

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1. ¿Qué es el Banco de Alimentos?	1
1.1.2. El problema	5
1.2. CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA.....	12
1.3. MOTIVACIÓN PARA ABORDAR EL PROBLEMA	20
1.4. IMPORTANCIA DE RESOLVER EL PROBLEMA	21
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN	25
2.1. SISTEMA DE APOYO DE DECISIONES PARA LA ASIGNACIÓN DE MEDICAMENTOS	25
2.2. SISTEMA DE APUESTAS DE PUNTOS ONLINE PARA LA ASIGNACIÓN DE ALIMENTOS	27
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	30
3.1. PROCESOS DEL BANCO DE ALIMENTOS	30
3.1.1. Recepción de donaciones	32
3.1.2. Clasificación de donaciones	33
3.1.3. Confección de pedido modelo	34
3.1.4. Llamado a Entidades Receptoras	51
3.1.5. Almacenamiento.....	55
3.1.6. Preparación de pedidos.....	56
3.1.7. Expedición.....	57
3.2. EL PROBLEMA DE LA ASIGNACIÓN DE ALIMENTOS.....	59
3.2.1. La confección de pedidos modelo es arbitraria	59
3.2.2. La confección de pedidos modelo no está automatizada	60
3.2.3. El sistema es poco eficiente	61
3.2.4. El sistema es poco efectivo	67
3.2.5. El sistema es poco equitativo	68
3.2.6. Las Entidades Receptoras se alejan de su óptimo de reposición	73
3.2.7. Otros problemas potenciales.....	76
4. SOLUCIÓN PROPUESTA	77

4.1. INTRODUCCIÓN A LAS POSIBLES SOLUCIONES.....	77
4.2. SOLUCIÓN MEDIANTE PEQUEÑAS MODIFICACIONES AL SISTEMA ACTUAL	78
4.2.1. Solución de la arbitrariedad y la automatización	80
4.3. SOLUCIÓN MEDIANTE UN SISTEMA <i>PULL</i>	85
4.3.1. Sistemas <i>pull</i> exitosos en el entorno de organizaciones sin fines de lucro	89
4.4. SOLUCIÓN INTERMEDIA ENTRE <i>LO QUE ELLOS QUIEREN</i> Y UN <i>BIG BROTHER</i>	92
4.4.1. Optimización de la asignación de alimentos.....	96
4.4.2. El pedido “ideal”	106
4.4.3. Heurística para la asignación de alimentos	108
4.4.4. Determinación de la matriz de coeficientes de prioridad	116
5. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	119
6. CONCLUSIONES	121
7. BIBLIOGRAFIA.....	124
8. ANEXOS.....	126
8.1. ANEXO A: EJEMPLO NUMÉRICO DE CÓMO CONFORMAR EL PEDIDO MODELO INTERMEDIO MINIMIZANDO EL VENCIMIENTO DE LOS ALIMENTOS.....	126
8.2. ANEXO B: EJEMPLO NUMÉRICO DE CÓMO CONFORMAR EL PEDIDO MODELO INTERMEDIO MINIMIZANDO EL VENCIMIENTO DE LOS ALIMENTOS EN CASO DE QUE SE DEBAN REGALAR ALIMENTOS	127
8.3. ANEXO C: EJEMPLO NUMÉRICO DE CÓMO SE CONFORMA EL PEDIDO MODELO INTERMEDIO ACTUALMENTE EN EL BANCO DE ALIMENTOS.....	128
8.4. ANEXO D: EJEMPLO NUMÉRICO DE CÓMO CONFORMAR EL PEDIDO MODELO INTERMEDIO MAXIMIZANDO LA VARIEDAD DE ALIMENTOS SIEMPRE Y CUANDO NO VENZA NINGÚN ALIMENTO	130
8.5. ANEXO E: EJEMPLO NUMÉRICO DE LA ASIGNACIÓN MEDIANTE LA HEURÍSTICA.....	137

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. TONELADAS ENTREGADAS ANUALES POR EL BANCO DE ALIMENTOS EN SUS 7 AÑOS DE FUNCIONAMIENTO.....	3
FIGURA 1.2. TONELADAS ACUMULADAS ENTREGADAS POR EL BANCO DE ALIMENTOS EN SUS 7 AÑOS DE FUNCIONAMIENTO.....	4
FIGURA 1.3. SECUENCIA DE PROCESOS FÍSICOS EN EL BANCO DE ALIMENTOS.....	6
FIGURA 1.4. ESQUEMA DEL PROCESO DE ASIGNACIÓN DE ALIMENTOS EN EL BANCO DE ALIMENTOS.	7
FIGURA 1.5. REGISTRO HISTÓRICO DE LOS ALIMENTOS RECIBIDOS POR EL BANCO DE ALIMENTOS Y LOS ENTREGADOS A LAS ENTIDADES RECEPTORAS.....	14
FIGURA 1.6. DIFERENCIAS MENSUALES ENTRE TONELADAS DE ALIMENTOS RECIBIDOS Y ENTREGADOS.	14
FIGURA 1.7. RESPUESTA A LA PREGUNTA DE SI SIEMPRE SE ACEPTABAN LOS PEDIDOS DEL BANCO DE ALIMENTOS EN UNA ENCUESTA A LAS ENTIDADES RECEPTORAS (E.R.).....	16
FIGURA 1.8. RESPUESTA A LA PREGUNTA DE CUÁL ERA LA CAUSA DE NO ACEPTAR PEDIDOS EN ALGUNAS OPORTUNIDADES.	16
FIGURA 1.9. HISTOGRAMA DE CANTIDAD DE RACIONES POR ENTIDAD RECEPTORA (E.R.) PARA LAS COMIDAS ALMUERZO Y CENA.	19
FIGURA 1.10. HISTOGRAMA DE CANTIDAD DE RACIONES POR ENTIDAD RECEPTORA (E.R.) PARA LAS COMIDAS DESAYUNO Y MERIENDA.	19
FIGURA 1.11. EJEMPLO DE CÓMO DEBERÍA SER LA ASIGNACIÓN DE RACIONES PARA QUE SEA EQUITATIVA ÚNICAMENTE TENIENDO EN CUENTA LA VARIABLE “TAMAÑO” CARACTERÍSTICA DE LAS ENTIDADES RECEPTORAS (E.R.).	20
FIGURA 3.12. CUADRO SINTÉTICO DE LA NOTACIÓN IDEFO: EN CADA BLOQUE SE “PROCESAN” LOS “INGRESOS” UTILIZANDO “INFORMACIÓN” Y “RECURSOS” DISPONIBLES.	30
FIGURA 3.13. DIAGRAMA DE PROCESOS QUE INTENTA ESQUEMATIZAR EL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE ALIMENTOS	31
FIGURA 3.14. FLUJOGRAMA QUE ESQUEMATIZA EL PROCESO DE CONFECCIÓN DE PEDIDOS MODELO DEL BANCO DE ALIMENTOS.	42
FIGURA 3.15. FLUJOGRAMA QUE ESQUEMATIZA EL PROCESO DE CONFECCIÓN DE PEDIDOS MODELO DEL BANCO DE ALIMENTOS.	44
FIGURA 3.16. CANTIDAD DE ENTIDADES RECEPTORAS (E.R.) QUE RECIBEN CADA UNO DE LOS DISTINTOS TAMAÑOS DE PEDIDOS MODELO PARA ALMUERZO Y CENA.....	48
FIGURA 3.17. CANTIDAD DE ENTIDADES RECEPTORAS (E.R.) QUE RECIBEN CADA UNO DE LOS DISTINTOS TAMAÑOS DE PEDIDOS MODELO PARA DESAYUNO Y MERIENDA.	49
FIGURA 3.18. CONSUMO DE ALIMENTOS EN EL TIEMPO DE DOS ENTIDADES RECEPTORAS (E.R.) CUALQUIERA EN UN TIEMPO MENOR AL TIEMPO EN QUE VENCE.	65

FIGURA 3.19. CONSUMO DE ALIMENTOS EN EL TIEMPO DE SEIS ENTIDADES RECEPTORAS (E.R.) CUALQUIERA EN UN TIEMPO MENOR AL TIEMPO EN QUE VENCE.	66
FIGURA 3.20. CONSUMO DE LAS ENTIDADES RECEPTORAS (E.R.) EN EL TIEMPO AL AJUSTAR SUS RACIONES A LOS TAMAÑOS DE LOS PEDIDOS MODELO.....	66
FIGURA 3.21. EL ALIMENTO “B” NO PUEDE SER CONSUMIDO Y TERMINA VENCIENDO AL TERMINAR DE CONSUMIR EL ALIMENTO “A”.	67
FIGURA 3.22. COSTO DEL FLETE PARA LAS ENTIDADES RECEPTORAS (E.R.).	73
FIGURA 3.23. CURVAS DE COSTOS RELACIONADOS CON MANTENER EL INVENTARIO Y CON REALIZAR PEDIDOS.....	76

PREFACIO

Este trabajo intenta proponer distintas soluciones a un problema complejo como lo es el de asignación de recursos escasos en un entorno de organizaciones sin fines de lucro. Estas soluciones son en parte teóricas y en parte prácticas. Teóricas en el sentido de que surgen de las propias ideas del autor y en muchos casos no han sido todavía implementadas. Prácticas porque se apoyan en otras soluciones a este mismo problema que ya han sido desarrolladas.

Por el modo en el que está escrita, esta tesis no está destinada a ninguna audiencia en particular, aunque su lectura será más amena para aquellos con un buen entrenamiento técnico. Puede ser leído a la hora de diseñar un sistema de asignación para una organización cualquiera, o al lidiar con problemas en el entorno de organizaciones sin fines de lucro.

Mis objetivos y expectativas al comienzo del desarrollo de este trabajo pueden clasificarse en aquellos relacionados exclusivamente con el desarrollo de una tesis, y aquellos relacionados con el tema de asignación de alimentos.

Con respecto a los primeros, esperaba por un lado poner en práctica todos los conocimientos académicos adquiridos en la carrera y mi capacidad en el desarrollo de un proyecto de gran envergadura, y por el otro, aprender específicamente cómo se hace una tesis. Sabía que a lo largo de este proceso volvería sobre muchos de los temas estudiados a lo largo de mi carrera con lo cual estaba frente a una excelente oportunidad de evaluar qué tan capaz soy de aplicarlos en la solución de problemas inéditos. Por otro lado, también sabía que necesitaría capacidades de planificación y programación de tareas, de gestión de los recursos necesarios para ejecutarlas, y de comunicación del avance del proyecto y de los resultados del mismo. Todo esto me ayudaría a familiarizarme con un proceso de realización de tesis que posteriormente pudiera aplicar en trabajos de las mismas características.

Con respecto a los segundos, esperaba resolver un problema real que había despertado mi interés desde hacía ya un tiempo, contribuir al bienestar de la sociedad a partir de la resolución de una problemática que impacte en ella, ganar un mejor conocimiento de herramientas que estén a la vanguardia en el campo de la Ingeniería Industrial y contribuir a la literatura académica en ese campo. Creo que los Ingenieros Industriales podemos desde nuestro conocimiento contribuir en alguna medida a la generación de valor en la sociedad y la realización de esta tesis es una perfecta oportunidad.

Luego de haber escrito mi tesis creo que los primeros objetivos y expectativas han sido alcanzados. Personalmente estoy convencido que he aprendido mucho en el proceso y que ha sido muy favorable. Espero que el lector disfrute de ella y que su convicción al finalizarla sea de que los segundos objetivos también han sido cumplidos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. ¿Qué es el Banco de Alimentos?

El Banco de Alimentos es una fundación que distribuye alimentos a una red formada por unas 400 Entidades Receptoras aproximadamente. Las Entidades Receptoras son instituciones que ayudan a los necesitados brindándoles alimentos y pueden ser:

- Comedores
- Jardines maternos o centros de apoyo escolar
- Hogares para niños abandonados o incorporados por juzgados
- Hogares de ancianos

Los alimentos son donados o vendidos al costo por empresas de consumo masivo. Son alimentos que, pese a ser aptos para el consumo, no se comercializan por alguna de las siguientes razones:

- Han tenido escaso éxito en el mercado y se discontinúan.
- Constituyen un excedente de producción por sobreestimar la demanda o por finalizar promociones.
- Se encuentran próximos a su fecha de vencimiento y sería difícil volcarlos al mercado.
- No reúnen las especificaciones técnicas o de calidad que las empresas se imponen a sí mismas o las impuestas por los clientes. El caso más común es el de productos con fallas en el envase como ser *packaging* dañado o errores en las etiquetas.

El Banco de Alimentos se encarga de recibir los alimentos en su depósito de 840 m² en la localidad de Munro, partido de San Martín, o de retirarlos en el local del proveedor directamente. En este depósito los alimentos son clasificados y almacenados, y los pedidos de las Entidades Receptoras son preparados, para que luego éstas se presenten a retirarlos.

La parte administrativa del Banco de Alimentos funciona también en este edificio. Su *staff* fijo es de 12 personas que se encargan de gestionar los alimentos recibidos y de ofrecerlos a las Entidades Receptoras. El Banco de Alimentos además cuenta con una dotación de 120 voluntarios que se encargan de clasificar los alimentos, visitar a las Entidades Receptoras, manejar el depósito, entre otras tareas menores.

Desde que inició sus actividades, el Banco de Alimentos ha distribuido más de 11.000 toneladas de alimento a través de más de 400 Entidades Receptoras de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires comprometidas con la alimentación de más de 56.000 personas.

Además de la repartición de alimentos, el Banco de Alimentos tiene una serie de programas complementarios con distintos fines como:

- Mejorar la dieta de los beneficiarios de las donaciones de alimento.
- Diseminar información acerca de las mejores prácticas alimenticias.
- Alentar actividades recreativas dentro de las Entidades Receptoras.
- Fortalecer los lazos sociales entre las Entidades Receptoras.
- Mejorar las condiciones sanitarias en las sedes de las Entidades Receptoras.

Historia

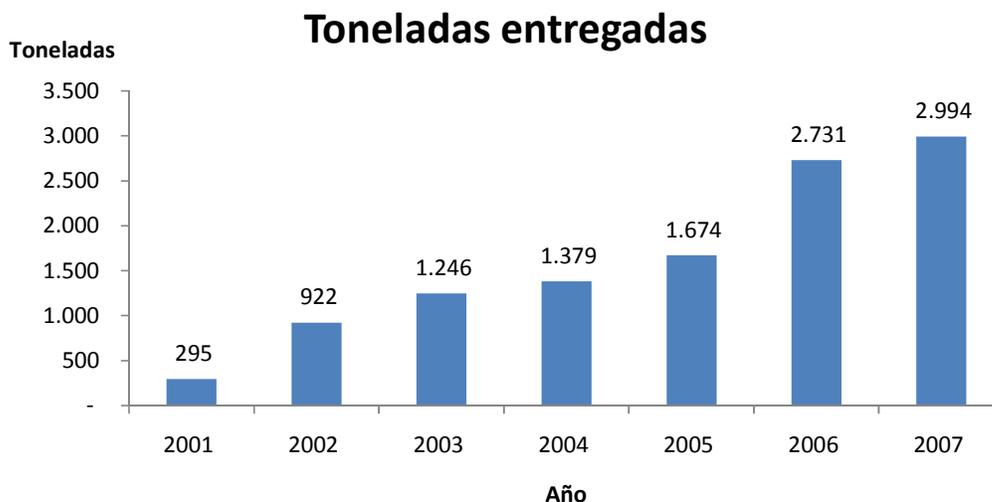
El Banco de Alimentos nace del compromiso de un grupo de personas que se propuso paliar los efectos de la crisis que azotaba al país en el año 2000, cuya consecuencia más dramática era la falta de alimento entre los sectores más empobrecidos. Su preocupación, según explican, había surgido al ver el permanente derroche de alimentos que existía en las empresas mientras que

cientos de familias sufrían el hambre. Fue así como el grupo, encabezado por Mercedes De Schilling, se puso en contacto con el estadounidense Stephen Camilli, quien dirigía una organización similar en su país en aquel entonces. Camilli transmitió parte de su experiencia y brindó el asesoramiento necesario para abrir un Banco de Alimentos en Munro.

Luego de casi un año de trabajo, en abril del 2001 el Banco de Alimentos realizó su primera entrega de alimentos. Esta acción fue el inicio de las actividades de esta Fundación.

El modelo de “Banco de Alimentos” como organización fue creado por John Van Hengel en la década de los 60 en Estados Unidos y se presentó como una alternativa eficiente, simple y transparente, posible de implementar en la Argentina. Hoy en día ya existen unos 400 bancos en todo el mundo, principalmente en Italia, España, Portugal y los Estados Unidos.

En su primer año de funcionamiento, el Banco de Alimentos logró entregar unas 295 toneladas de alimento a 60 Entidades Receptoras. Estas cifras se han acrecentado tremendamente desde aquel entonces llegando las toneladas entregadas a casi 3.000 en el 2007 (ver **Figuras 1.1** y **1.2**) y las Entidades Receptoras a casi 400.



Fuente: Banco de Alimentos

Figura 1.1. Toneladas entregadas anuales por el Banco de Alimentos en sus 7 años de funcionamiento.

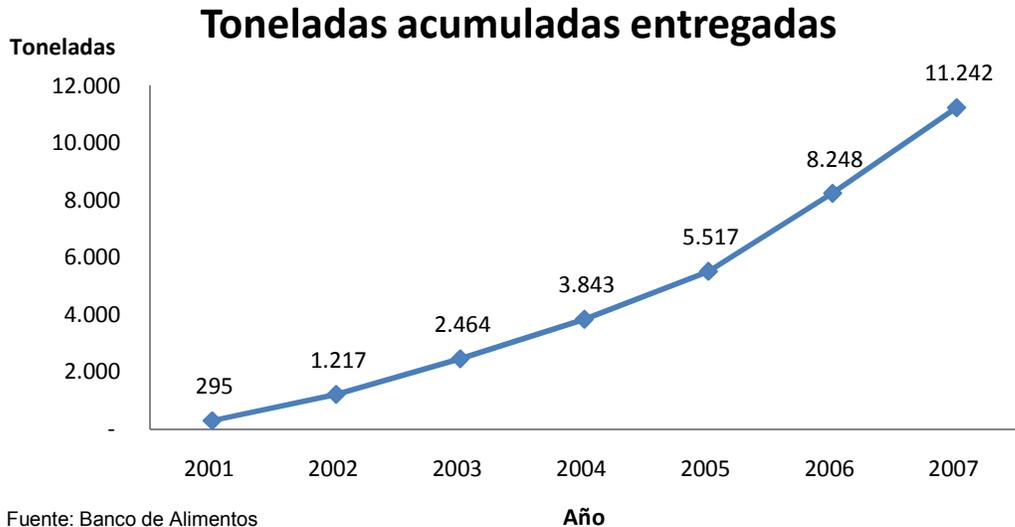


Figura 1.2. Toneladas acumuladas entregadas por el Banco de Alimentos en sus 7 años de funcionamiento.

Sustentabilidad del Banco de Alimentos

El éxito del modelo de funcionamiento del Banco de Alimentos como institución tiene su origen en el beneficio conjunto de todos sus *stakeholders*:

- Las empresas de consumo masivo donantes obtienen un beneficio del Banco de Alimentos porque, gracias a él, pueden desprenderse de mercadería que de otra forma tendría que ser destruida a un costo no nulo. Es decir, cuando se da alguna de las razones antes mencionadas por las cuales una empresa no puede comercializar sus productos, debe deshacerse de ellos. Esto suele acarrear un costo logístico, el costo operativo de deshacerse de los productos (ya sea pagándole a otra empresa para que se haga cargo de los mismos o haciéndolo la misma empresa por su cuenta) y hasta a veces un costo social por desperdiciar productos que a alguien le puedan resultar útiles. Otros beneficios que la empresa puede obtener por entregar sus productos al Banco de Alimentos pueden ser: ganar deducciones impositivas, fortalecer la moral de sus empleados al saber que el producto no vendido no se desperdicia, mejorar la imagen de la empresa en la comunidad y tener la posibilidad de informar acerca de su actitud solidaria en campañas de marketing.

- Las Entidades Receptoras obtienen un beneficio del Banco de Alimentos porque gracias a él pueden hacerse de alimentos a un costo que suele ser más barato del que podrían conseguir comprando a los distribuidores finales existentes. Esto cobra aún más importancia al ser las Entidades Receptoras entes que por lo general se encuentran en pésimas situaciones económicas.
- El Banco de Alimentos brinda un beneficio a su *staff* fijo de 12 personas en tanto que le proporciona una labor que le sirve como sustento económico y además satisface sus ganas de aportar algo a la sociedad.
- El Banco de Alimentos brinda un beneficio a sus voluntarios en tanto les proporciona una labor que satisface sus ganas de aportar algo a la sociedad.
- La comunidad como un todo obtiene un beneficio del Banco de Alimentos gracias a que éste mejora las condiciones de vida del ciudadano promedio.
- El gobierno obtiene un beneficio del Banco de Alimentos gracias a que en él encuentra un aliado en la lucha contra el hambre y la pobreza.

En cuanto al sustento económico del Banco de Alimentos, el mismo se basa en las contribuciones de las Entidades Receptoras por los alimentos y en campañas de desarrollo de fondos. Las primeras alcanzan para cubrir un 45% de los costos operativos del Banco de Alimentos y con las segundas se cubre el 55% restante.

1.1.2. El problema

Como se menciona brevemente en la sección 1.1.1. **¿Qué es el Banco de Alimentos?** y se profundiza en la sección 3.1. **PROCESOS DEL BANCO DE ALIMENTOS**, en el Banco de Alimentos se da la siguiente secuencia de procesos físicos (ver **Figura 1.3**):

1. Recepción de donaciones
2. Clasificación de donaciones

3. Almacenamiento
4. Confección de pedido modelo
5. Llamado a Entidades Receptoras
6. Preparación de pedidos
7. Expedición

Esta tesis se centra en la etapa de asignación de alimentos a las Entidades Receptoras. Hoy en día el proceso de asignación es precario y presenta varios problemas. Cómo solucionarlos de manera tal de crear un mejor sistema de asignación de alimentos será el objetivo principal de estudio esta tesis.



Figura 1.3. Secuencia de procesos físicos en el Banco de Alimentos.

Asignación de alimentos

El proceso de asignación de alimentos en el Banco de Alimentos consiste básicamente de cuatro pasos resumidos en la **Figura 1.4:**

1) Confección de pedidos modelo:

Un empleado del Banco de Alimentos determina tres pedidos modelo en base a la disponibilidad de alimentos en el depósito. Los tres pedidos modelo difieren en su tamaño, habiendo un pedido modelo grande, uno intermedio y uno pequeño. Estos pedidos modelo son ofrecidos a las Entidades Receptoras en función de las raciones diarias que el Banco de Alimentos desea proveer a cada Entidad. Una ración es la cantidad de alimentos que necesita una persona en una comida (ver sección **3.1.3. Confección de pedido modelo**). A medida que se asignan los alimentos existentes en el depósito, los pedidos modelo son modificados para evitar ofrecer a las Entidades Receptoras alimentos que no estén disponibles.

2) Ofrecimiento de los pedidos modelo a las Entidades Receptoras:

Los empleados del Sector Administrativo del Banco de Alimentos llaman a las Entidades Receptoras siguiendo una lista de llamados confeccionada arbitrariamente para ofrecerles el pedido modelo. En caso de no poder establecer contacto con una de las Entidades la saltean y continúan ofreciendo los pedidos al resto.

3) Modificaciones sobre el pedido modelo:

Durante la llamada en la que se ofrecen los alimentos, las Entidades Receptoras pueden modificar el pedido modelo que se les ofrece, sacando alimentos del mismo pero no teniendo la posibilidad de agregar otros.

4) Asignación definitiva del pedido:

Si el pedido modelo luego de ser modificado es aceptado, se le asigna a la Entidad Receptora en cuestión.



Figura 1.4. Esquema del proceso de asignación de alimentos en el Banco de Alimentos.

Problemas que plantea el sistema de asignación actual

En esta sección se hace una breve descripción del problema que plantea el sistema actual de asignación de alimentos del Banco de Alimentos sin entrar en mucho detalle. Se deja esto para el capítulo **3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**.

A continuación se enumeran algunos de los principales problemas identificados inicialmente en el sistema actual.

Savas (1978) identifica tres medidas de performance del funcionamiento de organizaciones sin fines de lucro:

1. Eficiencia
2. Efectividad
3. Equidad

El primer término, **eficiencia**, se refiere al ratio entre el *output* de productos y/o servicios y el *input* de productos y/o servicios que esté en coherencia con el *output*. Es decir, se está haciendo referencia al cociente entre lo que recibe la organización sin fines de lucro y lo que entrega.

En el caso específico del Banco de Alimentos, la eficiencia quedaría definida como el ratio entre los kilogramos de alimentos entregados a las Entidades Receptoras en un determinado período de tiempo sobre los kilogramos donados por las empresas de consumo masivo en ese mismo período de tiempo. Lo dicho queda expresado en la **Ecuación 1**.

$$Eficiencia = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij}}{\sum_{j=1}^m P_j}$$

Ecuación 1

R_{ij} : Kilogramos de la partida de alimento j que recibe la Entidad Receptora i .

P_j : Kilogramos de la partida de alimento j disponibles para repartir.

El sistema actual de asignación de los alimentos en el Banco de Alimentos puede mejorar su eficiencia desde el punto de vista de esta definición. Esto es explicado en profundidad en la sección **3.2.3. El sistema es poco eficiente**.

El segundo término, **efectividad**, se refiere a qué tan bien se satisface la necesidad de productos y/o servicios y se previenen las consecuencias adversas. Una buena manera de medir este concepto es con el cociente entre las unidades de productos y/o servicios que un beneficiario recibe y las que este mismo beneficiario necesita o desea de la organización sin fines de lucro.

En el caso específico del Banco de Alimentos, la efectividad del sistema de asignación de alimentos sería mayor cuanto mayor sea el solapamiento entre lo que cada Entidad Receptora necesita o desea y lo que recibe. Siguiendo la manera de medirla propuesta el párrafo anterior, quedaría definida como la suma entre los cocientes de los kilogramos de alimentos entregados a cada Entidad Receptor en un determinado período de tiempo sobre los kilogramos que cada una de las Entidades Receptoras necesita o desea en ese mismo período de tiempo. Lo dicho queda expresado en la **Ecuación 2**.

$$Efectividad = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{R_{ij}}{O_{ij}}$$

Ecuación 2

O_{ij} : Kilogramos de la partida de alimento j requeridos por la Entidad Receptora i .

El sistema actual de asignación de los alimentos en el Banco de Alimentos puede mejorar su efectividad desde el punto de vista de esta definición. Esto es explicado en profundidad en la sección **3.2.4. El sistema es poco efectivo**.

El tercer término, **equidad**, se refiere a qué tan justo, imparcial o igualitario es el sistema de asignación de los productos y/o servicios de una organización sin fines de lucro. Es decir, la equidad de un sistema de asignación en el entorno de organizaciones sin fines de lucro será mayor (y por lo tanto lo será también la performance del sistema) cuanto más adecuado sea lo que un beneficiario recibe en función de sus características, como ser recursos financieros o

lejanía geográfica. Este concepto es más difícil de cuantificar que los anteriores.

Swaminathan (2003) propone una manera bastante razonable de cuantificar la equidad. Explica que debe establecerse un coeficiente de prioridad para cada beneficiario y para cada producto y/o servicio de una organización sin fines de lucro que refleje cardinalmente la mayor prioridad por sobre ese producto y/o servicio de ese beneficiario sobre los otros (ver **Ecuación 3**. $\pi^{n \times m}$ representa una matriz de coeficientes de prioridad para una organización sin fines de lucro con n beneficiarios y m productos y/o servicios. El elemento π_{ij} representa el coeficiente de prioridad del beneficiario i para el producto y/o servicio j). Es decir, eligiendo un determinado producto y/o servicio para todos los beneficiarios, los coeficientes de prioridad de estos últimos nos indicarían cual sería el más prioritario para recibir ese producto y/o servicio, cuál sería el segundo, y así sucesivamente. Además, nos darían una pauta para decidir cuánto más prioritario sería uno que el otro (por eso son cardinales), y de esta manera se podría asignar cantidades matemáticamente determinadas del producto y/o servicio en cuestión a los beneficiarios. Para que el sistema de asignación de una organización sea equitativo, el cociente entre la multiplicación de lo que cualquier beneficiario recibe de un producto y/o servicio determinado y el coeficiente de prioridad antes mencionado para este mismo beneficiario y este mismo producto y/o servicio, y la misma multiplicación para cualquier otro beneficiario, debe ser igual al cociente entre lo que recibe el primer beneficiario de ese producto y/o servicio y lo que recibe ese otro cualquier beneficiario de ese producto y/o servicio. Este concepto quedará más claro a partir de un ejemplo.

En el caso específico del Banco de Alimentos, la equidad del sistema de asignación de alimentos sería mayor cuanto más adecuado sea lo que una Entidad Receptora recibe en función de sus características, como ser sus recursos financieros, su lejanía al Banco de Alimentos, su tamaño, su dependencia del Banco de Alimentos o las características de los beneficiarios de la propia Entidad Receptora, las cuales se verán reflejadas en los coeficientes de prioridad. Siguiendo la manera de medirla propuesta en el párrafo anterior, el sistema de asignación de alimentos del Banco de Alimentos sería perfectamente equitativo cuando el cociente entre la multiplicación de lo que cualquier Entidad Receptora recibe de un alimento determinado y el coeficiente de prioridad para esta misma Entidad Receptora y este mismo alimento, y la misma multiplicación para cualquiera otra Entidad Receptora, sea igual al cociente entre lo que recibe la primera Entidad Receptora de ese alimento y lo que recibe esa otra Entidad Receptora cualquiera de ese alimento. Lo anterior debe darse en un determinado período de tiempo.

Sea un ejemplo del sistema de asignación de alimentos del Banco de Alimentos. El sistema de asignación sería perfectamente equitativo si se cumplieran las **Ecuaciones 4 y 5** simultáneamente.

$$\boldsymbol{\pi}^{n \times m} = \begin{bmatrix} \pi_{11} & \pi_{12} & \cdots & \pi_{1m} \\ \pi_{21} & \pi_{22} & \cdots & \pi_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \pi_{n1} & \pi_{n2} & \cdots & \pi_{nm} \end{bmatrix}$$

Ecuación 3

$\boldsymbol{\pi}^{n \times m}$: Matriz de coeficientes de prioridad de las n Entidades Receptoras y m partidas de alimento.

π_{ij} : Coeficiente de prioridad de la Entidad Receptora i para la partida de alimento j (elementos de $\boldsymbol{\pi}^{n \times m}$).

$$\frac{O_{ij} \cdot \pi_{ij}}{O_{kj} \cdot \pi_{kj}} = \frac{R_{ij}}{R_{kj}} \quad \forall j, k, i$$

Ecuación 4

i : Índice que representa las diferentes Entidades Receptoras ($i = 1, 2, \dots, n$).

k : Índice que representa las diferentes Entidades Receptoras ($k = 1, 2, \dots, l$).

j : Índice que representa las diferentes partidas de alimento ($j = 1, 2, \dots, m$).

$$\sum_{i=1}^n R_{ij} \leq P_j \quad \forall j$$

Ecuación 5

Una manera más fácil de entender el concepto sería pensando en cantidades reales. Sea un ejemplo en donde se disponen 100 kg de harina para repartir entre dos Entidades Receptoras, la A y la B. La primera requiere 50 kg de harina, mientras que la segunda requiere de 100 kg de harina. Por sus características, la A tiene un coeficiente de prioridad de 3, y la B de 4 para este alimento. Entonces, la asignación de harina entre ambas Entidades Receptoras

sería equitativa si se asignaran 27,27 kg a la Entidad Receptora A y 72,73 kg a la Entidad Receptora B, tal como muestra la **Ecuación 6**.

$$\frac{50 \cdot 3}{100 \cdot 4} = \frac{27,27}{72,73}$$

Ecuación 6

El sistema actual de asignación de los alimentos en el Banco de Alimentos puede mejorar su equidad desde el punto de vista de esta definición. Esto es explicado en profundidad en la sección **3.2.5. El sistema es poco equitativo**.

1.2. CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA

Si se vuelve sobre las definiciones presentadas en la sección **1.1. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**, se pueden analizar las consecuencias que tiene el problema desde el punto de vista de la eficiencia, la efectividad y la equidad del problema.

Según la anterior definición de eficiencia, la misma está medida por el grado en el que el sistema de asignación de alimentos distribuye todos los alimentos disponibles. El objetivo del sistema debe ser entonces *minimizar el sobrante de alimentos* (medido en la unidad más adecuada, sean kilogramos, calorías o valor monetario) en un determinado período de tiempo, que es lo mismo que maximizar la eficiencia.

El Banco de Alimentos tiene una estricta política en contra del vencimiento de los alimentos y esto se denota en todas las etapas de su cadena productiva descrita en la sección **3.1. PROCESOS DEL BANCO DE ALIMENTOS**. Sin embargo, a pesar de los muchos recaudos tomados, ocurre a veces que algunos de los alimentos se vencen. La **Figura 1.5** muestra el registro histórico de los alimentos recibidos por el Banco de Alimentos y los entregados a las Entidades Receptoras. Como se puede ver, las toneladas que se reciben suelen estar por encima de las entregadas. Resulta más fácil ver esto en la **Figura 1.6** en donde se grafican las diferencias mensuales entre toneladas de alimentos recibidos y entregados. Se grafica también el valor medio de las diferencias, que resulta de casi unas 10 toneladas mensuales de alimento.

Estas toneladas de diferencia entre lo entregado y lo recibido, pueden haberse utilizado en los primeros meses de funcionamiento del Banco de Alimentos para aumentar el nivel de stock del almacén, pero para los meses subsiguientes, estos sobrantes son alimentos que no pueden asignarse y entregarse y por eso no se registran como salidas.

Sin embargo, estas 10 toneladas promedio no se están venciendo realmente en el depósito. Antes de que venzan son regaladas. Es decir, cuando se tienen alimentos con fecha de vencimiento tan cercana que no pueden ser asignados a ninguna Entidad Receptora, son regalados a las primeras Entidades Receptoras que se presenten a retirar sus pedidos previamente asignados (lo que se conoce como entrega directa). De esta manera, se evita que el alimento se venza todavía estando en el depósito. Como estos alimentos se regalan a las Entidades Receptoras en el momento de la entrega de su pedido, no se les cobra, ni se registra la salida de ese alimento, es por eso que no aparece contabilizado en la **Figura 1.5**.

Podría parecer que el sistema entonces es eficiente, porque a pesar de que no puede asignar esos alimentos de la manera convencional, logra pasarlos a las Entidades Receptoras que en definitiva son los beneficiarios. El problema es que, en realidad, esos alimentos que algunas Entidades Receptoras se llevan gratis no siempre son alimentos que necesite. Por lo tanto, lo que ocurre es que no vencen en el depósito, pero sí lo hacen en las alacenas de las Entidades Receptoras, o se les termina dando un mal uso. Es decir, son alimentos mal asignados y por lo tanto contribuyen a la ineficiencia del sistema.

Con mal uso se quiere decir que son kilogramos de alimento malgastados. El malgasto por parte de la Entidad Receptora que recibe los alimentos gratis además puede tener lugar ya sea por el otorgamiento de raciones más grandes de las que debería dar, por la falta de esfuerzo en conseguir alimento de otras fuentes de las cuales antes sí conseguía, o por la alimentación a personas que no están en una necesidad tan grande como para recibir este tipo de donaciones y antes no eran alimentadas.

El cálculo de estas toneladas de alimento que sobran mes a mes para los meses más recientes, dio casi unas 24 toneladas mensuales en el 2006 y un poco más de 34 toneladas en el primer semestre del 2007 (fecha hasta donde se cuenta con información actualizada). Es decir que cada vez más, al aumentar el volumen de alimentos donados al Banco de Alimentos, las toneladas que el sistema de asignación de alimentos actual no puede asignar son mayores, y terminan siendo mal asignadas.



Figura 1.5. Registro histórico de los alimentos recibidos por el Banco de Alimentos y los entregados a las Entidades Receptoras.

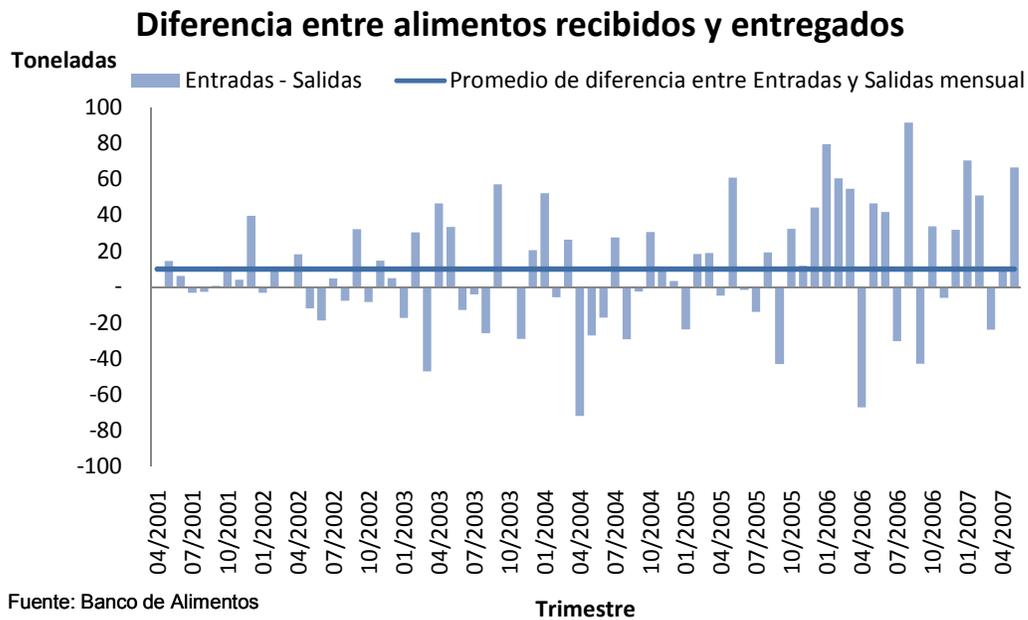


Figura 1.6. Diferencias mensuales entre toneladas de alimentos recibidos y entregados.

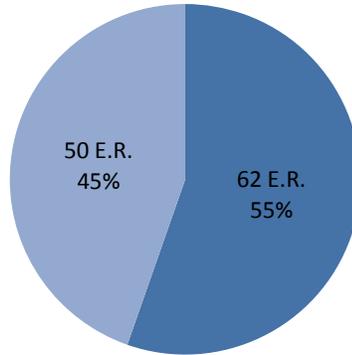
Si ahora se considera la efectividad del sistema de asignación actual, lo recién explicado deja en evidencia una manera en que el sistema está siendo inefectivo. Según la anterior definición de efectividad, ésta mide que tan bien se adaptan los alimentos dados a una Entidad Receptora a los alimentos que ésta necesitaba. Cuando se entregan alimentos gratis para que no vengzan, es muy probable se esté siendo inefectivo, puesto que en definitiva las Entidades Receptoras que los reciben no los habían solicitado ni los necesitan.

Otra característica del sistema de asignación actual que se introduce en la sección **1.1. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA** es que a las Entidades Receptoras se les ofrece un pedido modelo del cual ellas pueden optar sacar alimentos pero no agregar. El sistema actual tiene mucho para mejorar en su efectividad, puesto que hasta ahora no considera lo que las Entidades Receptoras realmente necesitan. Sin embargo, la mayoría de veces ocurre que existe solapamiento en cierto grado entre lo que quiere la Entidad Receptora y lo que le ofrece el Banco de Alimentos, por eso es que se concretan pedidos y el Banco de Alimentos funciona. Por lo tanto, se puede afirmar que el sistema no es 100% inefectivo pero sin lugar a dudas puede ser mejorado para acercarse más a ese óptimo.

En la **Figura 1.7 y 1.8** se pueden ver los resultados de una encuesta que realizó un equipo de trabajo del ITBA a las Entidades Receptoras. Cuando se les preguntó si alguna vez no aceptan los pedidos, el 45% de las Entidades Receptoras respondió que hay veces en que no pueden aceptarlos (ya sean los pedidos convencionales o los alimentos que se les ofrecen en el momento de manera gratuita). De ese 45%, el 56% de las Entidades Receptoras respondió que si no aceptaban el alimento era porque no lo necesitaban, con lo que claramente el sistema de asignación actual no es 100% efectivo. Esta encuesta sin embargo, no deja saber con qué frecuencia se dan estos eventos, un dato fundamental a la hora de decidir si el sistema actual es o no efectivo.

Entidades Receptoras que aceptan y no pedidos

■ E.R. que siempre aceptan ■ E.R. que a veces no aceptan

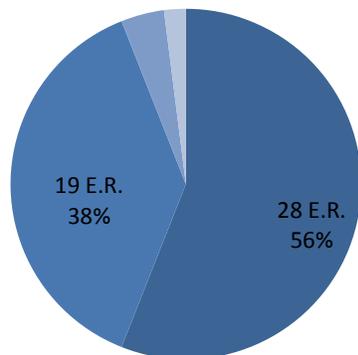


Fuente: Encuesta realizada por equipo de trabajo del ITBA para el Banco de Alimentos

Figura 1.7. Respuesta a la pregunta de si siempre se aceptaban los pedidos del Banco de Alimentos en una encuesta a las Entidades Receptoras (E.R.).

Entidades Receptoras que no aceptaron pedidos

■ 1 E.R. 4%
■ 2 E.R. 2%



■ E.R. que no necesitan los alimentos que les ofrecen
■ E.R. que no pueden pagar el flete
■ E.R. que no pueden pagar el alimento
■ E.R. que no les alcanza el lugar del flete

Fuente: Encuesta realizada por equipo de trabajo del ITBA para el Banco de Alimentos

Figura 1.8. Respuesta a la pregunta de cuál era la causa de no aceptar pedidos en algunas oportunidades.

Para un mes cualquiera, según informó personal administrativo del Banco de Alimentos, entre un 5% y un 10% de las Entidades Receptoras no toma pedido, mientras que entre el 85% y 90% sí lo hace. Las Entidades Receptoras restantes no pueden ser contactadas por razones diversas. Del 5% o 10% que no toma pedido, entre el 50% y el 100% no lo acepta por no necesitar los productos que se están ofreciendo. Por lo tanto, la cantidad de Entidades Receptoras que no está aceptando los pedidos por no necesitar de los alimentos que se le ofrece (ya sea mediante el pedido modelo convencional o a través de los alimentos ofrecidos gratis por urgencia) puede llegar a ser en el peor de los escenarios de un 10%, un número bastante alto que deja en claro que el sistema de asignación actual de alimentos del Banco de Alimentos puede ser mejorado.

Por la definición dada, la equidad está medida por el grado en que lo que un beneficiario recibe es acorde a sus características, como ser recursos financieros o lejanía geográfica. Con lo que ya se ha explicado acerca del funcionamiento del Banco de Alimentos, se puede ya sospechar que el sistema podría mejorar bastante en este aspecto.

En primer lugar, cuando en la sección **1.1. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA** se introduce el sistema de asignación actual se puede ver que a las Entidades Receptoras se les ofrece un pedido modelo de tres que existen, tanto para las donaciones de desayuno y merienda o almuerzo y cena (el significado de estos cuatro tipo de raciones y cómo son determinados se explica en la sección **3.1.3. Confección de pedido modelo**). La diferencia entre ellos, es que uno tiene un mayor número de raciones y está diseñado para las Entidades Receptoras que atienden un gran número de beneficiarios, otro tiene un número menor de raciones, y otro un número intermedio.

Al crear tres pedidos modelo que se diferencian en la cantidad de alimentos que los componen (medida en raciones), la intención del sistema de asignación es adaptar lo que entrega de acuerdo a una característica de la Entidad Receptora: su tamaño. Es decir, el sistema no es totalmente inequitativo porque está tratando de ofrecerle a cada Entidad Receptora lo que sería más justo, pero se aleja bastante de una asignación justa por dos motivos:

1. Las Entidades Receptoras tienen tamaños muy diferentes y no es posible hacerlas encuadrar todas en tres tamaños diferentes y en base a eso otorgarles uno de tres pedidos modelo.
2. Solamente se está teniendo en cuenta una característica de las Entidades Receptoras (tamaño, medido en raciones que el Banco de Alimentos aporta a la Entidad Receptora).

Con respecto al punto 1, lo que se intenta decir es lo siguiente: la variable tamaño es continua, y no discreta con posibilidad de tomar tres valores. Es decir, hay Entidades Receptoras con número de raciones muy diferentes entre sí como se puede observar en las **Figuras 1.9 y 1.10**. Esto se da tanto para las raciones que el Banco de Alimentos determina para cada Entidad Receptora en concepto de almuerzo y cena, como para las de desayuno y merienda. Por lo tanto, al establecer tres tamaños de pedidos modelo, a la mayoría de las Entidades Receptoras se les está ofreciendo un pedido que tiene un número de raciones bastante mayor del que debería tener y algunas pocas están recibiendo las raciones que deberían o inclusive un número menor (porque puede haber aumentado el número de beneficiarios de esa Entidad Receptora y ese dato no haber sido actualizado en la base de datos de Entidades Receptoras del Banco de Alimentos). A las Entidades Receptoras que se les ofrece un pedido modelo con más raciones de las que necesitan se ven “favorecidas”, y lo pongo de esta manera porque al no necesitar ese alimento no es realmente un beneficio sino que un privilegio innecesario. Este concepto queda más claro con la **Figura 1.11**. En ella se muestra en coordenadas números de raciones y en abscisas número de Entidades Receptoras. La curva en azul oscuro, construida a partir de los mismos datos que la **Figura 1.9**, representa una especie de curva de demanda de microeconomía inversa: a medida que el número de raciones ofrecidas crece mayor es el número de Entidades Receptoras que querrán adquirirlas. Al establecer únicamente tres tamaños de pedido modelo, se esté generando una especie de excedente del consumidor. En vez de darle a cada uno las raciones que necesita se les da a todos de más. A modo de ejemplo, si se suponen tres tamaños de pedidos modelo cualesquiera (5.000, 1.000 y más de 10.000 raciones en la **Figura 1.11**) las áreas sombreadas representarían la cantidad de raciones que se asignan de más, el excedente del consumidor.

En la sección **1.1.2. El problema** también se explica que en el momento de llamado a las Entidades Receptoras éstas pueden descartar alimentos del pedido modelo si no los necesitan (ya sea porque no necesitan ese tipo de alimentos o porque no necesitan tantas raciones). Se podría pensar que las mismas Entidades Receptoras son las que convierten al sistema en equitativo al descartar los productos que no necesitan. El problema es que dejar la equidad del sistema en manos de sus individuos no tiene buenos resultados, porque las Entidades Receptoras no descartan los alimentos que no necesitan. El costo del flete es tan alto en comparación al costo del alimento, como se explica en la sección **3.2.5. El sistema es poco equitativo**, que mientras haya espacio libre en el flete las Entidades Receptoras preferirán llenarlo de alimentos.

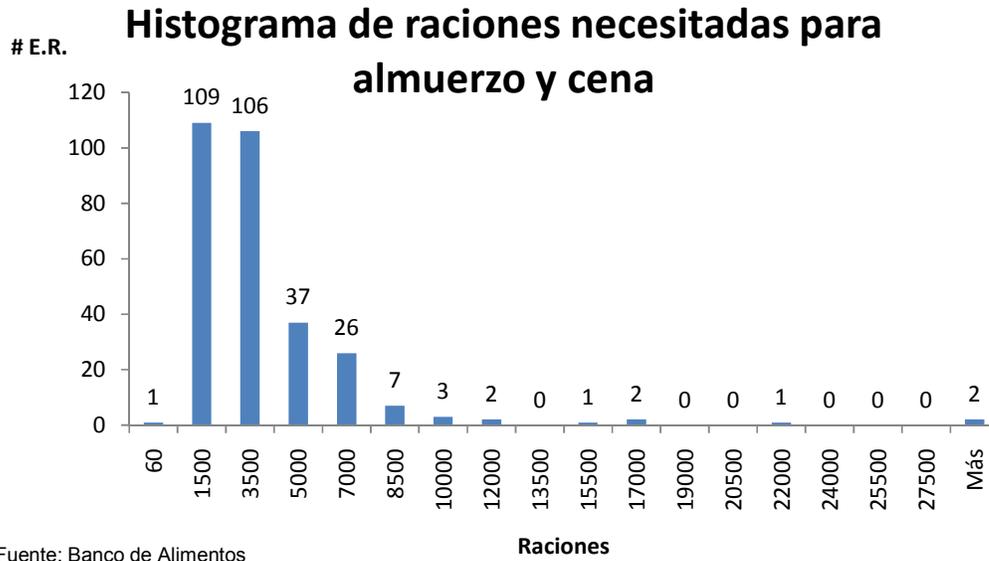


Figura 1.9. Histograma de cantidad de raciones por Entidad Receptora (E.R.) para las comidas almuerzo y cena.

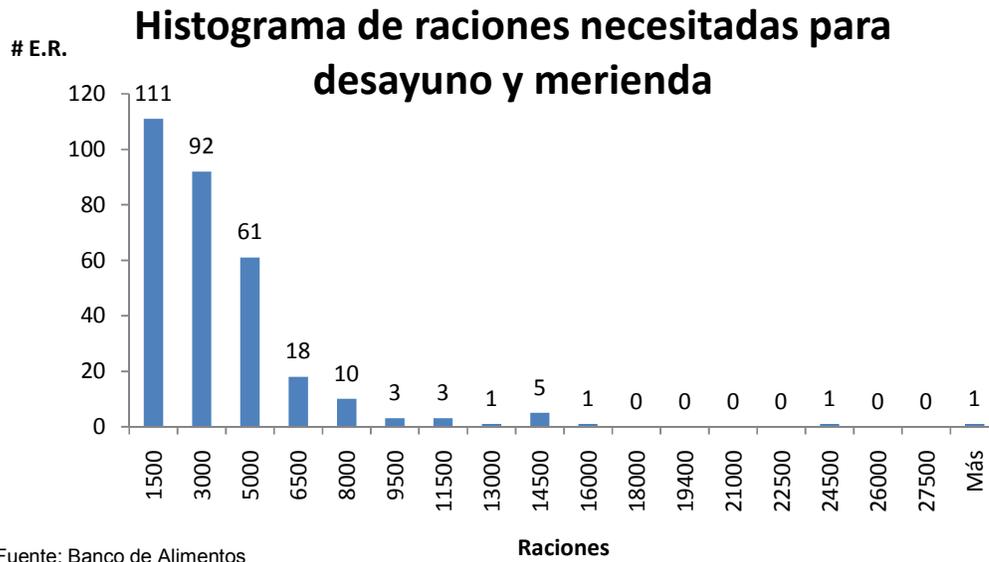


Figura 1.10. Histograma de cantidad de raciones por Entidad Receptora (E.R.) para las comidas desayuno y merienda.

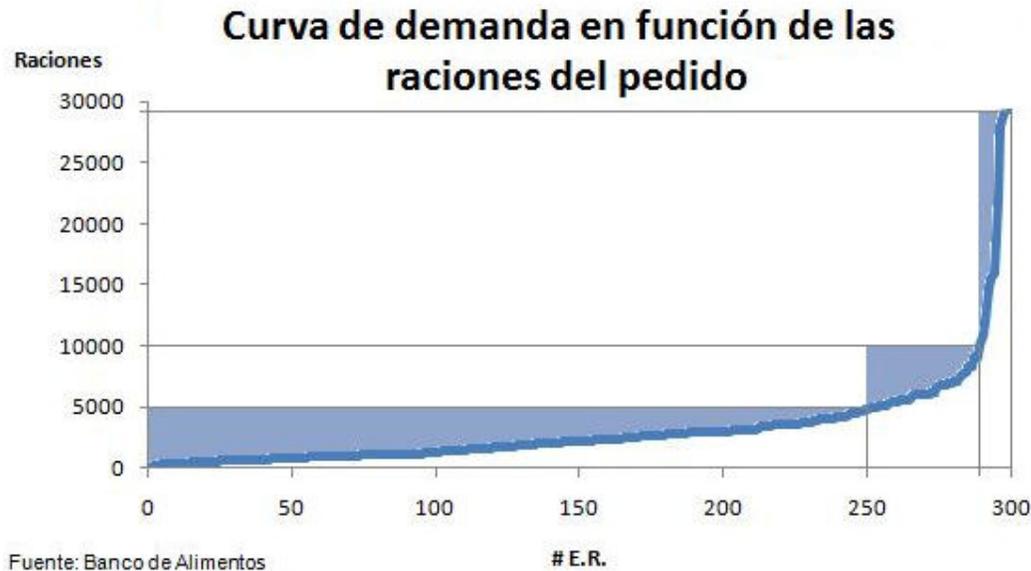


Figura 1.11. Ejemplo de cómo debería ser la asignación de raciones para que sea equitativa únicamente teniendo en cuenta la variable “tamaño” característica de las Entidades Receptoras (E.R.).

Lo que se intenta decir con el punto 2, es que se deberían tener en cuenta las otras variables ya mencionadas además del tamaño para decidir cuánto alimento asignar a cada Entidad Receptora de manera más justa. En la sección **3.2.5. El sistema es poco equitativo** se hace un análisis más intensivo de qué variables deberían ser tenidas en cuenta a la hora de asignar los alimentos y cómo.

1.3. MOTIVACIÓN PARA ABORDAR EL PROBLEMA

Mi motivación para el abordaje de este problema tiene muchos vértices que intentaré transmitir al lector en esta sección. Para comenzar, uno de los aspectos que más me motiva de este problema es su carácter de contemporaneidad. Es un problema existente hoy en día en el Banco de Alimentos y tiene consecuencias palpables. A través de este trabajo estaré dando el primer paso hacia una potencial mejora del sistema actual de asignación de alimentos. Es por eso que el carácter de viabilidad y aplicabilidad que tengan todas las propuestas que de él salgan es una de sus piedras angulares.

Esta problemática del Banco de Alimentos me motiva más aún siendo algo que descubrí por mi propia cuenta. En el 2007 se realizó a través del ITBA un

proyecto para la detección de oportunidades de mejora en la logística de recolección de alimento por parte de las Entidades Receptoras del Banco de Alimentos. Tuve la oportunidad de participar del mismo y fue allí cuando el sistema de asignación de los alimentos despertó mi interés por las posibilidades de mejora que presentaba. Desde aquel entonces tuve la asignatura pendiente de encontrar una mejor manera de llevar a cabo este proceso y es por eso que considero que esta tesis es una excelente oportunidad para alcanzar ese objetivo. Creo que el haber detectado el problema por mi cuenta es un factor altamente motivador. La mayor parte de resolver un problema es darse cuenta que el mismo existe, con lo cual no es un hecho menor.

Otro factor motivador es el desafío que plantea este problema. Creo que es lo suficientemente complejo y al mismo tiempo realizable como para poner en ejercicio el bagaje de conocimientos académicos que me brindó la carrera en la solución de problemas actuales u otras circunstancias diferentes a aquellas en los que fueron explicados. No sólo permite ejercitar estos conocimientos adquiridos, sino que también constituye una excelente oportunidad para evaluarlos personalmente.

Un cuarto motivo que me impulsa a la realización de esta tesis es su carácter social. Creo que esta problemática indirectamente impacta en la sociedad y por lo tanto, al estudiarla y proponer soluciones, estoy contribuyendo al bienestar general. Como Ingeniero Industrial, estoy convencido de que podemos convertir a la profesión en un medio para influir positivamente en el entorno y en la sociedad en general agregando valor. La mejora del sistema de asignación de alimentos del Banco de Alimentos es un perfecto ejemplo en donde se puede lograr un verdadero impacto positivo: el proyecto potencialmente podría ser benéfico para una red de 400 Entidades Receptoras (comedores, parroquias, jardines, etc.) aproximadamente asociadas que llegan a casi 60.000 personas.

1.4. IMPORTANCIA DE RESOLVER EL PROBLEMA

La importancia de resolver el problema planteado radica en varios puntos pero sin dudas el más importante es la necesidad de combatir el hambre. Según cifras de 2007, en la Argentina hay 2,1 millones de personas con hambre¹. En los lugares más pobres, como la provincia de Misiones, al día de hoy el hambre sigue siendo una posible causa de muerte. Una buena pregunta para hacerse en este momento es a qué se refiere el término sufrir hambre. Aunque existen

¹ Fuente: Diario Clarín: Un nuevo centro para combatir el hambre. 17 octubre 2007.

diferentes maneras de medir el hambre, las estadísticas argentinas siguen el criterio adoptado por el Banco Mundial según el cual el hambre es una sensación desagradable o dolorosa causada por la falta de alimentos provocada por la ingesta irregular e insuficiente de comidas dada la imposibilidad monetaria de adquirirla.

Cifras del hambre en la Argentina

Durante la época de la crisis, la falta de alimentos se vio intensificada. En el 2001, año del censo nacional, los resultados de las encuestas de hogares arrojaron resultados lamentables. En aquel entonces el 17,5% de los hogares argentinos sufrió hambre después de la devaluación, lo que equivale a 1,4 millones de familias. Entre ellas, 450.000 hogares soportaron hambre severo (cuando el fenómeno se repite frecuentemente). Uno de los aspectos más sorprendentes de la crisis es que no sólo afectó a las familias indigentes (aquellas que no llegan a comprar una canasta básica de alimentos) o pobres no indigentes, sino que también afectó a unas 242.000 familias de clase media o media baja. Se estima que alrededor de 2,6 millones de niños en las áreas urbanas argentinas que había sufrido hambre en algún momento del año siguiente a la devaluación.

A pesar de que la situación ha mejorado mucho en los últimos años post-crisis, el hambre todavía es un problema y eso lo muestran las cifras más recientes. El 53% de los niños de entre 3 y 12 años en Capital y Gran Buenos Aires presenta al menos un síntoma relacionado con la desnutrición². Y el problema no es únicamente el hambre. También se suman las consecuencias que acarrea, como la anemia, que según cifras del 2006 afectaba a uno de cada dos niños³. Aunque parezca increíble, cerca de la mitad de los argentinos no accede a una alimentación adecuada a pesar de que el país produce alimentos para 300 millones de personas por año.

Los bancos de alimentos

Frente a la problemática del hambre, los bancos de alimentos son una pieza clave en el mantenimiento del bienestar de la sociedad. En la Argentina, los bancos de alimentos distribuyen anualmente casi 3 millones de raciones. Desde el 2000, año en que apareció el primer banco de alimentos en La Plata, el modelo se replicó y hoy en día existen otros 19 bancos de alimentos en Córdoba, Goya, Gualeguaychú, Jujuy, Mar del Plata, Mendoza, Neuquén,

² Fuente: Encuesta Signos de Desnutrición Encubierta, hecha por CEOP para el Instituto Argentino de Alimentos y Nutrición (IAAN), sobre 801 hogares de Capital y Gran Buenos Aires en 2006.

³ Fuente: Diario La Nación: Alimentar el futuro. 16 de diciembre 2006.

Posadas, Río Cuarto (Córdoba), Rosario, Salta, San Juan, San Rafael, Santiago del Estero, Tandil, Tucumán, Valle de Uco (Mendoza), Virasoro (Corrientes) y Buenos Aires. En el 2005 entregaron conjuntamente casi unos 2.800 toneladas de alimentos a 855 Entidades Receptoras que atienden a 130.000 personas.

Ante la necesidad de organizarse de forma más integral, en el 2003 nació la Red Argentina de Bancos de Alimentos, cuyas funciones son:

- Promover la creación de nuevos Bancos de Alimentos.
- Asistir, capacitar y trabajar junto a los Bancos de Alimentos en la asistencia alimentaria y en programas de desarrollo humano vinculados a la alimentación.
- Coordinar los intercambios de excedentes de alimentos entre los Bancos del país.
- Representar a los Bancos de Alimentos a nivel nacional e internacional.
- Auditar a los Bancos de Alimentos para asegurar el cumplimiento de los procedimientos.
- Reducir al mínimo posible el descarte de productos alimenticios que son aptos para consumo humano aunque no puedan ser comercializados.

La Red a su vez pertenece a la Red Global de Bancos de Alimentos. Esta red surgió como una iniciativa conjunta entre Canadá, México, Estados Unidos y la Argentina, y luego se agregó el Reino Unido. Ahora esperan sumar a la Red Europea de Bancos de Alimentos. Su objetivo es formar alianzas con otras organizaciones que luchan contra el hambre y con eventuales donantes de alimentos, para combatir el hambre, que afecta a unas 852 millones de personas y mata a un niño cada cinco segundos en el mundo (más personas que el sida, la malaria y la tuberculosis combinados). Reúne a unos 1.400 bancos de alimentos a nivel global que reparten 1.400 millones de kilogramos de comida por año entre 50 millones de personas.

Aportes de la tesis

La relevancia del problema del hambre a nivel nacional y mundial hace que los bancos de alimentos cobren importancia y que cualquier mejora que se pueda realizar en ellos sea para bien. Las propuestas que de este trabajo salgan para mejorar el sistema de asignación del Banco de Alimentos de Buenos Aires podrán aportar un pequeño grano de arena a esta lucha mundial contra el hambre. Propuestas que conduzcan a un mejor aprovechamiento de los recursos del Banco de Alimentos, que aumenten la equidad del sistema para aumentar la confianza en el mismo y evitar conflictos, o que contribuyan a tener Entidades Receptoras más satisfechas, son de gran valor y allí radica la importancia de estudiar esta problemática.

Finalmente, el contenido de esta tesis podrá contribuir a la literatura académica del campo de la gestión de bienes escasos, con lo que podrá resultar valiosa para otras instituciones que manejen sistemas de asignación de bienes.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

El Banco de Alimentos ha tenido el sistema de asignación de alimentos actual desde sus comienzos. No ha habido interés ni los recursos necesarios en estudiar posibles mejoras al mismo. Sin embargo, al considerar otros procesos, el Banco de Alimentos no muestra aversión a intentar mejoras en ellos. Ya lo ha hecho a través de certificaciones ISO y de proyectos conjuntos con el Instituto Tecnológico de Buenos Aires, como el de detección de oportunidades de mejora en la logística de recolección de alimento por parte de las Entidades Receptoras mencionado en la sección **1.3. MOTIVACIÓN PARA ABORDAR EL PROBLEMA**. Es por eso que, en caso de encontrar una mejor manera de llevar a cabo la asignación de alimentos, es de esperar que la misma tenga buena aceptación.

Sin embargo, el estudio de los sistemas de asignación es de gran interés en diferentes ámbitos, inclusive dentro del de organizaciones sin fines de lucro. En Estados Unidos, se han dado ocasiones en las que la necesidad de repartir algún tipo de producto o servicio ha derivado en la generación de modelos de asignación innovadores y complejos. Por lo general, estos modelos surgen de estudios conjuntos con miembros académicos de las diferentes especialidades de la ingeniería industrial de las universidades más prestigiosas de Estados Unidos.

Los dos casos que encuentro más interesantes en esta rama de estudio son el del *Public Health Institute* y el de *America's Second Harvest*. Creo que es bueno explicarlos brevemente para entender una de las principales fuentes de enriquecimiento y motivación que llevaron al autor a realizar esta tesis, para comparar estos casos con el del Banco de Alimentos y para entrar más en conocimiento con este tema tan interesante antes de continuar con la lectura de la tesis.

2.1. SISTEMA DE APOYO DE DECISIONES PARA LA ASIGNACIÓN DE MEDICAMENTOS

En 1998 una demanda judicial del estado de California obligó a 19 compañías farmacéuticas a proveer medicamentos por un valor de unos 150 millones de dólares de forma gratuita a más de 150 clínicas y hospitales de dicho estado durante tres años. El *Public Health Institute* (PHI), una organización sin fines de lucro que promueve la salud de las personas en Estados Unidos, tuvo la responsabilidad de distribuirlos en forma justa y equitativa. Éste acudió a Jayashankar M. Swaminathan, jefe del área de tecnología en operaciones y administración de innovaciones en la Universidad de Carolina del Norte, para

que creara un sistema capaz de asignar los medicamentos de la mejor manera posible.

La asignación sería compleja, porque había varios tipos de drogas y porque se impusieron muchas restricciones: cada empresa farmacéutica puso límites al valor total de los medicamentos que proveería por categoría de medicamento y por tipo de droga; se establecieron montos mínimos de dinero y de cantidad de drogas para las órdenes de las clínicas. Además, el hecho de que las clínicas fueran muy diferentes entre sí (en tamaño, en especialidad, etc.) hacía difícil crear un sistema justo con todas.

La demanda judicial estableció una cuota máxima en dólares de las drogas que podría recibir cada clínica. Como los medicamentos eran gratuitos, las clínicas pedirían las drogas más críticas y aprovecharían al máximo cada centavo de su cuota, con lo cual la demanda excedería a la oferta para algunas drogas.

Para la asignación, los tres años se subdividieron en intervalos de pedido de tres meses. Las órdenes se realizaban en tres pasos:

Paso 1: El PHI indica a las clínicas el monto de su cuota para un determinado período, calculado en base a normas determinadas por el estado de California que contemplan su ubicación, población servida y situación financiera.

Paso 2: Las clínicas tenían entonces una ventana temporal de dos semanas para realizar sus pedidos online, en un sitio en donde también podían ver las drogas disponibles para ese período.

Paso 3: Una vez recibidas todas las órdenes, comenzaba el proceso de asignación. Este asigna diferentes prioridades a las clínicas. Por ejemplo, las clínicas de salud mental tienen mayor prioridad para las drogas de salud mental.

Al finalizar el período de tres años, el 90% del presupuesto en drogas se ha distribuido a las clínicas gracias al sistema de apoyo de decisiones. Muchos pacientes sin seguro médico con acceso difícil o nulo a la medicación recibieron sus drogas recetadas. Además, muchas empresas farmacéuticas tomaron este caso como guía para lograr una operación más eficiente y equitativa de sus programas de donación de drogas.

2.2. SISTEMA DE APUESTAS DE PUNTOS ONLINE PARA LA ASIGNACIÓN DE ALIMENTOS

*Historia*⁴

America's Second Harvest es la red de bancos de alimentos de Estados Unidos, que reparte anualmente más de 900 millones de kilogramos de alimentos a un conjunto de 200 bancos de alimentos y organizaciones de lucha contra el hambre, a través de los cuales llega casi a unas 100.000 entidades receptoras. Aunque parezca increíble que en uno de los países más desarrollados del mundo sean también necesarias estas organizaciones, la red entrega alimentos a más de 25 millones de estadounidenses.

En lo que se refiere a sistemas de asignación, *America's Second Harvest* siempre lo ha considerado un reto y ha tratado de estar a la búsqueda de técnicas de vanguardia.

A principios de los 80 quien pudiera recoger los alimentos en el momento más oportuno recibía la donación.

A fines de los 80 cambiaron el sistema y comenzaron a utilizar factores asociados a la pobreza y al número de beneficiarios para determinar la cuota de alimentos que cada banco debería recibir por año. A medida que se recibían alimentos, se los asignaba a aquellos bancos que estuvieran primeros en una lista rotativa, que los ordenaba según cuán lejos estuvieran de alcanzar su cuota. Si un banco no aceptaba una carga de alimentos porque el costo de transporte era muy elevado, la carga igualmente contaba como una asignación y la cuota remanente de dicho banco disminuía.

Susannah Morgan, directora ejecutiva del Banco de Alimentos de Alaska, describe a este sistema de asignación, muy parecido al sistema actual del Banco de Alimentos de Buenos Aires, de la siguiente manera: "Cuando tu nombre figuraba arriba en la lista, alguien te llamaba y decía, '¿Te gustaría esta carga?' Si se trataba de pollo, estabas feliz. Si se trataba de barriles de aceitunas, tal vez no era lo mejor...pero por más que la tomaras o no, tu nombre se regresaría al fondo de la lista hasta la próxima vez que te tocara. No había elección, sólo sí o no."

⁴ La información acerca del nuevo sistema de asignación de *America's Second Harvest* utilizada en esta sección 2.2. SISTEMA DE APUESTAS DE PUNTOS ONLINE PARA LA ASIGNACIÓN DE ALIMENTOS ha sido obtenida de un artículo de Patricia Houlihan para la revista para la *University of Chicago*.

El personal de *America's Second Harvest* trataba de adivinar lo que cada uno necesitaba en un intento de mejorar el sistema; a veces incluso salteando un nombre de un banco en la lista para salvarlo de tener que rechazar una carga, lo cual a su vez generaba algunos conflictos. "Puede que haya una carga de pollos en Florida, pero *America's Second Harvest* diría, 'Alaska no querrá ir hasta Florida por ella'", cuenta Morgan. "Pero ellos no sabían realmente si yo quería la carga lo suficiente como para hacer eso."

En algunas ocasiones, el problema eran demasiados alimentos. *America's Second Harvest* ofrecía a un banco de alimentos artículos que los productores locales ya estaban donándoles. Por ejemplo, los bancos de alimentos de Idaho recibían papas y los de Florida jugo de naranja, alimentos que en la mayoría de los casos vencían antes de poder ser distribuidos.

El nuevo sistema de apuestas

Hace casi tres años, luego de 15 años de uso, el sistema de la lista rotativa fue reemplazado por un sistema de apuestas de puntos online elaborado por los profesores Harry Davis, Robert Hamada, Canice Prendergast y Donald Eisenstein de la *University of Chicago*. Su principio subyacente es dejar a los bancos de alimentos competir por los productos que más quieren. "Decidir en qué productos apostar no es fácil, pero nadie sabe más del servicio que brindamos y de los alimentos que necesitamos que nosotros", dice John Arnold de un banco de alimentos en Michigan. "Para bien o para mal, la toma de decisiones ahora está precisamente en manos de quien debería". Ellos prefieren por mucho este nuevo enfoque al de "*big brother*", llamado así por el hecho de que era un único sujeto el que tomaba las decisiones.

Cada mañana, *America's Second Harvest* asigna los puntos a cada banco de alimentos mediante una ecuación basada en su pobreza y número de beneficiarios. Ellos pueden apostarlos o ahorrarlos. Dos veces al día, se publican los productos disponibles y se lleva a cabo una apuesta cerrada del estilo de la de *eBay*. El mejor postor ganaría la carga a cambio de los puntos de la segunda apuesta más alta, algo parecido a ganarle al segundo mejor postor por un infinitésimo de puntos. Todos los puntos apostados en un día se reasignarían proporcionalmente a todos los Bancos de Alimentos usando nuevamente los factores asociados a la pobreza y al número de beneficiarios

Para asegurarse que los bancos de alimentos pequeños pudieran de vez en cuando superar las apuestas de los "gigantes" se les dio tres libertades:

1. Podrían obtener más crédito.

2. Podrían juntarse y apostar por un consolidado, ganando una carga demasiado grande para cada uno por separado pero conveniente al compartirla.
3. Podrían dar una lista de productos deseados a *America's Second Harvest* para que administrara sus apuestas.

Los diseñadores del sistema además pensaron que un sistema de apuestas funcionando continuamente beneficiaría a los "gigantes" con suficiente *staff* como para dejar a alguien durante todo el día siguiendo al mercado y a los productos entrantes. Por lo tanto decidieron que los alimentos se pondrían en apuesta solamente dos veces al día. También decidieron otorgar números considerables de puntos a pequeños bancos que no pertenecieran a la red para incentivarlos a participar del sistema.

Otro incentivo también fue necesario para lograr que los bancos de alimentos volcaran los productos que no usarían en las subastas para que otro los adquiriera. Bancos de alimentos con sobrantes de productos locales podrían ofrecerlos a otros apostadores a través del sistema, recibiendo el 90% de los puntos resultantes de la apuesta que los ganara. El restante 10% constituiría un "impuesto" recaudado por *America's Second Harvest* y se reasignaría a los bancos en mayor necesidad de asistencia.

Los diseñadores describen que una de las tareas más difíciles fue la de preparar a los directores de los bancos de alimentos a participar en un mercado libre cuando ellos estaban acostumbrados a una cultura socialista y dictatorial. "Estaban preocupados por lo que percibían como inequidad inherente del capitalismo. Pero las restricciones y controles que impusimos al sistema y el prototipo que probaron, sumado a su frustración con el sistema antiguo, ayudó a persuadirlos. Se veían obligados a tomar cosas que no querían y pagar su transporte."

Una vez implementado el sistema, el *staff* de *America's Second Harvest* tiene ahora más tiempo libre para buscar más donaciones de los fabricantes, tanto en volumen como en variedad.

Luego de poner al sistema en funcionamiento, el impacto fue muy positivo. Los alimentos donados aumentaron en un 22%, 57% de los miembros de la red aseguraron notar un aumento en los productos que reciben y casi 4 toneladas de alimentos fueron dados de un banco de alimentos a otro a través del sistema en el primer año.

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

3.1. PROCESOS DEL BANCO DE ALIMENTOS

En la **Figura 3.13** se presenta un diagrama de procesos que intenta esquematizar el funcionamiento del Banco de Alimentos desde una visión genérica. El mismo utiliza la notación IDEFO (ver **Figura 3.12**), donde en cada bloque se “procesan” los “ingresos” utilizando “información” y “recursos” disponibles. De esta manera, a través de las relaciones entre los distintos procesos internos, se logra “mapear” el funcionamiento del Banco.

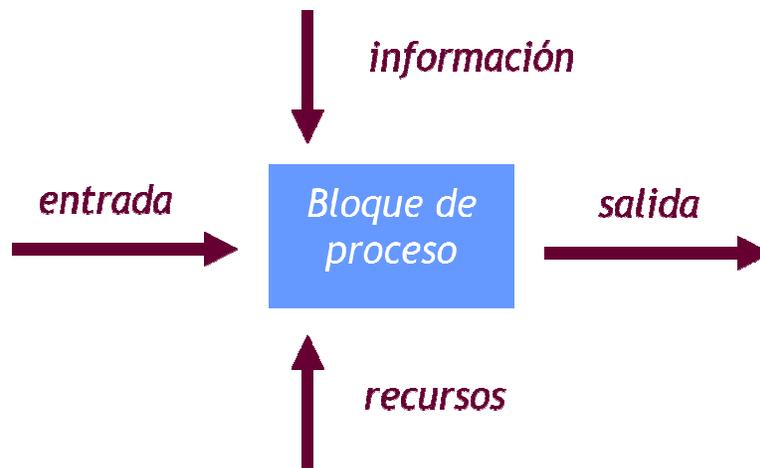


Figura 3.12. Cuadro sintético de la notación IDEFO: en cada bloque se “procesan” los “ingresos” utilizando “información” y “recursos” disponibles.

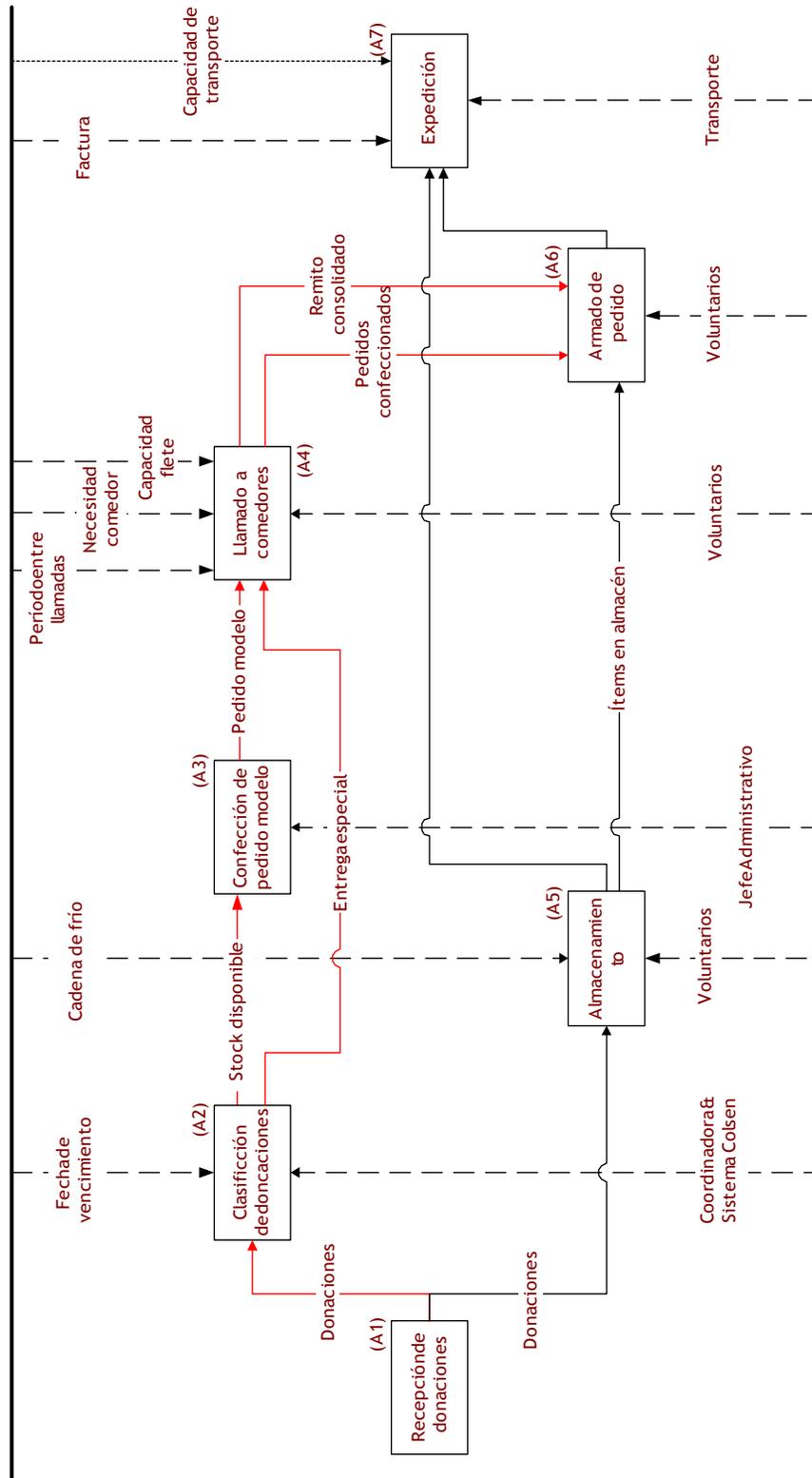


Figura 3.13. Diagrama de procesos que intenta esquematizar el funcionamiento del Banco de Alimentos

3.1.1. Recepción de donaciones

El Banco de Alimentos es un puente entre quienes pueden dar y los que necesitan. Sin los donantes o sin las Entidades Receptoras no sería posible su funcionamiento.

Con respecto a los donantes, hoy el Banco de Alimentos se sostiene principalmente gracias al aporte de 70 empresas de consumo masivo que donan alimentos y a 250 particulares que donan dinero. Cuando se concreta una donación, se completa una "Orden Interna de Recepción", donde figuran los datos del donante, descripción de la donación (producto, cantidad y fecha de vencimiento) y condiciones de entrega. La administración envía un recibo al donante como comprobante de la recepción.

Toda la mercadería es recibida por el Jefe de Depósito, quien realiza o verifica que se lleven a cabo los siguientes pasos:

- Comprobación del contenido de la hoja de recepción y firma de la acreditación de recepción de la mercadería.
- Designación del lugar físico en que se debe colocar la mercadería de acuerdo a las reglas de almacenamiento correspondientes. Si se trata de productos congelados irán a parar a la cámara de congelados, de 33 m², que conserva productos hasta una temperatura de -22°C y si se trata de productos refrigerados irán a la de frío, de 33 m², que los conserva hasta una temperatura de 0°C.
- Colocación de la mercadería en el lugar asignado.
- Ingreso de los productos recibidos en el sistema operativo Colsen. Este es un software especialmente diseñado para el Banco de Alimentos que le permite un registro preciso de los ingresos y salidas de los alimentos y, por ende, una rendición transparente a los donantes.

El ingreso de los productos al sistema administrativo depende del tipo de mercadería que se trate. Cuando los productos tienen fecha de vencimiento lejana se ingresan al sistema como productos disponibles para la confección del pedido modelo estándar. Cuando tienen fecha de vencimiento cercana también se ingresan al sistema como productos disponibles, con la diferencia de que se debe informar al Jefe del Sector Administrativo acerca de la disponibilidad de los mismos para que los incluya cuanto antes en los pedidos

modelo y así las voluntarias puedan ofrecerlo a las Entidades Receptoras. En caso de que el mismo no pueda ser agotado por esta vía, se les encuentra un destino especial, es decir se los regala a través de las entregas directas.

Existen también productos comprados para un determinado programa. Es decir, productos que tienen un fin específico para un grupo determinado de Entidades Receptoras. No son alimentos que se ofrecerán a todas las Entidades Receptoras por igual sino que serán utilizados para el fin con el cual se los adquirió. La tarea del Jefe de Depósito en este caso es la misma que para productos donados, pero al ingresar los datos de la mercadería en el sistema operativo se debe bloquear la misma para que no pueda ser asignada a la preparación de pedidos.

3.1.2. Clasificación de donaciones

Cuando se recibe la mercadería de las donaciones, se descargan los pallets y se desarmen para poder clasificar lo que hay en su interior. En aquellos casos en que el pallet está formado por un mismo tipo de SKU su desarme no es necesario y se puede almacenarlo directamente.

La mercadería desarmada se clasifica según el tipo de producto y fecha de vencimiento. En esta instancia además se realiza un control visual de lo recibido para descartar la mercadería que no cumpla con los estándares de calidad del Banco de Alimentos. Por ejemplo, latas que presenten los defectos como agujeros y/o pérdidas se descartan y latas oxidadas se frotan con virulana hasta eliminar todo el óxido y comprobar que es sólo superficial.

El Jefe de Depósito es el supervisor de las tareas de clasificación y control de calidad y debe decidir si se aceptan o se desechan productos dudosos.

Almacenamiento

Finalizada la clasificación, los productos que sean considerados semejantes, ya sea por disponer de la misma fecha de vencimiento o por tratarse del mismo producto, se colocan en un mismo pallet, que se almacena en los racks del depósito. Cada pallet va acompañado de una planilla que indica el criterio de clasificación utilizado (mismo SKU con misma fecha de vencimiento o distintos SKU con misma fecha de vencimiento), el/los tipo/s de producto, código del donante, fecha de vencimiento, cantidad, kilaje por bulto, kilaje total y número de remito.

Las planillas completadas en un día se entregan posteriormente al personal administrativo para que pueda ingresar los datos en el sistema.

3.1.3. Confección de pedido modelo

El Jefe del Sector Administrativo arma los pedidos modelo (o pedidos estándar) con una frecuencia diaria según los productos que se encuentren disponibles en el depósito. La cantidad de productos ofrecidos a cada Entidad Receptora se determina en función a su cantidad de raciones, como se explica en la sección **1.2. CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA.**

Las raciones

La unidad que se usa para cuantificar los alimentos en el Banco de Alimentos son las raciones. ¿Por qué se habla de raciones? El motivo principal por el que se utiliza la métrica raciones y no otras como peso, volumen o valor monetario es porque las comidas de las personas se rigen por raciones, y no por otra métrica. Es decir, lo que lo satisface a uno es una ración, tenga el peso que tenga, el volumen que tenga o el valor monetario que tenga. Por ejemplo, una ración (plato) de lentejas puede alimentarme como me puede alimentar un plato de fideos. Para mí, ambos equivalen a una ración de almuerzo o cena, por más que su peso, volumen o valor monetario sea diferente.

Poder manejar los alimentos en una métrica que esté directamente vinculada con la manera en que alimenta a las personas es sumamente útil para el Banco de Alimentos porque le permite hacer comparaciones entre los alimentos desde el punto de vista de las personas, y no desde la balanza o desde el bolsillo. Es decir, para una Entidad Receptora 100 kg de papa no son intercambiables con 100 kg de arroz, pero 100 raciones de papa sí lo son con 100 raciones de arroz (aquí no se están teniendo en cuenta preferencias que pueda a llegar a tener la Entidad Receptora sobre un alimento sino que sólo se tiene en cuenta lo que alimenta).

Obviamente el primer interrogante que surge del párrafo anterior es, ¿Las raciones, no varían entre personas? La respuesta a esa pregunta es obviamente sí. No sólo varían al variar la edad y el sexo, sino que también dos personas con la misma edad y sexo pueden tener metabolismos distintos y por lo tanto necesitar distintas raciones. Frente a esto, y a sabiendas de que las Entidades Receptoras tienen individuos distintos entre sí en términos de edad y sexo (e inclusive dentro de una misma Entidad Receptora pueden haber diferencias), la validez de cuantificar a los alimentos en una única unidad para todos los beneficiarios llamada raciones puede ser cuestionada por algunos.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que las pirámides poblacionales⁵ entre las Entidades Receptoras son aproximadamente similares y en caso de que no lo sean (por ejemplo un jardín preescolar que alimente todos niños menores a 6 años) el Banco de Alimentos ajusta las raciones de esa Entidad Receptora particular a la hora de definir las para que todas las raciones de todas las Entidades Receptoras sean aproximadamente comparables (se dice aproximadamente comparables porque el ajuste que se realiza es aproximado y sería imposible lograr que las raciones sean perfectamente comparables). Este concepto quedará más claro en los párrafos a continuación.

Otro punto importante de las raciones del Banco de Alimentos es que las hay de dos tipos: raciones de desayuno y merienda, o raciones de almuerzo y cena. Para el Banco de Alimentos y con fines operativos, se considera al desayuno y a la merienda como una misma comida dado que requieren de los mismos productos o materias primas. Lo mismo ocurre con el almuerzo y la cena. Por lo tanto, desde el punto de vista del Banco de Alimentos es lo mismo una ración de almuerzo que una de cena, o una de merienda que una de desayuno.

Determinación de raciones de las Entidades Receptoras

Algunas Entidades Receptoras brindan sólo una de las cuatro comidas, otras las cuatro, y otras ofrecen un intermedio. Por ejemplo, si una Entidad Receptora atiende a 100 personas y ofrece las cuatro comidas diarias su necesidad diaria de raciones será de 400 raciones.

El Banco de Alimentos hoy en día determina la cantidad de raciones que entregaría como máximo a una Entidad Receptora por mes, de desayuno y merienda, y de almuerzo y cena por separado, en base a la **Ecuación 7**. Como se explica en la sección a continuación **El pedido modelo**, las raciones que finalmente termina ofreciendo suelen ser mayores.

$$r_i = S_i \cdot W_i$$

Ecuación 7

r_i : Cantidad de raciones que el Banco de Alimentos entregaría por mes a la Entidad Receptora i .

S_i : Cantidad de raciones que la Entidad Receptora i necesita por mes.

⁵ La pirámide de población es la representación gráfica de la distribución por edad y sexo de la población.

W_i : Porcentaje de necesidades que el Banco de Alimentos desea atender de la Entidad Receptora i .

Las raciones de alimento que la Entidad Receptora necesita por mes se calculan de la misma manera que en el ejemplo anterior, con dos salvedades:

1. Se toma un número promedio de días por mes válido para todos los meses.
2. Se debe ajustar la cantidad de raciones en función de la pirámide poblacional de la Entidad Receptora en cuestión como ya se ha explicado.

Estas raciones de alimento se calculan para todo el mes. Si la Entidad Receptora no funciona todos los días del mes, por ejemplo no atiende los fines de semana, entonces el cálculo se hará para la cantidad de días del mes que sí atiende.

El porcentaje de necesidades que el Banco de Alimentos desea atender de la Entidad Receptora representa qué porción de las raciones que la Entidad Receptora necesita para alimentar a todos sus beneficiarios durante un período de tiempo está dispuesto a cubrir el Banco de Alimentos. Es así como el Banco de Alimentos cubre por ejemplo un 30% de las necesidades de una Entidad Receptora, y un 60% de otra. Este porcentaje depende de la disponibilidad de recursos ajenos al Banco de Alimentos que tenga la Entidad Receptora. Es decir, el Banco de Alimentos seguramente cubrirá un menor porcentaje de las necesidades totales de una Entidad Receptora que tenga muchos otros donantes. De todas maneras, el Banco de Alimentos nunca está dispuesto a cubrir un 100% de las necesidades de una Entidad Receptora, aún cuando la Entidad Receptora declare no tener otros donantes. Hace esto por dos motivos:

1. Para que la Entidad Receptora no genere una dependencia absoluta de las donaciones del Banco de Alimentos y se vuelva muy vulnerable. Lo que busca con esto es que, si un día el Banco de Alimentos no puede repartir alimentos a esa Entidad Receptora, la misma no desaparezca o haga sufrir a sus beneficiarios de hambre.
2. Para incentivar a las Entidades Receptoras a la búsqueda de más fuentes de donaciones por su cuenta, diversificando su portfolio de donantes y disminuyendo su riesgo operativo en caso de que el Banco de Alimentos no pueda darles alimentos.

El pedido modelo

El pedido modelo, como se explica en las secciones anteriores, es un conjunto de raciones de diferentes alimentos que el Jefe del Sector Administrativo define diariamente. El mismo se ofrece a las Entidades Receptoras aproximadamente una vez por mes. El número de raciones de los pedidos modelo suele permanecer constante en el tiempo. Lo que varía son los alimentos que lo componen, en función de la disponibilidad de alimentos que exista en ese momento en el Banco de Alimentos y muestre el Colsen. Es decir, como las donaciones de alimentos de las empresas de consumo masivo no son siempre iguales y predecibles a lo largo del tiempo, es necesario hacer pedidos modelo con un *mix* de productos que varíe en el tiempo, es decir, dinámicos. Las Entidades Receptoras no pueden pedir lo que ellas quieren, sino que se ven sometidas a lo que contenga el pedido modelo.

Existen tres pedidos modelo que se diferencian en función de las raciones que contienen:

- Pedido modelo pequeño: contiene 1.000 raciones.
- Pedido modelo intermedio: contiene 2.500 raciones.
- Pedido modelo grande: contiene 5.000 raciones.

En los pocos casos en que una Entidad Receptora tenga una necesidad mayor a 5.000 raciones se confecciona un pedido modelo especial para ella de mayor tamaño. Los pedidos modelo pueden ser tanto para almuerzo y cena como para desayuno y merienda, con lo que en realidad hay unos seis pedidos diferentes y no tres. Para que la confección de estos pedidos modelo primero se determina el pedido modelo intermedio y, a partir de este, se determinan los pedidos modelo grande y pequeño. La validez de esta metodología se discute más adelante. Por lo tanto, si se habla de pedido modelo intermedio, es justamente porque los otros pedidos modelo se determinarán más adelante.

La manera en que se confeccionan los pedidos modelo en el Banco de Alimentos es compleja en el sentido de que es difícil de explicar. Ocurre esto porque no sigue una serie de pasos preestablecidos que se apliquen en toda circunstancia sino que es arbitraria. Es decir, la confección de los pedidos modelo depende del Jefe del Sector Administrativo y de decisiones que toma en el momento, que no se rigen por ningún procedimiento de libros. Esto de hecho es una de mis críticas al modelo que se retoma en la sección **3.2.1. La confección de pedidos modelo es arbitraria**. Sin embargo, en esta sección

se propone una aproximación de dos enfoques distintos al método de confección de pedidos modelo que se lleva a cabo en el Banco de Alimentos. Esta aproximación por dos enfoques tiene las siguientes características:

- Cada uno de los enfoques se apoya en un principio subyacente diferente: el primero en *minimizar el vencimiento de alimentos*, y el segundo en *maximizar la variedad* de alimentos en el pedido modelo. Se trata de dos extremos bien diferenciados.
- El método de confección de pedidos modelo actual en el Banco de Alimentos puede describirse como una yuxtaposición de ambos enfoques, situándose en algún punto medio entre ambos extremos.

Esto tiene la ventaja de que se aíslan los efectos que pone en la balanza el Jefe del Sector Administrativo a la hora de tomar sus decisiones y hace q sea más fácil de entender el método de confección de pedidos modelo actual.

Primer Enfoque: minimizar el vencimiento de los alimentos (maximizar la eficiencia)

El principio subyacente de este enfoque es el de *minimizar el vencimiento de los alimentos*. Es decir, lo que se busca siempre al adoptar la postura propuesta por este enfoque es evitar que los alimentos venzan a toda costa, sin tener en cuenta ninguna otra variable.

Esta postura da como resultado el método de confección de pedidos modelo descrito a continuación por medio de 4 pasos.

Paso 1: El Jefe del Sector Administrativo se fija qué alimentos hay en stock a través del sistema Colsen. Se fija qué tipos de alimento hay, cuántas raciones disponibles hay de ese alimento, y cuándo es su fecha de vencimiento. El Colsen permite ver esa lista en poco tiempo, con los productos ordenados según su fecha de vencimiento ascendente. Por lo tanto, puede ocurrir que un tipo de producto aparezca en dos o más lugares diferentes de la lista si es que se recibieron dos o más partidas del mismo con distintas fechas de vencimiento.

Paso 2: Seleccionando la partida de alimento más próxima a vencer de la lista de partidas de alimento, el Jefe del Sector Administrativo calcula PMI_j que representa cuántas raciones de la partida de alimento j habría que dar en el pedido modelo intermedio a las Entidades Receptoras que se presenten en los

días anteriores al vencimiento del producto. Este número de raciones se calcula a partir del cociente entre el total de raciones que tiene la partida del alimento en cuestión y la multiplicación entre los días que faltan para su vencimiento y la cantidad de Entidades Receptoras que reciben pedidos por día en promedio (ver **Ecuación 8**).

$$PMI_j = \frac{P_j}{D_j \cdot N}$$

Ecuación 8

P_j : Cantidad de raciones totales existentes para la partida de alimento j .

D_j : Días restantes para el vencimiento de la partida de alimento j excluyendo fines de semana.

N : Cantidad promedio de Entidades Receptoras que retiran pedidos por día.

Así por ejemplo, si la partida de alimento más próxima a vencer son unas 935 raciones de lentejas que vencen en 4 días, y el número promedio de Entidades Receptoras reciben pedidos por día son 18, las raciones de lentejas que recibirá cada Entidad Receptora en el pedido modelo intermedio resultan 13 y se calculan a partir de la **Ecuación 9**.

$$13 \frac{\text{raciones}}{E.R.} \cong \frac{935 \text{ raciones}}{4 \text{ días} \cdot 18 \frac{E.R.}{\text{día}}}$$

Ecuación 9

Paso 3: En caso de que la cantidad de raciones calculadas según el **Paso 2** supere las 2.500 raciones del pedido modelo intermedio solamente se tomarán entonces 2.500 raciones de la partida de alimento más próxima a vencer para incluir en el pedido modelo intermedio. Caso contrario, se pasa al **Paso 4**.

Paso 4: Una vez calculadas las raciones según el **Paso 2**, se las asignan al pedido modelo intermedio. Esto quiere decir que el pedido modelo intermedio ya tiene algunas raciones de las 2.500 que lo conforman. Se considera a esa partida como ya asignada para el pedido modelo intermedio de ese día, con lo

que habrá que seguir conformando el pedido modelo intermedio con las partidas de alimento más próximas a vencer que le siguen en la lista.

Volviendo sobre el ejemplo anterior de las lentejas, se tendrían 13 raciones de 2.500 ya contenidas en el pedido modelo intermedio, con lo que habría que añadir unas 2.487 raciones de alimento como muestra la **Ecuación 10**.

$$2.500 - 13 = 2.487$$

Ecuación 10

Paso 2': El Jefe del Sector Administrativo entonces selecciona la segunda partida de alimento más próxima a vencer y repite el procedimiento anterior, resolviendo la **Ecuación 8**.

Si en el ejemplo la segunda partida de alimento más próxima a vencer después de las lentejas son 100.000 raciones de papas fritas congeladas que vencen en cinco días entonces las raciones de este alimento a agregar al pedido modelo intermedio son unas 1.111 (ver **Ecuación 11**).

$$1.111 \frac{\text{raciones}}{E.R} \cong \frac{100.000 \text{ raciones}}{5 \text{ días} \cdot 18 \frac{E.R.}{\text{día}}}$$

Ecuación 11

Paso 3': Se verifica aquí nuevamente que el añadir las raciones calculadas en el paso anterior no haga que el pedido supere las 2.500 raciones. Si ocurre esto, entonces sólo se tomarán las raciones que falten del alimento en cuestión para completar las 2.500 raciones del pedido modelo intermedio. Caso contrario se pasa al **Paso 4'**.

Paso 4': Se asignan esas raciones calculadas al pedido modelo intermedio que ya tiene al primer alimento de la lista, quedando ahora con dos partidas de alimento diferentes conformándolo para ese día. Se considera a esa partida como ya asignada para el pedido modelo intermedio de ese día, con lo que habrá que seguir conformando el pedido modelo intermedio con las partidas de alimento más próximas a vencer que le siguen en la lista.

El pedido modelo intermedio del ejemplo tendría entonces ahora unas 1.124 raciones (ver **Ecuación 12**) con lo que habría que seguir agregando raciones de la partida de alimento más próxima a vencer después de las lentejas y las papas fritas congeladas.

$$13 + 1.111 = 1.124$$

Ecuación 12

Paso 2”, 3” y 4”: El proceso descrito continúa sucesivamente, con el Jefe del Sector Administrativo seleccionando la partida de alimento más próxima a vencer en la lista después de las partidas ya añadidas al pedido modelo intermedio de ese día y añadiendo las raciones correspondientes de esa partida.

Estos pasos se repiten hasta que la diferencia entre las 2.500 raciones del pedido modelo intermedio y las raciones de alimentos ya asignadas a ese pedido sea positiva. Cuando el número de raciones a asignar por el **Paso 2** intermedio hace que la totalidad de raciones asignadas al pedido modelo supere las 2.500 raciones ya asignadas, se dejan de repetir estos pasos y se tiene al pedido modelo intermedio casi completo. Las raciones que restan para llegar a las 2.500 se tomarán de la partida de alimento más próxima a vencer que todavía no haya sido incluida en el pedido modelo intermedio confeccionado según el **Paso 3**. En el ejemplo, los pasos se repiten hasta asignar al pedido modelo intermedio del día las 1.376 (ver **Ecuación 13**) raciones de alimento que faltan.

$$2.500 - 13 - 1.111 = 2.500 - 1.124 = 1.376$$

Ecuación 13

Los **Pasos 1 a 4** se esquematizan en forma de flujograma en la **Figura 3.14** para su mejor comprensión. En el **ANEXO A** se incluye un ejemplo numérico de cómo sería la confección del pedido modelo intermedio según este enfoque para un período de 5 días comenzando el 22/01/2008, con cuatro partidas de alimento en el depósito según la lista del Colsen, suponiendo un promedio de 18 Entidades Receptoras retirando pedidos por día en promedio.

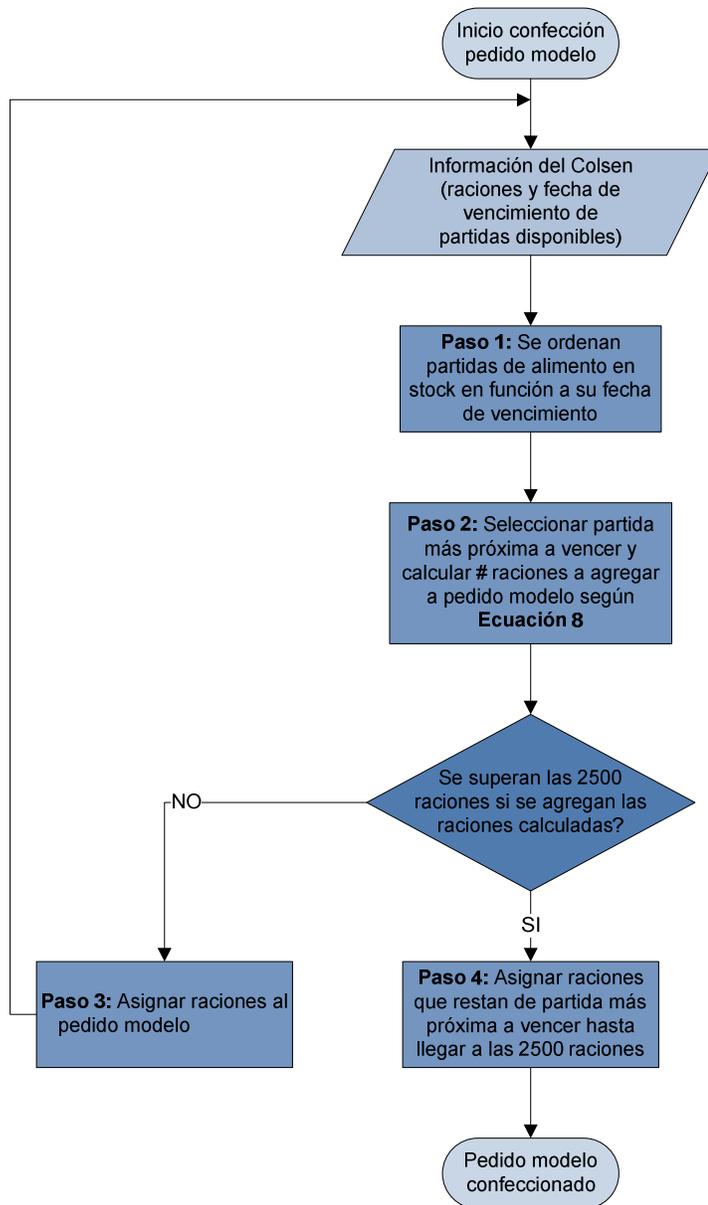


Figura 3.14. Flujograma que esquematiza el proceso de confección de pedidos modelo del Banco de Alimentos.

¿Qué ocurre con las partidas de alimento con vencimiento inminente?: Como se explicó en la sección 1.2. **CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA**, hay momentos en los que no se puede entregar la cantidad de alimentos que se tiene antes de su vencimiento y por lo tanto se decide regalarlos a las primeras Entidades Receptoras que se presenten a retirar sus pedidos previamente asignados. Es decir, si las raciones calculadas a través de la **Ecuación 8** para el **Paso 2** inicial o las iteraciones subsiguientes da como resultado un número

de raciones que supera las 2.500, entonces esos alimentos no llegarán a ser entregados en los días que quedan para su vencimiento.

Cuando el Jefe del Sector Administrativo se encuentra con esta situación al resolver la **Ecuación 8**, calcula cuántas raciones de la partida en cuestión estima que deberán regalarse en los días previos a su vencimiento a las Entidades Receptoras que vienen a buscar pedidos. Esto depende de la cantidad total de raciones que hay del alimento en cuestión, los días que faltan para su vencimiento y las raciones que hay de otras partidas de alimento con fecha de vencimiento más próxima (ver **Ecuación 14**).

$$\left\{ \begin{array}{l} \# \text{ raciones} \\ \text{a regalar} \end{array} \right\} = P_j - N \cdot \left\{ 2.500 \frac{\text{raciones}}{E.R.} \right\} \cdot D_j + \left\{ \begin{array}{l} \# \text{ raciones con fecha} \\ \text{más próxima a vencer} \end{array} \right\}$$

Ecuación 14

P_j : Cantidad de raciones totales existentes para la partida de alimento j .

N : Cantidad promedio de Entidades Receptoras que retiran pedidos por día.

D_j : Días restantes para el vencimiento de la partida de alimento j excluyendo fines de semana.

Se puede entonces añadir un paso adicional al flujograma mostrado en la **Figura 3.14**, en donde si las raciones calculadas según la **Ecuación 8** superan las 2.500 raciones se procede a calcular cuántas raciones deben ser regaladas. Se puede ver el resultado en la **Figura 3.15**.

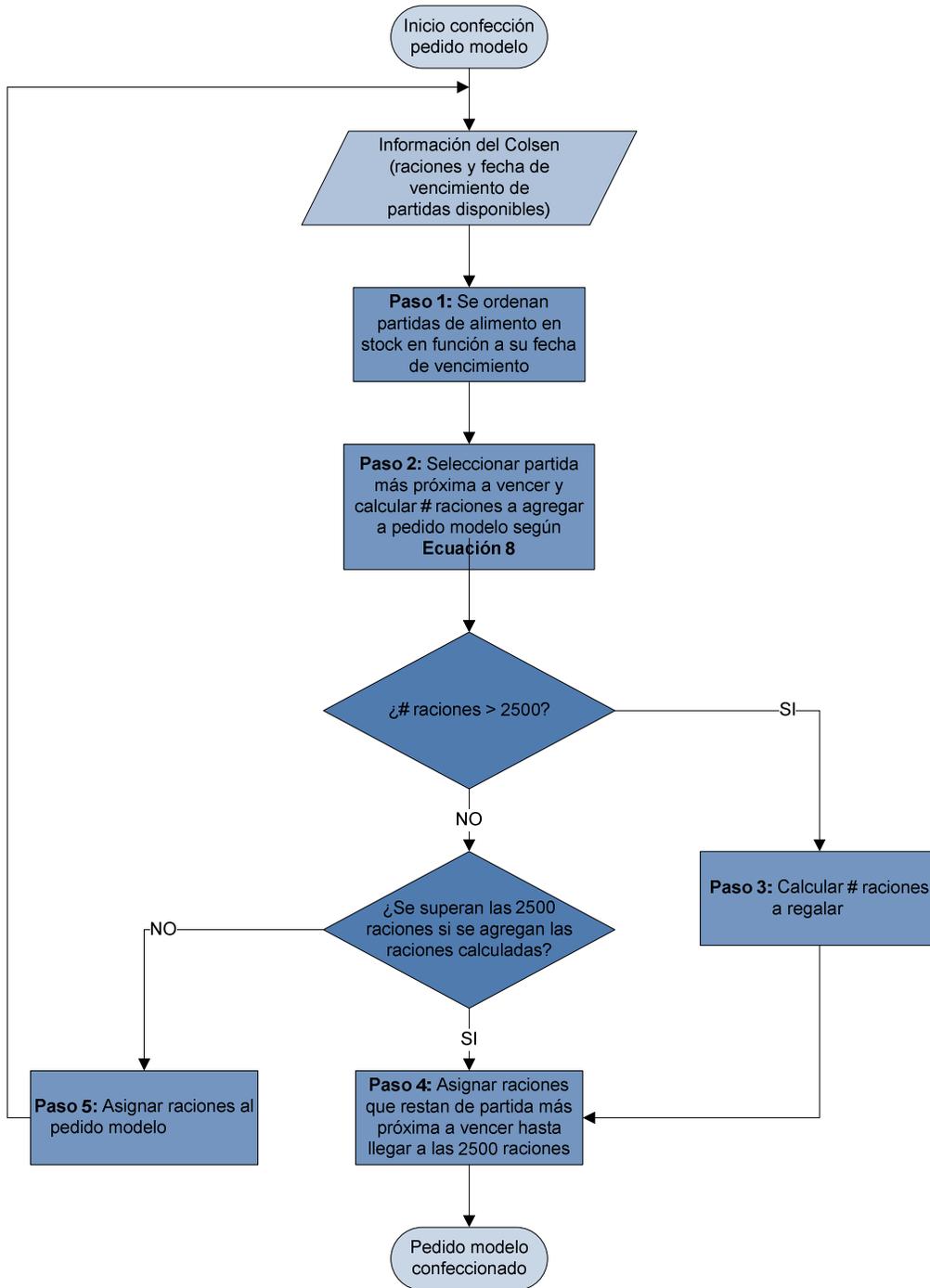


Figura 3.15. Flujograma que esquematiza el proceso de confección de pedidos modelo del Banco de Alimentos.

En el **ANEXO B** se repite el ejemplo del **ANEXO A** en el caso en que se deban regalar raciones.

Segundo Enfoque: maximizar la variedad de alimentos en el pedido modelo

El principio subyacente de este enfoque es el de *maximizar la variedad de alimentos en el pedido modelo*. Es decir, lo que se busca siempre al adoptar la postura propuesta por este enfoque es aprovechar al máximo la variedad del depósito del Banco de Alimentos para aumentar la efectividad del sistema de asignación de alimentos. No tiene en cuenta ninguna otra variable.

Esta postura da como resultado el método de confección de pedidos modelo descrito a continuación por medio de 2 pasos.

Paso 1: El Jefe del Sector Administrativo se fija qué alimentos hay en stock a través del sistema Colsen. Se fija qué partidas de alimento hay y cuántas raciones disponibles hay de ese alimento. El Colsen permite ver esa lista en poco tiempo, con los productos ordenados según su cantidad de raciones disponibles descendiente (de mayor a menor). En este caso, si existen dos o más partidas de un mismo tipo de producto en el depósito se la tratará conjuntamente como el mismo tipo de alimento (obviamente primero se tratará de agotar la partida de fecha de vencimiento más cercana).

Paso 2: El Jefe del Sector Administrativo calcula, a partir del porcentaje en raciones que hay de cada tipo de alimento en el depósito, cuántas raciones de cada tipo de alimento habría que dar en el pedido modelo intermedio a las Entidades Receptoras que se presenten en los días durante los cuales ese pedido modelo intermedio siga vigente (ver **Ecuación 15**).

$$PMI_j = \{2.500 \text{ raciones}\} \cdot \frac{P_j}{\sum_{j=1}^m P_j}$$

Ecuación 15

j : Índice que representa los diferentes tipos de alimento ($j = 1, 2, \dots, m$).

P_j : Cantidad de raciones totales existentes para el tipo de alimento j .

Así por ejemplo, si se tiene el siguiente ejemplo en el que hay 4 tipos de alimento en el depósito con las siguientes características:

$$P_1 = 10.000, \quad P_2 = 20.000, \quad P_3 = 30.000, \quad P_4 = 40.000$$

El pedido modelo intermedio vendrá entonces dado por la siguiente combinación de raciones de los cuatro tipos de alimento:

$$PMI_1 = 2.500 \cdot \frac{10.000}{10.000 + 20.000 + 30.000 + 40.000} = 2.500 \cdot \frac{10.000}{100.000} = 250$$

$$PMI_2 = 2.500 \cdot \frac{20.000}{100.000} = 500$$

$$PMI_3 = 2.500 \cdot \frac{30.000}{100.000} = 750$$

$$PMI_4 = 2.500 \cdot \frac{40.000}{100.000} = 1.000$$

Ecuación 16

¿Qué ocurre con las partidas de alimento con vencimiento inminente?: a través de este método los diferentes tipos de alimento se utilizan de manera tal que las proporciones entre ellos existentes en el depósito se mantienen constantes, y el tiempo durante el cual se consumen por completo es el mismo. El problema es que los tiempos para el vencimiento no suelen ser iguales, por lo que alguno de los tipos de alimento terminará venciendo antes que los otros y deberá ser regalado.

Método actual de confección de pedidos modelo del Banco de Alimentos

Los dos enfoques presentados tienen una gran desventaja, por lo que no tendría sentido utilizar alguno para confeccionar los pedidos modelo del Banco de Alimentos. El primero tiene como desventaja que omite totalmente el valor de tener pedidos modelo con alimentos variados, por lo que puede llegar a confeccionar pedidos modelo con un único tipo de alimento. El segundo tiene como desventaja que no presta atención a la fecha de vencimiento de los alimentos, con lo que muchos alimentos deben ser regalados. Es decir, la gran desventaja de cada uno radica en el principio subyacente del otro.

Es por eso que el Jefe del Sector Administrativo del Banco de Alimentos toma sus decisiones siguiendo un modelo intermedio, pero que no respeta ninguna serie de pasos preestablecidos. A veces pone primero en los pedidos modelo intermedio algunos alimentos que no son los de fecha de vencimiento más corta, a costa de aumentar la variedad del producto, mientras que otras cambia

el pedido modelo haciéndolo en su gran parte de un único tipo de alimento, a costa de evitar que venza.

En el **ANEXO C** se repite el ejemplo del **ANEXO A** pero confeccionando el pedido modelo intermedio a partir del método actual que se utiliza en el Banco de Alimentos.

Una vez confeccionado el pedido modelo intermedio, es decir, aquel pedido modelo que contiene 2.500 raciones, se pueden determinar los otros dos pedidos modelo, el grande de 5.000 raciones, y el pequeño, de 1.000 raciones. La manera de determinarlos, es manteniendo el *mix* de tipos de alimento igual, pero agrandando o achicando el número de raciones respectivamente. Así, por ejemplo, si el pedido modelo intermedio es de 250 raciones del alimento 1, 500 raciones del alimento 2, 750 raciones del alimento 3 y 1.000 raciones del alimento 4, el pedido modelo grande será de 500 raciones del alimento 1, 1.000 raciones del alimento 2, 1.500 raciones del alimento 3 y 2.000 raciones del alimento 4; y el pedido modelo pequeño será de 100 raciones del alimento 1, 200 raciones del alimento 2, 300 raciones del alimento 3 y 400 raciones del alimento 4 (ver **Tabla 3.1**).

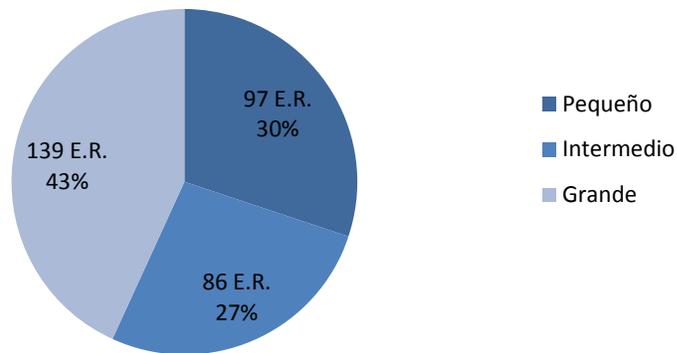
		Partida de alimento			
		1	2	3	4
		Raciones			
Pedido modelo	Pequeño	100	200	300	400
	Intermedio	250	500	750	1.000
	Grande	500	1.000	1.500	2.000

Tabla 3.1. Pedidos modelo pequeño y grande a partir del pedido modelo intermedio.

De esta manera, se tienen determinados los pedidos modelo grande, intermedio y pequeño. El supuesto implícito en la determinación de los pedidos modelo grande y pequeño a partir del intermedio es el siguiente: debido a la proporción de Entidades Receptoras pequeñas y grandes, las raciones necesarias para abastecer a todas las Entidades Receptoras son aproximadamente iguales a las raciones necesarias para abastecer a todas las Entidades Receptoras suponiendo que todas reciben el pedido modelo intermedio. Este supuesto resultaría legítimo, si el promedio de raciones que se entregan a todas las Entidades Receptoras, tanto para almuerzo y cena como para desayuno y merienda, fuera cercano a la cantidad de raciones del pedido modelo intermedio, es decir, 2.500 raciones. En las **Figuras 3.16** y **3.17** se muestra la cantidad de Entidades Receptoras que hay para cada tamaño de pedido y para cada tipo de comida, almuerzo y cena o desayuno y merienda, respectivamente. Con esto se calcula este promedio en las **Ecuaciones 17** y

18. Como se puede ver, en ambas situaciones resulta cercano a 2.500, por lo que la metodología empleada por el Banco de Alimentos es válida.

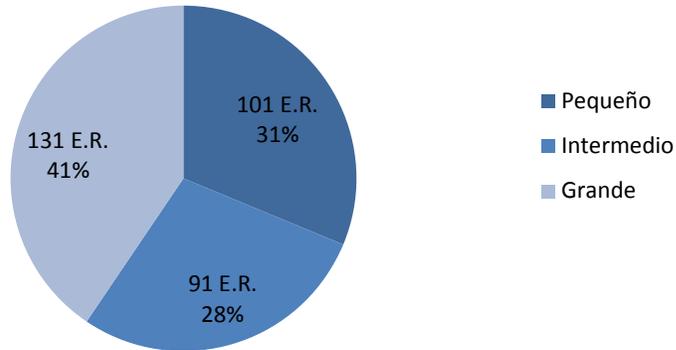
Pedidos modelo que se ofrecen a las Entidades Receptoras para almuerzo y cena



Fuente: Banco de Alimentos

Figura 3.16. Cantidad de Entidades Receptoras (E.R.) que reciben cada uno de los distintos tamaños de pedidos modelo para almuerzo y cena.

Pedidos modelo que se ofrecen a las Entidades Receptoras para desayuno y merienda



Fuente: Banco de Alimentos

Figura 3.17. Cantidad de Entidades Receptoras (E.R.) que reciben cada uno de los distintos tamaños de pedidos modelo para desayuno y merienda.

$$\frac{97 \cdot 1.000 + 86 \cdot 2.500 + 139 \cdot 5.000}{97 + 86 + 139} \cong 2.520 \text{ raciones}$$

Ecuación 17

$$\frac{101 \cdot 1.000 + 91 \cdot 2.500 + 131 \cdot 5.000}{101 + 91 + 131} \cong 2.596 \text{ raciones}$$

Ecuación 18

Dinamismo de los pedidos modelo

De acuerdo al método de confección de pedidos modelo explicado, los pedidos modelo deberían cambiar a lo largo del tiempo, inclusive durante un mismo día. Las razones por las cuales el pedido modelo puede cambiar son:

- Llegada de una partida de alimento nueva.

- Agotamiento de una partida de alimento específica.
- No se dan las condiciones del supuesto explicado en las **Figuras 3.16 y 3.17** y en las **Ecuaciones 17 y 18** para un intervalo de tiempo.
- El pedido resulta tener baja aceptación.
- El Jefe del Sector Administrativo puede cambiar de parecer respecto del mejor *mix* de productos que se puede armar con los alimentos disponibles.
- Errores operativos (como ser fecha de vencimiento o cantidad de raciones de alguna partida de alimento mal introducida en el sistema, rotura de alimentos en el depósito o errores en la expedición).

Sin embargo, al ser la determinación de los pedidos modelo un procedimiento trabajoso, por lo general la frecuencia de actualización no es menor a un día. Esto plantea las dificultades descritas en la sección **3.2.2. La confección de pedidos modelo no está automatizada.**

Comunicación de los pedidos modelo a las voluntarias

Está en las manos del Jefe del Sector Administrativo el mantener los pedidos modelo disponibles y actualizados para todas las voluntarias que realizan los llamados a las Entidades Receptoras, actividad que se describe en la sección **3.1.4. Llamado a Entidades Receptoras.** Para ello, cualquier decisión que afecte a los pedidos modelo debe ser reflejada por el sistema operativo ColSen que se comparte en red por todas las computadoras del Banco de Alimentos.

Para evitar confusiones, las voluntarias que ofrecen los pedidos modelo pueden visualizarlos en pantalla y, al asignar alguno de ellos o parte de ellos, el sistema muestra la disponibilidad de alimentos que queda en depósito de los que conforman el pedido modelo. Los alimentos no incluidos en los pedidos modelo están bloqueados y no pueden ser asignados a ninguna Entidad Receptora. El Jefe del Sector Administrativo es el único que puede habilitar un producto a entrar o no a la lista de alimentos ofrecidos en el día.

3.1.4. Llamado a Entidades Receptoras

El llamado a Entidades Receptoras se realiza por la tarde, teniendo en cuenta que por la mañana se despachan los pedidos de ese día. En caso de que hubiera tiempo, se puede realizar algún llamado por la mañana. Cada tanda de llamados incluye a todas las Entidades Receptoras y se tarda aproximadamente 20 días hábiles en completarla, es decir, un mes.

Los llamados se realizan siguiendo una lista que contiene a todas las Entidades Receptoras activas, es decir habilitadas para recibir pedidos. En ella se las ordena primero de acuerdo al grado de necesidad de las Entidades Receptoras y luego de acuerdo a su antigüedad como beneficiarias del Banco.

El grado de necesidad de una Entidad Receptora es una medida dada por los voluntarios que las visitan. Estas visitas, que se efectúan con una frecuencia de una vez cada seis meses como mínimo, tienen el objetivo de relevar cualquier tipo de información acerca de las Entidades Receptoras. Una de las cosas que deben determinar es si éstas tienen poca, mediana o mucha necesidad de alimentos. Esta información se usa para priorizar a quién se llama primero para ofrecerle los alimentos. En la sección **3.2.4. El sistema es poco efectivo** se discute si realmente se está priorizando a una Entidad Receptora que está primera en la lista.

La antigüedad se refiere a cuánto tiempo lleva la Entidad Receptora afiliada al Banco de Alimentos. Cuanto más tiempo lleve, más confianza hay en ella de que no van a hacer mal uso de los alimentos y de que es una Entidad Receptora sustentable. Por eso se usa esta información para priorizar a quién se llama primero a la hora de ofrecer alimentos.

La tanda de llamadas deberá mantener su orden. Por lo tanto, hasta que no se termine de llamar a las Entidades Receptoras con necesidad máxima, no se podrá pasar a llamar a las de mediana necesidad y así sucesivamente. Esto no significa que hasta que no se concrete el pedido con cada Entidad Receptora no se llamará a las siguientes en la lista, como se explica en los párrafos que prosiguen.

El pedido individual de cada Entidad Receptora se determina comunicándose telefónicamente con su responsable. En ese mismo llamado se acuerda el día y horario de retiro de la mercadería, que obviamente deberá estar dentro de la ventana de validez de los alimentos que componen el pedido modelo es decir, antes de la fecha de vencimiento del alimento más pronto a vencer.

Al iniciar una nueva tanda de llamados se verifica que los datos que se poseen de las Entidades Receptoras son los correctos. Caso contrario se deben hacer las modificaciones necesarias. Se controla que la Entidad Receptora no haya sido dada de baja, y que mantenga el número de teléfono y el responsable autorizado para recibir pedidos. Además, se debe verificar el aumento o la disminución de la población atendida por cada Entidad Receptora.

Las Entidades Receptoras pueden realizar un sólo pedido por tanda de llamados como máximo.

Se llama sólo una vez a cada Entidad Receptora, realizando el pedido si se encuentra al encargado o dejando un mensaje en caso de no encontrarlo. La tanda de llamados continúa su orden y el pedido no realizado se confecciona en el momento en que la Entidad Receptora responda el llamado.

Los pasos a seguir por la persona que realice los llamados telefónicos a las Entidades Receptoras son los siguientes:

- Leer el pedido modelo y preguntar al Jefe del Sector Administrativo si algún producto que haya llegado recientemente y tenga una fecha de vencimiento inminente debe ser colocado en él. También debe preguntar si se realizará alguna entrega directa. Ésta se ofrece sólo a los responsables de las Entidades Receptoras es decir, si viene un fletero a retirar el pedido no se le ofrecen productos adicionales regalados. Por lo tanto, muchas veces se debe llamar por teléfono a los responsables.
- Llamar a la Entidad Receptora y hablar con la persona autorizada para tomar el pedido. En el caso de que la persona autorizada no sea ubicada, se deja un mensaje en la Entidad Receptora y se anota la fecha en que se dejó el mismo. El pedido no puede ser tomado por otra persona que no sea la autorizada para hacerlo. Se debe llamar a la Entidad Receptora sólo una vez para ofrecer un pedido. Sólo se la vuelve a llamar en el caso en que la Entidad Receptora deje un mensaje. Se deja un máximo de tres mensajes, luego esa Entidad no recibirá mercadería correspondiente a esa tanda de llamados.
- Explicarle a la persona responsable cuál es el contenido del pedido modelo y darle al responsable la posibilidad de rechazar los productos del pedido modelo que no le sean útiles. La cantidad de unidades ofrecida se muestra en el sistema operativo y depende del pedido modelo que haya sido asignado a la Entidad Receptora. La persona autorizada para tomar el pedido puede pedir un número menor o igual

de unidades de cada producto, pero nunca mayor. Se registra en el sistema el pedido definitivo.

- Acordar con la Entidad Receptora:
 - La fecha y hora de entrega del pedido.
 - El peso y volumen de la entrega.
 - Una primera estimación del monto a pagar. Es una primera aproximación porque el sistema operativo indica el monto a pagar si se toma el pedido modelo completo, tanto en productos como cantidades. En el caso de las Entidades Receptoras que toman el pedido modelo completo el monto es exacto.
 - El saldo, adeudado o a favor, que posea la Entidad Receptora y que quiera dejar.
- Recordar a las Entidades Receptoras:
 - La importancia de no retrasarse en el retiro del pedido.
 - Que se debe avisar con la mayor anticipación posible si se desea cambiar la fecha de retiro estipulada.
 - Que no podrá efectuarse el retiro sino se presenta la autorización de la persona responsable.
- Registrar que el pedido ya fue realizado.
- Anotar en el sistema operativo Colsen el número, día y hora del pedido. En el caso de tratarse de un consolidado (el concepto de consolidado se explica unos párrafos más adelante), cada Entidad Receptora ocupará un turno.
- Verificar si hay recibos originales para entregar a la Entidad Receptora o remitos pendientes. Si es así se debe escribir en el pedido de cada Entidad Receptora una observación para que se recuerde la entrega de los mismos.

- Colocar el pedido en la bandeja de pedidos a preparar y adjuntar cualquier comunicación para entregar a la Entidad Receptora (ya sea control de calidad, instrucciones de uso de algún producto en particular, etc.).

Se deben tener en cuenta además las siguientes consideraciones adicionales:

- Por cuestiones operativas el pedido no puede ser menor a 50 kg.
- Si una Entidad Receptora llegase a cambiar la fecha de retiro, se la deberá ubicar nuevamente en la planilla de entrega en un turno libre y cambiar la fecha en el pedido registrado por el sistema Colsen.

En el caso de que se quiera agregar alguna observación o aclaración, ésta debe ser anotada en la hoja de pedidos.

Consolidados

Un consolidado es un grupo de Entidades Receptoras que por su cercanía geográfica o buena relación deciden retirar sus pedidos conjuntamente del Banco de Alimentos. Hay dos tipos de consolidados:

1. Cuando más de una Entidad Receptora tiene un mismo responsable.
2. Por cercanía geográfica.

En el primero, sus Entidades Receptoras han sido fundadas por la misma persona y por lo tanto funcionan bajo la tutela de un mismo responsable frente al Banco de Alimentos. Por lo tanto suelen hacer un pedido consolidado al Banco de Alimentos, luego un flete del responsable lo retira llevándolo a una de las Entidades Receptoras del consolidado y de allí se redistribuye entre todas. En el segundo caso, algunas Entidades Receptoras independientes deciden hacer sus pedidos conjuntamente para ahorrar en el costo del flete. En este caso, los pedidos se confeccionan y preparan por separado y van acompañados de facturas individuales. El flete por lo general deja cada pedido en la Entidad Receptora que corresponde, porque dejarlos todos en una generaría desconfianza y sería una potencial causa de pelea entre las Entidades Receptoras. Justamente el mayor inconveniente de la distribución consolidada de segundo tipo es la relación entre Entidades Receptoras. Cualquier problema en la cantidad y tipo de alimento que recibe cada Entidad Receptora del consolidado puede hacerlo desaparecer, y hasta llegar a

dificultar actividades futuras del Banco de Alimentos como ser almuerzos o capacitaciones entre los responsables de todas las Entidades Receptoras. Por esta razón, estos últimos consolidados son más inestables y desorganizados. Los consolidados del primer tipo además suelen estar cercanos geográficamente.

Las ventajas de consolidar las entregas son:

- Se reduce considerablemente los gastos en flete de las Entidades Receptoras.
- Se alivianan las tareas administrativas del Banco de Alimentos por la menor cantidad de remitos y facturas a armar.
- Se alivianan las tareas operativas del Banco de Alimentos porque se manda el alimento en mayores cantidades, lo que hace que muchas veces se manden pallets enteros de un mismo tipo de alimento, sin tener desarmarlos para armar los distintos pedidos.
- Se puede lograr un mejor control, ya que se revisa la cantidad y tipo de alimento enviada a las Entidades Receptoras tanto a la salida del Banco de Alimentos (control efectuado por parte de los empleados del depósito) como cuando el fletero baja los alimentos en cada Entidad Receptora (control del fletero y del responsable de Cada Entidad Receptora para evitar que una reciba más que la otra).

Cuando existe un consolidado de Entidades Receptoras que no poseen la misma clase de necesidad, se las llama a todas conjuntamente (aunque una sea de necesidad máxima y la otra de necesidad mínima) para que retiren sus pedidos el mismo día y a la misma hora.

3.1.5. Almacenamiento

El área de almacenamiento se divide en 3 zonas para alocar a los productos en cada etapa de su ciclo de vida: almacenamiento, *picking* y expedición.

En la zona de almacenamiento se ubican los alimentos recién ingresados al Banco de Alimentos como se explica en la sección **3.1.2. Clasificación de donaciones**. En la de *picking* se realizan las tareas de preparación de pedidos,

y en la de expedición se sitúan los pedidos ya armados listos para ser retirados.

3.1.6. Preparación de pedidos

La preparación del pedido se realiza por la tarde, siguiendo los pasos a continuación:

1. Se retiran los pedidos individuales y consolidados de la bandeja de “Pedidos a preparar” en el Sector Administrativo.
2. Se trasladan los productos al área de *picking*, exceptuando los productos refrigerados que son incluidos al pedido en el momento de la expedición.
3. Se arman los pedidos en pallets y se llevan al área de expedición. Cada pallet debe llevar una ficha.
4. Se arma el remito.

La preparación de pedidos es realizada todas las tardes en el área de *picking* y está a cargo de dos voluntarios, quienes siguen los pasos que se describen a continuación:

1. Se retiran los “Pedidos de mercadería” de la bandeja de “Pedidos a preparar” en el área administrativa, considerando que se debe dar prioridad a aquellos pedidos con fecha de entrega más próxima. Además de las planillas de pedidos individuales se retira un “Consolidado de pedidos a preparar” (ver el punto 7), en donde se encuentra perfectamente detallada la cantidad disponible de cada producto en el área de almacenamiento y la cantidad total que se debe utilizar de cada uno de ellos según los pedidos a preparar.
2. Se localizan los productos necesarios en el área de almacenamiento y se los traslada al área de *picking*. Los productos refrigerados y aquellos que presentan un volumen considerable se incluyen al pedido en el momento en el que se realiza su entrega.

3. Se arman los pedidos en pallets, verificando que todo aquel alimento listado en la hoja de "Pedido de mercadería" esté presente (exceptuando los mencionados en el paso anterior).
4. Se trasladan los pallets preparados al área de expedición, desde donde luego serán despachados.
5. Se confecciona una ficha para cada pallet en la que se debe incluir el nombre de la persona encargada de la preparación del pedido y el código de ubicación del pedido en el área de expedición.
6. Se adosa al pedido preparado una hoja, en la que debe figurar:
 - Número de pedido
 - Nombre de la persona que preparó el pedido
 - Número de bultos por pallet
 - Número de pallet del total de pallets que conforman el pedido (por ejemplo 1 de 1)
 - Nombre de la Entidad Receptora
 - Fecha de retiro
7. El Jefe de Depósito debe verificar que el pedido haya sido correctamente preparado, para lo cual, basándose en la ficha de "Consolidado de pedidos a preparar", calcula la diferencia entre el total de productos y los productos a despachar y corrobora que el remanente en depósito coincida con esta diferencia. Si la cantidad calculada no coincide con la cantidad observada en el depósito, esto significa que algún pedido fue erróneamente preparado y que, por lo tanto, debe controlarse cada uno de los pedidos nuevamente.
8. El Jefe de Depósito entrega una copia de las fichas de cada pedido al área administrativa, que utiliza los datos presentes en ellas para armar el remito que se entregue entregado a los representantes de las Entidades Receptoras cuando retiren sus pedidos.

3.1.7. Expedición

La expedición se realiza por la mañana en 2 turnos:

- De 9:00 a 11:00
- De 11:00 a 13:00

Para poder entregar el pedido a la Entidad Receptora, la persona que se presente a buscarlo debe estar autorizada. De lo contrario el pedido no puede ser entregado.

De acuerdo al contenido del pedido, el representante de la Entidad Receptora debe pagar un monto pequeño que el Banco de Alimentos utiliza para cubrir parte de sus costos operativos. Este monto se calcula como el precio del alimento por kilogramo, multiplicado por la cantidad de kilogramos que conformen el pedido. Hay tres tarifas posibles:

- Agua: 15 centavos el kilogramo.
- Alimentos no perecederos: 25 centavos el kilogramo.
- Alimentos refrigerados o congelados: 35 centavos el kilogramo.

El Jefe del Depósito es también quien debe monitorear el proceso de expedición. Cuando se presenta una Entidad Receptora a retirar un pedido se debe verificar que el mismo entre en el vehículo. Para ello se utiliza una regla aproximada:

- Para un auto grande el pedido máximo es de 300 kg.
- Para una camioneta chica (*Express*, *Kangoo* o *Courier*) el pedido máximo es de 700 kg.
- Para una Camioneta grande (*Traffic*, Furgón, Mudanzera o Combi) el pedido máximo es de 1.200 kg.

- Para un camión pequeño (*F350* o colectivos) el pedido máximo es de 3.500 kg.
- Para camiones tipo chasis el pedido puede ser mayor a 3.500 kg.

En caso de que no se cumplan esas condiciones la Entidad Receptora puede llegar a no recibir la totalidad del pedido. Se busca que los pedidos a entregar no excedan los valores de kilaje según el tipo de vehículo porque esto puede dañar a los alimentos al forzarlos a entrar y demorar la carga del vehículo generando colas y demoras en la puerta de expedición del depósito.

Otro requisito que debe cumplir el vehículo es el de capacidad de transporte de alimentos refrigerados o congelados. Es importante que se mantenga la cadena de frío, por lo que durante el invierno se les exige a las Entidades Receptoras que retiren esos alimentos tener un vehículo cerrado para conservar el frío al máximo. Durante el verano además de ser cerrado, el vehículo deberá contar con refrigeración propia.

3.2. EL PROBLEMA DE LA ASIGNACIÓN DE ALIMENTOS

Hoy en día, el proceso de asignación de los alimentos es mejorable como se explica en la introducción al problema en la sección **1.1.2. El problema**. En este punto se profundiza en esta temática central de la tesis, explicando todos los problemas del sistema de asignación de alimentos que se pudieron identificar.

3.2.1. La confección de pedidos modelo es arbitraria

Como se explica en la sección **3.1.3. Confección de pedido modelo**, la manera en que se confeccionan los pedidos modelo en el Banco de Alimentos no sigue una serie de pasos preestablecidos que se apliquen en toda circunstancia sino que depende de las decisiones que tome el Jefe del Sector Administrativo.

Al decir que esto es un problema, no se está queriendo menospreciar la labor del Jefe del Sector Administrativo, ni se está yendo en contra de los procesos en los que debe intervenir las decisiones el hombre. Simplemente se está diciendo que, por sus características, el proceso podría ser mejorado siguiendo una serie de pasos preestablecidos. Las características que lo hacen más adecuado para ser estandarizado son las siguientes:

- Se asegura de que siempre se siga un mismo criterio en las decisiones que se toman. Esto es especialmente deseado en el entorno de organizaciones sin fines de lucro, porque permite que el sistema no esté afectado por la subjetividad de las decisiones humanas y por lo tanto se acaba con toda sospecha acerca de su imparcialidad y se asegura su transparencia.
- Hay muchas variables y datos a ponderar a la hora de confeccionar los pedidos modelo que exceden la capacidad de retención de información y procesamiento mental de un ser humano. Si no se establecen pasos detallados que ayuden a abarcar toda la información disponible y a aprovecharla para la toma de decisiones, es probable que se esté omitiendo algún dato importante llevando a tomar decisiones subóptimas.

Otro punto importante a tener en cuenta es la vulnerabilidad del sistema al estar en manos únicamente del encargado de la parte administrativa. Al estar la confección de los pedidos modelo sujeta a sus decisiones y su criterio, él es el único que puede mantener este sistema funcionando de la manera en que lo hace hoy en día. El sistema por lo tanto es altamente dependiente y demasiado riesgoso o vulnerable.

3.2.2. La confección de pedidos modelo no está automatizada

El proceso de confección de pedidos modelo y de llamado a Entidades Receptoras no está automatizado. Cuando en la sección **3.1.3. Confección de pedido modelo** se habla de la característica de dinamismo del pedido modelo, queda claro que el pedido modelo puede llegar a cambiar varias veces en el día. Sin embargo, de la manera en que se realiza hoy la confección de los pedidos modelo, se hace un único pedido modelo al día o dos en casos especiales. El principal motivo es que, al estar este proceso en manos del Jefe del Sector administrativo, es un procedimiento engorroso y trabajoso que no puede ser realizado más veces al día. Por lo tanto, ocurre lo siguiente:

- Si llega una partida de alimento nueva no es tenida en cuenta para los pedidos modelo hasta el día siguiente.
- Si se agota una partida de alimento específica incluida en el pedido modelo, ya sea por ejemplo porque el promedio de raciones que retiraban las Entidades Receptoras que fueron llamadas ese día resultó ser mayor a las 2.500 raciones calculadas en las **Ecuaciones 17 y 18**, o por errores operativos (como ser fecha de vencimiento o cantidad de

raciones de alguna partida de alimento mal introducida en el sistema, rotura de alimentos en el depósito o errores en la expedición) se introduce algún alimento cualquiera o se achica el pedido modelo en las raciones faltantes.

Al no poder actualizar los pedidos modelo de manera rápida y sencilla, el pedido modelo puede achicarse o puede ocurrir que las decisiones tomadas para enmendar la situación de manera apresurada no sean las óptimas. Se debe por lo tanto encontrar alguna manera de automatizar el proceso para que el pedido modelo sea actualizado cuantas veces se desee.

También es inconveniente que el proceso de confección del pedido final a partir de los llamados no esté más automatizado:

- Es susceptible a errores: al tener que chequear constantemente muchas condiciones que debe cumplir la Entidad Receptora, mientras o antes de asignarle el modelo pueden pasarse cosas por alto. Por ejemplo, si el pedido modelo contiene productos refrigerados o congelados, en el momento del llamado se debe verificar que la Entidad Receptora cuente con un flete con las características descritas en la sección **3.1.7. Expedición** para transportar esos productos. También se debe chequear si forma parte de un consolidado y si no adeuda pagos por pedidos anteriores. Es fácil de olvidarse de chequear alguna de estas condiciones.
- La relación personal entre el telefonista y el responsable de la Entidad Receptora puede llegar a causar que algunas Entidades Receptoras terminen pidiendo más alimento del que está en el pedido modelo original y que la modificación de los pedidos modelo sea injusta.

Para poder automatizar el proceso, primero es necesario establecer una serie de pasos preestablecidos que se apliquen en toda circunstancia para la asignación de los alimentos. Es decir, para poder hacer que una computadora realice una serie de pasos que den un resultado útil en un tiempo ínfimo, primero se deben conocer cuáles son esos pasos, algo que todavía no es cierto para el Banco de Alimentos.

3.2.3. El sistema es poco eficiente

Este inconveniente del sistema de asignación de alimentos ya fue ampliamente abordado en las secciones **1.1.2. El problema** y **1.2. CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA**. Sin embargo, se lo retoma a esta altura no para volver a explicar

lo que se interpreta por eficiencia ni hasta qué grado se da en el Banco de Alimentos, sino para entender cómo la asignación de los alimentos puede llegar a causar ineficiencias.

Con el sistema actual, las Entidades Receptoras no pueden pedir lo que quieren. Por lo tanto, al existir esa restricción, la cantidad de raciones que las Entidades Receptoras siempre se llevan suele ser menor, porque es imposible que un único pedido modelo se ajuste a las necesidades de unas 400 Entidades Receptoras. Así es como hay algunos alimentos que algunas desechan mientras que otras que los necesitan no pueden acceder a ellos. Es decir, el óptimo del sistema, en donde cada uno recibe lo más parecido a lo que quiere, no se alcanza por las trabas que tiene impuestas. Las restricciones en un sistema siempre hacen que se aleje del óptimo absoluto, como en programación lineal.

Una manera más fácil de entender el concepto es reduciendo el tamaño del problema. Es decir, pensar el problema desde un enfoque simplificado y después extrapolarlo para la totalidad de las Entidades Receptoras y alimentos. Por ejemplo: se disponen 100 raciones de papa y 100 raciones de arroz para repartir entre dos Entidades Receptoras, la A y la B. La primera quiere 100 raciones de papa, mientras que la segunda quiere de 100 raciones de arroz. El Jefe del Sector Administrativo confecciona un pedido modelo que contiene 50 raciones de papa y 50 raciones de arroz y se los ofrece a A y B. La primera, que no necesita arroz, aceptará las 50 raciones de papa. La segunda aceptará las 50 raciones de arroz. Sobran entonces 50 raciones de cada producto que no serán repartidos. A partir de ese simple ejemplo, uno puede imaginarse como en el Banco de Alimentos se dan situaciones similares todos los días.

La ineficiencia contenida en el sistema actual plantea dos problemas:

1. En primer lugar, que hay alimentos que no se llegan a entregar y vencen o se regalan, como se explica extensamente en la sección **1.2. CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA** y en los párrafos que prosiguen.
2. En segundo lugar, al rechazarse raciones de algún tipo de alimento, los mismos deben ser colocados en el pedido de otra Entidad Receptora, con lo que todo el proceso de entrega de alimentos se retrasa. Por lo tanto, la velocidad a la que salen los alimentos del depósito (la rotación del inventario) es menor. Si se pudiera reducir el trabajo del personal del depósito reduciendo los rechazos, y el del personal del Sector Administrativo, evitando la gran cantidad de llamados ineficaces e ineficientes en los que las Entidades Receptoras rechazan el pedido ofrecido o pasan una gran cantidad de tiempo sacando raciones del

mismo, el Banco de Alimentos tendría una mayor rotación del inventario. Esto le permitiría atender a un mayor número de Entidades Receptoras que hoy se encuentran en lista de espera. ¿Qué alimentos les daría? Si se evitaran las raciones mal asignadas (las raciones por encima de r_i que el Banco de Alimentos entrega por mes a la Entidad Receptora i), y las raciones regaladas porque no pudieron ser asignadas efectivamente, se tendría mucho alimento para darlas, como se demuestra en el capítulo 6. **CONCLUSIONES.** Además, al tener más tiempo libre por mejorar los procesos del Banco de Alimentos, su personal podría buscar más donaciones, tanto en volumen como en variedad, como ocurrió con el *staff* de *America's Second Harvest* tal como se describe en la sección **2.2. SISTEMA DE APUESTAS DE PUNTOS ONLINE PARA LA ASIGNACIÓN DE ALIMENTOS.**

Vencimiento de los alimentos

Hay algo que todavía no se mencionó acerca de los vencimientos de los alimentos que hace al asunto más complejo de lo que uno podría pensar. Uno de los motivos por los que llegan donaciones de alimentos al Banco de Alimentos es porque a veces las empresas de consumo masivo saben que no van a llegar a vender una determinada cantidad de productos y prefieren que sea aprovechada por las Entidades Receptoras antes de que venza en sus propios depósitos, como se menciona en la sección 1.1.1. **¿Qué es el Banco de Alimentos?** Ahora bien, existen leyes nacionales que no le permiten al Banco de Alimentos donar alimentos vencidos. En Estados Unidos, por ejemplo, estas leyes no existen y los bancos de alimentos pueden repartir productos ya vencidos, siempre y cuando no pase una determinada cantidad de tiempo regulada. Se hace esto porque se sabe que las empresas de consumo masivo dejan amplios márgenes a las fechas de vencimiento para evitar cualquier inconveniente con su consumo, y también porque son conscientes de la gran facilidad que representan para la labor de los Bancos de Alimentos.

No obstante existe una manera en la que el Banco de Alimentos de Buenos Aires puede donar alimentos ya vencidos: si el donante está de acuerdo y emite una nota en la que autoriza el consumo del alimento bajo su exclusiva responsabilidad en caso de eventuales inconvenientes.

Entonces, cuando ingresa un producto el Banco de Alimentos registra su fecha de vencimiento legal de envase, antes de la cual se debe entregarlo para estar dentro de la ley. Para que las Entidades Receptoras reciban el producto en regla y éste no venza antes de que puedan consumirlo, se trata de dejar además una cantidad de tiempo determinada antes de la fecha de vencimiento legal. Ahora, como cada Entidad Receptora tiene un consumo diferente, hay

dos opciones para evitar que un alimento que se le entrega venza (para la explicación a continuación considerar una única fecha de vencimiento que es la fecha de vencimiento a partir de la cual el alimento no es más comestible):

1. Adaptar los alimentos dando la misma cantidad de raciones: sería establecer un número de raciones fijo para todos y, a aquellos que tienen el mayor consumo, darle los alimentos más próximos a vencer y a los de menor consumo los más lejanos a vencer.
2. Adaptar las raciones dando el mismo alimento: dar el mismo alimento a todos, que vencerá el mismo día para todos, pero adaptar las raciones entregadas para que a ninguno le venza, algo así como lo que muestra la **Figura 3.18**.

El Banco de Alimentos emplea la segunda opción, pero aún así los alimentos vencen, por los siguientes motivos:

- Las entregas directas: los alimentos que se regalan a las Entidades Receptoras no siempre son alimentos que necesiten y por lo tanto terminan venciendo o se les termina dando un mal uso, tal como se explica en la sección **1.2. CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA**.
- La agrupación en pedidos modelo: al hacer esto, se cumple lo que se enuncia en la opción 2 sólo parcialmente. Es decir, se da el mismo alimento aproximadamente, pero no se adaptan completamente las raciones a cada Entidad Receptora. Lo que ocurre se puede comprender visualizando las **Figuras 3.19 y 3.20**. Si consideramos seis Entidades Receptoras como las mostradas en las figuras, y a cada una se le da la cantidad de raciones justa para que su alimento venza al mismo día para todas, se tiene lo que muestra la **Figura 3.19**. Si ahora se ajustan los pedidos de las Entidades Receptoras a los tamaños de los pedidos modelo, y suponiendo que las Entidades Receptoras A, C y E tienen un número de raciones igual a los tamaños de pedido modelo grande, intermedio y pequeño respectivamente, se tiene lo que muestra la **Figura 3.20**. Las Entidades Receptoras cuyas raciones son forzadas a los tamaños de pedidos modelo terminan sin poder consumir los alimentos antes de su vencimiento.
- El sistema de asignación de alimentos solamente mira las fechas de vencimiento de cada alimento asignado a una Entidad Receptora pero no mira cómo las fechas de vencimiento de otros alimentos que también se le entregan pueden hacer que estos vengzan. Es decir, supongamos que se tiene una sola Entidad Receptora y dos alimentos: el alimento "A"

y el alimento "B", que vencen pronto en una cantidad de tiempo Δt . Por lo tanto, el Banco de Alimentos asigna el alimento "A" al pedido modelo que recibirá esta Entidad Receptora y para completarlo agrega también el alimento "B" que también vence en poco tiempo. Si la Entidad Receptora recibiera cada uno de los alimentos por separado, se tendría una situación como la de la **Figura 3.19**, en donde se llega a consumir el alimento antes del Δt . Pero, teniendo en cuenta que recibe más raciones del alimento "B", se obtiene la situación que muestra la **Figura 3.21**. Cuando hay muchas Entidades Receptoras y alimentos, se puede pensar a la situación de la misma manera, y es así como algunas raciones de algunos alimentos terminan venciendo.

Consumo de alimentos en distintas E.R.

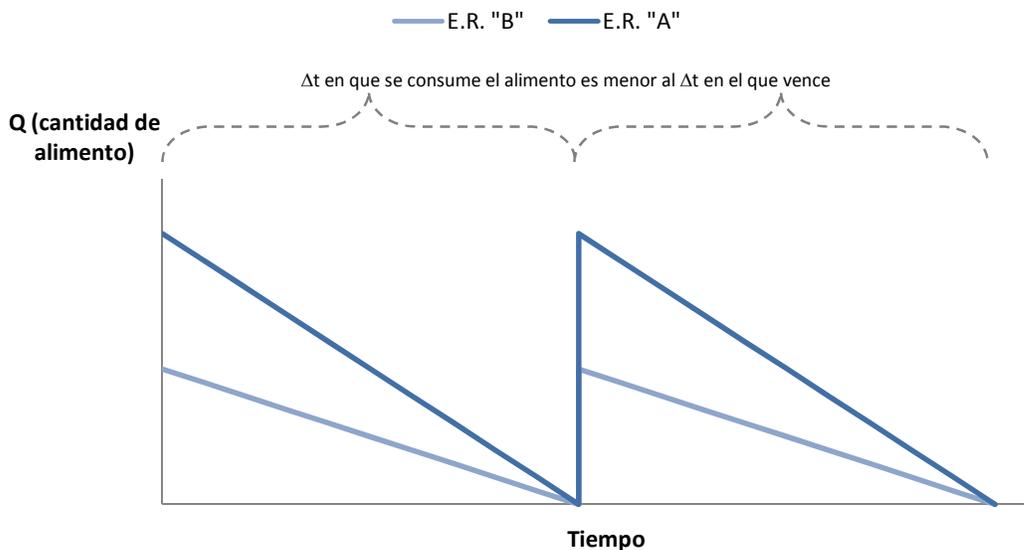


Figura 3.18. Consumo de alimentos en el tiempo de dos Entidades Receptoras (E.R.) cualquiera en un tiempo menor al tiempo en que vence.

Consumo de alimentos en distintas E.R.

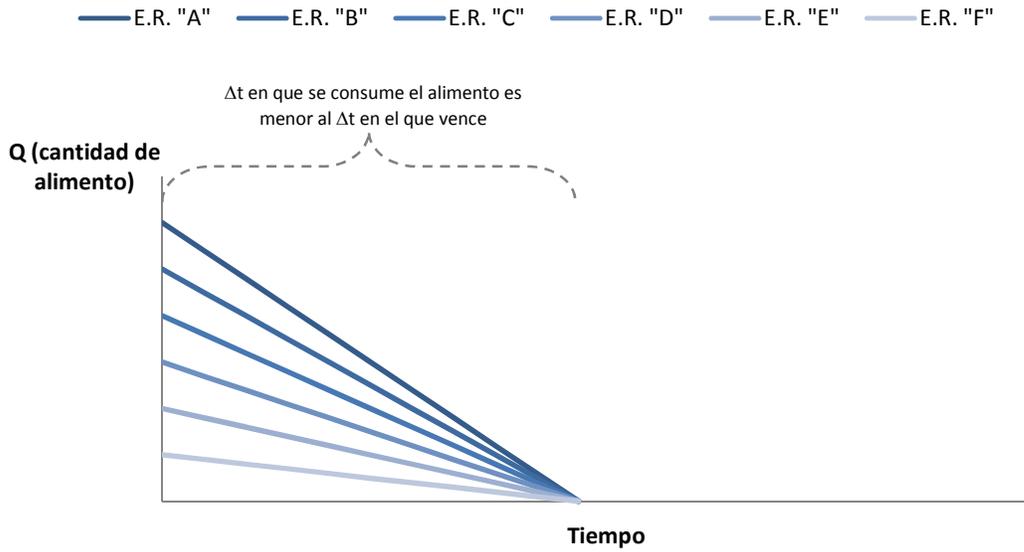


Figura 3.19. Consumo de alimentos en el tiempo de seis Entidades Receptoras (E.R.) cualquiera en un tiempo menor al tiempo en que vence.

Consumo de alimentos en distintas E.R.

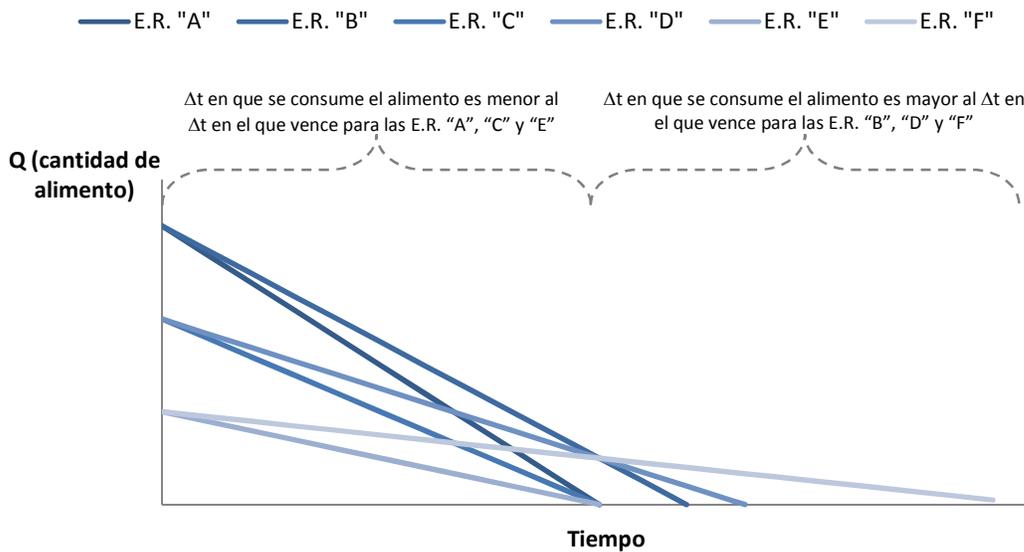


Figura 3.20. Consumo de las Entidades Receptoras (E.R.) en el tiempo al ajustar sus raciones a los tamaños de los pedidos modelo.

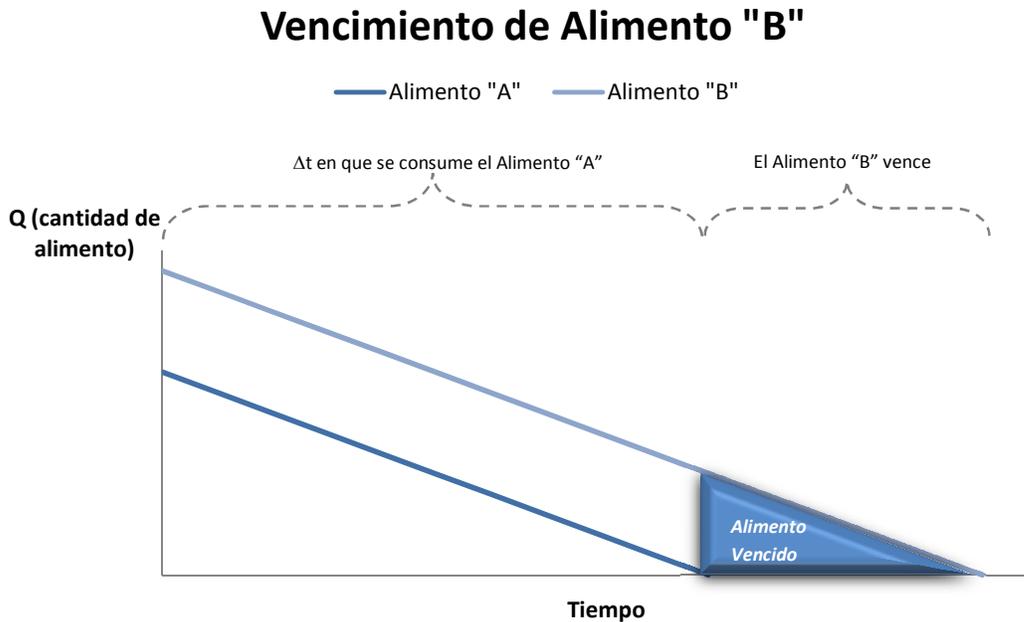


Figura 3.21. El alimento "B" no puede ser consumido y termina venciendo al terminar de consumir el alimento "A".

3.2.4. El sistema es poco efectivo

Este inconveniente del sistema de asignación actual ya fue ampliamente abordado en las secciones **1.1.2. El problema** y **1.2. CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA**, por lo que en esta sección sólo se explica cómo la asignación actual puede llegar a causar ineffectividades. El mismo ejemplo de papa y arroz es válido para entenderlo. La Entidad Receptora A sólo recibe 50 de las 100 raciones de papa que quería y lo mismo pasa con la B. Ambas quedan menos satisfechas de lo que podrían haber quedado. Queda claro que de aumentar la efectividad se estaría ayudando a aumentar la eficiencia.

El sistema debería tener más en cuenta lo que las Entidades Receptoras desean para así tener una mayor aceptación de alimentos y aumentar su beneficio. Hoy en día el sistema beneficia únicamente a aquellas Entidades Receptoras que deseen un *mix* de productos coincidente con el que tiene disponible el Banco de Alimentos.

Un segundo problema generado por la ineffectividad del sistema es que los alimentos no aceptados deben ser reubicados a otras Entidades Receptoras, y esto acarrea costos administrativos en preparar nuevamente los pedidos modelo, y en ofrecerlos nuevamente.

3.2.5. El sistema es poco equitativo

Cuando se habla de equidad no se está haciendo referencia a la equidad como un concepto absoluto en el que las cosas pueden ser equitativas o no equitativas. Es decir, uno podría plantearse que la equidad no tiene grises, sino que es blanca o negra...o se es justo, o se es injusto. En este trabajo se considera a la equidad como un continuo. Existe una situación de equidad absoluta o perfecta que es aquella en la cual se cumplen las **Ecuaciones 4 y 5**. Sin embargo, al querer maximizar varios objetivos en simultáneo con varias restricciones, a veces no se llega a un óptimo perfecto, sino al más cercano posible a él. Este asunto se retoma en la sección **4.4.1. Optimización de la asignación de alimentos**.

Dicho esto, se puede decir que el sistema de asignación actual podría mejorar mucho en su equidad. Al confeccionar los pedidos, se tienen en cuenta algunas variables de las Entidades Receptoras para tratar de hacer que lo que reciba cada una sea lo más acorde con sus características. Se tiene en cuenta:

- Tamaño de las Entidades Receptoras: esto se contempla a la hora del cálculo de las raciones que debe recibir cada una.
- Disponibilidad que tengan las Entidades Receptoras de recursos ajenos al Banco de Alimentos: esto se contempla a la hora del cálculo de las raciones que debe recibir cada Entidad Receptora.
- Características de los beneficiarios de las Entidades Receptoras: esto se contempla a la hora del cálculo de las raciones que debe recibir cada Entidad Receptora (ver **Ecuación 7**).

Sin embargo, como se explica en la sección **1.2. CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA**, el esfuerzo que se hace en la determinación del número de raciones necesarias por cada Entidad Receptora a partir de estas tres variables se echa por tierra al agruparlas posteriormente en tres tamaños de pedido modelo posible. Es decir, esa diferenciación que se hizo en una primer instancia desaparece y las Entidades Receptoras vuelven a ser consideradas iguales dentro de tres de los cuatro grupos en los que pueden quedar clasificadas (pedido modelo pequeño, intermedio, grande, o mayor a 5.000 raciones).

Esto no sólo hace que el sistema sea inequitativo, sino que lo hace ineficiente en el sentido que se explica en la sección **1.2. CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA**. El alimento que las Entidades Receptoras reciben demás

vencerá en sus propias sedes porque no llegarán a tiempo a consumirlo, o alentará actividades no deseadas como la reventa o canje de productos, el ofrecimiento de viandas (alimentos listos para consumir) o comidas secas (alimentos no preparados) para ser consumidos fuera de las instalaciones de la Entidad Receptora.

Para que el sistema sea más equitativo, deberían considerarse esas tres variables mencionadas de la manera correcta, es decir, sin reagrupar a las Entidades Receptoras en tres pedidos modelo. Además se podrían considerar las otras variables. Estas se clasifican en:

- **Variables Intrínsecas** a las Entidades Receptoras: son variables que, se podría decir, no guardan ninguna relación con el Banco de Alimentos. Por ejemplo, si una Entidad Receptora es más grande y cuenta con menos recursos deberá tener una mayor prioridad a la hora de la asignación de alimentos que se verá reflejada, ya sea en la cantidad de raciones que recibe, o en lo que se ajustan los tipos de productos que recibe a los que necesita, etc.
- **Variables Extrínsecas** a las Entidades Receptoras: son aquellas que conviene tener en cuenta puesto que afectan la manera en que el Banco de Alimentos funciona. De esta manera, se puede dar más prioridad en la asignación de los alimentos a aquellas Entidades Receptoras cuyas características en términos de estas variables extrínsecas se alineen más con el buen desempeño del Banco de Alimentos.

Este concepto quedará más claro al leer las variables a continuación:

- Variables Intrínsecas:
 - Lejanía geográfica: esta variable es de suma importancia a la hora de asignar los alimentos y debería ser tomada en cuenta para aumentar la equidad del sistema. Se dice esto por el alto peso que tiene el flete en el costo total de la comida. Un pedido promedio, de 520 kg tiene un costo promedio de \$ 130. El costo del flete para las Entidades Receptoras es en promedio de \$ 78 (ver **Figura 3.22**), lo que significa que casi un 40% del costo total de conseguir alimentos es atribuible al transporte para una Entidad Receptora promedio.
 - Características de los beneficiarios de las Entidades Receptoras: esta variable sólo tiene efecto hoy en día sobre la cantidad de

raciones que se brinda, como se explica en la sección **3.1.3. Confección de pedido modelo**, pero no sobre los tipos de alimentos que se brinda. Si se tuviera en cuenta también para asignar prioridades de un alimento por sobre otro, como por ejemplo leche u otros productos con calcio para Entidades Receptoras que atienden a niños, la equidad del sistema mejoraría.

- Cantidad de comidas diarias: es fácil de comprender la necesidad de incorporar esta variable al sistema de asignación de alimentos actual para incrementar su equidad. El caso extremo sería: es peor que la Entidad Receptora A, que sólo sirve merienda, se quede sin alimentos a que lo haga la Entidad Receptora B, que sirve las 4 comidas. Los beneficiarios de A no se verán tan afectados como los de B puesto que seguramente acceden a otras comidas durante el día. Se debe sin embargo tener cuidado con este concepto, puesto que en otros casos el razonamiento podría ser inverso: si ahora se supone una Entidad Receptora C, que brinda desayuno y cena, y otra Entidad Receptora D, que brinda tres o cuatro comidas. Puede ocurrir que los beneficiarios de C no accedan a más comidas al día. Por lo tanto, si se les saca una comida de esas dos se verían mucho más afectados que los beneficiarios de D en caso que se les saque una de tres o cuatro comidas. En este caso el criterio al asignar las prioridades sería el opuesto al del ejemplo con A y B o, como mucho, se deberían dejar las prioridades de C y D iguales.
- Grado de necesidad: esta medida se explica en la sección **3.1.4. Llamado a Entidades Receptoras** y se usa para priorizar quién recibe alimentos. Sin embargo, el uso que se le da no es realmente una ventaja teniendo en cuenta que el funcionamiento del Banco de Alimentos es continuo. Es decir, desde el punto de vista del sistema de asignación actual, tener una necesidad mayor significa que esa Entidad Receptora será ubicada en la lista de llamados antes que las de necesidad media y mínima. Pero una vez que se termina de llamar a todas comienza de nuevo el ciclo. A los efectos prácticos no hay comienzo ni fin de los llamados, sino que es un proceso cíclico. Por lo tanto, se debe encontrar otra manera para que las diferencias de necesidad entre las Entidades Receptoras se vean reflejadas en el sistema de asignación.
- Recursos financieros: es difícil separar los efectos de esta variable a los de las variables grado de necesidad y disponibilidad de recursos ajenos al Banco de Alimentos que tengan las

Entidades Receptoras. De tenerla en cuenta se estaría considerando el mismo efecto dos veces.

- Variables Extrínsecas:
 - Cantidad de personas que atiende una Entidad Receptora: la razón por la cual uno quisiera tener en cuenta esta variable a la hora de asignar alimentos es la eficiencia administrativa. Es decir, la red de casi 60.000 beneficiarios del Banco de Alimentos actualmente recibe los alimentos a través de unas 400 instituciones intermedias que son las Entidades Receptoras. Si el tamaño promedio de 150 beneficiarios por Entidad Receptora creciera, habría que realizar una menor cantidad de llamadas, y muchos procesos administrativos y operativos demandarían menos recursos. Es por eso que el Banco de Alimentos quiere alentar la creación de Entidades Receptoras de mayor tamaño. También es cierto que las Entidades Receptoras que sirven a menos personas suelen tener una dificultad menor en seguir prestando el servicio. Por lo tanto, hay que tener cuidado a la hora de considerarla en la asignación de alimentos para que no genere efectos contraproducentes.
 - Consolidado o no: como se explica en la sección **3.1.4. Llamado a Entidades Receptoras**, si las Entidades Receptoras consolidan sus pedidos, el Banco de Alimentos debe insumir menos recursos en sus tareas administrativas y operativas. Es por eso que se puede inducir esta conducta dando más prioridad a la hora de recibir alimentos a aquellas Entidades Receptoras que formen consolidados.
 - Antigüedad: cuanta más antigüedad tengan las Entidades Receptoras más estables son y más probable es que sigan prestando su servicio a lo largo del tiempo.
 - Buen comportamiento de la Entidad Receptora: se puede incentivar a las Entidades Receptoras a tener un buen comportamiento asignando prioridades mayores a la hora de recibir alimentos a aquellas que sí lo tienen. Por ejemplo:
 - Muchas veces las Entidades Receptoras no van a buscar el pedido y el sistema de asignación actual no contempla el hecho de que algunas sean más cumplidoras que otras. Hay que tener cuidado también en este punto en la manera

en que se lo implementa para no ser injusto. Hay días de lluvia, por ejemplo, en los que algunas Entidades Receptoras no tienen manera de llegar hasta el depósito del Banco de Alimentos porque los caminos de acceso a sus sedes son intransitables por inundaciones.

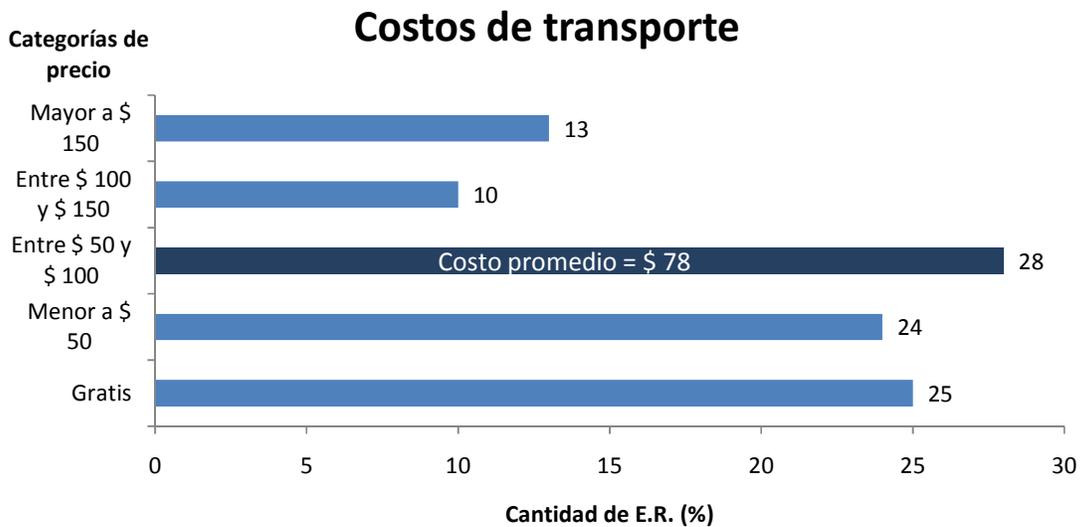
- Muchas veces las Entidades Receptoras no pagan los alimentos retirados y el sistema de asignación actual no las incentiva a pagar.

Hay otras conductas por parte de las Entidades Receptoras que no son deseadas. Sin embargo, son demasiado graves como para darles menos prioridad por ellas y las penas aplicadas son otras. Por ejemplo, las Entidades Receptoras tienen terminantemente prohibido:

1. Vender los alimentos donados.
2. Canjear o trocar los alimentos donados por bienes o servicios.
3. Retirar los alimentos donados para uso particular.
4. Utilizar alimentos donados para eventos de recaudación de fondos.
5. Almacenar inadecuadamente los alimentos donados.
6. No respetar ordenanzas o reglamentaciones locales.
7. No respetar las políticas acordadas con el Banco de Alimentos.
8. Hacer política partidaria.
9. Funcionar sólo cuando el Banco de Alimentos les aporta alimentos.
10. Dar datos falsos al Banco de Alimentos.

11. Cambiar de domicilio sin avisar al Banco de Alimentos.
12. Reducir la cantidad de personas atendidas sin comunicar el cambio al Banco de Alimentos.
13. Cambiar de tipo de prestaciones alimentarias sin avisar al Banco de Alimentos (por ejemplo, dejar de dar almuerzo y pasar a dar merienda).

De no cumplirse con alguna de estas pautas, el Banco debe comunicar a la Entidad Receptora la infracción para que ésta la corrija. Si ésta persiste en cometer infracciones, se la debe suspender. En caso de incumplimientos reiterados el Banco de Alimentos puede dar de baja a la Entidad Receptora o, si la infracción es demasiado grave se la puede dar de baja directamente.



Fuente: Encuesta realizada por equipo de trabajo del ITBA para el Banco de Alimentos

Figura 3.22. Costo del flete para las Entidades Receptoras (E.R.).

3.2.6. Las Entidades Receptoras se alejan de su óptimo de reposición

En el sistema de asignación actual, las Entidades Receptoras deben pedir una cantidad de alimentos que les alcance para el consumo de un mes, puesto que

las tandas de llamado del Banco de Alimentos tienen esa duración. Es decir, la cantidad de alimentos que reciben está dada por esta frecuencia, y no depende de otras variables.

Según la teoría de modelos de inventario, hay muchos costos relacionados con mantener un inventario y con realizar pedidos, y todos ellos deben ser tenidos en cuenta a la hora de determinar la cantidad óptima de reposición. Cada cliente de un proveedor tendrá un lote económico de pedido o cantidad óptima de reposición en función de sus costos. Estos costos suelen ser:

- Relacionados con mantener inventario:
 - Costo de almacenaje
 - Costo de seguros
 - Impuestos al inventario
 - Costo debido a la posibilidad de descomposición
 - Costo por robo
 - Costo por obsolescencia
 - Costo de capital inmovilizado
- Relacionados con realizar pedidos:
 - Costo de trabajo del personal administrativo
 - Costo de facturación
 - Costo de flete

El costo total de tener productos disponibles cuando son necesarios es la suma de todos esos costos. Se puede pensar que todos estos costos varían, entre otras cosas, en función de la cantidad de reposición. También lo hacen

inversamente, mientras los costos relacionados con mantener el inventario crecen al aumentar la cantidad de reposición, los relacionados con pedir pedidos disminuyen, tal como muestra la **Figura 3.23**. La cantidad óptima de reposición aquella en donde se intersecan las curvas de costos, y puede ser determinada a partir de las fórmulas del modelo de Wilson⁶.

Si ahora se piensa en las Entidades Receptoras, ellas incurren en costos parecidos por tener alimentos del Banco de Alimentos, aunque no son tan explícitos como en una empresa y no representan un costo monetario sino un costo de oportunidad o una pérdida de flexibilidad. Por ejemplo:

- Relacionados con mantener inventario:
 - Costo de tener personas en el almacén y no trabajando en otras tareas.
 - Costo de tener el almacén ocupado y no poder usarlo para otras cosas.
 - Costo debido a la posibilidad de vencimiento de los alimentos.
 - Costo por robo.
 - Costo de capital inmovilizado.
 - Otros costos.

- Relacionados con realizar pedidos:
 - Costo de tener personas en tareas administrativas y no en otras.
 - Costo de flete.

⁶ El modelo de la cantidad óptima de reposición de Wilson, también conocido el modelo EOQ (Economic Order Quantity) es un modelo para definir la cantidad óptima a ordenar de un producto para minimizar los costos variables totales involucrados en ordenar y mantener inventario. Fue desarrollado originalmente por F.W. Harris en 1913 y estudiado a fondo por R.H. Wilson.

- Otros costos.

Existe por lo tanto para cada una de ellas curvas como las de la **Figura 3.23** y una cantidad óptima de reposición. Esta cantidad tiene una frecuencia de reposición asociada a través del consumo de la Entidad Receptora. Es decir, la frecuencia óptima con la que a una Entidad Receptora le conviene retirar pedidos del Banco de Alimentos no es necesariamente un mes. Ésta puede ser otra causa por la que algunas Entidades Receptoras no retiran pedidos en todas las tandas del Banco de Alimentos.

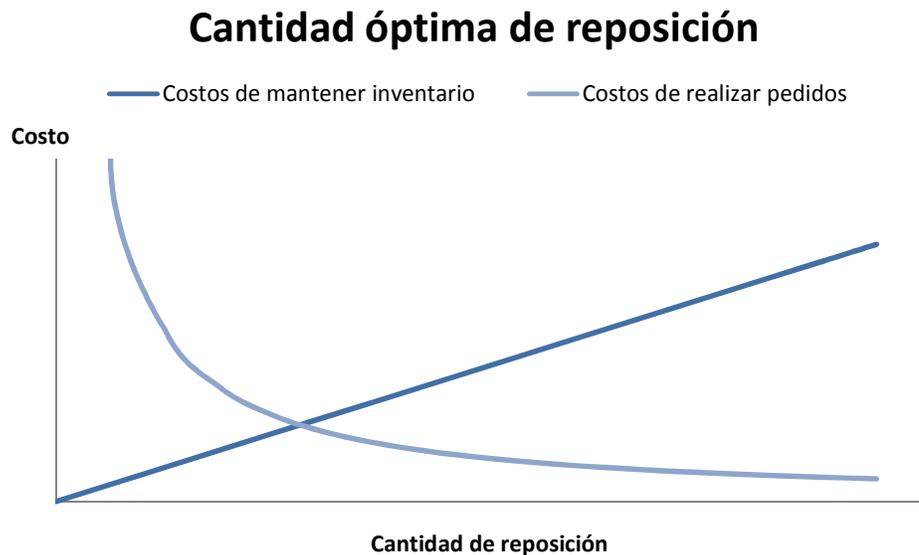


Figura 3.23. Curvas de costos relacionados con mantener el inventario y con realizar pedidos.

3.2.7. Otros problemas potenciales

- La recorrida de llamadas por todas las Entidades Receptoras de la lista (en ella se ofrecen los alimentos) dura aproximadamente un mes. Algunas de las donaciones que recibe el Banco de Alimentos puede tener estacionalidades mensuales con lo cual al ser las Entidades Receptoras contactadas aproximadamente siempre en el mismo momento del mes hay algunos alimentos a los que probablemente una Entidad Receptora determinada nunca tenga acceso.
- Las Entidades Receptoras que no pueden ser contactadas pierden la oportunidad de pedir, y contactarlas no es fácil. Este problema sin embargo no parece tener a primera vista soluciones posibles.

4. SOLUCIÓN PROPUESTA

4.1. INTRODUCCIÓN A LAS POSIBLES SOLUCIONES

En esta instancia central de la tesis se describe precisamente de qué manera se puede resolver el problema presentado en la sección anterior **3.2. EL PROBLEMA DE LA ASIGNACIÓN DE ALIMENTOS**. Con estas soluciones se debe tratar de resolver al máximo grado posible los problemas de falta de eficiencia, efectividad, equidad, estandarización, automatización y cualquier otro problema que presente el sistema actual. Es importante que las soluciones no pierdan de vista la esencia de viabilidad y aplicabilidad que se persigue en esta tesis.

En todo problema, la búsqueda de soluciones no es un proceso llano sin complicaciones ni contramarchas. Al contrario, está plagado de divergencias entre varios caminos, de iteraciones y errores. Esto se debe a que las soluciones por lo general no son fáciles de encontrar ni son únicas. Sin embargo, el carácter iterativo y trabajoso del proceso contribuye a que las soluciones que de él salgan sean más ricas y estén mejor sustentadas. Es por eso que vale la pena no quedarse con la única solución final propuesta sino también presentar los pasos y soluciones intermedias a las se fue llegando. Esto es lo que se hace en las secciones a continuación.

Aunque aparezcan distintas soluciones posibles al problema, todas deben apuntar en la misma dirección de resolver los varios problemas mencionados en la sección **3.2. EL PROBLEMA DE LA ASIGNACIÓN DE ALIMENTOS**:

- La arbitrariedad se resolverá a partir de la explicitación de pasos preestablecidos a partir de los cuales se asignan los alimentos.
- La automatización se resolverá a partir de la posibilidad de traducir esos pasos a un algoritmo capaz de ser procesado por computadoras en cortos tiempos.
- La efectividad se mejorará al tener en cuenta en la asignación qué es lo que quiere cada Entidad Receptora.
- La eficiencia se resolverá en gran parte al darle a las Entidades Receptoras lo que ellas quieren (que a su vez se logrará resolviendo el problema de efectividad) para que disminuya el rechazo de alimentos.

- La equidad se resolverá en gran parte a partir de tener en cuenta más variables a la hora de asignar los alimentos.
- Los demás problemas mencionados en las secciones **3.2.6. Las Entidades Receptoras se alejan de su óptimo de reposición** y **3.2.7. Otros problemas potenciales** se resolverán en su mayoría cambiando el modelo de asignación actual a través de tandas de llamados.

4.2. SOLUCIÓN MEDIANTE PEQUEÑAS MODIFICACIONES AL SISTEMA ACTUAL

Antes de idear soluciones que demanden modificaciones importantes en la manera actual de funcionar del sistema, es conveniente pensar si no existen posibles pequeños cambios que no demanden casi ningún esfuerzo de realizar y generen consecuencias notables.

Como se explica en las secciones anteriores, el hecho de querer encuadrar a todas las Entidades Receptoras en tres tamaños diferentes y en base a eso otorgarles uno de tres pedidos modelo implica:

- Una disminución de la eficiencia del sistema, por el hecho de que la mayoría de las Entidades Receptoras estarán recibiendo más alimento del que necesitan y le darían mal uso.
- Una disminución de la equidad del sistema, por el hecho de que no se está siendo justo al no adaptar lo que recibe cada Entidad Receptora de acuerdo a sus características (al margen de que no se esté adaptando a muchas otras características descritas en la sección **3.2.5. El sistema es poco equitativo**).

El esfuerzo que se hace en la determinación del número de raciones necesarias por cada Entidad Receptora se echa a tierra al agruparlas posteriormente en tres tamaños de pedido modelo posible. Dicho esto, ¿No sería mejor entonces que el pedido de cada Entidad Receptora contenga el número de raciones que realmente determina el Banco de Alimentos necesita?

Esto tendría como ventaja, aumentar la eficiencia y la equidad por lo explicado. Las desventajas no serían muchas. Desde el punto de vista administrativo no traería complicaciones a la hora de confeccionar los pedidos. Se debería seguir el mismo proceso que antes, confeccionar un pedido modelo intermedio, pero ahora en vez de determinar otros dos pedidos modelo diferentes de tamaño

grande y pequeño se deberá determinar un pedido para cada Entidad Receptora. Desde el punto de vista operativo, es una desventaja que los pedidos a armar tengan tamaños más variados, pero al mismo tiempo no hay que olvidar que su tamaño descenderá porque no se seguirán dando raciones mal asignadas, y que además antes también podían ser variados puesto que las Entidades Receptoras daban de baja algunas raciones.

La manera de calcular armar los nuevos pedidos sería la misma que se describe en la sección **3.1.3. Confección de pedido modelo** para pasar del pedido modelo intermedio al grande y al pequeño: manteniendo el *mix* de partidas de alimento iguales, pero adaptando el número de raciones según la **Ecuación 19**. Esto se haría para los pedidos de desayuno y merienda o almuerzo y cena por separado.

$$R_{ij} = r_i \cdot \frac{PMI_j}{\sum_{j=1}^m PMI_j}$$

Ecuación 19

i: Índice que representa las diferentes Entidades Receptoras ($i = 1, 2, \dots, n$).

j: Índice que representa las diferentes partidas de alimento contenidas en el pedido modelo intermedio ($j = 1, 2, \dots, m$).

R_{ij} : Cantidad de raciones de la partida de alimento *j* contenidas en el pedido modelo intermedio que recibe la Entidad Receptora *i*.

r_i : Cantidad de raciones que el Banco de Alimentos entregaría a la Entidad Receptora *i* calculadas según la **Ecuación 7**.

PMI_j : Cantidad de raciones de la partida de alimento *j* establecidas para pedido modelo intermedio.

Así, por ejemplo, si se tiene el siguiente ejemplo:

$$r_i = 10.000$$

$$PMI_1 = 250, \quad PMI_2 = 500, \quad PMI_3 = 750, \quad PMI_4 = 1.000$$

El pedido de la Entidad Receptora estará compuesto de la siguiente manera:

$$R_{i1} = 10.000 \cdot \frac{250}{250 + 500 + 750 + 1.000} = 10.000 \cdot \frac{250}{2.500} = 1.000$$

$$R_{i2} = 10.000 \cdot \frac{500}{2.500} = 2.000$$

$$R_{i3} = 10.000 \cdot \frac{750}{2.500} = 3.000$$

$$R_{i4} = 10.000 \cdot \frac{1.000}{2.500} = 4.000$$

Ecuación 20

Sin embargo, esta solución propuesta no atiende los problemas de efectividad de la asignación, de arbitrariedad, de automatización, y los demás problemas descritos. Tampoco es del todo equitativa al no contemplar muchas de las características intrínsecas y extrínsecas de las Entidades Receptoras enumeradas en la sección **3.2.5. El sistema es poco equitativo**, y tampoco es todo lo eficiente que puede ser según lo explicado en la sección **3.2.3. El sistema es poco eficiente**.

4.2.1. Solución de la arbitrariedad y la automatización

Una manera de solucionar el problema de la arbitrariedad de la confección de pedidos modelo sería estableciendo una serie de pasos que se apliquen en toda circunstancia. Es decir, según lo explicado en la sección **3.1.3. Confección de pedido modelo**, el Jefe del Sector Administrativo del Banco de Alimentos confecciona el pedido modelo intermedio a partir de los dos enfoques allí explicados, pero no respeta ninguna serie de pasos preestablecidos sino que, a veces pone primero en los pedidos modelo intermedio algunos alimentos que no son los de fecha de vencimiento más corta, a costa de aumentar la variedad del producto, y viceversa. Además, tal como se explica en la sección **3.2.2. La confección de pedidos modelo no está automatizada**, una vez resuelto el problema de la arbitrariedad del sistema será posible automatizarlo.

Para poder establecer una serie de pasos, hay que encontrar algún criterio a partir del cual se confeccione el pedido modelo intermedio, tal como lo son los

dos enfoques de *minimizar el vencimiento de los alimentos (maximizar la eficiencia)* y de *maximizar la variedad de alimentos en el pedido modelo*. Como el primero de los enfoques es de mayor importancia para el Banco de Alimentos, el criterio a utilizar sería: *maximizar la variedad de alimentos en el pedido modelo siempre y cuando no venza ningún alimento*.

Esta postura da como resultado el método de confección de pedidos modelo descrito a continuación por medio de 10 pasos. Estos se harían para los pedidos de desayuno y merienda o almuerzo y cena por separado.

Paso 1: Para cada partida de alimento disponible en stock se calcula un coeficiente e_{jk} que representa la cantidad de raciones de la partida de alimento j que se debería entregar el día k a cada una de las Entidades Receptoras que se presenten de manera tal que, si se sigue entregando esa cantidad en los días previos a su vencimiento, se consumiría completamente. Es decir, el coeficiente e_{jk} estará calculado como el cociente entre la cantidad de raciones totales existentes para una partida de alimento dada y la multiplicación entre los días restantes para su vencimiento (excluyendo fines de semana en los que el Banco de Alimentos no trabaja) y la cantidad promedio de Entidades Receptoras que retiran pedidos por día (ver **Ecuación 21**). Estos coeficientes e_{jk} conformarán la matriz $E^{m \times z}$, donde m es la cantidad de partidas de alimento disponibles en stock y z es la cantidad de días que restan para el vencimiento de las m partidas de alimento, es decir, los días que restan para el vencimiento de la última partida en vencer, dados por la **Ecuación 22**. En ella, las partidas irán ordenadas de arriba hacia abajo en función de la fecha de vencimiento más cercana. Es decir, $j = 1$ corresponde a la partida de alimento con vencimiento más inminente. En este paso se calculan los coeficientes e_{j1} únicamente, que conformarán la primer columna de $E^{m \times z}$.

$$e_{jk} = \frac{P_{jk}}{D_{jk} \cdot N}$$

Ecuación 21

$$z = \max(D_{j1}) + 1$$

Ecuación 22

j : Índice que representa las diferentes partidas de alimento disponibles en stock ($j = 1, 2, \dots, m$).

k : Índice que representa los días en los cuales se entregarán las m partidas de alimento disponibles en stock ($k = 1, 2, \dots, l$).

P_{jk} : Cantidad de raciones totales existentes para la partida de alimento j en el día k .

D_{jk} : Días restantes para el vencimiento de la partida de alimento j excluyendo fines de semana en el día k .

N : Cantidad promedio de Entidades Receptoras que retiran pedidos por día.

Paso 2: Una vez calculados los e_{j1} para todas las partidas de alimento disponibles en stock y para $k = 1$ se los suma y posteriormente compara con el número de raciones que contiene el pedido promedio. Este número es de aproximadamente 2.500 raciones según lo que se demuestra en las **Figuras 3.16 y 3.17** y las **Ecuaciones 17 y 18** y es justamente el pedido modelo intermedio.

Paso 3: Si la suma de los e_{j1} resulta menor a estas 2.500 raciones se calculará PMI_{j1} , la cantidad de raciones de cada partida de alimento a incluir en el pedido modelo intermedio en el día $k = 1$ a partir del cociente entre la multiplicación de las 2.500 raciones que lo componen y su e_{jk} y la suma de los e_{jk} (ver **Ecuación 23**). Los valores de PMI_{jk} conformarán la matriz $PMI^{m \times z}$, donde m es la cantidad de partidas de alimento disponibles en stock y z es la cantidad de días que restan para el vencimiento de las m partidas de alimento. En este paso se calculan los valores de PMI_{j1} únicamente, que conformarán la primer columna de $PMI^{m \times z}$.

$$PMI_{j1} = Q \cdot \frac{e_{j1}}{\sum_{j=1}^m e_{j1}}$$

Ecuación 23

Q : Número de raciones que contiene el pedido promedio.

e_{jk} : Coeficiente que representa la cantidad de raciones de la partida de alimento j que se debería entregar el día k a cada una de las Entidades Receptoras que se presenten de manera tal que si se sigue entregando esa cantidad en los días previos al su vencimiento se consumiría completamente.

Paso 4: En caso de que la suma de los e_{j1} sea mayor a las 2.500 raciones se toma la partida de alimento con fecha de vencimiento más cercana ($j = 1$). En caso de haber dos partidas de alimento que tengan ambas la fecha de vencimiento más cercana se toman ambas. Se asigna el e_{11} de dicha partida al pedido modelo intermedio, es decir, se establece $PMI_{11} = e_{11}$.

Paso 5: Se calculan ahora el resto de los coeficientes PMI_{j1} para el resto de las partidas de alimento a partir de la **Ecuación 24** y se tiene así completa la primer columna de $PMI^{m \times z}$.

$$PMI_{j1} = (Q - e_{11}) \cdot \frac{e_{j1}}{\sum_{j=2}^m e_{j1}} \quad j \neq 1$$

Ecuación 24

Paso 6: Se chequea que la cantidad de raciones calculadas a incluir en el pedido modelo intermedio en el día $k = 1$ según los PMI_{j1} no sea mayor a la cantidad de raciones disponibles de esa partida de alimento P_{j1} (ver **Ecuación 25**).

$$P_{jk} \geq PMI_{jk} \cdot N$$

Ecuación 25

Paso 7: En caso de que no se cumpla la **Ecuación 25** para $k = 1$ y algún j , se establecerá PMI_{j1} a partir de la **Ecuación 26** para dicho j .

$$PMI_{jk} = \frac{P_{jk}}{N}$$

Ecuación 26

Paso 8: Se recalcula la cantidad de raciones a incluir en el pedido modelo intermedio a partir de la **Ecuación 27** para el resto de las partidas de alimento j .

$$PMI_{j1} = \left(Q - e_{11} - \sum_x P_{x1} \right) \cdot \frac{e_{j1}}{\sum_{j=2}^m e_{j1}} \quad j \neq 1, x$$

Ecuación 27

x : Índice que representa aquellas partidas de alimento para las cuales no se cumple la **Ecuación 25**.

Paso 9: Se actualizan las cantidades remanentes en stock luego de la asignación a partir de la **Ecuación 28**. Los valores de P_{jk} conformarán la matriz $\mathbf{P}^{m \times z}$, donde m es la cantidad de partidas de alimento disponibles en stock y z es la cantidad de días que restan para el vencimiento de las m partidas de alimento. En este paso se calculan los valores de P_{j1} únicamente, que conformarán la primer columna de $\mathbf{P}^{m \times z}$.

$$P_{j(k+1)} = P_{jk} - PMI_{jk} \cdot N$$

Ecuación 28

Paso 10: Se pasa a calcular PMI_{jk} , e_{jk} y $P_{j(k+1)}$ para el siguiente k en base a la disponibilidad actual de alimentos, hasta completar las matrices $\mathbf{E}^{m \times z}$, $\mathbf{PMI}^{m \times z}$ y $\mathbf{P}^{m \times z}$.

Luego de completar los 10 pasos, se aumenta el valor de k en 1 y se repiten, calculando la segunda columna de $\mathbf{E}^{m \times z}$. En caso de que la suma de los e_{j2} resulte menor a las 2.500 raciones se efectúa el **Paso 4**, en donde se establece $PMI_{11} = e_{11}$, $PMI_{12} = e_{11}$, $PMI_{21} = e_{21}$ y $PMI_{22} = e_{21}$. Es decir, el **Paso 4** generalizado sería, si se cumple la **Ecuación 29**, entonces la matriz superior izquierda de $\mathbf{PMI}^{m \times z}$ de dimensión $k \times k$ queda definida a partir de los coeficientes e_{j1} donde $j \leq k$ de la manera que expresa la **Ecuación 30**.

$$\sum_{j=1}^m e_{jk} > 2.500$$

Ecuación 29

$$PMI_{jh} = e_{j1} \quad \forall j, h \leq k$$

Ecuación 30

En el **ANEXO D** se incluye un ejemplo numérico de cómo sería la confección del pedido modelo intermedio según este método, con cuatro partidas de alimento en el depósito según la lista del Colsen, suponiendo un promedio de 18 Entidades Receptoras retirando pedidos por día en promedio.

La ventaja de este método de confección es que es aplicable a toda circunstancia. Elimina el problema de la arbitrariedad, con lo que puede automatizarse la confección del pedido modelo intermedio, permitiendo eliminar las desventajas que esto generaba.

Una de sus posibles desventajas podría ser que puede llegar a parecer demasiado complejo para comprender a primera vista y por lo tanto su implementación no sería tan fácil. Pero es poco probable porque una vez automatizado el método se lleva a cabo en segundos y produce buenos resultados. Este método sin embargo todavía no soluciona del todo el problema de la efectividad, porque hay mejores maneras de que cada uno reciba lo más cercano a lo que quiere más allá de maximizar la variedad del pedido modelo. Tampoco soluciona del todo el problema de la equidad, porque no tiene en cuenta nuevas características de las Entidades Receptoras en las decisiones que toma a la hora de asignar los alimentos.

4.3. SOLUCIÓN MEDIANTE UN SISTEMA *PULL*

La solución antes presentada no cambia rotundamente la manera de funcionar del Banco de Alimentos. En esta sección, en cambio, se propone una modificación de raíz que consiste en pasar del sistema *push* del Banco de Alimentos a un sistema *pull*.

Cuando se dice que una empresa funciona con un sistema *push*, se está haciendo referencia a que la empresa intenta hacer llegar sus productos o servicios a los consumidores inundando el mercado con ellos para incentivar su demanda. La oferta antecede a la demanda, lo que generalmente deriva en excedentes de producción que constituyen grandes inventarios, se ofrecen en promociones, vencen antes de ser vendidos, etc. Estos sistemas se suelen dar en mercados en donde la necesidad del consumidor no está exactamente identificada o no se está logrando comunicar bien la existencia del producto o servicio a los consumidores. Por lo tanto, las empresas se ven forzadas a ofrecer el producto antes de que el consumidor lo pida. Fue la estrategia

principal de la mayoría de las empresas hasta los años 80, en donde los sistemas *pull*, impulsados por la ideología del *Just in time* creada por los japoneses, se diseminó por el mundo ganando muchos adeptos. Al día de hoy, muchas empresas siguen funcionando con un sistema *push*, no porque desconozcan las ventajas del *Just in time*, sino que porque el tipo de productos o servicios que manejan y las características de su clientela se los exige.

En el Banco de Alimentos el sistema *push* es la base de su funcionamiento. Recibe donaciones de alimentos de las empresas de consumo masivo gracias a sus excedentes de producción originados por sistemas *push*. Almacenan esa mercadería y tratan de forzarla en sus clientes llamándolos constantemente y ofreciéndoles alimentos. No se espera a que los clientes se acerquen al Banco de Alimentos a pedir los alimentos que necesitan, sino que se trata de inundar a las Entidades Receptoras con alimentos. Se les da crédito para que lleven los pedidos por más que en el momento no puedan pagarlos. Se les guarda su pedido en caso de que no aparezcan el día de la entrega y se les incentiva para que lo retiren otro día. En fin, el Banco de Alimentos funciona como una pistón: necesita esfuerzos tanto para llenarse como para vaciarse.

Vale la pena aclarar que en este caso no ocurre que la necesidad del consumidor no está claramente identificada, sino que el sistema *push* existe por otros motivos que más adelante se explican.

Como consecuencia de este sistema *push*, el Banco de Alimentos está constantemente realizando esfuerzos. Muchas personas tienen que ocuparse de llamar una y otra y otra vez a las Entidades Receptoras, la tarea que más se lleva a cabo todos los días. Parecería entonces más lógico proponer un sistema *pull*, es decir, un sistema en donde sean las propias Entidades Receptoras las que se acercan al Banco de Alimentos para pedir lo que desean.

Si las Entidades Receptoras piden lo que desean se estaría eliminando el problema de ineffectividad del sistema. Habría de todas maneras que encontrar algún mecanismo que permita asignar los alimentos en caso de que la demanda supere a la disponibilidad de alimentos. También se podría mejorar la eficiencia y la equidad del sistema utilizando al número de raciones calculado según la **Ecuación 19** como la cantidad máxima de raciones posibles a pedir por parte de cada Entidad Receptora.

Sin embargo, si se piensa detenidamente en la viabilidad del sistema *pull*, sería razonable descartarlo por los siguientes motivos:

- Las Entidades Receptoras no saben qué alimentos hay disponibles en el depósito. Por lo tanto, deberían en primer lugar llamar para averiguar cuál es la disponibilidad en ese momento. Luego de un tiempo en el que pensarán lo que quieren, podrían pedir. Esto generaría que la cantidad de llamadas a atender por parte de los voluntarios del Sector Administrativo se duplicara. Es decir, ahora no tendrían que hablar sólo una vez al mes con cada Entidad Receptora, sino dos (suponiendo que la frecuencia con la que las Entidades Receptoras hacen pedidos permanece de un mes en promedio luego de cambiar a un sistema *pull*). No se entra en un análisis sobre si las llamadas serían más largas o cortas, aunque seguramente el tiempo de llamadas en el sistema *pull* sería el doble que el del sistema actual. Se podría encontrar otra manera de informar a las Entidades Receptoras qué disponibilidad hay, como entregando una especie de boletín mensual donde figuran los alimentos del mes. Sin embargo, estos alimentos son tan cambiantes durante un mismo mes que sería difícil implementar tal idea. También se podría pensar en que sea el Banco de Alimentos el que llame a las Entidades Receptoras. Pero si ya hoy en día resulta difícil comunicarse con la persona indicada en cada Entidad Receptora, sería una mala idea triplicar la cantidad de llamados.
- Una vez tomados los pedidos durante una determinada cantidad de tiempo, lo más probable que ocurra es que la demanda supere a la oferta, con lo cual se necesitaría un mecanismo que permita lograr una asignación equitativa y efectiva. Esto plantea la necesidad de agregar otro llamado adicional, en donde se comunicaría el resultado de la asignación y se definiría la fecha para retirar el pedido con cada Entidad Receptora.
- Uno de los motivos más importantes de la inviabilidad de un sistema *pull* sería que muchas de las Entidades Receptoras no llamarían para hacer pedidos por desorganización interna. Las Entidades Receptoras suelen ser instituciones con mucho trabajo y pocos recursos, con lo cual es fácil pensar que pueden olvidarse de llamar al Banco de Alimentos para hacer un pedido. Sobreviven de la manera que pueden, y hacerlas llamar al Banco de Alimentos unas dos veces o las que sea necesario sería una complicación adicional que muchas no podrían afrontar. El llamado mensual del Banco de Alimentos les sirve a muchas como un recordatorio de que sus alacenas se están vaciando y sería una buena oportunidad de hacerse de más alimentos. Además, en la mayor parte de las Entidades Receptoras no disponen de teléfono. Para contactarlas el Banco de Alimentos se comunica con los responsables legales de las mismas, que sí tienen teléfonos, y a través de ellos es que las Entidades Receptoras logran hacer sus pedidos.

- Algunas Entidades Receptoras también dejarían de llamar para hacer pedidos por falta de dinero. Hoy en día el Banco de Alimentos tiene la posibilidad de optar si entrega o no un pedido a una Entidad Receptora que no puede pagarlo y dejar que lo pague en un futuro o que directamente ni lo pague. De cambiar al sistema *pull* propuesto esa posibilidad ya no estaría disponible (a menor que las Entidades Receptoras llamen para pedir financiamiento, cosa que no sería muy probable).
- Sería un sistema conflictivo y posiblemente frustrante para las Entidades Receptoras, puesto que sabrían qué alimentos hay disponibles en stock al momento de hacer el pedido, pero no sería fácil que entendieran porqué el sistema de asignación (cualquiera que sea) no les asignó los alimentos que ellas querían, ni en cantidad ni en variedad.
- Necesitaría un período de adaptación por parte de las Entidades Receptoras. En primer lugar, porque ellas no están acostumbradas a hacer los pedidos y posiblemente ocurra que les cueste saber qué es lo que quieren. En segundo lugar, porque desconocen el concepto de raciones que maneja el Banco de Alimentos para cuantificar los alimentos, y les llevaría tiempo familiarizarse.
- Podría llegar a ser un sistema conflictivo porque el Banco de Alimentos ya no tendría el poder de decidir quién retira pedidos y en qué momento. Si en algún momento hay demasiadas Entidades Receptoras (o contrariamente muy pocas) queriendo hacer pedidos, debería intervenir no autorizando a algunas Entidades Receptoras a hacerlo (o forzando a otras a hacerlo), haciendo diferencias entre ellas y generando inequidades.

Más allá de esos motivos, hay una característica propia de un sistema *pull* que no es aplicable en esta circunstancia, que es que para que funcione, se debe disponer de los productos y servicios que los clientes necesitan y desean. El Banco de Alimentos no tiene ni la cantidad ni la variedad de alimentos que las Entidades Receptoras necesitan. Por lo tanto, no queda otra alternativa que incentivarlas llamándolas varias veces e insistiendo. Los sistemas *pull* que se dan en las diferentes industrias de hoy en día se caracterizan por tener todo lo que los clientes necesitan y desean, o la capacidad de fabricarlo o brindarlo de manera casi instantánea. Eso no se da en el Banco de Alimentos.

Por esto, y por los otros motivos expuestos, no sería conveniente instalar un sistema *pull*. La cantidad de pedidos seguramente disminuiría, con lo que los alimentos comenzarían a sobrar en el depósito. Es común que en el depósito

hayan alimentos que por lo general nadie necesita imperiosamente (como ser pan dulce, *Mantecol* o dulce de batata). El Banco de Alimentos es consciente de esto y suele complementarlos en los pedidos con otros alimentos que las Entidades Receptoras sí suelen necesitar (como fideos, harina o aceite). Si las Entidades Receptoras pudieran pedir exactamente lo que quieren probablemente la demanda de estos últimos productos supere ampliamente la disponibilidad, ocurriendo lo inverso para los otros.

4.3.1. Sistemas *pull* exitosos en el entorno de organizaciones sin fines de lucro

No hay que pensar, sin embargo, que por lo explicado en la sección anterior los sistemas *pull* no tienen cabida en el entorno de las organizaciones sin fines de lucro. Si el lector vuelve sobre los interesantes casos descritos en las secciones **2.1. SISTEMA DE APOYO DE DECISIONES PARA LA ASIGNACIÓN DE MEDICAMENTOS** y **2.2. SISTEMA DE APUESTAS DE PUNTOS ONLINE PARA LA ASIGNACIÓN DE ALIMENTOS** se dará cuenta que tanto el sistema de asignación propuesto por Swaminathan como el implementado por *America's Second Harvest* se tratan de sistemas más cercanos a un sistema *pull* que el sistema *push* actual del Banco de Alimentos. No son sistemas completamente *pull* como los que se pueden encontrar en el ámbito de organizaciones con fines de lucro, porque estas entregan los productos o servicios apenas los pide el cliente. No existe un paso de asignación, porque no se debe ser justo sino que se debe maximizar las ganancias, atendiendo a los clientes apenas llegan. Es decir, no hace falta consolidar varias órdenes durante un período determinado de tiempo, y después en caso de que la demanda supere a la oferta asignar los productos de la manera más equitativa posible.

Swaminathan propone un sistema en donde las clínicas piden las drogas que necesitan y después se las asignan en la medida posible. Este caso sin embargo tiene algunas diferencias con el del Banco de Alimentos que vale la pena mencionar:

- Las drogas y los alimentos son productos diferentes. El valor de las drogas es mucho más alto, con lo cual es mucho más probable que a cualquiera le venga bien cualquier droga. Más teniendo en cuenta que éstas eran gratuitas mientras que las Entidades Receptoras deben abonar un monto simbólico y el costo del flete. Es decir, obviamente una clínica seguro tiene preferencias sobre una droga u otra, pero es más difícil que no quiera una droga a que una Entidad Receptora no quiera un alimento. Esto no es así solamente por el costo de las drogas, sino también porque es más fácil almacenarlas, y porque no tienen fechas de vencimiento tan comprometidas como los alimentos en la mayoría de los

casos. Por lo tanto, es menos factible que una clínica no quiera un pedido y más difícil que el sistema sea inefectivo.

- Las clínicas no tienen dificultad de acceso a Internet y están familiarizadas con el pedido de productos online.
- La oferta del PHI era conocida y predecible. Se conocían los productos que las empresas farmacéuticas donarían de acuerdo a un calendario de donaciones.
- El PHI tenía muchas más restricciones internas de parte de las empresas farmacéuticas en términos de cómo debería ser la asignación, lo cual hacía que el sistema de asignación debiera ser más complejo. El Banco de Alimentos es en cambio el único que decide como asignar los productos una vez que ingresan a su depósito.

También es interesante resaltar las diferencias del caso de *America's Second Harvest* con el Banco de Alimentos:

- La complejidad del problema: *America's Second Harvest* entrega alimentos a bancos de alimentos, con lo cual tienen casi la mitad de beneficiarios que el Banco de Alimentos.
- Los bancos de alimentos son entidades más organizadas, con más personal profesional y capacitado que las entidades receptoras, resultando mucho más fácil montar un sistema así de complejo como lo hizo *America's Second Harvest*.
- *America's Second Harvest* es una organización con más antigüedad y experiencia en la distribución de alimentos, con lo cual cualquier cambio es más fácil de realizar en ese entorno que en el del ajetreado Banco de Alimentos.

Por estas diferencias, es difícil pensar en la aplicación de estos sistemas de asignación al Banco de Alimentos hoy en día. Más aún teniendo en cuenta la baja penetración de internet en los sectores más carenciados, entre los cuales se ubican la mayoría de las Entidades Receptoras atendidas por el Banco de Alimentos.

También sería difícil pensar en un sistema en el que las propias Entidades Receptoras sean las encargadas de llamar al Banco de Alimentos para hacer

sus pedidos por motivos de falta de tiempo y recursos como se explica en la sección **4.3. SOLUCIÓN MEDIANTE UN SISTEMA *PULL***, es igual de difícil pensar que sean capaces de hacer pedidos por internet.

No obstante, ambos enfoques son valiosos y podrían llegar a resultar exitosos en un futuro. Teniendo en cuenta lo rápido que está creciendo la penetración de internet en el país (del 20% al 35% entre 2004 y 2007⁷), no sería desquiciado pensar que en unos años cada Entidad Receptora tenga su computadora con conexión a internet en su sede. En ese caso igualmente se debe ser muy cuidadoso a la hora de cambiar el sistema actual por uno en que los pedidos se realicen por internet. Hoy en día, las llamadas son una de las vías más importantes para mantener el contacto con las Entidades Receptoras, y eliminarlas puede debilitar o hasta romper la relación que tienen con el Banco de Alimentos.

De ambos casos también es posible obtener conceptos e ideas útiles a la hora de pensar un nuevo sistema para el Banco de Alimentos. Por ejemplo, tanto en el de Swaminathan como en el de *America's Second Harvest* se dan las siguientes cosas:

- Los sistemas consolidan órdenes en un primer paso y luego asignan. Esto es necesario para poder tener en cuenta la voluntad de las clínicas y bancos de alimentos, sin dejar de ser justos. Es decir, para maximizar la efectividad sin perjudicar a la equidad.
- Los sistemas se apoyan en una plataforma de Internet para poder mostrar la disponibilidad de drogas y alimentos a los beneficiarios y para recibir sus órdenes. Esto les permite llevar a cabo procesos que insumirían demasiado tiempo y esfuerzo, de manera rápida y sencilla.
- Ambos sistemas de asignación buscan ser eficientes, efectivos, y equitativos. El sistema del PHI por ejemplo, reparte las drogas que sobren luego de la asignación entre las clínicas por más que estas no las hayan ordenado para maximizar la eficiencia, o tienen en cuenta la especialidad y tamaño de la clínica en cuestión para asignarle medicamentos más acorde a ella, aumentando la equidad. El sistema de apuestas de puntos online de *America's Second Harvest* siempre reparte todos los alimentos porque alguien siempre va a haber puesto un punto en cada carga, y además incentiva a los bancos de alimento a intercambiar productos entre ellos, aumentando la eficiencia. Deja que los bancos de alimentos compitan por los diferentes productos, por lo

⁷ Fuente: Infobae Profesional: La penetración de Internet en Iberoamérica es menor al 20%. 29 de noviembre 2007.

que el ganador es el que más lo desea si es un apostador racional, lográndose así una mayor efectividad. Por último, asigna los puntos en función a características propias de cada banco de alimentos como ser tamaño y pobreza.

- Los cambios en los sistemas de asignación fueron controversiales y necesitaron un tiempo de implementación, en el cual se debió convencer a la gente afectada de que el sistema funcionaría y que se verían beneficiadas, y educarla en el uso de herramientas informáticas.
- Las universidades aparecen como los agentes de cambio para lograr un sistema de asignación más conveniente.

El hecho de que en ambos casos se hayan dado estos puntos es un indicio de que el sistema de asignación que se proponga para el Banco de Alimentos debe tratar de tenerlos en cuenta para aumentar sus posibilidades de ser exitoso.

4.4. SOLUCIÓN INTERMEDIA ENTRE LO QUE ELLOS QUIEREN Y UN *BIG BROTHER*

En las secciones anteriores se han descrito dos tipos de sistemas de asignación muy bien diferenciados: los sistemas de asignación en los que los participantes piden lo que quieren, y el sistema de asignación estilo *big brother*, en el que nadie pide lo que quiere y todas las decisiones recaen en un individuo. Son tan diferenciados que podrían situarse en los extremos opuestos de una escala.

Obviamente, en el extremo de los sistemas de asignación en los que los participantes piden lo que quieren, como el sistema del PHI y el de *America's Second Harvest*, la efectividad se maximiza y ello contribuye a que aumente la eficiencia. El sistema de *America's Second Harvest* es inclusive más efectivo, porque en él ningún agente exterior decide si una entidad u otra gana lo que quiere sino que lo deciden entre ellas. En el sistema de PHI, en cambio, por más que uno quiera mucho una droga, no obtendrá todo lo que quiere si las trabas que le impone el sistema son demasiado grandes.

En el otro extremo se ubica el sistema de *big brother* de lista rotativa que utilizaba *America's Second Harvest* para asignar las cargas donadas a los bancos de alimentos como se describe en la sección **2.2. SISTEMA DE APUESTAS DE PUNTOS ONLINE PARA LA ASIGNACIÓN DE ALIMENTOS**, y el sistema de asignación del Banco de Alimentos de Buenos Aires. Es

inevitable comparar los dos sistemas y no estar de acuerdo en que son casi idénticos. El nombre *big brother* surge del hecho de que hay un único agente que toma las decisiones y trata de optimizar un sistema del que dependen muchos otros agentes. En el caso del Banco de Alimentos, ese agente es un único sujeto, el Jefe del Sector Administrativo, que arma los pedidos modelo. Esto plantea una gran desventaja, puesto que es imposible que una única persona pueda optimizar las decisiones de otras tantas. Aún cuando hubiera muchos Jefes del Sector Administrativo que hicieran cada uno un pedido personalizado para cada Entidad Receptora, no se lograría una asignación más efectiva que dejando a los mismos agentes optimizar sus propias decisiones.

Para mejorar el sistema de asignación actual del Banco de Alimentos, lo ideal sería lograr lo mismo que el PHI o *America's Second Harvest*, es decir, que las Entidades Receptoras hagan sus propios pedidos. Pero sería utópico y simplista proponer un sistema en el que las Entidades Receptoras se vean forzadas a usar internet o llamar al Banco de Alimentos para hacer sus pedidos por lo inviables que resultan estas dos opciones, tal como se ha explicado en los párrafos anteriores. Se debe por lo tanto buscar una situación intermedia, una manera que permita incorporar al sistema de asignación el deseo de las Entidades Receptoras sin tener que comunicarse con ellas cada vez que desean realizar un pedido. ¿Cómo hacerlo entonces?

La manera en que se podría lograr una asignación más efectiva, es haciendo los pedidos en base a lo que las Entidades Receptoras más probablemente quieren. Antes de que el lector piense para sí mismo “¿Pero no es la manera que usaba *America's Second Harvest* y tantos problemas generaba, según relata Susannah Morgan, directora ejecutiva del Banco de Alimentos de Alaska, en la sección **2.2. SISTEMA DE APUESTAS DE PUNTOS ONLINE PARA LA ASIGNACIÓN DE ALIMENTOS?**”, se debe entender que esto no necesariamente es adivinar. Es más parecido a hacer *lo que ellos quieren* pero sin preguntarlo cada vez que haya que tomar una decisión, sino con una frecuencia menor.

La manera de lograr hacer los pedidos en base a lo que las Entidades Receptoras más probablemente quieren, es teniendo información de sus preferencias. El Banco de Alimentos conoce más que nadie a sus Entidades Receptoras. La principal fuente de información son las visitas periódicas a las Entidades Receptoras, mencionadas brevemente en la sección **3.1.4. Llamado a Entidades Receptoras**.

Estas visitas periódicas son a su vez la principal vía de desarrollo y mantenimiento de la relación con las Entidades Receptoras. Tienen el objetivo de evaluar el funcionamiento de las Entidades Receptoras y de ponerse al día de cualquier cambio que haya ocurrido con respecto a la cantidad de

beneficiarios, la cantidad de comidas servidas, el tipo de comidas servidas y demás información, para lograr una mejor distribución de los alimentos donados.

Entre la mucha información que se recaba en este tipo de visitas, se encuentran datos que pueden resultar muy útiles para saber qué alimentos conformarían el pedido que una Entidad Receptora más probablemente querría.

Una de las preguntas que se le hace a las la Entidades Receptoras es cuál es el primero, segundo, tercero y cuarto alimento que más necesitan. Los más nombrados suelen ser azúcar, leche, fideos, arroz, aceite, frutas, verduras y carnes. También se sabe aproximadamente cómo es la pirámide poblacional de la Entidad Receptora indagando la edad de la gente que asiste, dato que se registra en una tabla como la mostrada en la **Tabla 4.2**.

Edad	Cantidad
De 0 a 3 años	...
De 3 a 5 años	...
De 6 a 14 años	...
De 14 a 18 años	...
Adultos	...
Ancianos	...

Tabla 4.2. Tabla que el Banco de Alimentos completa para cada Entidad Receptora.

Otros datos que se conocen de cada Entidad Receptora, y que podrían llegar a ser útiles a la hora de decidir qué pedido ofrecerles, se listan a continuación, junto con la explicación de por qué serían útiles:

- **Talleres o proyectos que la Entidad Receptora tiene en marcha.** Algunas Entidades Receptoras pueden tener granja, panadería, huerta, fabricación de dulces u otra fuente de alimentos para solventar un poco la falta de recursos y educar a sus beneficiarios. En este caso sería bueno saber si esa actividad ya le provee a la Entidad Receptora suficiente de algún tipo de alimento, para evitar ofrecérselo.
- **Características del flete.** Sería interesante saber su tamaño, para evitar ofrecerle pedidos más grandes de lo que podrían llevar por lo explicado en la sección **3.1.7. Expedición** y si cuentan con refrigeración o no, para evitar darles productos refrigerados que no pueden llevar.

- **Disponibilidad o no de instalaciones.** Algunas Entidades Receptoras tienen o no agua potable, electricidad, horno industrial, *freezer* grande, gas natural, gas envasado u horno a leña. Esto puede llegar a condicionar tanto los volúmenes como las variedades de alimentos que se le asignan a una Entidad Receptora. Por ejemplo, tendría más sentido mandar agua envasada que productos disecados como jugo *Tang* si el agua no es potable, o no se debería mandar más cantidad de producto congelado que la capacidad del *freezer* de la Entidad Receptora.

A continuación se listan otras características que también serían útiles a la hora de decidir qué pedido ofrecer a cada Entidad Receptora, pero ya se explica en la sección **3.2.5. El sistema es poco equitativo** porque sería útil considerarlas:

- Necesidad.
- Cantidad de beneficiarios.
- Fecha de Ingreso al Banco de Alimentos.
- Si pertenece a algún consolidado.
- Estado, es decir, si la Entidad Receptora se encuentra suspendida o en mora.
- Porcentaje de las raciones totales de la Entidad Receptora que desea cubrir el Banco de Alimentos.
- Con qué tipos de financiamiento cuenta.
- Lejanía geográfica y costo del flete.

La manera en que se pueden hacer los pedidos en base a lo que las Entidades Receptoras más probablemente quieren se explica en la sección **4.4.2. El pedido “ideal”**.

4.4.1. Optimización de la asignación de alimentos

En primer lugar, habría que establecer un período de tiempo para el cual se confeccionarían los pedidos. Es decir, se debe establecer un horizonte temporal para el cual el sistema de asignación confeccionará todos los pedidos de las Entidades Receptoras. Por ejemplo, si se toma un horizonte temporal de dos semanas, todos los pedidos de las Entidades Receptoras de esas dos semanas serán confeccionados. En el sistema de PHI ese tiempo era de tres meses, mientras que en el sistema de apuestas de *America's Second Harvest* y en el sistema actual del Banco de Alimentos es diario.

Este período de tiempo está relacionado con dos factores:

1. Las características de los productos: su fecha de vencimiento. Cuanto más chico sea el margen para el vencimiento que tienen los productos que maneja una organización, menor debe ser el horizonte temporal para el cual el sistema de asignación confeccione los pedidos. El PHI por ejemplo manejaba drogas con márgenes de vencimiento tan grandes que ni tenía en cuenta esas fechas.
2. Las características de las donaciones: su imprevisibilidad. Cuanto más impredecible sea el aprovisionamiento de una organización, más chico debe ser el período de confección. Al llegar nuevos productos, puede llegar a realizarse una asignación más óptima que la anterior. Por lo tanto, la frecuencia con la que se confeccionan los pedidos debe ser coherente con la de la llegada de los productos.

Para entender ambos efectos supóngase el siguiente ejemplo: se planean los pedidos para los próximos 50 días y a los 5 días llega una partida de alimentos con una cantidad relativamente importante de raciones con vencimiento en 30 días. Por lo tanto se vuelven a planear los pedidos para los próximos 50 días teniendo en cuenta esta nueva información para que la asignación sea ahora más óptima. Pero en los 5 días que ya han pasado, la asignación ha sido menos óptima de lo que podría haber sido si se planificaba para los próximos 5 días en vez de 50.

La elección del horizonte temporal para la asignación de los alimentos debe ser cuidadosa. Una opción es mantener el período de confección de pedidos actual de un día y que el sistema de asignación trate de optimizar la confección de pedidos para cada día como un problema aislado. Esto es un arma de doble filo. Por un lado, tiene la desventaja de que la optimización podría ser más completa si se consideraran más días y más Entidades Receptoras pero, por el otro lado, está la ventaja ya mencionada de que la llegada de donaciones y las

fechas de vencimiento son muy cortas. Otra opción sería ampliar el período de confección a más días, a un número entre uno o quince días (un tiempo ya demasiado largo comparado con la llegada de alimentos y los márgenes de vencimiento). La elección no es una sencilla ni directa, sino que debe salir del conocimiento de las mismas personas que trabajan en el Banco de Alimentos e inclusive puede llevar un período de prueba y error asociado, en el que se haga una sintonía fina de la cantidad óptima de días. Se deja entonces esta decisión abierta y se retoma su discusión en el capítulo **5. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.**

El objetivo del nuevo sistema de asignación

El próximo paso sería definir el objetivo de la asignación. Así como en la sección **3.1.3. Confección de pedido modelo** se plantean dos posibles objetivos de *minimizar el vencimiento de los alimentos* o de *maximizar la variedad de alimentos en el pedido modelo*, y en la sección **4.2.1. Solución de la arbitrariedad y la automatización** se plantea el objetivo de *maximizar la variedad de alimentos en el pedido modelo siempre y cuando no venza ningún alimento*, se debe ahora establecer cuál será el objetivo de este nuevo sistema de asignación.

Sus objetivos son dos:

Objetivo 1: *Minimizar el sobrante de alimentos*, lo que es equivalente a *maximizar la eficiencia* tal como se la describe en la sección **1.1.2. El problema.**

Objetivo 2: *Minimizar la diferencia entre el ratio de las raciones asignadas y el ratio de las raciones que quisiera cada Entidad Receptora ponderado por su prioridad para recibir ese alimento*, que queda expresado en la **Ecuación 32**. Este objetivo se ocupa de la efectividad y la equidad del sistema tal como se las describe en la sección **1.1.2. El problema.**

El **Objetivo 2** puede ser un poco confuso para el lector. Como se menciona en la sección **3.2.5. El sistema es poco equitativo**, existe una situación de equidad absoluta o perfecta que es aquella en la cual se cumplen las **Ecuaciones 4** y **5**. Sin embargo, al querer maximizar varios objetivos en simultáneo con varias restricciones, como ocurre en este caso, a veces no se llega a un óptimo perfecto, sino que lo más cercano posible de él. Entonces, lo que busca este **Objetivo 2** es lograr que la **Ecuación 4** se cumpla lo más posible. Es decir, minimizar las diferencias expresadas en la **Ecuación 31**. Como estas diferencias en algunos casos serán positivas y en otros negativas lo que se minimiza es su cuadrado, como se puede ver en la **Ecuación 32**.

$$R_{ij} \cdot O_{kj} \cdot \pi_{kj} - R_{kj} \cdot O_{ij} \cdot \pi_{ij} \quad \forall j, k, i$$

Ecuación 31

i : Índice que representa las diferentes Entidades Receptoras ($i = 1, 2, \dots, n$).

k : Índice que representa las diferentes Entidades Receptoras ($k = 1, 2, \dots, l$).

j : Índice que representa las diferentes partidas de alimento ($j = 1, 2, \dots, m$).

R_{ij} : Cantidad de raciones de la partida de alimento j que recibe la Entidad Receptora i .

O_{ij} : Cantidad de raciones de la partida de alimento j requeridas por la Entidad Receptora i .

π_{ij} : Coeficiente de prioridad de la Entidad Receptora i para la partida de alimento j (elementos de $\pi^{n \times m}$).

$$\sum_{j \in A} \sum_{i \in E, O_{ij} > 0} \sum_{k \in E, O_{kj} > 0} (R_{ij} \cdot O_{kj} \cdot \pi_{kj} - R_{kj} \cdot O_{ij} \cdot \pi_{ij})^2$$

Ecuación 32

E : Conjunto de Entidades Receptoras que entran en el período de asignación en cuestión.

A : Conjunto de partidas de alimento que entran en el período de asignación en cuestión.

Como figura en la **Ecuación 32**, en cada período de asignación participa un conjunto de Entidades Receptoras E . Es decir, actualmente el Banco de Alimentos confecciona y reparte pedidos a un promedio de 20 Entidades Receptoras por día. En un mes típico por lo tanto se reparten aproximadamente unos 400 pedidos, es decir, uno por Entidad Receptora, lo cual es coherente con la forma mensual en que se determina r_i en la **Ecuación 7**. Si el período de asignación es de x días, entonces habrá que escoger unas $20 \cdot x$ Entidades

Receptoras para que participen. En el sistema de PHI, todas las clínicas participaban de un período de asignación de 30 días, con lo cual no había ningún problema de equidad. En el de *America's Second Harvest*, participan también todas porque todas tienen la posibilidad de apostar y ganar una carga. Aquí se deben incluir por tandas, a menos que el período de asignación sea de un mes, algo poco probable.

El hecho de escoger solamente a algunas Entidades Receptoras para formar parte del período de asignación en el conjunto E puede llegar a generar controversias. Se puede pensar que no es equitativo escoger primero a unas y después a otras. Pero una vez más, tal como se explica en la sección **3.2.4. El sistema es poco efectivo**, si el funcionamiento del Banco de Alimentos es continuo, estar ubicado antes que el resto en la lista de llamados no tiene ningún beneficio, porque una vez que se termina de llamar a todas comienza de nuevo el ciclo. Por lo tanto, el esquema de tandas sigue siendo válido. Sí en cambio podría ser inequitativo el estar en un conjunto E en el que siempre estén las mismas Entidades Receptoras. Es mejor explicar este concepto a través de un ejemplo: supóngase que en un conjunto E todas las Entidades Receptoras, salvo una particular, tienen una necesidad grande, están lejos del Banco de Alimentos, tienen mucha antigüedad y pertenecen a algún consolidado. Esta Entidad Receptora por lo tanto será la única con coeficientes de prioridad π_{ij} muy bajos para los diferentes alimentos, y se verá perjudicada en la asignación de ese período. Si siempre que le toque a esta Entidad Receptora entrar en el período de asignación lo hace junto con las otras Entidades Receptoras de π_{ij} muy altos, estará siempre en una posición de desventaja. Por lo tanto, las Entidades Receptoras que conformen el conjunto E para cada período de asignación se deben escoger al azar y ninguna Entidad Receptora puede ser escogida más de una vez hasta que todo el resto haya participado en un período de asignación.

En la **Ecuación 32** también figura que en cada período de asignación participa un conjunto de partidas de alimento A . Este conjunto, queda definido con la expresión del **Objetivo 1**, en los párrafos que prosiguen.

El **Objetivo 1** no es tan sencillo de lograr como el **Objetivo 2**. La ineficiencia se puede pensar como descompuesta en tres ineficiencias que se explican a lo largo del trabajo:

1. Las ineficiencias generadas por las Entidades Receptoras que retiran alimentos que no necesitan y por lo tanto terminan siendo mal aprovechados, explicado en la sección **1.2. CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA**.

2. Las ineficiencias generadas por las Entidades Receptoras que no aceptan el pedido que se les ofrece por no necesitar los alimentos que éste contiene, explicado también en la sección **1.2. CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA**.
3. Alimentos que vencen en el depósito por no asignarse a los pedidos.

Las primeras dos ineficiencias están directamente relacionadas con el concepto de efectividad y por lo tanto pueden salvaguardarse con el **Objetivo 2**. Sin embargo, se debe agregar el **Objetivo 1** para incentivar al sistema a que utilice primero los alimentos próximos a vencer, justamente para evitar que esto suceda.

Se proponen tres posibles métodos de incorporar este incentivo al sistema, que se describen a continuación:

Método 1: Un método simple sería la siguiente. Optimizar la asignación de pedidos en base únicamente al **Objetivo 2** y a las restricciones que más adelante se mencionan sin imponer ningún objetivo que incentive al no vencimiento de los alimentos. De esta manera, se maximizaría la efectividad y la equidad del sistema porque el mismo elige de cualquiera de los alimentos sin importarle cuando vence, prestando atención únicamente al **Objetivo 2**. El conjunto A antes mencionado sería entonces todos los alimentos, es decir, $A = m$ ($j = 1, 2, \dots, m$). Adicionalmente, para evitar que se venzan los alimentos se añade una restricción a la asignación que sólo aparece en el caso que haya alguna partida de alimento próxima a vencer. Para ello se debe establecer un criterio que permita discernir cuándo el vencimiento de una partida de alimento se considera inminente. Ese criterio puede ser por ejemplo un número de días que, en caso de igualar al margen para el vencimiento de la partida de alimento más próxima a vencer, indica que la restricción en cuestión debe ser considerada a la hora de efectuar la asignación. La restricción vendría dada por la **Ecuación 33**. Esta restricción tiene el efecto de que, en el caso que alguna partida de alimento alcance la condición de vencimiento inminente, la asignación de alimentos asigne la totalidad de dicha partida en ese período de asignación. Este método tiene un gran problema. Al actuar la restricción sólo en algunos períodos de asignación, las Entidades Receptoras participantes de esos períodos se verían muy perjudicadas, y el sistema dejaría de ser equitativo. Es decir, al actuar una nueva restricción sobre la asignación (por ejemplo: “agotar el millón de raciones de *Mantecol* que vencen mañana”), ésta sería muy subóptima desde el punto de vista de la variedad.

$$\sum_{i \in E} R_{ij} = P_j \quad \forall j \in B$$

Ecuación 33

P_j : Cantidad de raciones totales existentes para la partida de alimento j .

B : Conjunto de partidas de alimento que alcanzan la condición de vencimiento inminente.

Método 2: Otra manera de hacerlo sería manifestar el **Objetivo 1** a través de la **Ecuación 34**. Lo que intenta hacer es inducir al sistema a que asigne en primer lugar los alimentos con fecha de vencimiento más cercana. La manera en que hace esto posible es pidiendo que el sistema maximice una suma de puntos. Cada ración de cada partida de alimento j tiene un puntaje asociado b_j . Este puntaje es más grande cuanto más inminente es el vencimiento de la partida de alimento en cuestión, y cuanto más grave es ese vencimiento. Es decir, b_j está relacionado con el e_{jk} calculado en la **Ecuación 21**. Es importante entender que b_j no sólo tiene un carácter ordinal importante, porque da la pauta de qué partidas de alimento consumir primero, sino también de cardinal, puesto que, en función de la manera en que se calculen estos puntajes b_j , se incentivará más o menos al sistema a consumir las partidas de alimento con vencimiento más inminente. Cuanto mayor sea la dispersión de los b_j , más intentará el sistema de consumir la mayor cantidad posible de las partidas con vencimiento más inminente. Si la dispersión de los b_j resultara demasiado grande, puede llegar a pasar que el sistema se convierta en aquel con *objetivo de minimizar el vencimiento de los alimentos (maximizar la eficiencia)* descrito en la sección **3.1.3. Confección de pedido modelo**. Si en cambio resulta demasiado pequeña, puede ser que el sistema no le dé importancia a consumir primero los alimentos de fecha de vencimiento más cercana y ponga demasiado esfuerzo en minimizar la **Ecuación 32** del **Objetivo 2** (obviamente esto también dependerá de cómo se relacionen ambas ecuaciones, la de el **Objetivo 1** y el **Objetivo 2**. Es decir, qué ponderación se le adjudique a cada una en función de su importancia. Aquí nuevamente el conjunto A está compuesto por todos los alimentos. Este método puede llegar a ser útil y no tiene el problema que plantea el anterior, puesto que no agota repentinamente una partida de alimento con vencimiento inminente volcando sus raciones en los pedidos de un período determinado, sino que los consume de manera pareja “acelerando” más o menos el consumo de una u otra partida en función de la inminencia de su vencimiento. Sin embargo, encontrar una ponderación para los b_j puede resultar un proceso engorroso, lento y complejo, lo que hace que este método no sea tan viable.

$$\max \sum_{j=1}^m \left[\left(\sum_{i \in E} R_{ij} \right) \cdot b_j \right]$$

Ecuación 34

b_j : Conjunto de partidas de alimento que alcanzan la condición de vencimiento inminente.

Método 3: Otra manera de hacerlo sería manifestar el **Objetivo 1** a través de la **Ecuación 37**. Aquí, de la misma manera que se escogen $N = 20 \cdot x$ Entidades Receptoras para que participen de la asignación del período en cuestión y conforman el conjunto E antes mencionado, se escogen p_j raciones de algunas partidas de alimento j para que participen y conformen el conjunto A . La cantidad de raciones a escoger debe ser igual a la cantidad de raciones que el Banco de Alimentos desea entregar a las N Entidades Receptoras del conjunto E (**Ecuación 35**). Por lo tanto primero se deberá conformar este conjunto E y luego el conjunto A . Una vez que se sabe el total de raciones de alimentos que se debe escoger del depósito, se las escoge. Hay varias maneras de hacer esto. Una podría ser siguiendo el criterio de *minimizar los vencimientos*, otra siguiendo el criterio de *maximizar la variedad*, y otra siguiendo el criterio de *maximizar la variedad de alimentos en el pedido modelo siempre y cuando no venza ningún alimento*. Este último criterio es el que se seguirá para saber qué alimentos escoger del depósito, siguiendo los pasos del método explicados en la sección **4.2.1. Solución de la arbitrariedad y la automatización**.

$$\sum_{j \in A} p_j = \sum_{j \in A} \sum_{i \in E} O_{ij}$$

Ecuación 35

Al seguir ese criterio, lo que se saque primero responderá al objetivo de que no se venza nada y, una vez cumplido ese objetivo, al de maximizar la variedad. Se pone primero la eficiencia por sobre la variedad en este caso, porque evitar vencimientos es la primera prioridad del Banco de Alimentos. Pero, una vez cumplida esa restricción, se trata de maximizar la variedad de los alimentos del conjunto A para, de esa manera, maximizar el solapamiento entre los conjuntos E y A . Es decir, lo ideal sería, una vez que se tiene el conjunto E , sacar los alimentos que se pidieron del depósito y entregarlos. Pero, de hacer eso, se estaría siendo inequitativo, porque los alimentos más preciados se acabarían antes y no llegarían a todos, e ineficiente, porque se estarían venciendo muchos alimentos que nadie quiere. Por lo tanto primero se pone a la equidad

y a la eficiencia y luego a la efectividad. No es porque la efectividad sea poco importante (de hecho la eficiencia depende en parte de ella), sino porque los otros dos conceptos son extremadamente importantes. A fin de cuentas, lo que se quiere es que el lector entienda por qué los conjuntos E y A no van a coincidir, y por qué está bien que eso suceda. Al no coincidir será necesaria una asignación que trate de hacerlos coincidir de la mejor manera posible.

Una vez que se tienen los conjuntos A y E , se puede optimizar la asignación de pedidos en base al **Objetivo 1** y al **Objetivo 2** expresados en las **Ecuaciones 32** y **36** y a las restricciones que más adelante se mencionan. El objetivo de la **Ecuación 36** es *minimizar el sobrante de alimentos* de los alimentos que fueron escogidos para ese período de asignación.

$$\min \sum_{j \in A} \left(p_j - \sum_{i \in E} R_{ij} \right)$$

Ecuación 36

p_j : Cantidad de raciones de las partidas de alimento j escogidas para participar de la asignación y conformar el conjunto A .

Las restricciones del nuevo sistema de asignación

Además de definir objetivos sobre los cuales se debe basar la asignación, se deben imponer restricciones que limiten los valores que pueden tomar las diferentes variables que aparecen en dichos objetivos, como en cualquier problema de optimización. Estas restricciones fueron armadas para el Método 3 de plantear el **Objetivo 1**.

Restricción 1: Restricción de las raciones de alimento disponibles. Esta restricción es necesaria para evitar que la cantidad de alimentos que se asigna a las Entidades Receptoras sea mayor a la disponible. Queda representada en la **Ecuación 37**.

$$\sum_{i \in E} R_{ij} \leq p_j \quad \forall j \in A$$

Ecuación 37

Restricción 2: Restricción de las raciones de alimento ordenadas. Cada Entidad Receptora i , de las N que participen en la asignación de ese período, tendrá una cantidad de raciones O_{ij} que requerirá de la partida de alimento j . Estas cantidades no se establecerán a través de órdenes de las mismas Entidades Receptoras sino que son las que se obtienen a partir de la explicación en la sección 4.4.2. **El pedido “ideal”**. Para evitar que a una Entidad Receptora se le asignen más raciones de un tipo de alimento que aquellas que ella más probablemente requiere se añade esta restricción expresada en la **Ecuación 38**.

$$O_{ij} \cdot Y_{ij} - R_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in E, j \in A$$

Ecuación 38

Y_{ij} : Variable binaria que representa si se asigna al menos alguna ración de la partida de alimento j a la Entidad Receptora i .

Restricción 3: Restricción de la cantidad de raciones mínimas por alimento. Puede pasar que el sistema asigne una cantidad de raciones de un determinado alimento muy pequeña a una Entidad Receptora. Tan pequeña, que ni valga la pena el esfuerzo a la hora de la preparación del pedido. Por ejemplo, si se tienen cajas con 6 yogures, no tendría sentido que una Entidad Receptora reciba una única caja, porque no vale la pena ir a la cámara de refrigerados, abrir un pallet de yogures, y sacar una sola caja para agregar al pedido a la hora de prepararlo. Por ésta, y otras razones que puedan existir, es conveniente especificar un número mínimo de raciones que, de no ser superado, no permitirá la asignación de dicho alimento a la Entidad Receptora en cuestión. Esto se expresa mediante la **Ecuación 39**.

$$R_{ij} - v_j \cdot Y_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in E, j \in A$$

Ecuación 39

v_j : Número mínimo de raciones que debe ser superado para asignar raciones de la partida de alimento j .

Restricción 4: Restricción de signo. Se agregan las **Ecuaciones 40 y 41** para asegurar que las raciones asignadas sean números positivos y reales y para que indicar el carácter de binaria de la variable Y_{ij} .

$$R_{ij} \in \mathbb{R}^+$$

Ecuación 40

$$Y_{ij} \in [0,1]$$

Ecuación 41

El sistema podría incorporar aún más restricciones que le interesen al Banco de Alimentos, volviéndose cada vez más complejo.

Por ejemplo, se podría agregar una restricción para que la cantidad de raciones asignadas para cada alimento sea múltiplo de las raciones que contiene el o los paquetes en los que está disponible dicho alimento. Por ejemplo, supóngase que se tienen bolsas de arroz de 25 kg para entregar. Cada una contiene aproximadamente unas 250 raciones de arroz. Si a una Entidad Receptora se le asigna una cantidad de raciones de arroz que no sea múltiplo de 250 raciones, significaría tener que fraccionar una bolsa, algo que resultaría muy difícil. Esta restricción se modelaría mediante la **Ecuación 42**.

$$\frac{R_{ij}}{M_j} = \left\lceil \frac{R_{ij}}{M_j} \right\rceil \quad \forall i \in E, j \in A$$

Ecuación 42

M_j : Cantidad de raciones que contiene el paquete de la partida de alimento j .

Las **Ecuaciones 32, 36, 37, 38, 39, 40, 41 y 42** constituyen el problema que debe ser resuelto para asignar los alimentos a las Entidades Receptoras. Es un problema con múltiples objetivos, no lineal, y con variables enteras. Esto, sumado a que su tamaño puede llegar a ser considerablemente grande si la variedad de alimentos es alta y el número N de Entidades Receptoras del período de asignación es grande, hace que la asignación óptima sea muy difícil de alcanzar en un período razonable de tiempo. Como el modelo de optimización de la asignación se debe usar regularmente como soporte a la decisión, y porque no vale la pena buscar una solución óptima teniendo en cuenta que el modelo contiene elementos subjetivos, como el de la matriz de coeficientes de prioridad $\pi^{n \times m}$, sería interesante encontrar una manera en que el modelo pueda dar buenos resultados en menos tiempo. Para ello se puede hacer uso de la heurística que se describe en la sección **4.4.3. Heurística para**

la asignación de alimentos, que es capaz de realizar una asignación veloz sin dejar de lado los aspectos de eficiencia, efectividad y equidad.

4.4.2. El pedido “ideal”

Antes de explicar la heurística para la asignación de los alimentos, es conveniente retomar el tema de los pedidos en base a lo que las Entidades Receptoras más probablemente quieren. Este es un *input* que necesitará la heurística para poder realizar la asignación.

Como se explica en la sección anterior, cada Entidad Receptora i de las que participan en la asignación cada período tiene un pedido ideal asociado. Este incluye una cantidad de raciones O_{ij} que requerirá de cada partida de alimento j . Estas cantidades no se establecen a través de órdenes de las mismas Entidades Receptoras por la complicación que esto generaría como se explica en la sección **4.4. SOLUCIÓN INTERMEDIA ENTRE LO QUE ELLOS QUIEREN Y UN BIG BROTHER**, aunque ésa sería la mejor manera seguramente. Sin embargo, existen maneras de hacer los pedidos basadas en hacer lo que ellas quieren pero sin preguntárselo cada vez que haya que tomar una decisión, sino con una frecuencia menor.

Estos pedidos estarían hechos a partir de la información de las Entidades Receptoras. Serían pedidos “ideales”, es decir, pedidos que contienen el *mix* de alimentos que mejor se ajusta a las necesidades que se conocen de las Entidades Receptoras. Se dice “ideal” entre comillas porque en realidad no se trata de un pedido ideal propiamente dicho. Ése sería un pedido que contuviera todos los alimentos con la variedad y cantidad que la Entidad Receptora haya declarado que necesitaba en ese preciso momento, y no en otro.

Sin embargo, aún si se asignaran los alimentos en base a pedidos en tiempo real por parte de las Entidades Receptoras, no se lograría asignarles lo que ellas piden debido al limitante r_i (cantidad de raciones que el Banco de Alimentos entregaría por mes a la Entidad Receptora i), y porque puede llegar a pasar que la demanda conjunta de parte de todas las Entidades Receptoras por un tipo de alimento en particular supere a la disponibilidad del depósito, habiendo que racionarlo equitativamente como se explica en las secciones **4.4.1. Optimización de la asignación de alimentos** y **4.4.3. Heurística para la asignación de alimentos**.

Una manera simple y sin costo alguno de hacer los pedidos “ideales” sería a partir del *ranking* de alimentos que el Banco de Alimentos conoce de sus Entidades Receptoras. Habría que establecer cómo, a partir de dicho *ranking*,

se pasa al pedido conteniendo raciones. Más específicamente, se debe decir qué peso tendría que un alimento sea preferido sobre otro.

El criterio para los pesos debe ser fácil de explicar a las Entidades Receptoras, para que entiendan qué es lo que están decidiendo en el momento en que establecen el *ranking* de alimentos. Por ejemplo, si se les dice que recibirán (sujeto a la disponibilidad) de cada alimento el doble de lo que reciben del alimento que le sigue en el *ranking*, sería fácil de entender e interpretar. Sin embargo, esta manera de confeccionar el *mix* haría que se reciba ocho veces más del primer alimento que del cuarto, una cantidad demasiado mayor teniendo en cuenta que seguramente los cuatro alimentos que las Entidades Receptoras seleccionan son alimentos bastante deseados. Es decir, las Entidades Receptoras no están estableciendo un *ranking* entre cosas tan desiguales que podría llegar a derivar en que se prefiera a una ocho veces más que la otra, sino que están eligiendo cuatro alimentos de una lista de muchos alimentos que necesitan y los ordenan en orden de importancia. Por lo tanto, se decide reducir la dispersión entre los pesos con los cuales se hace el pedido "ideal" y se establece el siguiente criterio: las raciones que recibirán de cada alimento serán un 50% mayor de las que reciban del alimento que le siga en el *ranking*. Aunque esta definición no sea tan fácil de entender como la anterior, hace que el O_{ij} de cada alimento no sea tanto mayor que el O_{ij} de otro.

En la **Tabla 4.3** se incluye un ejemplo numérico de cómo sería la confección del pedido "ideal" según estos pesos para una Entidad Receptora con $r_i = 10.000$.

Alimento	Preferencia	Peso	Raciones
A	1°	12,3%	1.231
B	2°	18,5%	1.846
C	3°	27,7%	2.769
D	4°	41,5%	4.154

Tabla 4.3. Pedido "ideal" para una Entidad Receptora y *ranking* de alimentos cualquiera.

Esta manera de calcular los O_{ij} tiene muchos inconvenientes:

- No se sabe cuánto más importante es un alimento que otro que le sigue en el orden de prioridades que haya establecido la Entidad Receptora. Es decir, si dos Entidades Receptoras dijeron que su *ranking* de cuatro alimentos es A, B, C y D, el verdadero *mix* ideal de una puede ser 40% de A, 30% de B, 20% de C y 10% de D mientras que el de la otra 45% de A, 30% de B, 15% de C y 10% de D. Es decir, armar el *mix* a partir de

los mismos pesos para todas las Entidades Receptoras es una postura muy generalizadora y simplista.

- Sólo contiene cuatro alimentos, lo que constituye una variedad del pedido muy pobre.
- Si alguno de los alimentos del pedido no está disponible entre los que se asignen en ese período, no se sabrá por qué reemplazar esas raciones.

Se propone entonces otra manera de calcular los O_{ij} . Teniendo en cuenta que estos pedidos "ideales" no se actualizarán con mucha frecuencia, tiene mucho más sentido preguntar a cada Entidad Receptora cómo sería su pedido "ideal", es decir, qué alimentos tendría y en qué proporciones. Esto se podría realizar tanto durante las visitas periódicas como a través de llamados especiales de parte del Banco de Alimentos a la Entidad Receptora o viceversa. Además, se podría preguntar con qué otros alimentos reemplazar aquellos que no estén disponibles en el momento de la asignación. De esta manera, si ocurre que alguna de las Entidades Receptoras pertenecientes al período de asignación en cuestión tiene un pedido que contiene raciones de un alimento j que no esté disponible entre los que se asignarán ($j \notin A$), se podrá reemplazarlo con raciones de algún otro alimento que haya mencionado y si esté entre los que se asignarán. Esto se haría para los pedidos de desayuno y merienda o almuerzo y cena por separado.

Una ventaja de este método es que las Entidades Receptoras tendrían un incentivo a llamar al Banco de Alimentos para actualizar sus preferencias. Es decir, si no lo hacen no hay problema pero, si llaman y las actualizan, entonces es más probable que reciban lo que quieren. Es más, las Entidades Receptoras más organizadas y responsables podrían actualizar sus preferencias para cada período de asignación de manera tal de hacer coincidir al máximo grado posible su pedido "ideal" con la disponibilidad del Banco de Alimentos, para así aumentar sus posibilidades de recibir esos alimentos. Esta actualización podría realizarse por teléfono o concurriendo personalmente al Banco de Alimentos.

4.4.3. Heurística para la asignación de alimentos

Una heurística es un método informal que ayuda a resolver un problema. Son especialmente útiles cuando se debe llegar a una solución razonablemente cerca de la mejor respuesta posible, lo más rápidamente posible. Para ponerlo de otra manera, son "reglas de oro", mecanismos que han probado ser efectivos o reglas que se desprenden del sentido común.

Se decide entonces desarrollar una heurística que tenga en cuenta al **Objetivo 1** y al **Objetivo 2** y sea lo suficientemente rápida y sencilla para que el personal administrativo del Banco de Alimentos pueda confeccionar los pedidos todos los días o una vez cada x días para los que se establezca el período de asignación. La idea fundamental de la heurística es identificar aquellos alimentos para los que la “demanda” (no se trata de una demanda como cualquier otra sino que es una armada a partir de los pedidos “ideales”) supera a la disponibilidad y asignarlos equitativamente entre las Entidades Receptoras, cumpliendo todas las restricciones del sistema.

La heurística para la asignación de los alimentos se describe a continuación por medio de 10 pasos. Para describirla no se habla de partidas de alimento sino de tipos de alimentos. Se adopta esta convención para simplificar la explicación y sea más fácil de entender. Lo que ocurre realmente es que los pedidos “ideales” de las Entidades Receptoras participantes del período de asignación se referirán a los alimentos como alimento tipo 1 (leche en polvo), 2 (aceite de soja), etc. pero dentro del Banco de Alimentos los alimentos se clasifican en partidas por lo que se explica en la sección **3.1.3. Confección de pedido modelo** de que un mismo alimento puede existir en dos partidas con diferentes fechas de vencimiento. Como en este caso el problema del vencimiento de los alimentos ya se ha resuelto al confeccionar el conjunto A , no se diferencia entre dos partidas de alimento del mismo tipo, puesto que serán asignadas completamente para repartir en los días para los cuales planifique el sistema de asignación. Se supone al decir esto que, si hay 2 partidas de alimento del mismo tipo de alimento (por ejemplo galletas que vencen en 30 días y galletas que vencen en 50 días), tienen el mismo v_j , M_j y π_{ij} , supuesto que resulta razonablemente válido.

Paso 1: Se asigna a todas las Entidades Receptoras las cantidades ordenadas de cada alimento según los pedidos “ideales”, sin considerar todavía el hecho de que la “demanda” supere a la disponibilidad (ver **Ecuación 43**).

$$O_{ij} = R_{ij}$$

Ecuación 43

i : Índice que representa las diferentes Entidades Receptoras que pertenecen al conjunto E y por lo tanto participan en el período de asignación ($i = 1, 2, \dots, n'$).

j : Índice que representa los diferentes tipos de alimento que pertenecen al conjunto A y por lo tanto participan en el período de asignación ($j = 1, 2, \dots, m'$).

O_{ij} : Cantidad de raciones del tipo de alimento j requeridas por la Entidad Receptora i .

R_{ij} : Cantidad de raciones del tipo de alimento j que recibe la Entidad Receptora i .

Paso 2: Se chequea si alguna de las restricciones ha sido violada. Si eso no ha ocurrido (por más improbable que sea) se asigna a cada Entidad Receptora lo que ha pedido y se pasa al **Paso 4**. De lo contrario se pasa al **Paso 3**.

Paso 3: Si alguna de las restricciones ha sido violada, la heurística identifica aquellos alimentos para los que la “demanda” supera a la disponibilidad. Para cada alimento en que se cumple esto:

- **Paso 3a:** Se identifica T_j , el número máximo de Entidades Receptoras que pueden recibir ese alimento en función de la **Restricción 3: Restricción de la cantidad de raciones mínimas por alimento** a partir de la **Ecuación 44**.

$$T_j = \min\left(\left\lceil \frac{p_j}{v_j} \right\rceil, n'\right)$$

Ecuación 44

p_j : Cantidad de raciones de los tipos de alimento j escogidos para participar de la asignación y conformar el conjunto A .

v_j : Número mínimo de raciones que debe ser superado para asignar raciones del tipo de alimento j .

n' : Cantidad de Entidades Receptoras que pertenecen al conjunto E y por lo tanto participan en el período de asignación.

- **Paso 3b:** Se selecciona a las T_j Entidades Receptoras con mayor prioridad para ese alimento según la matriz de coeficientes de prioridad $\pi^{n \times m}$ y se establece $R_{ij} = 0$ para las demás. Este paso aborda el **Objetivo 2** de efectividad. En caso de que los coeficientes de prioridad de la Entidad Receptora con la T_j -ésima prioridad y de la/s que le sigue/n en prioridad sean iguales, se seleccionará a aquella que tenga el mayor

r_i , para por lo menos perjudicar a aquella Entidad Receptora que más raciones recibirá en total (podría ser un tema de discusión).

En los pasos **3c**, **3d**, **3e** y **3f** se asignan las raciones disponibles a las T_j Entidades Receptoras para optimizar el **Objetivo 2** para el alimento en cuestión. Esto se logra repartiendo las p_j raciones disponibles entre las T_j Entidades Receptoras en función de la cantidad que requieren (R_{ij}) y su prioridad por ese alimento (π_{ij}). Estos pasos de la heurística se introducen para lograr una asignación equitativa.

- **Paso 3c:** Se chequea si las p_j raciones disponibles alcanzan para satisfacer las cantidades requeridas por las T_j Entidades Receptoras (ver **Ecuación 45**). En caso de que no alcancen, se pasa al **Paso 3d**. Si alcanzan, se pasa al **Paso 3j**.

$$\sum_{i=1}^{n'} R_{ij} \leq p_j$$

Ecuación 45

- **Paso 3d:** Se computa G_j , el peso total de las raciones requeridas por las T_j Entidades Receptoras, a partir de la **Ecuación 46**.

$$G_j = \sum_{i \in I_j} \pi_{ij} \cdot O_{ij}$$

Ecuación 46

I_j : Conjunto de Entidades Receptoras i con $R_{ij} > 0$ para ese j .

π_{ij} : Coeficiente de prioridad de la Entidad Receptora i para el tipo de alimento j (elementos de $\pi^{n \times m}$).

- **Paso 3e:** Se asignan las raciones del alimento en cuestión a cada Entidad Receptora en función de su contribución a G_j según la **Ecuación 47**.

$$R_{ij} = \frac{\pi_{ij} \cdot O_{ij} \cdot p_j}{G_j}$$

Ecuación 47

G_j : Peso total de las raciones requeridas por las T_j Entidades Receptoras.

- **Paso 3f:** Si a alguna Entidad Receptora se le asignan más raciones de las que requería ($R_{ij} > O_{ij}$) se establece R_{ij} igual a O_{ij} quedando un excedente de raciones.

La heurística ahora hará uso de esos excedentes para ajustar las raciones que vayan a cada Entidad Receptora y así satisfacer la **Restricción 3: Restricción de la cantidad de raciones mínimas por alimento** en los pasos **3g**, **3h** y **3i**. Este ajuste puede involucrar varias iteraciones y en ocasiones puede inclusive llevar a una reducción en el número de Entidades Receptoras que reciben raciones del alimento en cuestión.

- **Paso 3g:** Se chequea si las raciones asignadas cumplen con la **Restricción 3: Restricción de la cantidad de raciones mínimas por alimento**, es decir, si $R_{ij} > v_j$ para todas Entidades Receptoras que han recibido al menos una ración. Si se cumple, se redistribuye el excedente existente entre todas las Entidades Receptoras para las que $0 < R_{ij} < O_{ij}$, es decir, aquellas pertenecientes a I_j que todavía no tienen asignadas todas las raciones que requerían. Se lo redistribuye en porciones iguales a cada Entidad Receptora, puesto que el excedente seguramente es pequeño y por lo tanto no vale la pena tener en cuenta las prioridades π_{ij} . En caso de que a alguna Entidad Receptora se le asignen más raciones de las que requería ($R_{ij} > O_{ij}$), éstas se vuelven a repartir en partes iguales entre las Entidades Receptoras pertenecientes a I_j que todavía no tienen asignadas todas las raciones que requerían. Luego se pasa al **Paso 3j**.

Esta es una característica muy importante de la heurística. Siempre que se genera un excedente lo redistribuye inmediatamente entre las Entidades Receptoras para que la asignación sea eficiente.

Si no se cumple la **Restricción 3: Restricción de la cantidad de raciones mínimas por alimento**, se pasa al **Paso 3h**.

- **Paso 3h:** Si todas las Entidades Receptoras que no cumplen con la **Restricción 3: Restricción de la cantidad de raciones mínimas por alimento** pueden ser llevadas al nivel mínimo de asignación v_j con el excedente existente, llevarlas, y luego liquidar el excedente remanente redistribuyéndolo en partes iguales entre todas las Entidades Receptoras para las que $0 < R_{ij} < O_{ij}$. Si no es posible, pasar al **Paso 3i**.

- **Paso 3i:** Ir al **Paso 3i(1)**.
 - **Paso 3i(1):** Ordenar a las Entidades Receptoras que cumplan con la **Restricción 3: Restricción de la cantidad de raciones mínimas por alimento** por el ratio entre las raciones asignadas y las raciones requeridas $\left(\frac{R_{i3}}{O_{i3}}\right)$ de mayor a menor.

 - **Paso 3i(2):** Reducir las raciones asignadas a la primera Entidad Receptora hasta que se llegue a alguna de estas dos condiciones:
 - Sus raciones lleguen al nivel mínimo de asignación v_j .

 - Su ratio entre las raciones asignadas y las raciones requeridas $\frac{R_{ij}}{O_{ij}}$ sea igual al de la segunda Entidad Receptora.

Añadir estas raciones al excedente anterior existente y redistribuir el nuevo excedente entre las Entidades Receptoras que no cumplen con la **Restricción 3: Restricción de la cantidad de raciones mínimas por alimento** para llevarlas al nivel mínimo de asignación v_j . Si el nuevo excedente no es suficiente para llevar a las Entidades Receptoras en déficit al nivel mínimo de asignación v_j , pasar al **Paso 3i(3)**. De lo contrario si todas las Entidades Receptoras han alcanzado el nivel mínimo de asignación v_j , redistribuir el excedente restante en partes iguales entre las Entidades Receptoras de las cuales se haya obtenido el nuevo excedente y pasar al **Paso 3j**.

Paso 3i(3): Reducir las raciones asignadas a las primeras dos Entidades Receptoras hasta que se llegue a alguna de estas dos condiciones:

- Las raciones de alguna lleguen al nivel mínimo de asignación v_j .
- Sus ratios entre las raciones asignadas y las raciones requeridas $\frac{R_{ij}}{O_{ij}}$ sean iguales al de la tercera Entidad Receptora.

Añadir estas raciones al excedente anterior existente y redistribuir el nuevo excedente entre las Entidades Receptoras que no cumplen con la **Restricción 3: Restricción de la cantidad de raciones mínimas por alimento** para llevarlas al nivel mínimo de asignación v_j . Si el nuevo excedente es suficiente para llevar a las Entidades Receptoras en déficit al nivel mínimo de asignación v_j , redistribuir el excedente restante en partes iguales entre las Entidades Receptoras de las cuales se haya obtenido el nuevo excedente y pasar al **Paso 3j**. De lo contrario repetir el **Paso 3i(3)**, primero con las primeras tres Entidades Receptoras, luego con las primeras cuatro Entidades Receptoras, y así sucesivamente hasta llevar a todas las Entidades Receptoras en déficit al nivel mínimo de asignación v_j . En caso de no quedar más Entidades Receptoras de las cuales generar nuevo excedente y que todavía haya Entidades Receptoras que no hayan alcanzado el nivel mínimo de asignación v_j , reducir T_j en uno y volver al **Paso 3b**.

- **Paso 3j:** Si todos los alimentos para los que la “demanda” supera a la disponibilidad han pasado por el **Paso 3**, pasar al **Paso 4**, sino pasar al **Paso 3**.

Paso 4: Si, para algún alimento j , la “demanda” ha superado a la disponibilidad, se deben repartir las raciones disponibles de dicho alimento entre las I_j Entidades Receptoras, por lo que R_{ij} será menor a O_{ij} para alguna/s de ella/s. Como la cantidad de raciones de todos los alimentos disponibles para repartir (Conjunto A) es igual a la cantidad de raciones que requieren las Entidades Receptoras que pertenecen al conjunto E , habrá raciones de algunos alimentos que no habrán quedado asignadas a ninguna Entidad Receptora. Esto no quiere decir que no se deban entregar esas raciones, porque de lo contrario algunas de las Entidades Receptoras recibirían menos de las raciones calculadas según la **Ecuación 7**. Por lo tanto, se deben repartir esas raciones entre las Entidades Receptoras que todavía no han recibido las r_i raciones que deberían. Las Entidades Receptoras a las que se les asigne raciones de un alimento j que sobran, serán aquellas que, o no contenían ese alimento en sus pedido “ideales”, o lo contenían pero ya tienen

todas las raciones O_{ij} pedidas asignadas ($R_{ij} < O_{ij}$). Se supondrá que cualquiera sea el caso, todas esas Entidades Receptoras desean de la misma manera recibir raciones del alimento sobrante, por lo que se les asignará en partes iguales. El primer paso para asignar las raciones de alimentos sobrantes es el **Paso 4a**.

- **Paso 4a:** Ordenar los tipos de alimento por la cantidad de raciones sobrantes de mayor a menor.
- **Paso 4b:** Se toma el primer alimento y se dividen las raciones disponibles en tantas partes iguales como Entidades Receptoras en déficit haya. Se asignan las partes a cada Entidad Receptora en déficit siempre y cuando ninguna supere r_i . Si alguna/s supera/n r_i , pasar al **Paso 4c**. De lo contrario se vuelve al **Paso 4a** con lo que se repetirá el proceso para el segundo alimento, y luego para el tercero, y así sucesivamente hasta el último alimento con raciones sobrantes, el cual se reparte entre las Entidades Receptoras que todavía tengan déficit.
- **Paso 4c:** Se le/s asignará a esa/s Entidad/es Receptora/s las raciones que les restan para llegar a r_i , y se pasa al **Paso 4a**.

Si ya no hay más raciones para repartir la asignación está finalizada.

El **Paso 4a** también podría ordenar los tipos de alimento por la cantidad de raciones sobrantes de menor a mayor. Esto haría que haya más variedad en los pedidos, lo cual es favorable. Sin embargo, si se piensa en la restricción de que las raciones asignadas sean múltiplo de las raciones que contiene el paquete, sería más difícil que se lleguen a asignar raciones suficientes como para conformar un paquete en el **Paso 4** si el **Paso 4a** fuera de esta otra manera.

En el **ANEXO E** se incluye un ejemplo numérico de cómo sería la asignación de alimentos con esta heurística, con cinco tipos de alimento para asignar entre cinco Entidades Receptoras.

Si se quiere tener en cuenta la restricción adicional de que las raciones asignadas sean múltiplo de las raciones que contiene el paquete se deberían añadir algunos pasos más en los que se vayan asignando los paquetes disponibles a partir de la cantidad de raciones que tiene cada uno. Por ejemplo, si una Entidad Receptora fue asignada unas 1.100 raciones de arroz pero éste viene sólo en bolsas de 250 raciones, se le asignarían cuatro bolsas y las 100 raciones remanentes constituirían un excedente. Al repetir este proceso con

todas las Entidades Receptoras que tengan arroz asignado, se tendría un excedente lo suficientemente grande como para reasignarlo en bolsas de arroz. Es decir, si hay otras 4 Entidades Receptoras en la misma situación que la anterior cada una aportaría 100 raciones al excedente quedando 500 raciones (dos bolsas de arroz) disponibles. Éstas pueden ser reasignadas a las dos Entidades Receptoras con mayor π_i de las 5.

Una vez finalizada la asignación sólo restaría comunicarle a las Entidades Receptoras sus pedidos y establecer la fecha de retiro, antes de que venza alguno de los alimentos contenidos en él. En caso de que alguna Entidad Receptora no acepte el pedido, o desee aceptarlo parcialmente, esas raciones volverán a estar disponibles para el próximo período de asignación. Sin embargo, como este sistema de asignación tiene en cuenta los deseos de las Entidades Receptoras, es de esperarse que los rechazos de pedidos sean menores que antes.

4.4.4. Determinación de la matriz de coeficientes de prioridad

La matriz de coeficientes de prioridad (**Ecuación 3**) es uno de los temas más nombrados a lo largo de todas las secciones pero aún no se ha discutido como sería su confección.

En la sección **1.1.2. El problema** se la introduce como una vía para la cuantificación de la equidad de un sistema y en la **4.4.1. Optimización de la asignación de alimentos** se la introduce en el **Objetivo 2: Minimizar la diferencia entre el ratio de las raciones asignadas y el ratio de las raciones que quisiera cada Entidad Receptora ponderado por la su prioridad para recibir ese alimento**, que se expresa matemáticamente a través de la **Ecuación 32**.

Esta matriz $\pi^{n \times m}$ contiene los coeficientes de prioridad para cada Entidad Receptora por sobre cada tipo de alimento. Es decir, cada elemento de la matriz π_{ij} refleja cuánto más o menos la Entidad Receptora i precisa el alimento j que las demás. Si $\pi_{ij} = 2 \cdot \pi_{kj}$ entonces la situación en que la Entidad Receptora i recibe el doble de raciones del alimento j que la Entidad Receptora k sería más justa que cualquier otra situación debido a las características de ambas.

Estas características se listan exhaustivamente en la sección **3.2.5. El sistema es poco equitativo**. La manera más fácil y sensata de llegar a un coeficiente de prioridad π_{ij} teniendo en cuenta todas esas variables es a través de la opinión de los expertos. Es decir, la encargada de la relación con las Entidades Receptoras es la que más las conoce y podría llegar a armar la matriz $\pi^{n \times m}$

que mejor refleje la realidad del Banco de Alimentos. Ella sabe mejor que cualquier otro cómo calificar a los cientos de Entidades Receptoras en cada una de las características o variables, y además puede asignar una ponderación a cada una de las variables para reflejar el hecho de que algunas son más importantes que otras.

Debe recalarse que, aún así, la confección de $\pi^{n \times m}$ será subjetiva y por eso se adopta el enfoque sugerido sobre el final de la sección **4.4.1. Optimización de la asignación de alimentos.**

A lo largo del texto se explica por qué sería importante tener en cuenta cada una de las siguientes variables:

1. Tamaño.
2. Recursos financieros.
3. Características de los beneficiarios de las Entidades Receptoras.
4. Grado de necesidad.
5. Lejanía geográfica.
6. Antigüedad.
7. Cantidad de comidas diarias.
8. Cantidad de personas que atiende una Entidad Receptora.
9. Consolidado o no.
10. Buen comportamiento de la Entidad Receptora.
11. Pirámide poblacional.
12. Talleres o proyectos que la Entidad Receptora tiene en marcha.

13. Características del flete.

14. Disponibilidad o no de instalaciones.

Las primeras tres variables ya se tienen en cuenta a la hora de determinar r_i y, de tenerlas en cuenta, se estaría considerando el mismo efecto dos veces. Por lo tanto, no se usan para la confección de $\pi^{n \times m}$. De las variables restantes, las más importantes y que seguramente explicarían en mayor proporción los valores π_{ij} son el grado de necesidad y la lejanía geográfica. Esta última es necesaria para incentivar a las Entidades Receptoras más lejanas a que vayan a retirar sus pedidos, porque los costos de flete son relativamente altos como se discute en la sección **3.2.5. El sistema es poco equitativo.**

El primer problema que aparece al querer confeccionar $\pi^{n \times m}$ es su tamaño. Teniendo unas 400 Entidades Receptoras aproximadamente, cualquiera sea la cantidad de alimentos que haya, su tamaño será inmenso. Si por ejemplo hay 100 tipos de alimentos, la matriz contendría unos $400 \cdot 100 = 40.000$ valores, una cantidad imposible de rellenar con coherencia. Para simplificar la confección se pueden crear ecuaciones contengan esas variables para asignar un valor base a cada Entidad Receptora para todos los alimentos. Luego, para unos pocos alimentos más críticos (aquellos más solicitados, o aquellos cuyo consumo sea recomendado para niños o ancianos) modificar los coeficientes base. Para el resto de los alimentos, dejar los coeficientes base, y otorgar a los expertos en el tema la posibilidad de modificar cualquier valor a gusto.

Otra manera posible de completar la matriz $\pi^{n \times m}$ más rápido sería segmentando los alimentos en varios grupos y definir algunos como equivalentes. De esta manera se reduciría el número total de alimentos.

5. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Aquí se presentan dos temas que de estudiarlos podrían derivar en conclusiones valiosas y posibles mejoras al sistema de asignación propuesto. Son temas que no han sido desarrollados en esta tesis por exceder su alcance.

Donald Eisenstein, uno de los creadores del sistema de *America's Second Harvest* y professor de *Operations Management* en la *University of Chicago Graduate School of Business*, me sugirió pensar en el mismo sistema de apuestas de puntos online para el Banco de Alimentos, pero eliminando los pedidos por internet. En su opinión, internet es usado por conveniencia, pero se podría pensar en apuestas por teléfono o preestablecidas. En este último caso, cada Entidad Receptora podría informar al Banco de Alimentos cuántos puntos estaría dispuesta a apostar por una ración que se libere de un determinado tipo de alimento.

Este sería un sistema interesante de estudiar. Después de todo...si funcionó entre varios bancos de alimentos y una entidad que los agrupa ¿Por qué no puede funcionar entre un Banco de Alimentos y sus Entidades Receptoras?

Por más que el sistema de asignación propuesto tenga como uno de sus primeros objetivos el de minimizar el vencimiento de los alimentos puede ocurrir que no se llegue a repartir la totalidad de una partida de alimento y se deba recurrir a las entregas directas. Esto quiere decir, regalar el alimento lo antes posible. Pero, ¿No es posible regalarlo con algún criterio? Por ejemplo, se podría tratar de repartir ese alimento a la mayor cantidad de Entidades Receptoras posibles. Esto tiene un riesgo: si uno no le regala todas las raciones de la partida de alimento en cuestión a las primeras Entidades Receptoras que aparecen a retirar sus pedidos preestablecido puede llegar a vencer lo que se guarda, pero al mismo tiempo, si le regala todo a las primeras Entidades Receptoras que aparecen puede ocurrir que aparezcan otras al poco tiempo y no se les pueda regalar nada. Por lo tanto, se debe encontrar alguna manera para decidir cuándo ya es demasiado tarde como para seguir esperando a una próxima Entidad Receptora a la que regalarle parte de los alimentos. Esto se podría lograr a través de un sistema que incorpore proyecciones futuras. Es decir, teniendo en cuenta la frecuencia histórica de llegadas de Entidades Receptoras a retirar pedidos uno podría calcular la probabilidad de que aparezcan otras Entidades Receptoras a las que se les pueda regalar el alimento antes de que el mismo venza. Este método sería parecido al que utilizan las líneas aéreas a la hora de decidir si esperar a que venga un pasajero de negocios dispuesto a pagar un precio alto por un asiento de avión o si en cambio conviene bajar el precio de ese asiento para que un

pasajero con menor voluntad a pagar lo ocupe. Estos métodos son conocidos como *revenue management* y son de gran interés de estudio.

6. CONCLUSIONES

Las soluciones presentadas tratar resuelven en distinta manera los problemas introducidos en la primera parte de la tesis. Algunas de las soluciones resolvían los problemas parcialmente, o presentaban alguna dificultad que las hacía menos atractivas que otras. Finalmente la heurística que optimiza la asignación de alimentos a partir de los pedidos “ideales” es escogida como la solución más conveniente para resolver los problemas del sistema de asignación actual del Banco de Alimentos.

Esta solución resuelve el problema de arbitrariedad al ser la heurística una serie de pasos preestablecidos. A partir de estos pasos es posible automatizar el proceso de asignación de alimentos. Esto podría realizarse fácilmente con una planilla de MS Excel ®. De hecho, el ejemplo del **ANEXO E** fue realizado a partir de una simulación utilizando este software y se podría generalizarlo para que devuelva como *output* la asignación definitiva a partir de cualquier valor de *input* que el usuario ingrese. La efectividad se resuelve en la mayor medida posible a partir de utilizar los pedidos “ideales” como reflejo del deseo de las Entidades Receptoras. La eficiencia se mejora porque las Entidades Receptoras no reciben raciones que no necesitan, porque probablemente disminuirían los rechazos de pedidos al recibir alimentos más parecidos a los que necesitan y porque la heurística tiene como un objetivo el que los alimentos no vengzan. La equidad se mejora porque en caso de haber escases de algún alimento la heurística lo distribuye priorizando a aquellas Entidades Receptoras que sean las más indicadas para recibirlo en función de sus características. El problema de que aquellos alimentos con estacionalidad mensual nunca estén disponibles para algunas Entidades Receptoras se resuelve a partir de cambiar el sistema de la lista rotativa por uno de selección aleatoria.

Sin embargo, como toda solución, no es perfecta. De hecho, no existen las soluciones perfectas. Siempre se podrá buscar una mejor solución a un problema si se le dedica más tiempo y esfuerzo, excepto en problemas determinísticos de optimización como las programaciones lineales. Pero lo importante en la resolución de problemas es poder tener la capacidad de discernir cuando un esfuerzo incremental no agrega valor suficiente a la solución propuesta como para seguir invirtiendo tiempo en ella; algo así como la regla de pareto o de 80-20.

La heurística, por ejemplo, no puede llegar a una efectividad absoluta. No se puede hacer que el que más quiere un alimento sea el que lo obtenga como en el modelo de *America's Second Harvest* porque el sistema de apuestas de puntos online tiene problemas de implementación. Tampoco se puede lograr una asignación más efectiva optimizando todos los alimentos existentes para

todas las Entidades Receptoras existentes para un período de un mes como se realiza en el PHI porque la entrada de alimentos es estocástica y se puede prever lo que va a llegar en el corto plazo. La heurística tampoco puede solucionar el problema de que de la sección **3.2.6. Las Entidades Receptoras se alejan de su óptimo de reposición**, puesto que la frecuencia promedio de entrega de alimentos se mantiene en un mes. No se puede solucionar porque para ello se necesitaría que las mismas Entidades Receptoras hagan sus pedidos cuando ellas quieren y esta idea es inviable desde el punto de vista de su implementación.

Otro problema de la solución definitiva propuesta es que no es posible comprobar si funcionaría o no. Es decir, por comparación entre el sistema actual y el propuesto, se puede afirmar que el segundo es más efectivo, más eficiente, más equitativo, menos arbitrario, más automatizable, etc. También se podría predecir parte del impacto que tendría el nuevo sistema en el Banco de Alimentos. Por ejemplo, lo que en la sección **1.2. CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA** se define como excedente de las Entidades Receptoras representa unas 450.000 raciones. Es decir, por encasillar a las Entidades Receptoras en tres tamaños de pedido modelo se está ofreciendo esa cantidad de alimento de más. Esas raciones representan una cuarta parte de las raciones que el Banco de Alimentos entrega por mes a todas Entidades Receptoras, es decir, de la suma de todos los r_i calculados a partir de la **Ecuación 7**. De ser bien asignadas, es posible calcular que estas raciones permitirían abastecer entre un 15% y un 25% más de las Entidades Receptoras que el Banco de Alimentos está abasteciendo hoy en día. Que sean 15% o 25% depende de si el nuevo sistema logra ser lo suficientemente eficiente como para eliminar o no las entregas directas. De eliminarlas, las 34 toneladas que se regalan según la **Figura 1.6**, representarían unas 270.000 raciones adicionales para ser entregadas a nuevas Entidades Receptoras. Además, el sistema propuesto generaría tiempo libre al personal del Banco de Alimentos porque habría menos rechazos y porque las llamadas a las Entidades Receptoras no durarían tanto. Este tiempo puede ser aprovechado para conseguir más donaciones y seguir aumentando el número de Entidades Receptoras abastecidas.

Pero más allá del potencial impacto, no es posible asegurar con convicción de que el nuevo sistema funcionaría mejor que el actual, por más esperable que esto sea. Esto se debe a que el problema de asignación de alimentos involucra a personas y, su reacción frente al cambio del sistema *big brother* por la heurística es difícil de predecir. Pueden aparecer problemas de implementación con el personal del Banco de Alimentos, puede pasar que las Entidades Receptoras no quieran al nuevo sistema por descreer en él o por verse desfavorecidas con él, o pueden pasar muchas otras cosas difíciles de imaginar que hagan que el nuevo sistema fracase.

Sin embargo, y aquí viene una opinión del autor, basándome en el análisis realizado estoy convencido de que vale la pena tomar el riesgo de poner en práctica este nuevo sistema o, al menos, realizar una prueba piloto.

7. BIBLIOGRAFIA

Bouillon, W. G. 17 de enero 2005. Manos que rescatan alimentos para darlos a quienes no tienen qué comer. Diario La Nación Información General. Disponible online en: <http://www.lanacion.com.ar/671909>

Houlihan, P. 2006. How Food Banks came to love the free market. Chicago GSB Spring 2006, Volumen 28. Número 2.

Iglesia, M. 20 de octubre 2001. En un depósito de Munro funciona el primer banco de alimentos del país. Diario Clarín Sección Sociedad. Disponible online en: <http://www.clarin.com/diario/2001/08/20/s-03401.htm>

Swaminathan, J. M. 2003. Decision Support for Allocating Scarce Drugs. *Interfaces*, Volumen 33. Número 2. Páginas 1–11.

Savas, E. S. 1978. On equity in providing public services. *Management Sci.* Volumen 24. Número 8. Páginas 800-806.

Sterman, J. D. 2000. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Editorial McGraw-Hill.

Urdinez, M. 16 de diciembre 2006. Alimentar el futuro. Diario La Nación Suplemento Comunidad. Disponible online en: www.lanacion.com.ar/edicionimpresa/suplementos/solidarios/nota.asp?nota_id=868216

Winston W. 1996. Investigación de Operaciones, Aplicaciones y Algoritmos. Editorial Iberoamérica.

Autor no especificado. 17 de octubre 1997. Un nuevo centro para combatir el hambre. Diario Clarín Sección Sociedad. Disponible online en: <http://www.clarin.com/diario/2007/10/17/sociedad/s-04206.htm>

Autor no especificado. 29 de noviembre 2007. La penetración de Internet en Iberoamérica es menor al 20%. Diario Infobae Profesional Sección Tecnología. Disponible online en: <http://www.infobaeprofesional.com/notas/57748-La-penetracion-de-Internet-en-Iberoamerica-es-menor-al-20.html?cookie>

Apuntes de las materias de Investigación de Operaciones, Proyectos de Inversión, Simulación, Supply Chain Economics, Supply Chain Modelling – Logistics y Dinámica de Sistemas del Instituto Tecnológico de Buenos Aires – ITBA.

Pirámide de población. (2008, 29) de febrero. Wikipedia, La enciclopedia libre. Fecha de consulta: 15:20, marzo 10, 2008 from:
http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Pir%C3%A1mide_de_poblaci%C3%B3n&oldid=15476126

8. ANEXOS

8.1. ANEXO A: EJEMPLO NUMÉRICO DE CÓMO CONFORMAR EL PEDIDO MODELO INTERMEDIO MINIMIZANDO EL VENCIMIENTO DE LOS ALIMENTOS

A continuación se realiza la asignación de alimentos según el enfoque de *minimizar el vencimiento de los alimentos* para un período de 5 días comenzando el 22/01/2008, con cuatro partidas de alimento en el depósito según la lista del Colsen (ver **Tabla 8.4**), suponiendo un promedio de 18 Entidades Receptoras retirando pedidos por día en promedio.

Partida de alimento	Raciones	Fecha de vencimiento
1	58.280	24/01/2008
2	31.103	26/01/2008
3	115.062	27/01/2008
4	179.630	28/01/2008

Tabla 8.4. Ejemplo con cuatro partidas de alimento y sus raciones y fechas de vencimiento correspondientes.

Día 1 (22/01/2008): Con las partidas de alimento ordenadas por fecha de vencimiento, se efectúa el **Paso 2 (Ecuación 8)** calculando cuántas raciones de la partida de alimento j habría que dar en el pedido modelo intermedio a las Entidades Receptoras que se presenten en los días anteriores al vencimiento del producto. Se agregan 1.619 raciones del alimento 1, se va al **Paso 4** y se vuelve al **Paso 2**, y se asignan 432 raciones del alimento 2, se va al **Paso 4** y se vuelve al **Paso 2**. Como al agregar el alimento 3 se superan las 2.500 raciones, se pasa al **Paso 3**, y se asignan solamente unas 449 raciones para llegar a las 2.500. Al pasar al **Paso 4** finaliza la asignación. Al día siguiente, se repite el proceso. La **Tabla 8.5** muestra cómo serían los diferentes pasos del proceso y la asignación definitiva para los 5 días. La **Tabla 8.6** muestra la evolución de los stocks de las partidas de alimento involucradas en la asignación durante los 5 días.

	Partida de alimento												Total
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
	Raciones Paso 2				Raciones Paso 3				Raciones Paso 4				
22/01/2008	1.619	432	1.278	-	-	-	449	-	1.619	432	449	-	2.500
23/01/2008	1.619	432	1.278	-	-	-	449	-	1.619	432	449	-	2.500
24/01/2008	-	432	1.831	1.663	-	-	-	237	-	432	1.831	237	2.500
25/01/2008	-	432	1.831	1.663	-	-	-	237	-	432	1.831	237	2.500
26/01/2008	-	-	1.831	2.377	-	-	-	669	-	-	1.831	669	2.500

Tabla 8.5. Asignación de las cuatro partidas de alimento según los diferentes pasos.

Fecha	Partida de alimento							
	1		2		3		4	
	Raciones	D_j	Raciones	D_j	Raciones	D_j	Raciones	D_j
22/01/2008	58.280	2	31.103	4	115.062	5	179.630	6
23/01/2008	29.140	1	23.327	3	106.977	4	179.630	5
24/01/2008	-	-	15.551	2	98.893	3	179.630	4
25/01/2008	-	-	7.776	1	65.929	2	175.370	3
26/01/2008	-	-	-	-	32.964	1	171.110	2

Tabla 8.6. Raciones remanentes de las cuatro partidas de alimento a medida que se confecciona el pedido modelo intermedio en los diferentes días.

8.2. ANEXO B: EJEMPLO NUMÉRICO DE CÓMO CONFORMAR EL PEDIDO MODELO INTERMEDIO MINIMIZANDO EL VENCIMIENTO DE LOS ALIMENTOS EN CASO DE QUE SE DEBAN REGALAR ALIMENTOS

A continuación, en las **Tablas 8.7 y 8.8** se realiza la asignación de alimentos según el enfoque de *minimizar el vencimiento de los alimentos* para un período de 6 días comenzando el 22/01/2008, con cuatro partidas de alimento en el depósito según la lista del Colsen (ver **Tabla 8.4**), suponiendo un promedio de 18 Entidades Receptoras retirando pedidos por día en promedio, en caso de que se deban regalar alimentos. Los pasos a seguir son los mismos explicados en la sección **3.1.3. Confección de pedido modelo** o en el ejemplo del **ANEXO A**.

	Partida de alimento												Total
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
	Raciones Paso 2				Raciones Paso 3				Raciones Paso 4				
22/01/2008	1.619	432	1.278	-	-	-	449	-	1.619	432	449	-	2.500
23/01/2008	1.619	432	1.278	-	-	-	449	-	1.619	432	449	-	2.500
24/01/2008	-	432	1.831	1.663	-	-	-	237	-	432	1.831	237	2.500
25/01/2008	-	432	1.831	1.663	-	-	-	237	-	432	1.831	237	2.500
26/01/2008	-	-	1.831	2.377	-	-	-	669	-	-	1.831	669	2.500
27/01/2008	-	-	-	8.837	-	-	-	-6.337	-	-	-	?	?

Tabla 8.7. Asignación de las cuatro partidas de alimento según los diferentes pasos.

Fecha	Partida de alimento							
	1		2		3		4	
	Raciones	D_j	Raciones	D_j	Raciones	D_j	Raciones	D_j
22/01/2008	58.280	2	31.103	4	115.062	5	179.630	6
23/01/2008	29.140	1	23.327	3	106.977	4	179.630	5
24/01/2008	-	-	15.551	2	98.893	3	179.630	4
25/01/2008	-	-	7.776	1	65.929	2	175.370	3
26/01/2008	-	-	-	-	32.964	1	171.110	2
27/01/2008	-	-	-	-	-	-	159.075	1

Tabla 8.8. Raciones remanentes de las cuatro partidas de alimento a medida que se confecciona el pedido modelo intermedio en los diferentes días.

El número de raciones a ser regaladas del alimento 4 en el día 6 se calcula en la **Ecuación 48**.

$$114.075 = 159.075 - \left\{ 18 \frac{E.R.}{día} \right\} \cdot \left\{ 2.500 \frac{raciones}{E.R.} \right\} \times 1 día + 0$$

Ecuación 48

8.3. ANEXO C: EJEMPLO NUMÉRICO DE CÓMO SE CONFORMA EL PEDIDO MODELO INTERMEDIO ACTUALMENTE EN EL BANCO DE ALIMENTOS

Como se explica en la sección 3.1.3. **Confección de pedido modelo**, el Jefe del Sector Administrativo toma sus decisiones siguiendo un enfoque intermedio entre los de *minimizar vencimientos* y *maximizar variedad*. Es por eso que no respeta ninguna serie de pasos preestablecidos. Si se vuelve sobre el ejemplo

mostrado en las **Tablas 8.7 y 8.8**, una asignación intermedia posible sería la mostrada en las **Tablas 8.9 y 8.10**. Esta es una de muchas asignaciones, y no se puede explicar a través de pasos como en los ejemplos de los anexos anteriores.

	Partida de alimento				Total
	1	2	3	4	
	Raciones				
22/01/2008	1.400	432	500	168	2.500
23/01/2008	1.400	432	500	168	2.500
24/01/2008	-	432	1.500	568	2.500
25/01/2008	-	432	1.500	568	2.500
26/01/2008	-	-	1.500	1.000	2.500
27/01/2008	-	-	-	2.500	2.500

Tabla 8.9. Asignación de las cuatro partidas de alimento.

Fecha	Partida de alimento							
	1		2		3		4	
	Raciones	D_j	Raciones	D_j	Raciones	D_j	Raciones	D_j
22/01/2008	58.280	2	31.103	4	115.062	5	179.630	6
23/01/2008	33.080	1	23.327	3	106.062	4	176.606	5
24/01/2008	7.880	Venció	15.551	2	97.062	3	173.582	4
25/01/2008	-	-	7.776	1	70.062	2	163.358	3
26/01/2008	-	-	-	-	43.062	1	153.134	2
27/01/2008	-	-	-	-	16.062	Venció	135.134	1
28/01/2008	-	-	-	-	-	-	90.134	Venció

Tabla 8.10. Raciones remanentes de las cuatro partidas de alimento a medida que se confecciona el pedido modelo intermedio en los diferentes días.

En este nuevo ejemplo, sin embargo, no queda del todo clara la ventaja de combinar ambos enfoques. Es decir, no parece haber una desventaja al aumentar la variedad del pedido modelo intermedio puesto que las raciones de alimento que terminan venciendo en el ejemplo de las **Tablas 8.7 y 8.8** y el de las **Tablas 8.9 y 8.10** son las mismas. Sin embargo, no hay que olvidar que en el momento en que el Jefe del Sector Administrativo toma la decisión de aumentar la variedad del pedido modelo intermedio dejando que se venzan raciones de la partida de alimento 1 (la de fecha de vencimiento más próxima) la información es incompleta. Es decir, él probablemente todavía no tiene conocimiento de la partida de alimento 4 que está por llegar. Podría ser otro ejemplo en el que la partida de alimento 4 no llega, o llega con una menor cantidad de raciones, de manera tal que los alimentos que vencieron de la

partida de alimento 1 podrían haberse aprovechado si se seguía el primer enfoque.

8.4. ANEXO D: EJEMPLO NUMÉRICO DE CÓMO CONFORMAR EL PEDIDO MODELO INTERMEDIO MAXIMIZANDO LA VARIEDAD DE ALIMENTOS SIEMPRE Y CUANDO NO VENZA NINGÚN ALIMENTO

Supóngase un ejemplo con 18 Entidades Receptoras a las que se debe asignar pedidos en un día determinado, 4 tipos de alimento (A_1, A_2, A_3 y A_4) y los valores de *input* mostrados en la **Tabla 8.11**. En la **Tabla 8.12** aparece la matriz $P^{4 \times 6}$, donde 4 es la cantidad de partidas de alimento disponibles en stock y 6 es la cantidad de días que restan para el vencimiento de las 4 partidas de alimento.

Alimento	Raciones	Fecha de vencimiento	Días para vencimiento
1	60.000	07/03/2008	2
2	30.000	09/03/2008	4
3	60.000	10/03/2008	5
4	80.000	11/03/2008	6

Tabla 8.11. Valores de *input* del ejemplo.

$$\begin{bmatrix} 60.000 & P_{12} & P_{13} & P_{14} & P_{15} & P_{16} \\ 30.000 & P_{22} & P_{23} & P_{24} & P_{25} & P_{26} \\ 60.000 & P_{32} & P_{33} & P_{34} & P_{35} & P_{36} \\ 80.000 & P_{42} & P_{43} & P_{44} & P_{45} & P_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.12. Matriz $P^{4 \times 6}$ ($k = 1$).

El **Paso 1** según se explica en la sección **4.2.1. Solución de la arbitrariedad y la automatización** consiste en calcular los coeficientes e_{j1} para todas las partidas de alimento disponibles en stock. Estos conforman la primer columna de $E^{4 \times 6}$, como se muestra en la **Tabla 8.13**.

$$\begin{bmatrix} 1.666,7 & e_{12} & e_{13} & e_{14} & e_{15} & e_{16} \\ 416,7 & e_{22} & e_{23} & e_{24} & e_{25} & e_{26} \\ 666,7 & e_{32} & e_{33} & e_{34} & e_{35} & e_{36} \\ 740,7 & e_{42} & e_{43} & e_{44} & e_{45} & e_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.13. Matriz $E^{4 \times 6}$ ($k = 1$).

En el **Paso 2** se suma los coeficientes e_{j1} y se los compara con el número de raciones que contiene el pedido promedio de aproximadamente 2.500 raciones. Como esta suma resulta mayor a estas 2.500 raciones se pasa al **Paso 4** donde se toma la primera partida de alimento y se establece $PMI_{11} = e_{11}$. Se calculan ahora el resto de los coeficientes PMI_{j1} para las demás partidas de alimento a partir de la **Ecuación 23** y se tiene así completa la primer columna de $PMI^{4 \times 6}$ como muestra la **Tabla 8.14 (Paso 5)**.

$$\begin{bmatrix} 1.666,7 & PMI_{12} & PMI_{13} & PMI_{14} & PMI_{15} & PMI_{16} \\ 190,4 & PMI_{22} & PMI_{23} & PMI_{24} & PMI_{25} & PMI_{26} \\ 304,6 & PMI_{32} & PMI_{33} & PMI_{34} & PMI_{35} & PMI_{36} \\ 338,4 & PMI_{42} & PMI_{43} & PMI_{44} & PMI_{45} & PMI_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.14. Matriz $PMI^{4 \times 6}$ ($k = 1$).

Se chequea ahora que la cantidad de raciones calculadas a incluir en el pedido modelo intermedio en el día $k = 1$ según los PMI_{j1} no sea mayor a la cantidad de raciones disponibles de esa partida de alimento P_{j1} , cosa que no sucede en este ejemplo (**Paso 6**), por lo que se pasa directamente al **Paso 9** donde se actualizan las cantidades remanentes en stock luego de la asignación como se muestra en la **Tabla 8.15**. Se pasa al **Paso 10** en donde se aumenta el valor de k en uno y se pasa a calcular PMI_{jk} , e_{jk} y $P_{j(k+1)}$ nuevamente repitiendo los 10 pasos hasta completar las matrices $E^{m \times z}$, $PMI^{m \times z}$ y $P^{m \times z}$.

$$\begin{bmatrix} 60.000 & 30.000 & P_{13} & P_{14} & P_{15} & P_{16} \\ 30.000 & 26.574 & P_{23} & P_{24} & P_{25} & P_{26} \\ 60.000 & 54.518 & P_{33} & P_{34} & P_{35} & P_{36} \\ 80.000 & 73.909 & P_{43} & P_{44} & P_{45} & P_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.15. Matriz $P^{4 \times 6}$ ($k = 2$).

Se calculan los coeficientes e_{j2} como se muestra en la **Tabla 8.16 (Paso 1)**.

$$\begin{bmatrix} 1.666,7 & 1.666,7 & e_{13} & e_{14} & e_{15} & e_{16} \\ 416,7 & 492,1 & e_{23} & e_{24} & e_{25} & e_{26} \\ 666,7 & 757,2 & e_{33} & e_{34} & e_{35} & e_{36} \\ 740,7 & 821,2 & e_{43} & e_{44} & e_{45} & e_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.16. Matriz $E^{4 \times 6}$ ($k = 2$).

La suma de los coeficientes e_{j2} resulta mayor a 2.500 (**Paso 2**) por lo que se establece $PMI_{12} = PMI_{22} = e_{12}$ (**Paso 4**). Se calculan ahora el resto de los coeficientes PMI_{j2} y se tiene así completa la segunda columna de $PMI^{4 \times 6}$ como muestra la **Tabla 8.17 (Paso 5)**.

$$\begin{bmatrix} 1.666,7 & 1.666,7 & PMI_{13} & PMI_{14} & PMI_{15} & PMI_{16} \\ 416,7 & 416,7 & PMI_{23} & PMI_{24} & PMI_{25} & PMI_{26} \\ 197,4 & 197,4 & PMI_{33} & PMI_{34} & PMI_{35} & PMI_{36} \\ 219,3 & 219,3 & PMI_{43} & PMI_{44} & PMI_{45} & PMI_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.17. Matriz $PMI^{4 \times 6}$ ($k = 2$).

Se chequea ahora que la cantidad de raciones calculadas a incluir en el pedido modelo intermedio en el día $k = 2$ según los PMI_{j2} no sea mayor a la cantidad de raciones disponibles de esa partida de alimento P_{j2} , cosa que no sucede (**Paso 6**), por lo que se pasa directamente al **Paso 9** donde se actualizan las cantidades remanentes en stock luego de la asignación como se muestra en la **Tabla 8.18** y se repite el proceso nuevamente (**Paso 10**).

$$\begin{bmatrix} 60.000 & 30.000 & 0 & P_{14} & P_{15} & P_{16} \\ 30.000 & 22.500 & 15.000 & P_{24} & P_{25} & P_{26} \\ 60.000 & 56.447 & 52.894,7 & P_{34} & P_{35} & P_{36} \\ 80.000 & 76.053 & 72.105,26 & P_{44} & P_{45} & P_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.18. Matriz $P^{4 \times 6}$ ($k = 3$).

Se calculan los coeficientes e_{j3} como se muestra en la **Tabla 8.19 (Paso 1)**.

$$\begin{bmatrix} 1.666,7 & 1.666,7 & 0 & e_{14} & e_{15} & e_{16} \\ 416,7 & 492,1 & 416,7 & e_{24} & e_{25} & e_{26} \\ 666,7 & 757,2 & 979,5 & e_{34} & e_{35} & e_{36} \\ 740,7 & 821,2 & 1.001,5 & e_{44} & e_{45} & e_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.19. Matriz $E^{4 \times 6}$ ($k = 3$).

La suma de los coeficientes e_{j3} resulta menor a 2.500 (**Paso 2**) por lo que se calcula PMI_{j3} a partir de la **Ecuación 23 (Paso 3)** y se tiene así completa la tercera columna de $PMI^{4 \times 6}$ como muestra la **Tabla 8.20 (Paso 5)**.

$$\begin{bmatrix} 1.666,7 & 1.666,7 & 0 & PMI_{14} & PMI_{15} & PMI_{16} \\ 416,7 & 416,7 & 434,5 & PMI_{24} & PMI_{25} & PMI_{26} \\ 197,4 & 197,4 & 1.021,3 & PMI_{34} & PMI_{35} & PMI_{36} \\ 219,3 & 219,3 & 1.044,2 & PMI_{44} & PMI_{45} & PMI_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.20. Matriz $PMI^{4 \times 6}$ ($k = 3$).

Se chequea ahora que la cantidad de raciones calculadas a incluir en el pedido modelo intermedio en el día $k = 3$ según los PMI_{j3} no sea mayor a la cantidad de raciones disponibles de esa partida de alimento P_{j3} , cosa que no sucede (**Paso 6**), por lo que se pasa directamente al **Paso 9** donde se actualizan las cantidades remanentes en stock luego de la asignación como se muestra en la **Tabla 8.21** y se repite el proceso nuevamente (**Paso 10**).

$$\begin{bmatrix} 60.000 & 30.000 & 0 & 0 & P_{15} & P_{16} \\ 30.000 & 22.500 & 15.000 & 7.179,9 & P_{25} & P_{26} \\ 60.000 & 56.447 & 52.894,7 & 34.510,6 & P_{35} & P_{36} \\ 80.000 & 76.053 & 72.105,26 & 53.309,5 & P_{45} & P_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.21. Matriz $P^{4 \times 6}$ ($k = 4$).

Se calculan los coeficientes e_{j4} como se muestra en la **Tabla 8.22 (Paso 1)**.

$$\begin{bmatrix} 1.666,7 & 1.666,7 & 0 & 0 & e_{15} & e_{16} \\ 416,7 & 492,1 & 416,7 & 398,9 & e_{25} & e_{26} \\ 666,7 & 757,2 & 979,5 & 958,6 & e_{35} & e_{36} \\ 740,7 & 821,2 & 1.001,5 & 987,2 & e_{45} & e_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.22. Matriz $E^{4 \times 6}$ ($k = 4$).

La suma de los coeficientes e_{j4} resulta menor a 2.500 (**Paso 2**) por lo que se calcula PMI_{j4} a partir de la **Ecuación 23 (Paso 3)** y se tiene así completa la cuarto columna de $PMI^{4 \times 6}$ como muestra la **Tabla 8.23 (Paso 5)**.

$$\begin{bmatrix} 1.666,7 & 1.666,7 & 0 & 0 & PMI_{15} & PMI_{16} \\ 416,7 & 416,7 & 434,5 & 425,3 & PMI_{25} & PMI_{26} \\ 197,4 & 197,4 & 1.021,3 & 1.022,1 & PMI_{35} & PMI_{36} \\ 219,3 & 219,3 & 1.044,2 & 1.052,6 & PMI_{45} & PMI_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.23. Matriz $PMI^{4 \times 6}$ ($k = 4$).

Se chequea ahora que la cantidad de raciones calculadas a incluir en el pedido modelo intermedio en el día $k = 4$ según los PMI_{j4} no sea mayor a la cantidad de raciones disponibles de esa partida de alimento P_{j4} . Como se aprecia en la **Tabla 8.24**, las raciones del alimento 2 no son suficientes (**Paso 6**), por lo que se pasa al **Paso 7**, donde se establecerá PMI_{24} a partir de la **Ecuación 26** y luego al **Paso 8** donde se recalcula la cantidad de raciones a incluir en el pedido modelo intermedio a partir de la **Ecuación 27** para el resto de las partidas de alimento, quedando la matriz $PMI^{4 \times 6}$ como muestra la **Tabla 8.25**.

$$\begin{bmatrix} 60.000 & 30.000 & 0 & 0 & 0 & P_{16} \\ 30.000 & 22.500 & 15.000 & 7.179,9 & -475,5 & P_{26} \\ 60.000 & 56.447 & 52.894,7 & 34.510,6 & 16.112,6 & P_{36} \\ 80.000 & 76.053 & 72.105,26 & 53.309,5 & 34.362,9 & P_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.24. Matriz $P^{4 \times 6}$ ($k = 4$).

$$\begin{bmatrix} 1.666,7 & 1.666,7 & 0 & 0 & PMI_{15} & PMI_{16} \\ 416,7 & 416,7 & 434,5 & 398,9 & PMI_{25} & PMI_{26} \\ 197,4 & 197,4 & 1.021,3 & 1.035,1 & PMI_{35} & PMI_{36} \\ 219,3 & 219,3 & 1.044,2 & 1.066,0 & PMI_{45} & PMI_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.25. Matriz $PMI^{4 \times 6}$ ($k = 4$).

Se prosigue entonces con el **Paso 9** donde se actualizan las cantidades remanentes en stock luego de la asignación como se muestra en la **Tabla 8.26** y se repite el proceso nuevamente (**Paso 10**).

$$\begin{bmatrix} 60.000 & 30.000 & 0 & 0 & 0 & P_{16} \\ 30.000 & 22.500 & 15.000 & 7.179,9 & 0 & P_{26} \\ 60.000 & 56.447 & 52.894,7 & 34.510,6 & 15.878,3 & P_{36} \\ 80.000 & 76.053 & 72.105,26 & 53.309,5 & 34.121,7 & P_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.26. Matriz $P^{4 \times 6}$ ($k = 4$).

Se calculan entonces los coeficientes e_{j5} como se muestra en la **Tabla 8.27 (Paso 1)**.

$$\begin{bmatrix} 1.666,7 & 1.666,7 & 0 & 0 & 0 & e_{16} \\ 416,7 & 492,1 & 416,7 & 398,9 & 0 & e_{26} \\ 666,7 & 757,2 & 979,5 & 958,6 & 441,1 & e_{36} \\ 740,7 & 821,2 & 1.001,5 & 987,2 & 1.895,6 & e_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.27. Matriz $E^{4 \times 6}$ ($k = 5$).

La suma de los coeficientes e_{j5} resulta menor a 2.500 (**Paso 2**) por lo que se calcula PMI_{j5} a partir de la **Ecuación 23 (Paso 3)** y se tiene así completa la quinta columna de $PMI^{4 \times 6}$ como muestra la **Tabla 8.28 (Paso 5)**.

$$\begin{bmatrix} 1.666,7 & 1.666,7 & 0 & 0 & 0 & PMI_{16} \\ 416,7 & 416,7 & 434,5 & 398,9 & 0 & PMI_{26} \\ 197,4 & 197,4 & 1.021,3 & 1.035,1 & 471,9 & PMI_{36} \\ 219,3 & 219,3 & 1.044,2 & 1.066,0 & 2.028,1 & PMI_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.28. Matriz $PMI^{4 \times 6}$ ($k = 5$).

Se chequea ahora que la cantidad de raciones calculadas a incluir en el pedido modelo intermedio en el día $k = 5$ según los PMI_{j5} no sea mayor a la cantidad de raciones disponibles de esa partida de alimento P_{j5} . Como se aprecia en la **Tabla 8.29**, las raciones del alimento 4 no son suficientes (**Paso 6**), por lo que se pasa al **Paso 7**, donde se establecerá PMI_{45} a partir de la **Ecuación 26** y luego al **Paso 8** donde se recalcula la cantidad de raciones a incluir en el pedido modelo intermedio a partir de la **Ecuación 27** para el resto de las partidas de alimento, quedando la matriz $PMI^{4 \times 6}$ como muestra la **Tabla 8.30**.

$$\begin{bmatrix} 60.000 & 30.000 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 30.000 & 22.500 & 15.000 & 7.179,9 & 0 & 0 \\ 60.000 & 56.447 & 52.894,7 & 34.510,6 & 15.878,3 & 7.384,4 \\ 80.000 & 76.053 & 72.105,26 & 53.309,5 & 34.121,7 & -2.384,4 \end{bmatrix}$$

Tabla 8.29. Matriz $P^{4 \times 6}$ ($k = 5$).

$$\begin{bmatrix} 1.666,7 & 1.666,7 & 0 & 0 & 0 & PMI_{16} \\ 416,7 & 416,7 & 434,5 & 398,9 & 0 & PMI_{26} \\ 197,4 & 197,4 & 1.021,3 & 1.035,1 & 604,4 & PMI_{36} \\ 219,3 & 219,3 & 1.044,2 & 1.066,0 & 1.895,6 & PMI_{46} \end{bmatrix}$$

Tabla 8.30. Matriz $PMI^{4 \times 6}$ ($k = 5$).

Se prosigue entonces con el **Paso 9** donde se actualizan las cantidades remanentes en stock luego de la asignación como se muestra en la **Tabla 8.31** y se repite el proceso nuevamente (**Paso 10**).

$$\begin{bmatrix} 60.000 & 30.000 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 30.000 & 22.500 & 15.000 & 7.179,9 & 0 & 0 \\ 60.000 & 56.447 & 52.894,7 & 34.510,6 & 15.878,3 & 5.000 \\ 80.000 & 76.053 & 72.105,26 & 53.309,5 & 34.121,7 & 0 \end{bmatrix}$$

Tabla 8.31. Matriz $P^{4 \times 6}$ ($k = 5$).

Se calculan entonces los coeficientes e_{j6} como se muestra en la **Tabla 8.32** (**Paso 1**).

$$\begin{bmatrix} 1.666,7 & 1.666,7 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 416,7 & 492,1 & 416,7 & 398,9 & 0 & 0 \\ 666,7 & 757,2 & 979,5 & 958,6 & 441,1 & 277,8 \\ 740,7 & 821,2 & 1.001,5 & 987,2 & 1.895,6 & 0 \end{bmatrix}$$

Tabla 8.32. Matriz $E^{4 \times 6}$ ($k = 6$).

La suma de los coeficientes e_{j6} resulta menor a 2.500 (**Paso 2**) por lo que se calcula PMI_{j6} a partir de la **Ecuación 23** (**Paso 3**) y se tiene así completa la sexta y última columna de $PMI^{4 \times 6}$ como muestra la **Tabla 8.33** (**Paso 5**).

$$\begin{bmatrix} 1.666,7 & 1.666,7 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 416,7 & 416,7 & 434,5 & 398,9 & 0 & 0 \\ 197,4 & 197,4 & 1.021,3 & 1.035,1 & 604,4 & 277,8 \\ 219,3 & 219,3 & 1.044,2 & 1.066,0 & 1.895,6 & 0 \end{bmatrix}$$

Tabla 8.33. Matriz $PMI^{4 \times 6}$ ($k = 6$).

El pedido modelo intermedio estará por lo tanto compuesto por 1.667 raciones del alimento 1, 417 raciones del alimento 2, 197 raciones del alimento 3 y 219 raciones del alimento 4.

8.5. ANEXO E: EJEMPLO NUMÉRICO DE LA ASIGNACIÓN MEDIANTE LA HEURÍSTICA

Supóngase un ejemplo con 5 Entidades Receptoras (ER_1, ER_2, ER_3, ER_4 y ER_5) y 5 tipos de alimento (A_1, A_2, A_3, A_4 y A_5), y los siguientes valores de *input*:

$$r_1 = 2.200, \quad r_2 = 2.000, \quad r_3 = 2.500, \quad r_4 = 2.800, \quad r_5 = 3.000$$

$$p_1 = 2.500, \quad p_2 = 3.000, \quad p_3 = 1.000, \quad p_4 = 4.500, \quad p_5 = 1.500$$

$$v_1 = 200, \quad v_2 = 350, \quad v_3 = 220, \quad v_4 = 45, \quad v_5 = 150$$

La **Tabla 8.34** muestra la matriz de coeficientes de prioridad $\pi^{5 \times 5}$ para el ejemplo y la **Tabla 8.35** muestra una matriz que contiene las diferentes cantidades de raciones O_{ij} contenidas en los pedidos “ideales”.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
E.R. ₁	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
E.R. ₂	1	1	1	1	1
E.R. ₃	2	2	2	2	2
E.R. ₄	1	1	1	1	1
E.R. ₅	1	1	1	1	1

Tabla 8.34. Matriz de coeficientes de prioridad $\pi^{5 \times 5}$ (E.R. = Entidad Receptora).

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	Total pedido
E.R. ₁	800	500	300	500	100	2.200
E.R. ₂	250	200	800	400	350	2.000
E.R. ₃	550	600	300	550	500	2.500
E.R. ₄	500	500	550	1.100	150	2.800
E.R. ₅	500	400	450	1.250	400	3.000
Total pedido	2.600	2.200	2.400	3.800	1.500	

Tabla 8.35. Matriz con la cantidad de raciones O_{ij} contenida en los pedidos “ideales”.

Se comienza entonces la heurística con el **Paso 1** y Se asigna a todas las Entidades Receptoras las cantidades ordenadas de cada alimento según los pedidos “ideales”. Esto se muestra en una matriz que contiene las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras en la **Tabla 8.36**.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
E.R. ₁	800	500	300	500	100
E.R. ₂	250	200	800	400	350
E.R. ₃	550	600	300	550	500
E.R. ₄	500	500	550	1.100	150
E.R. ₅	500	400	450	1.250	400

Tabla 8.36. Matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras.

Se sigue con el **Paso 2**, verificando si hay algún alimento para el que la “demanda” supera a la disponibilidad. Esto se da para los alimentos 2 y 3, como se observa en la **Tabla 8.37**.

Total pedido	2.600	2.200	2.400	3.800	1.500
p_j	2.500	3.000	1.000	4.500	1.500

Tabla 8.37. Comparación entre las cantidades de raciones O_{ij} contenidas en los pedidos “ideales” y las cantidades de raciones p_j de los diferentes tipos de alimento j escogidos para participar de la asignación y conformar el conjunto A .

Se continúa con el **Paso 3**, identificando a los alimentos para los que la “demanda” supera a la disponibilidad, que son el alimento 1 y el 3.

Se empieza por el alimento 1. Se sigue entonces con el **Paso 3a** y se calcula T_1 como muestra la **Ecuación 49**.

$$T_1 = \min\left(\left\lceil \frac{2.500}{200} \right\rceil, 5\right) = 5$$

Ecuación 49

Al ser $T_1 = 5$ no se debe hacer nada en el **Paso 3b** en este caso y se pasa al **Paso 3c** donde se chequea si las p_1 raciones disponibles alcanzan para satisfacer las cantidades requeridas por las 5 Entidades Receptoras (ver **Ecuación 50**). Como no alcanzan, se pasa al **Paso 3d**.

$$\sum_{i=1}^5 R_{i1} = 2.600 > p_1 = 2.500$$

Ecuación 50

En este **Paso 3d** se computa G_1 , el peso total de las raciones requeridas por las T_1 Entidades Receptoras, como muestra la **Ecuación 51**.

$$G_1 = \sum_{i \in I_1} \pi_{i1} \cdot O_{i1} = 0,5 \cdot 800 + 1 \cdot 250 + 2 \cdot 550 + 1 \cdot 500 + 1 \cdot 500 = 2.750$$

Ecuación 51

Se prosigue con el **Paso 3e** asignando las raciones del alimento 1 a cada Entidad Receptora en función de su contribución a G_1 según la **Ecuación 47**, obteniéndose la matriz que contiene las diferentes cantidades de raciones R_{ij} mostrada en la **Tabla 8.38**.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
E.R. ₁	364	500	300	500	100
E.R. ₂	227	200	800	400	350
E.R. ₃	1.000	600	300	550	500
E.R. ₄	455	500	550	1.300	150
E.R. ₅	455	400	450	1.250	400

Tabla 8.38. Matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras.

Se prosigue con el **Paso 3f** verificando si a alguna Entidad Receptora se le asignaron más raciones de las que requería ($R_{i1} > O_{i1}$). Como se observa en la **Tabla 8.39**, a la Entidad Receptora 3 se le asignaron 450 raciones de más, por lo que se establece R_{31} igual a O_{31} quedando un excedente de 450 raciones. La nueva matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} se muestra en la **Tabla 8.40**.

$O_{11} - R_{11}$	436
$O_{21} - R_{21}$	23
$O_{31} - R_{31}$	-450
$O_{41} - R_{41}$	45
$O_{51} - R_{51}$	45

Tabla 8.39. Verificación de si a alguna Entidad Receptora se le asignaron más raciones de las que requería ($O_{i1} - R_{i1}$).

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
E.R. ₁	364	500	300	500	100
E.R. ₂	227	200	800	400	350
E.R. ₃	550	600	300	550	500
E.R. ₄	455	500	550	1.300	150
E.R. ₅	455	400	450	1.250	400

Tabla 8.40. Matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras.

Se prosigue con el **Paso 3g** chequeando si las raciones asignadas cumplen con la **Restricción 3: Restricción de la cantidad de raciones mínimas por alimento**, es decir, si $R_{i1} > v_1 = 200$ para todas Entidades Receptoras que han recibido al menos una ración. Como se cumple, se redistribuye el excedente existente de 450 raciones entre las Entidades Receptoras 1, 2, 4 y 5 que todavía no tienen asignadas todas las raciones que requerían. Se lo

redistribuye en porciones iguales de $\frac{450}{4} = 112,5$ para cada una (112 para dos y 113 para otras dos). La nueva matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} se muestra en la **Tabla 8.41**.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
E.R. ₁	476	500	300	500	100
E.R. ₂	340	200	800	400	350
E.R. ₃	550	600	300	550	500
E.R. ₄	567	500	550	1.300	150
E.R. ₅	567	400	450	1.250	400

Tabla 8.41. Matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras.

De nuevo, como se observa en la **Tabla 8.42**, a las Entidades Receptoras 2, 4 y 5 se les asignaron 90, 67 y 67 raciones de más respectivamente, por lo que se establece R_{i1} igual a O_{i1} para $i = 2,4,5$ quedando un excedente de $90 + 67 + 67 = 224$ raciones. Estas se vuelven a repartir en partes iguales entre las Entidades Receptoras pertenecientes a I_1 que todavía no tienen asignadas todas las raciones que requerían, es decir, se asignan todas a la Entidad Receptora 1. La nueva matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} se muestra en la **Tabla 8.43**.

$O_{11} - R_{11}$	324
$O_{21} - R_{21}$	-90
$O_{31} - R_{31}$	0
$O_{41} - R_{41}$	-67
$O_{51} - R_{51}$	-67

Tabla 8.42. Verificación de si a alguna Entidad Receptora se le asignaron más raciones de las que requería ($O_{i1} - R_{i1}$).

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
E.R. ₁	700	500	300	500	100
E.R. ₂	250	200	800	400	350
E.R. ₃	550	600	300	550	500
E.R. ₄	500	500	550	1.300	150
E.R. ₅	500	400	450	1.250	400

Tabla 8.43. Matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras.

Se prosigue con el **Paso 3j**. Como todavía resta el alimento 3 para el que la “demanda” supera a la disponibilidad se pasa al **Paso 3**. Se toma ahora al alimento 2 y se pasa al **Paso 3a**, calculando T_3 como muestra la **Ecuación 52**.

$$T_3 = \min\left(\left\lceil \frac{1.000}{220} \right\rceil, 5\right) = 4$$

Ecuación 52

Al ser $T_3 = 4$ se establece $R_{i3} = 0$ para la Entidad Receptora con menor coeficiente de prioridad π_{i3} , que resulta la Entidad Receptora 1. Se establece entonces $R_{13} = 0$ en el **Paso 3b** y la matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} se muestra en la **Tabla 8.44**.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
E.R. ₁	700	500	0	500	100
E.R. ₂	250	200	800	400	350
E.R. ₃	550	600	300	550	500
E.R. ₄	500	500	550	1.300	150
E.R. ₅	500	400	450	1.250	400

Tabla 8.44. Matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras.

Se pasa luego al **Paso 3c** donde se chequea si las p_3 raciones disponibles alcanzan para satisfacer las cantidades requeridas por las 4 Entidades Receptoras (ver **Ecuación 53**). Como no alcanzan, se pasa al **Paso 3d**.

$$\sum_{i=2}^5 R_{i3} = 2.100 > p_3 = 1.000$$

Ecuación 53

En este **Paso 3d** se computa G_3 , el peso total de las raciones requeridas por las T_3 Entidades Receptoras, como muestra la **Ecuación 54**.

$$G_3 = \sum_{i \in I_3} \pi_{i3} \cdot O_{i3} = 1 \cdot 800 + 2 \cdot 300 + 1 \cdot 550 + 1 \cdot 450 = 2.400$$

Ecuación 54

Se prosigue con el **Paso 3e** asignando las raciones del alimento 3 a cada Entidad Receptora en función de su contribución a G_3 según la **Ecuación 47**, obteniéndose la matriz que contiene las diferentes cantidades de raciones R_{ij} mostrada en la **Tabla 8.45**.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
E.R. ₁	700	500	0	500	100
E.R. ₂	250	200	333	400	350
E.R. ₃	550	600	250	550	500
E.R. ₄	500	500	229	1.300	150
E.R. ₅	500	400	188	1.250	400

Tabla 8.45. Matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras.

Se prosigue con el **Paso 3f** verificando si a alguna Entidad Receptora se le asignaron más raciones de las que requería ($R_{i3} > O_{i3}$). Como se observa en la **Tabla 8.46**, a ninguna Entidad Receptora se le asignaron raciones de más, por lo que no queda un excedente de raciones.

$O_{13} - R_{13}$	0
$O_{23} - R_{23}$	467
$O_{33} - R_{33}$	50
$O_{43} - R_{431}$	321
$O_{53} - R_{53}$	263

Tabla 8.46. Verificación de si a alguna Entidad Receptora se le asignaron más raciones de las que requería ($O_{i3} - R_{i3}$).

Se prosigue con el **Paso 3g** chequeando si las raciones asignadas cumplen con la **Restricción 3: Restricción de la cantidad de raciones mínimas por alimento**, es decir, si $R_{i3} > v_3 = 220$ para todas Entidades Receptoras que han recibido al menos una ración. Esto no se cumple para la Entidad Receptora 5, por lo que se pasa al **Paso 3h**. Como no hay ningún excedente para asignar en este paso, la Entidad Receptora 5 no puede ser llevada al nivel mínimo de asignación v_3 y por lo tanto se debe pasar al **Paso 3i(1)**. Se ordena entonces a

las Entidades Receptoras que cumplan con la **Restricción 3: Restricción de la cantidad de raciones mínimas por alimento** por el ratio entre las raciones asignadas y las raciones requeridas $\left(\frac{R_{i3}}{O_{i3}}\right)$ de mayor a menor, como se muestra en la **Tabla 8.47**.

R_{33}/O_{33}	0,83
R_{23}/O_{23}	0,42
R_{43}/O_{43}	0,42

Tabla 8.47. Ratio entre las raciones asignadas y las raciones requeridas $\left(\frac{R_{i3}}{O_{i3}}\right)$ de mayor a menor.

La primera Entidad Receptora en el orden es la Entidad Receptora 3, por lo que según **Paso 3i(2)** se debe reducir las raciones asignadas R_{33} hasta que se llegue a alguna de estas dos condiciones:

- Sus raciones lleguen al nivel mínimo de asignación, es decir $R_{33} = v_3 = 220$.
- Su ratio entre las raciones asignadas y las raciones requeridas $\frac{R_{33}}{O_{33}}$ sea igual al de la segunda Entidad Receptora, es decir $\frac{R_{33}}{O_{33}} = \frac{R_{23}}{O_{23}} = \frac{R_{43}}{O_{43}}$.

Al sacarle 30 raciones a R_{33} llega a la primera condición: el nivel mínimo de asignación, es decir $R_{33} = v_3 = 220$. Pero al usar estas 30 raciones como excedente para asignar a la Entidades Receptoras 5 para que así cumpla con la **Restricción 3: Restricción de la cantidad de raciones mínimas por alimento** ocurre que no es suficiente para llevar R_{53} a v_3 , como se muestra en la **Tabla 8.48**.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
E.R. ₁	700	500	0	500	100
E.R. ₂	250	200	333	400	350
E.R. ₃	550	600	220	550	500
E.R. ₄	500	500	229	1.300	150
E.R. ₅	500	400	218	1.250	400

Tabla 8.48. Matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras.

Se pasa al **Paso 3i(3)** por lo tanto, pero al haber sacado 30 raciones de la Entidad Receptora 3 y haber llegado al nivel mínimo de asignación, $\frac{R_{33}}{O_{33}} \neq \frac{R_{23}}{O_{23}} = \frac{R_{43}}{O_{43}}$ (ver **Tabla 8.49**), por lo que no se podrá reducir las raciones asignadas a las primeras dos Entidades Receptoras de la lista ordenada. Esto es equivalente al hecho de que no haya más Entidades Receptoras de las cuales generar nuevo excedente. Como la Entidad Receptora 5 todavía no ha alcanzado el nivel mínimo de asignación v_3 , se reduce T_3 en uno y se vuelve al **Paso 3b**. Ahora $T_3 = 3$.

R_{33}/O_{33}	0,73
R_{23}/O_{23}	0,42
R_{43}/O_{43}	0,42

Tabla 8.49. Ratio entre las raciones asignadas y las raciones requeridas ($\frac{R_{i3}}{O_{i3}}$) de mayor a menor.

Al ser $T_3 = 3$ se debe establecer $R_{i3} = 0$ para la Entidad Receptora con menor coeficiente de prioridad π_{i3} luego de la Entidad Receptora 1. Pero resulta que $\pi_{23} = \pi_{43} = \pi_{53} = 1$ y $\pi_{33} = 2$. Por lo tanto se selecciona a aquella Entidad Receptora que tenga el mayor r_i , es decir, la Entidad Receptora 5. Se establece entonces $R_{53} = 0$ en el **Paso 3b** y la matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} se muestra en la **Tabla 8.50**.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
E.R. ₁	700	500	0	500	100
E.R. ₂	250	200	800	400	350
E.R. ₃	550	600	300	550	500
E.R. ₄	500	500	550	1.300	150
E.R. ₅	500	400	0	1.250	400

Tabla 8.50. Matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras.

Se pasa luego al **Paso 3c** donde se chequea si las p_3 raciones disponibles alcanzan para satisfacer las cantidades requeridas por las 3 Entidades Receptoras (ver **Ecuación 55**). Como no alcanzan, se pasa al **Paso 3d**.

$$\sum_{i=2}^4 R_{i3} = 1.650 > p_3 = 1.000$$

Ecuación 55

En este **Paso 3d** se computa G_3 , el peso total de las raciones requeridas por las T_3 Entidades Receptoras, como muestra la **Ecuación 56**.

$$G_3 = \sum_{i \in I_3} \pi_{i3} \cdot O_{i3} = 1 \cdot 800 + 2 \cdot 300 + 1 \cdot 550 = 1.950$$

Ecuación 56

Se prosigue con el **Paso 3e** asignando las raciones del alimento 3 a cada Entidad Receptora en función de su contribución a G_3 según la **Ecuación 47**, obteniéndose la matriz que contiene las diferentes cantidades de raciones R_{ij} mostrada en la **Tabla 8.51**.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
E.R. ₁	700	500	0	500	100
E.R. ₂	250	200	410	400	350
E.R. ₃	550	600	308	550	500
E.R. ₄	500	500	282	1.300	150
E.R. ₅	500	400	0	1.250	400

Tabla 8.51. Matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras.

Se prosigue con el **Paso 3f** verificando si a alguna Entidad Receptora se le asignaron más raciones de las que requería ($R_{i3} > O_{i3}$). Como se observa en la **Tabla 8.52**, a la Entidad Receptora 3 se le asignaron 8 raciones de más, por lo que queda un excedente de 8 raciones.

$O_{13} - R_{13}$	0
$O_{23} - R_{23}$	390
$O_{33} - R_{33}$	-8
$O_{43} - R_{431}$	268
$O_{53} - R_{53}$	0

Tabla 8.52. Verificación de si a alguna Entidad Receptora se le asignaron más raciones de las que requería ($O_{i3} - R_{i3}$).

Se prosigue con el **Paso 3g** chequeando si las raciones asignadas cumplen con la **Restricción 3: Restricción de la cantidad de raciones mínimas por alimento**, lo cual se cumple para las 3 Entidades Receptoras. Se reparten entonces las 8 raciones de excedente entre las Entidades Receptoras 2 y 4, asignando 4 raciones a cada una. La nueva matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} se muestra en la **Tabla 8.53**.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
E.R. ₁	700	500	0	500	100
E.R. ₂	250	200	414	400	350
E.R. ₃	550	600	300	550	500
E.R. ₄	500	500	286	1.300	150
E.R. ₅	500	400	0	1.250	400

Tabla 8.53. Matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras.

Se prosigue con el **Paso 4**. Para ello se calcula primero las raciones sobrantes de los diferentes alimentos y las faltantes de las diferentes Entidades Receptoras, como muestra la **Tabla 8.54**.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	Total pedido	r _i	Raciones faltantes
E.R. ₁	700	500	0	500	100	1.800	2.200	400
E.R. ₂	250	200	414	400	350	1.614	2.000	386
E.R. ₃	550	600	300	550	500	2.500	2.500	0
E.R. ₄	500	500	286	1.300	150	2.736	2.800	64
E.R. ₅	500	400	0	1.250	400	2.550	3.000	450
Total pedido	2.500	2.200	1.000	4.000	1.500			1.300
p _j	2.500	3.000	1.000	4.500	1.500			↑
Raciones sobrantes	0	800	0	500	0	1.300	←	TOTAL

Tabla 8.54. Matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras, las raciones sobrantes de los diferentes alimentos y las faltantes de las diferentes Entidades Receptoras.

El primer paso para asignar las raciones de alimentos sobrantes es el **Paso 4a**, en el que se ordenan los tipos de alimento por la cantidad de raciones sobrantes de mayor a menor. El alimento con mayor número de raciones sobrantes es el alimento 2. Se lo toma entonces y se dividen las 800 raciones disponibles en 4 partes iguales por haber 4 Entidades Receptoras en déficit (**Paso 4b**). Pero si se asignan 200 raciones a cada una, se superaría el valor de r_i para la Entidad Receptora 4. Se debe por lo tanto pasar al **Paso 4c** y asignar unas 64 raciones del alimento 2 a la Entidad Receptora 4, obteniendo la matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras, las raciones sobrantes de los diferentes alimentos y las faltantes de las diferentes Entidades Receptoras mostrada en la **Tabla 8.55**. Luego se repite el **Paso 4a**.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	Total pedido	r _i	Raciones faltantes
E.R. ₁	700	500	0	500	100	1.800	2.200	400
E.R. ₂	250	200	414	400	350	1.614	2.000	386
E.R. ₃	550	600	300	550	500	2.500	2.500	0
E.R. ₄	500	564	286	1.300	150	2.800	2.800	0
E.R. ₅	500	400	0	1.250	400	2.550	3.000	450
Total pedido	2.500	2.264	1.000	4.000	1.500			1.236
p _j	2.500	3.000	1.000	4.500	1.500			↑
Raciones sobrantes	0	736	0	500	0	1.236	←	TOTAL

Tabla 8.55. Matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras, las raciones sobrantes de los diferentes alimentos y las faltantes de las diferentes Entidades Receptoras.

Al repetir el **Paso 4a**, el alimento con mayor número de raciones sobrantes sigue siendo el alimento 2. Se lo toma entonces y se dividen las 736 raciones disponibles en 3 partes iguales por haber 3 Entidades Receptoras en déficit (**Paso 4b**). Se asignan 245 raciones a las primeras dos y 246 a la otra obteniendo la matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras, las raciones sobrantes de los diferentes alimentos y las faltantes de las diferentes Entidades Receptoras mostrada en la **Tabla 8.56**.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	Total pedido	r_i	Raciones faltantes
E.R. ₁	700	745	0	500	100	2.045	2.200	155
E.R. ₂	250	445	414	400	350	1.859	2.000	141
E.R. ₃	550	600	300	550	500	2.500	2.500	0
E.R. ₄	500	564	286	1.300	150	2.800	2.800	0
E.R. ₅	500	646	0	1.250	400	2.796	3.000	204
Total pedido	2.500	3000	1.000	4.000	1.500			500
p_j	2.500	3.000	1.000	4.500	1.500			↑
Raciones sobrantes	0	0	0	500	0	500	←	TOTAL

Tabla 8.56. Matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras, las raciones sobrantes de los diferentes alimentos y las faltantes de las diferentes Entidades Receptoras.

Como queda un único alimento con raciones sobrantes se reparte entre las Entidades Receptoras que todavía tengan déficit, obteniendo finalmente la matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras, las raciones sobrantes de los diferentes alimentos y las faltantes de las diferentes Entidades Receptoras mostrada en la **Tabla 8.57**.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	Total pedido	r_i	Raciones faltantes
E.R. ₁	700	745	0	655	100	2.200	2.200	0
E.R. ₂	250	445	414	541	350	2.000	2.000	0
E.R. ₃	550	600	300	550	500	2.500	2.500	0
E.R. ₄	500	564	286	1.300	150	2.800	2.800	0
E.R. ₅	500	646	0	1.454	400	3.000	3.000	0
Total pedido	2.500	3000	1.000	4.500	1.500			0
p_j	2.500	3.000	1.000	4.500	1.500			↑
Raciones sobrantes	0	0	0	0	0	0	←	TOTAL

Tabla 8.57. Matriz con la las diferentes cantidades de raciones R_{ij} asignadas a las Entidades Receptoras, las raciones sobrantes de los diferentes alimentos y las faltantes de las diferentes Entidades Receptoras.