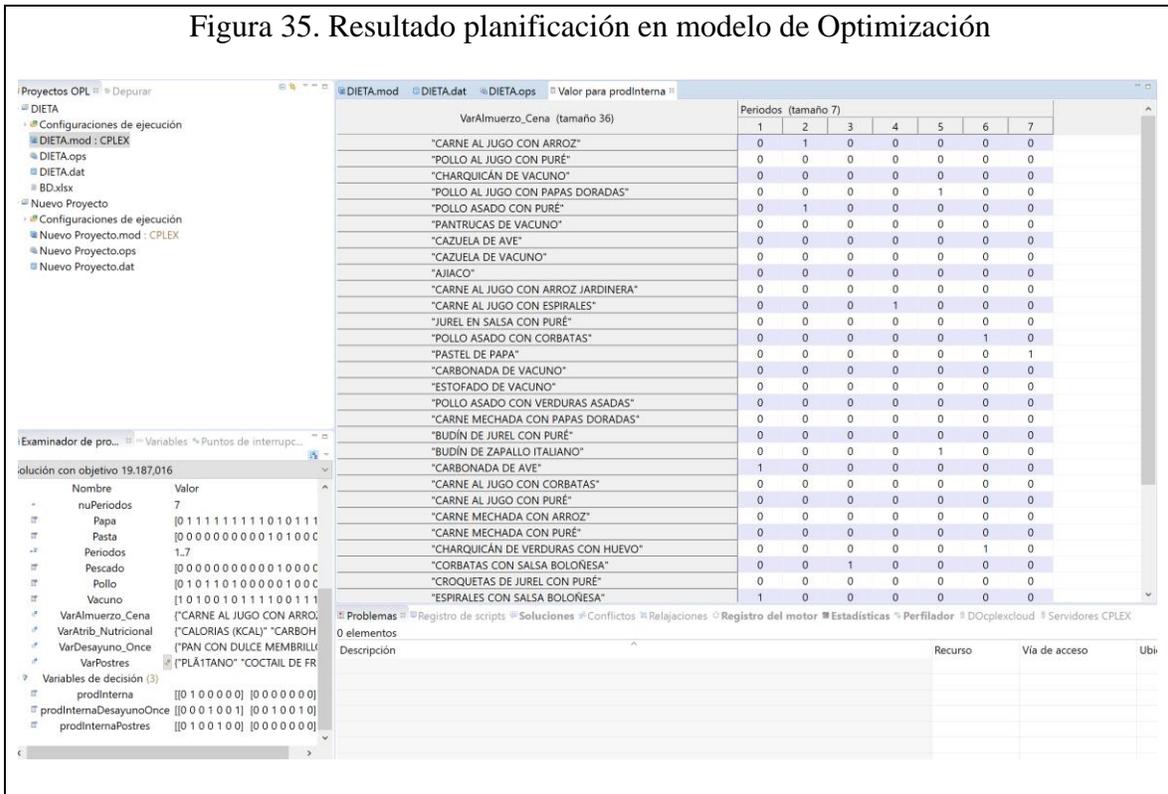
Figura 344. Pestaña RESULMOD base de datos modelo de Optimización

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
27	CHARQUICÁN DE VERDURAS CON HUEVO	0	0	0	0	0	1	0	\$591		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$591	\$0			
28	CORBATAS CON SALSA BOLOÑESA	0	0	1	0	0	0	0	\$452		\$0	\$0	\$452	\$0	\$0	\$0	\$0			
29	CROQUETAS DE JUREL CON PURÉ	0	0	0	0	0	0	0	\$746		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0			
30	ESPIRALES CON SALSA BOLOÑESA	1	0	0	0	0	0	0	\$481		\$481	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0			
31	ESTOFADO DE POLLO	0	0	1	0	0	0	0	\$601		\$0	\$0	\$601	\$0	\$0	\$0	\$0			
32	PANTRUCAS DE POLLO	0	0	0	0	0	0	0	\$542		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0			
33	PAVO ASADO CON PURÉ	0	0	0	0	0	0	0	\$1.027		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0			
34	POLLO AL JUGO CON ARROZ	0	0	0	1	0	0	0	\$422		\$0	\$0	\$0	\$422	\$0	\$0	\$0			
35	POLLO AL JUGO CON ESPIRALES	0	0	0	0	0	0	0	\$495		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0			
36	POLLO ASADO CON ARROZ JARDINERA	0	0	0	0	0	0	0	\$542		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0			
37	POLLO ASADO CON ESPIRALES	0	0	0	0	0	0	1	\$421		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$421			
38	PLÁTANO	0	1	0	0	0	0	0	\$236		\$0	\$236	\$0	\$0	\$236	\$0	\$0			
39	COCTAIL DE FRUTA	0	0	0	0	0	0	0	\$1.400		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0			
40	FLAN	0	0	0	0	0	0	0	\$1.652		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0			
41	JALEA	0	0	0	0	0	1	0	\$440		\$0	\$0	\$440	\$0	\$0	\$440	\$0			
42	LECHE CON ARROZ	0	0	1	0	0	0	1	\$839		\$0	\$0	\$839	\$0	\$0	\$0	\$839			
43	LECHE CON AVENA	1	0	0	1	0	0	0	\$889		\$889	\$0	\$0	\$889	\$0	\$0	\$0			
44	LECHE CON MAICENA	0	0	0	0	0	0	0	\$1.725		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0			
45	LECHE CON SEMOLA	1	0	0	0	1	0	0	\$893		\$893	\$0	\$0	\$0	\$0	\$893	\$0			
46	LECHE NEVADA	0	1	0	0	1	0	0	\$1.199		\$0	\$1.199	\$0	\$0	\$1.199	\$0	\$0			
47	DURAZNO EN CONSERVA	0	0	0	1	0	0	1	\$240		\$0	\$0	\$240	\$0	\$0	\$0	\$240			
48	PAN CON DULCE MEMBRILLO	0	0	0	1	0	0	1	\$97		\$0	\$0	\$0	\$97	\$0	\$0	\$97			
49	PAN CON HUEVO	0	0	1	0	0	0	1	\$56		\$0	\$0	\$56	\$0	\$0	\$56	\$0			
50	PAN CON JAMÓN PAVO	0	0	0	0	0	0	0	\$256		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0			
51	PAN CON MANJAR	0	1	0	0	1	0	0	\$97		\$0	\$97	\$0	\$0	\$97	\$0	\$0			
52	PAN CON MERMELEDA	0	1	0	0	0	0	1	\$187		\$0	\$187	\$0	\$0	\$0	\$0	\$187			
53	PAN CON PALTA	1	0	0	0	1	0	0	\$160		\$160	\$0	\$0	\$0	\$160	\$0	\$0			
54	PAN CON QUESILLO	0	0	1	0	0	1	0	\$223		\$0	\$0	\$223	\$0	\$0	\$223	\$0			
55	PAN CON QUESO	1	0	0	1	0	0	0	\$226		\$226	\$0	\$0	\$226	\$0	\$0	\$0			
56		6	6	6	6	6	6	6			\$3.247	\$2.909	\$2.611	\$2.601	\$2.631	\$2.660	\$2.528			

Ejecución del Modelo

Considerando los módulos descritos anteriormente, se procede a realizar la ejecución del proyecto, para lo cual es necesario ingresar al archivo DIETA.MOD y hacer clic en el Menú Ejecutar – Boton Ejecutar. Con dicha función el software IBM ILOG CPLEX Optimization Studio, lee e interpreta el código fuente, carga los respectivos datos de la Base BD.xlsx, y realiza, la optimización correspondiente. Terminada la ejecución, el sistema guarda los resultados en la Base de Datos y además muestra en pantalla cada uno de los resultados.

Figura 35. Resultado planificación en modelo de Optimización



6.2.8 Etapa 8: Análisis de resultados de aplicación del modelo:

Como se mencionó anteriormente, al ejecutar el modelo en el software IBM ILOG CPLEX Optimization Studio, este automáticamente permite exportar los resultados del sistema al archivo de base de datos en Excel. Ahora bien, teniendo en cuenta una programación de 7 días, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 3: Programación menús semanales

Día	Menú
1	Carbonada de ave
	Espirales con salsa boloñesa
	Leche con avena
	Leche con sémola
	Pan con palta
	Pan con queso

2	Carne al jugo con arroz
	Pollo asado con puré
	Plátano
	Leche nevada
	Pan con manjar
	Pan con mermelada
3	Corbatas con salsa boloñesa
	Estofado de pollo
	Jalea
	Leche con arroz
	Pan con huevo
	Pan con quesillo
4	Carne al jugo con espirales
	Pollo al jugo con arroz
	Leche con avena
	Durazno en conserva
	Pan con dulce membrillo
	Pan con queso
5	Pollo al jugo con papas doradas
	Budín de zapallo italiano
	Plátano
	Leche nevada
	Pan con manjar
	Pan con palta
6	Pollo asado con corbatas
	Charquicán de verduras con huevo
	Jalea
	Leche con sémola
	Pan con huevo
	Pan con quesillo
7	Pastel de papa
	Pollo asado con espirales
	Leche con arroz
	Durazno en conserva
	Pan con dulce membrillo
	Pan con mermelada

Fuente: Sistema de optimización

Considerado dicha programación se tiene un costo semanal de \$19.187 por paciente hospitalizado. Ahora bien, analizando la programación real de las minutas del año 2017, se tiene que el costo semanal promedio por paciente ascendía a \$26.320. Si se considera esto,

según la aplicación del modelo se obtendría un ahorro de aproximadamente \$7.133 por paciente.

Considerando los datos del Censo mensual de Hospitalización y Egresos, se tiene que en promedio existieron 28 pacientes diarios en el establecimiento de salud, y si se considera que un año tiene 52 semanas, el ahorro anual por paciente total esperado asciende a \$10.386.322.

Si se analiza la información presupuestaria del año 2017, se tiene que el gasto en el ítem de alimentación de pacientes correspondió a \$69.640.895, lo cual significa que el modelo podría generar un ahorro del 15% aproximadamente.

6.2.9 Etapa 9: Implementación.

Finalmente, es necesario tener en cuenta cómo será la implementación del sistema desarrollado, para lo cual en primer lugar es necesario contar con lo siguiente:

1. Hardware: Computador con sistema operativo Windows 10, memoria RAM 8 Gb, disco duro mínimo 500 GB, Procesador Inter Core I3 2.4 GHZ
2. Software: Microsoft Office 2016, Java API, IBM ILOG CPLEX Optimization Studio.

Una vez, teniendo los requisitos mínimos, se debe importar el modelo al software IBM ILOG CPLEX Optimization Studio, para lo cual se deben seguir los siguientes pasos:

1. Copiar la carpeta del Proyecto llamada DIETA al escritorio o alguna otra ubicación
2. Ejecutar software IBM ILOG CPLEX Optimization Studio
3. Ir al Menú Archivo, Importar y a Proyectos OPL existentes
4. Buscar la ruta en la que se encuentra la carpeta DIETA e Importar

Con el sistema instalado, es posible ir generando la programación, a través de la ejecución del modelo, en caso de querer editar nueva información se puede trabajar con el

archivo BD.xlsx, para lo cual basta con abrirlo o desde el Software o directamente de la ubicación en la Carpeta DIETA.

Es posible editar los nombres de cada uno de los Platos, la información nutricional, los gramajes y los costos de cada ingrediente, lo cual permite mantener la información actualizada anualmente.

En caso de querer agregar nuevos platos y nueva información, es necesario modificar el código fuente del software, para lo cual se requiere tener conocimientos de programación, ya que es necesario editar el código con los rangos de celdas desde donde se cargan los datos en el módulo DIETA.DAT. Para lo cual se propondrá una futura capacitación al encargado de Informática del establecimiento de Salud.

6.3. Discusión

El resultado del Trabajo de Grado III es la validación de la planificación de menús semanales de la Central de Alimentación del Hospital de Constitución a través de la incorporación de un sistema con una lógica inteligente y se pueden obtener beneficios como *reducción en el tiempo de planificación* y además *beneficios económicos* importantes debido a la *reducción de los costos* de los platos seleccionados para los menús a ofrecer a los usuarios, lo cual repercute en la disminución de gastos totales de la Institución.

6.4. Conclusiones

Al inicio de este trabajo, se plantea como principal objetivo Optimizar la planificación de menús semanales para el régimen liviano de la central de alimentación del Hospital de Constitución considerando un análisis de datos del periodo 2017 y la normativa nutricional vigente, a través de la incorporación de un sistema que agregue tecnología y una lógica inteligente como pilar fundamental, además utilizando una metodología para resolver los

problemas presentes en la Central de Alimentación de la institución.

A partir de lo anterior, se logró identificar en primera instancia, las actividades de la actual planificación, gestión y producción de menús y especificaciones técnicas de la Central de Alimentación del Hospital de Constitución, para ello se solicitó información a la unidad de alimentación, en la cual se ejecutan todos los procesos destinados a la elaboración de preparaciones en base a régimen científico y técnicamente elaborado. Posteriormente se obtuvo la planificación alimentario nutricional, la cual se materializa en una minuta diaria, herramienta técnica que incorpora un listado de alimentos y/o preparaciones, la definición de tiempos de comida (desayuno, almuerzo, once y cena) y el aporte de calorías y nutrientes; con el propósito de dar cumplimiento a las normas de calidad alimentario nutricional y satisfacer los requerimientos de los individuos, para contribuir a mantener o recuperar su estado de salud.

Para cuantificar los costos involucrados en la producción de menús semanales de la Central de Alimentación del Hospital de Constitución, inicialmente fue necesario analizar informes de ejecución presupuestaria y datos de orden de compra relacionada a alimentación, otorgados por la Unidad de Administración y Finanzas del recinto Hospitalario. Seguidamente se solicitó al Servicio de Orientación Médico Estadístico, datos históricos de ingresos y egresos de atención de hospitalización y uso de camas por servicio clínico, y Datos históricos de ingresos y egresos de atención de hospitalización y uso de camas por servicio clínico. Posteriormente a la Central de Alimentación se solicitó los tipos de Menús del Hospital de Constitución, Tipos de Platos por cada tipo de menú, Ingredientes de cada uno de los platos, Aportes nutricionales de cada uno de los platos y Minutas por año. Finalmente se creó una planilla en Excel en la cual se estandarizaron los datos recolectados, se procedió

a analizar la información y depurar los datos críticos necesarios para la ejecución de un modelo de optimización de las preparaciones de menús del Hospital.

A través del trabajo ejecutado, se logró ajustar los datos, variables y restricciones del modelo, siendo su principal diferenciador la variabilidad de los menús semanales, de acuerdo con los requerimientos nutricionales, incorporando la realización de diferentes menús durante el año. Posteriormente se elige el software OPL, el cual permite la resolución de problemas de optimización en distintos dominios de aplicación; considerando lo anterior y luego de varios meses de programación, se logra tener un sistema que es capaz de leer desde una base de datos con información crítica de los diferentes platos trabajados dentro del Hospital de Constitución, aplicar optimización basada en programación lineal entera y exportar un resultado minimizando los costos, el cual permite realizar la programación de las minutas.

La optimización del proceso de planificación de los menús semanales para la Central de Alimentación de un Hospital de Mediana Complejidad fue resuelta y los resultados obtenidos implicarían un *ahorro* estimado anual de casi **11 millones de pesos**, considerando los costos actuales del Hospital de Constitución, periodo 2017. Esta solución se plantea como una mejora significativa respecto del proceso actual de la Central de Alimentación, sin embargo, para su implementación completa se requerirá incorporar *gestión del cambio* que se haga responsable de todo lo que implica un proyecto de estas características.

Entre lo más relevante a considerar como parte de la gestión del cambio, es la redefinición de las actividades que deberá realizar el personal actual de la Central de Alimentación del Hospital de Constitución que se dedica a planificar los menús semanales de forma manual y a su vez la Automatización de un sistema informático para la elección de

menús semanales que permitirá autonomía del servicio independiente del personal a cargo.

(Ausentismo laboral: Licencia médica, vacaciones, Permiso Administrativo, etc.)

Finalmente, los resultados obtenidos y detallados determinan que efectivamente se puede lograr un ahorro por la disminución de costos en los menús semanales, por lo tanto, al aplicar esta solución, con sus condiciones reales, la Central de Alimentación de un Hospital de Mediana Complejidad lograría beneficios asociados a la reducción de tiempo de planificación de su unidad y además beneficios económicos para la Institución.

6.5. Referencias

- Aguiar, J. (2014). Ingeniería de menu, herramienta de optimización para la gestión en restarurantes y hoteles. Venezuela.
- Balintfy. J.L. (1975). A Mathematical Programming System for Food Management Applications. Interfaces, 6:13-31.
- Beltrán, J. (2011). Elaboración de un modelo del costo mínimo de una dieta balanceada para la población de Bogotá para el año 2010. Colombia.
- Castillo, E., Antonio J., Conejo, P., Pedregal, García, R., y otros. (2002). Formulación y resolución de modelos de programación matemática en ingeniería y ciencia. España.
- Guala, S., y Marengo, J. (2013). Planificación del menu seminal de colaciones de un hospital de Argentina por medio de programación lineal entera. Argentina: Revista de Ingeniería de Sistemas
- Heddy, R. (2011). Propuesta para la estandarización de recetas del menu del departamento de banquetes del hotel venetur maremares. Venezuela.
- Richard, B. (2009). Producción y cadena de suministros. Administracion de operaciones. México.
- Rosero, N., Posada, Ortiz., y otros. (2011). Programación Lineal aplicada a la formulación de raciones para ruminates. Colombia: Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Superintendencia de Salud. (2009). Pauta de cotejo manual atención abierta. Chile.
- Vergara, P. (2017). Optimización del proceso de planificación de producción de alimentos, empresa de concesión de casinos gastronómicos. Chile.

White, F. (1998). De la evidencia al desempeño: cómo fijar prioridades y tomar buenas decisiones. *Revista Panamericana de Salud Publica*,4, 69-74.

6.6. Anexos

Código fuente problema dieta software GAMS Castillo & Cols, 2002

```
$title PROBLEMA DE LA DIETA

** Se definen los conjuntos de indices:
** El indice I se emplea para hacer referencia a los 4 nutrientes.
** El indice J se emplea para hacer referencia a los 5 alimentos.

SET
  I  conjunto de nutrientes  /DN,DP,Ca,Ph/
  J  conjunto de alimentos   /MaizA,Avena,MaizB,Salvado,Linaza/;

** Los vectores para almacenar los datos de entrada se declaran como parametros.
** Se asignan los datos a estos vectores.

PARAMETERS
  B(I) cantidad minima que se necesita del nutriente I
      /DN 74.2
      DP 14.7
      Ca 0.14
      Ph 0.55/
  C(J) coste de una unidad de alimento J
      /MaizA 1
      Avena 0.5
      MaizB 2
      Salvado 1.2
      Linaza 3/;

** Se declara y define la matriz de datos como una tabla

TABLE A(I,J) la cantidad de nutriente I en una unidad de alimento J
      MaizA Avena MaizB SalvadoLinaza
DN  78.6  70.1  80.1  67.2  77.0
DP   6.5   9.4   8.8  13.7  30.4
Ca   0.02  0.09  0.03  0.14  0.41
Ph   0.27  0.34  0.30  1.29  0.86;

** A continuacion se declaran las variables de optimizacion.
** Primero se declara el valor de la funcion objetivo.
** Despues se declara el resto de variables indicando su dimension.

VARIABLES
  z  valor de la funcion objetivo
  x(J) cantidad a comprar del alimento J;

** El comando siguiente establece la naturaleza de las variables.
** En el problema de la dieta, todas las variables son positivas
```

```

** excepto la que representa el valor de la funcion objetivo.

POSITIVE VARIABLE x(J);

** Se declaran las restricciones del problema.
** En primer lugar, la restriccion
** correspondiente a la funcion objetivo (COST).
** Despues, las 4 restricciones restantes (NUTFOOD), que
** se declaran dependiendo del conjunto I.

EQUATIONS
  COST      funcion objetivo
  NUTFOOD(I) relacion entre nutrientes y alimentos;

** La funcion objetivo es una restriccion de igualdad (=E=).
** Las restricciones NUTFOOD son restricciones de desigualdad (=G=).

COST ..      z=E=SUM(J,C(J)*x(J));
NUTFOOD(I) .. SUM(J,A(I,J)*x(J))=G=B(I);

** Los comandos siguientes declaran y definen el modelo dieta,
** incluyendo todas las restricciones declaradas, y solicitan
** a GAMS que resuelva el problema mediante un optimizador lineal.

MODEL dieta /ALL/;
SOLVE dieta USING lp MINIMIZING z;

```