



Aplicación de modelos cuantitativos de negocios para la asignación de equipos de frío

Embotelladora- Equipos de frío (EDF)

Brandán, Omar Agustín - Corbalan Parada, Victoria Agustina - Cuzzo, Mauricio - Koch,
Emiliano - Padilla, Guadalupe - Velasco, Juan Horacio

omaragustinbrandan@gmail.com - agostinaparada70@gmail.com -
mauriciocuzzo@gmail.com - emilianokoch0@gmail.com -
guadalupepadilla05@gmail.com - veju94@gmail.com



RESUMEN

Administrar de manera eficaz el uso de recursos que son escasos, resulta crucial para la perdurabilidad de cualquier organización en el tiempo. En este sentido, se presenta como objeto de estudio el sector de “Equipos De Frío” (EDF) perteneciente a una embotelladora dedicada a la producción, comercialización y distribución de bebidas ubicada en territorio tucumano. En el mismo, se identifican como recursos escasos los EDF, los cuales deben ser asignados y/o reasignados a los clientes .

Para ello, se aplicará como primera herramienta de análisis un pronóstico que permita proyectar la demanda de heladeras en los próximos meses. A partir de los resultados obtenidos se aplicará programación lineal entera y luego continúa con el objetivo complementar los resultados del modelo a partir del informe de sensibilidad (en caso de que se obtuvieron resultados similares).

Para ejecutar el primer modelo, se emplea el software QM y para la etapa posterior se utilizará el Complemento de Solver, presente en el programa Excel, el cual nos permitirá arribar a una solución óptima en el caso que existan soluciones óptimas del modelo.

Se propone un enfoque cuantitativo de alcance correlacional y diseño no experimental. Como técnicas de recolección de datos se emplearán entrevistas por expertos y análisis de datos secundarios.

Finalmente, se espera que los resultados obtenidos sean un input para proponer un modelo estructurado y sistemático que le permita a la firma bajo análisis tomar decisiones eficaces respecto a la asignación de los EDF.

Palabras clave: asignación - heladeras - programación lineal - pronóstico



INTRODUCCIÓN

La organización bajo estudio es una embotelladora dedicada de la producción, comercialización y distribución de bebidas ubicada en territorio tucumano, que además de comercializar bebidas a otras organizaciones, les ofrece equipos de frío (EDF) en comodato que les permite a sus clientes poder conservar sus productos en el mejor estado posible hasta que la bebida llegue a las manos del consumidor final. Ese contrato de comodato establece, entre otras situaciones, que el cliente deberá cumplir con una cierta cantidad de compra de bebidas dependiendo de la marca del EDF y de la cantidad de puertas con la que cuenta el equipo.

A partir del crecimiento en la cantidad de clientes que hubo en los últimos años, la empresa decidió establecer un sector de EDF en el área de ventas que se encarga de realizar la supervisión, control, auditoría, evaluación y toma de decisiones sobre estos equipos, todas estas acciones mencionadas se realizan en coordinación con la fuerza de ventas, proveedores de servicio técnico de refrigeración y otras áreas como el área de compras o el área contable.

Para el control, se realiza el seguimiento de los procesos de instalación, reparación y retiro, los cuales son fundamentales para la gestión ya que cuentan actualmente con alrededor de 10.000 equipos con la posibilidad de realizar refuerzos de aproximadamente 10-20 equipos cada 2-3 meses, por lo que son clave las actividades de reacondicionamiento y reasignación de los equipos basándose en los procesos mencionados para poder cumplir con la demanda.

SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La administración de los EDF en la empresa por varios años no tuvo una atención “especializada”, pero dado el incremento tanto en clientes como en equipos, la empresa decidió definir recientemente un sector que se encargue específicamente de la gestión de estos equipos de frío.

Uno de los indicadores clave para el sector es la improductividad de los equipos, que está representada por aquellas heladeras que en base a la cantidad de puertas que tienen, no cumplen con el estándar de ventas determinados por puerta (20 unidades por puerta) por lo que es sumamente importante que este sector logre a partir de la reasignación de equipos, en coordinación con la fuerza de venta, poder reducir el ratio de equipos improductivos.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, es oportuno proponer modelos de análisis cuantitativo que le permita al sector predecir la demanda y asignar eficientemente su principal recurso.

Se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuál es la situación actual respecto a la eficiencia de las asignaciones y/o reasignaciones de los EDF?
- ¿Cómo será el comportamiento de la demanda en el próximo semestre?



- ¿Cuáles son los factores relevantes para decidir asignar o no una heladera?
- ¿Qué desvíos se presentan entre el nivel de eficiencia en la asignación de EDF pronosticado y el real?

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Objetivo general: proponer un modelo estructurado y sistemático que permita tomar decisiones eficaces respecto a la asignación de los EDF.

Objetivos específicos:

- Describir la situación actual respecto a la eficiencia de asignaciones;
- Pronosticar el comportamiento de la demanda para el próximo semestre;
- Definir factores relevantes para realizar las asignaciones;
- Calcular desvíos entre el nivel de eficiencia pronosticado y el real.

Enfoque: Cuantitativo.

Alcance: Descriptivo

Diseño: No experimental.

Ya que se trata de un estudio en el que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos.

En este caso, nos centraremos en una investigación longitudinal de tendencia, ya que se recaban datos en diferentes puntos del tiempo que se centran en la población, es decir el sector de la empresa destinado a los equipos de frío.

Técnicas de recolección de datos:

- *Entrevista por expertos:* se realizará una entrevista al jefe del área de EDF y al técnico encargado de realizar los movimientos de los equipos.
- *Análisis de datos secundarios:* datos extraídos del sistema de la empresa.

Muestreo: Probabilístico.

HERRAMIENTAS A UTILIZAR (MODELOS)

Pronósticos: para ejecutar una proyección de la demanda de equipos y de la improductividad de los mismos.



Simulación: con el objetivo de visualizar el comportamiento probable de los EDF faltantes y la probabilidad de que este se satisfaga con cada tipo de puerta.

Software Arena: utilización del mismo con el fin de poder ver el comportamiento probable de improductividad frente a distintas situaciones que se presentan con cada tipo de puerta.

Programación Entera: con el objetivo de encontrar la asignación óptima de los EDF que maximice las ventas.

Programación Continua: empleada para contrastar con los resultados obtenidos de la programación entera, y en caso de obtener resultados similares, se realizará un análisis de mayor profundidad a partir del informe de sensibilidad.

Fuente de los datos:

- Acompañamiento constante por parte del jefe del área de EDF con el objetivo de contextualizar el proceso de distribución y asignación de los equipos, así como también el proceso decisorio que interviene en ello.
- Base de datos obtenida por el referente del área de EDF - Los mismos son recolectados de una hoja de cálculo Excel, completado diariamente por los empleados.
- Se realiza una limpieza de datos donde se identifican datos erróneos, incompletos, inexactos y no pertinentes para el análisis que luego fueron sustituidos, modificados o eliminados. Además de que se efectúa la anonimización de los mismos para proteger la privacidad de los usuarios. (Apéndice. Tabla 1 y 2)



MARCO TEÓRICO

MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL

“La programación lineal es un método de solución de problemas desarrollado para ayudar a los gerentes a tomar decisiones” (Anderson, Sweeny, Willians, 2011, p.235). “La palabra lineal en el nombre se refiere a la forma de las expresiones matemáticas en este modelo. Y programación no se refiere a la programación por computadora, aquí se le utiliza esencialmente como sinónimo de planeación. De esta manera, programación lineal significa planeación de actividades que se representan por un modelo matemático lineal” (Hillier, Hillier, 2008, p.39).

Este se caracteriza por tener cuatro componentes:

- 1- Función objetivo: que busca maximizar o minimizar un objetivo, por lo general se refiere a la maximización de utilidades o minimización del costo, esta función debe ser establecida con claridad y definida matemáticamente.
- 2- Restricciones: las limitaciones limitan el grado al cual el objetivo puede ser alcanzado.
- 3- Variables de decisión: se refiere a la existencia de cursos de acción alternativos entre los cuales se puede elegir.
- 4- Relaciones matemáticas lineales: tanto los objetivos como las restricciones de un problema modelado a través de programación lineal, se debe expresar matemáticamente en términos de ecuaciones o desigualdades lineales.

Además, la programación lineal debe cumplir 5 supuestos básicos.

- 1- Certeza: se conocen con certeza los números en el objetivo y restricciones y no cambian durante el periodo que se está estudiando.
- 2- Proporcionalidad: la contribución a la función objetivo y la cantidad de recursos empleados en cada restricción son proporcionales al valor de la variable de decisión.
- 3- Aditividad: significa que el valor de la función objetivo y los recursos empleados se calculan al sumar la contribución marginal de la función objetivo y los recursos empleados para todas las variables de decisión.
- 4- Divisibilidad: las variables de decisión son continuas.



5- No negatividad: Los valores negativos de cantidades físicas son imposibles.

Actualmente los modelos de programación lineal se utilizan en numerosas y diversas situaciones problemáticas como, por ejemplo: situaciones de mezcla de productos, aplicación en marketing, planeación de trabajo, aplicaciones financieras, aplicación en el transporte, problemas de dieta, etc.

En el presente trabajo, se emplea para determinar la cantidad de EDF por tipo de puerta a reasignar que permite satisfacer la demanda para cada mes.

PRONÓSTICOS:

Regresión lineal: Es un procedimiento estadístico apropiado para analizar la relación entre dos variables, cuando una se considera la variable dependiente, y la otra la independiente. Una forma de estudiar la naturaleza de la relación entre las variables dependiente e independiente es diagramar los datos en un gráfico de dispersión. La variable dependiente Y se representa sobre el eje vertical, mientras que la variable independiente X se traza sobre el eje horizontal. El mismo da una aproximación de la relación entre las variables y nos permite calcular la recta de regresión y el coeficiente de determinación (entre otras medidas de interés).

Simulación Montecarlo: Cuando un sistema contiene elementos que exhiben azar en su comportamiento, se puede utilizar la simulación Montecarlo. La idea básica es generar valores de las variables que forman el modelo que se estudia. Los pasos para la implementación de dicho modelo son:

1. Establecer las distribuciones de probabilidad para las variables importantes de entrada.
2. Elaborar una distribución de probabilidad acumulada para cada variable del paso 1.
3. Establecer un intervalo de números aleatorios para cada variable.
4. Generar números aleatorios.
5. Simular una serie de pruebas.

A su vez, el proceso de Simulación presenta los siguientes pasos:

1. Definir el problema.
2. Introducir variables importantes.
3. Construir el modelo.
4. Especificar valores de las variables que se van a probar.
5. Realizar la simulación.



6. Examinar los resultados.
7. Elegir el mejor curso de acción.

Al ser una herramienta ampliamente utilizada en los campos de la administración, la simulación posee diversas ventajas para la planeación y la toma de decisiones. Algunos beneficios de dicha técnica, son: es directa y flexible, soporta situaciones complejas, permite realizar análisis del tipo “¿qué pasaría si...?”, no interfiere con el sistema real, permite estudiar variables individuales y su incidencia sobre la variable de salida y posibilita utilizar una amplia gama de distribuciones de probabilidad.

DESARROLLO DE MODELOS

- PRONÓSTICO

Para poder realizar el pronóstico, en primer lugar, se grafican los datos de la variable discreta de cantidad de puertas instaladas (Apéndice. Gráfico 1). En el mismo se puede observar que en el año 2020 la cantidad de instalaciones de EDF sufrió una drástica caída, explicada por el incipiente contexto de pandemia del periodo. En consecuencia, sólo se toman para el análisis los datos disponibles desde el año 2021, puesto que el encargado del sector sostuvo que, en ese momento, el contexto presentó una mayor estabilidad para la empresa.

Luego, se procede a graficar la serie de tiempo que significaba la cantidad de instalaciones de los años 2021 y 2022 (Apéndice. Gráficos 2, 3 y 4). De las mismas se concluye que durante el primer semestre del 2021, las instalaciones no presentan importantes variaciones. Por el contrario, desde junio hasta agosto del mismo año incrementa notablemente la demanda para finalmente decrecer paulatinamente hasta el último mes del periodo.

Al analizar el comportamiento presentado de la demanda de puertas del 2022, se contempla una mejoría leve en febrero y aún más pronunciada en el mes de abril del presente año respecto al anterior.

En consecuencia, resulta sumamente necesaria la aplicación del primer modelo propuesto para pronosticar la demanda de meses siguientes de modo que se puedan tomar decisiones adecuadas respecto a la asignación y reasignación de los EDF.

Por último, se continúa con el pronóstico de 2 variables relevantes: la cantidad de puertas a instalar y la cantidad de equipos improductivos. Para hacerlo correctamente, se aplican 3 modelos de corto plazo (Promedio móvil simple - Promedio móvil ponderado - Suavizamiento exponencial simple) y una



Regresión Lineal simple para pronosticar los próximos 6 meses. (Apéndice. Gráficos 5 y 6)

Se presenta, a modo de resumen, los pronósticos de la cantidad de instalaciones y los desvíos medios absolutos de cada método:

Tabla 2. Métodos de pronóstico para la variable cantidad de puertas instaladas

	PMS	DMA	PMS	DMA	SES	DMA	RLS	DMA
ABR	119	48,33	150	43,57	175	36,02	131	41,42

Fuente: elaboración propia

Si bien el método que mejor se ajusta al modelo es el del suavizamiento exponencial, se decide utilizar la RLS para pronosticar las puertas de los próximos 6 meses ya que presenta un desvío cercano.

Tabla 3: Pronóstico puertas a instalar en los próximos 6 meses

Periodo	Puertas
18	132
19	138
20	144
21	150
22	156
23	162

Fuente: elaboración propia

Luego de estimar las instalaciones necesarias, se procede a pronosticar la improductividad con los mismos métodos. En base a los datos de diciembre de 2021 y de 2022.

Tabla 4: Métodos de pronóstico para improductividad

	PMS	DMA	PMS	DMA	SES	DMA	RLS	DMA
ABR	1781	380,75	1836	374,65	1298	307	1687	220,33

Fuente: elaboración propia



Se concluye que el modelo que mejor se ajusta a los datos de improductividad es el de RLS, por lo tanto, se procede a pronosticar sus valores del próximo semestre

Tabla 5: Pronóstico improductividad EDF próximos 6 meses

Periodo	Improductivos
18	1678
19	1578
20	1469
21	1360
22	1251
23	1142

Fuente: elaboración propia

- **SIMULACIÓN**

A partir de los pronósticos calculados como base de la demanda de cada mes, se propone aplicar una simulación Monte Carlo en la cual se busca obtener la cantidad de EDF diferenciado por cantidad de puertas que serán necesarias para cumplir con el pronóstico de requerimientos.

Para la misma, es necesario definir una serie de supuestos:

- Cada 3 meses entrarán 30 unidades nuevas de EDF;
- Todos los meses se pueden recuperar 20 equipos que se encontraban en el almacén de mantenimiento.

Otro valor importante para analizar es la probabilidad de que el pedido sea de 1, 2, 3 o 4 puertas. Se realiza por medio de una tabla dinámica y da como resultado:

Tabla 6: Probabilidad de que el pedido sea de cada tipo de puerta

Puerta	Probabilidad
1	81%
2	16%
3	1%



4	2%
---	----

Fuente: Elaboración propia

Para ilustrar el proceso, se detalla la simulación realizada para el mes 1. El mismo proceso fue contemplado para cada uno de los seis meses. (Apéndice. Tablas 7, 8, 9, 10, 11 y 12)

Teniendo en cuenta que la demanda pronosticada para el mes 1 es de 132 se simula el comportamiento de la misma acorde a las probabilidades y a un número aleatorio calculado por una función de Excel. Entonces, se simula qué tipo de puerta es requerida en cada pedido del primer mes.

Luego, se calcula la cantidad de demanda que falta cubrir restando la demanda pronosticada menos los 30 del primer trimestre menos los 20 recuperados de almacén, menos la cantidad de puertas resultante del intervalo de números aleatorios.

En el primer mes, entonces, se concluye que se cumple con la necesidad de 82 puertas con 75 instalaciones.

Otra herramienta que se intentó utilizar para la simulación es la de Software Arena. Sin embargo, al no contar con datos como el tiempo entre llegada de los pedidos o los tiempos de instalación, la misma dió resultados incoherentes. (Apéndice. Gráficos 7, 8, 9, 10, 11 y 12)

- PROGRAMACIÓN LINEAL:

Formulación del problema:

- Se definen las variables de decisión de la siguiente manera:
VD = Cantidad de EDF improductivos (equipos de frío) por puerta destinados a satisfacer la demanda de cada mes
Siendo "P1"=EDF improductivo de una puerta y "M2"= Mes dos, se define "P1M2" como la "cantidad de EDF improductivos de una puerta destinados a satisfacer la demanda del mes dos"

Tabla N.º 13: Composición de las variables de decisión

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
P1	P1M1	P1M2	P1M3	P1M4	P1M5	P1M6



P2	P2M1	P2M2	P2M3	P2M4	P2M5	P2M6
P3	P3M1	P3M2	P3M3	P3M4	P3M5	P3M6
P4	P4M1	P4M2	P4M3	P4M4	P4M5	P4M6

Fuente: Elaboración propia

-Respecto a la función objetivo, se la define como:

FO (Maximizar la cantidad de bebidas vendidas a partir de la reasignación de EDF improductivos por puerta y por mes) siendo entonces:

$$\text{FO} = 20P1M1 + 40P2M1 + 60P3M1 + 80P4M1 + 20P1M2 + 40P2M2 + 60P3M2 + 80P4M2 + 20P1M3 + 40P2M3 + 60P3M3 + 80P4M3 + 20P1M4 + 40P2M4 + 60P3M4 + 80P4M4 + 20P1M5 + 40P2M5 + 60P3M5 + 80P4M5 + 20P1M6 + 40P2M6 + 60P3M6 + 80P4M6$$

-Donde cada CO representa la cantidad de bebidas a vender por puerta -

En lo que respecta a las restricciones, se plantean 55 en total. Las mismas se encuentran agrupadas por :

- Capacidad de instalaciones por mes en función de horas consumidas para instalar cada uno de los EDF según la cantidad de puertas (R1-R6)
- Presupuesto mensual (R7- R12)
- Improductividad por puerta y mes (R13- R36)
- Demanda mensual (R37-R42)
- Política para P4 y P3 (R43-R54)
- No negatividad (R55)

Tabla N°14: Restricciones de la programación

Nombre de la restricción	N.º	
Cap. inst M1	R1	$0,5P1M1 + P2M1 + 1,5P3M1 + 2P4M1 \leq 80$
Cap inst M2	R2	$0,5P1M2 + P2M2 + 1,5P3M2 + 2P4M2 \leq 80$
Cap inst M3	R3	$0,5P1M3 + P2M3 + 1,5P3M3 + 2P4M3 \leq 80$
Cap inst M4	R4	$0,5P1M4 + P2M4 + 1,5P3M4 + 2P4M4 \leq 80$
Cap inst M5	R5	$0,5P1M5 + P2M5 + 1,5P3M5 + 2P4M5 \leq 80$
Cap inst M6	R6	$0,5P1M6 + P2M6 + 1,5P3M6 + 2P4M6 \leq 80$



Nombre de la restricción	N.º	
Presp M1	R7	$1000P1M1+1400P2M1+1800P3M1+2200P4M1 \leq 150000$
Presp M2	R8	$1000P1M2+1400P2M2+1800P3M2+2200P4M2 \leq 150000$
Presp M3	R9	$1000P1M3+1400P2M3+1800P3M3+2200P4M3 \leq 150000$
Presp M4	R10	$1000P1M4+1400P2M4+1800P3M4+2200P4M4 \leq 150000$
Presp M5	R11	$1000P1M5+1400P2M5+1800P3M5+2200P4M5 \leq 150000$
Presp M6	R12	$1000P1M6+1400P2M6+1800P3M6+2200P4M6 \leq 150000$
Imp P1M1	R13	$P1M1 \leq 1359$
Imp P2M1	R14	$P2M1 \leq 268$
Imp P3M1	R15	$P3M1 \leq 3$
Imp P4M1	R16	$P4M1 \leq 2$
Imp P1M2	R17	$P1M2 \leq 1288$
Imp P2M2	R18	$P2M2 \leq 265$
Imp P3M2	R19	$P3M2 \leq 3$
Imp P4M2	R20	$P4M2 \leq 2$
Imp P1M3	R21	$P1M3 \leq 1199$
Imp P2M3	R22	$P2M3 \leq 247$
Imp P3M3	R23	$P3M3 \leq 3$
Imp P4M3	R24	$P4M3 \leq 2$
Imp P1M4	R25	$P1M4 \leq 1110$
Imp P2M4	R26	$P2M4 \leq 288$
Imp P3M4	R27	$P3M4 \leq 3$
Imp P4M4	R28	$P4M4 \leq 2$



Nombre de la restricción	N.º	
Imp P1M5	R29	$P1M5 \leq 1021$
Imp P2M5	R30	$P2M5 \leq 210$
Imp P3M5	R31	$P3M5 \leq 2$
Imp P4M5	R32	$P4M5 \leq 1$
Imp P1M6	R33	$P1M6 \leq 932$
Imp P2M6	R34	$P2M6 \leq 192$
Imp P3M6	R35	$P3M6 \leq 2$
Imp P4M6	R36	$P4M6 \leq 1$
Demanda M1	R37	$P1M1+P2M1+P3M1+P4M1 \geq 82$
Demanda M2	R38	$P1M1+P2M1+P3M1+P4M1 \geq 118$
Demanda M3	R39	$P1M1+P2M1+P3M1+P4M1 \geq 124$
Demanda M4	R40	$P1M1+P2M1+P3M1+P4M1 \geq 100$
Demanda M5	R41	$P1M1+P2M1+P3M1+P4M1 \geq 136$
Demanda M6	R42	$P1M1+P2M1+P3M1+P4M1 \geq 142$
Política P3M1	R43	$P3M1 \geq 1$
Política P4M1	R44	$P4M1 \geq 1$
Política P3M2	R45	$P3M2 \geq 1$
Política P4M2	R46	$P4M2 \geq 1$
Política P3M3	R47	$P3M3 \geq 1$
Política P4M3	R48	$P4M3 \geq 1$
Política P3M4	R49	$P3M4 \geq 1$
Política P4M4	R50	$P4M4 \geq 1$



Nombre de la restricción	N.º	
Política P3M5	R51	$P3M5 \geq 1$
Política P4M5	R52	$P4M5 \geq 1$
Política P3M6	R53	$P3M6 \geq 1$
Política P4M6	R54	$P4M6 \geq 1$
No negatividad	R55	$P1M1, P2M1, P3M1, P4M1, P1M2, P2M2, P3M2, P4M2, P1M3, P2M3, P3M3, P4M3, P1M4, P2M4, P3M4, P4M4, P1M5, P2M5, P3M5, P4M5, P1M6, P2M6, P3M6, P4M6$ pertenecen a los reales positivos o $\{0\}$

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la elección de los coeficientes y del lado derecho para cada grupo de restricciones se establece lo siguiente:

- R1-R6: En este grupo se definió, a partir de la información proporcionada por el técnico de la empresa encargado de realizar la instalación, una cantidad de 80 horas mensuales para instalaciones y la cantidad de horas que requiere cada instalación dependiendo de la cantidad de puertas con las que cuenta cada equipo en particular.
- R7-R12: Para el presupuesto se consultó al encargado del sector sobre cuánto de su presupuesto es asignado para instalaciones y para el caso de los costos se le preguntó al técnico sobre cuánto le cobra a la empresa por la instalación de cada tipo de equipo.
- R13-R36: En este caso se tuvo en cuenta el pronóstico de equipos improductivos y la distribución de probabilidad de que un equipo sea de cierta cantidad de puertas teniendo en cuenta el universo de equipos existentes.
- R37-R42: Para las restricciones de demanda se utilizó el pronóstico basado en la demanda cubierta realizado anteriormente y se le restó la cantidad de 30 equipos que ingresan en promedio cada 3 meses y la cantidad promedio de 20 equipos que se recuperan de depósito para cada mes, con el fin de obtener la cantidad de equipos improductivos necesarios para cubrir con la demanda mínima proyectada.
- R43-R54: En este grupo se establece la política por parte del sector de darle prioridad a los equipos de 3 y 4 para ser reasignados ya que son los que representan un mayor valor de capital inmovilizado y los que potencialmente representan un mayor número de ventas.

Informe de respuesta:



Luego de ejecutar el complemento “Solver” de Excel, el único conjunto solución resultante que cumple con todas las restricciones es el siguiente:

Tabla 15: Conjunto solución de la programación lineal entera

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
P1	132	80	92	44	115	127
P2	6	36	30	54	18	12
P3	3	1	1	1	2	2
P4	2	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

Es decir que, por ejemplo : la demanda del mes 1 será cubierta con 132 EDF improductivos de una puerta, 6 de dos, 3 de tres puertas y 2 de cuatro puertas. En cambio, la demanda del mes 6 solo se cubrirá con EDF improductivos de 1 y 4 puertas.

Con este conjunto solución, se maximizan las bebidas vendidas con un resultado de 19.200 bultos que se logran satisfacer a partir de la reasignación de EDF improductivos por puerta y por mes detallada anteriormente.

Dado que el conjunto solución arrojado por la programación lineal entera, presenta diferencias con el resultante de la **programación continua**, no será posible emplear ésta última para lograr un análisis más profundo mediante la interpretación de los informes de sensibilidad y respuesta.

Imagen 1: Resultado final de la programación continua

	P1M1	P2M1	P3M1	P4M1	P1M2	P2M2	P3M2	P4M2	P1M3	P2M3	P3M3	P4M3	P1M4	P2M4	P3M4	P4M4	P1M5	P2M5	P3M5	P4M5	P1M6	P2M6	P3M6	P4M6	
VD	134,3	5,25	3	2	134,3	5,25	3	2	134,3	5,25	3	2	134,3	5,25	3	2	134,2	8,5	2	1	134,2	8,5	2	1	
CO	20	40	60	80	20	40	60	80	20	40	60	80	20	40	60	80	20	40	60	80	20	40	60	80	19392

Fuente: Elaboración propia mediante el software Excel

Imagen 2: Resultado final de la programación entera

	P1M1	P2M1	P3M1	P4M1	P1M2	P2M2	P3M2	P4M2	P1M3	P2M3	P3M3	P4M3	P1M4	P2M4	P3M4	P4M4	P1M5	P2M5	P3M5	P4M5	P1M6	P2M6	P3M6	P4M6	
VD	132	6	3	2	80	36	1	1	92	30	1	1	44	54	1	1	115	18	2	1	127	12	2	1	
CO	20	40	60	80	20	40	60	80	20	40	60	80	20	40	60	80	20	40	60	80	20	40	60	80	19200

Fuente: Elaboración propia mediante el software Excel

RECOMENDACIONES



- En cuanto a la gestión de los datos se recomienda revisar y modificar los procesos de registro de datos con el fin de poder contar con datos de entrada más precisos y valiosos para los modelos de análisis.
- Verificar los desvíos entre lo pronosticado y lo real para así refinar y mejorar los modelos.
- Con los valores de los pronósticos establecer objetivos para reducir la cantidad de equipos improductivos.
- Con la información de la programación lineal planear las actividades a realizar para la reasignación de equipos en los próximos meses.

CONCLUSIONES

Para realizar el trabajo, se fueron aplicando diversos modelos con el fin de poder representar de una manera simplificada la realidad. Lo cual permitió ahorrar tiempo y dinero para el análisis de la problemática, además de brindar un marco en el que se puede entender y comunicar de manera más efectiva el problema. Para el desarrollo de los modelos fue determinante el entendimiento del problema y la precisión de los datos de entrada.

Para el caso del pronóstico se destaca la importancia del diagrama de dispersión que permite entender con qué tipo de datos se contaba y con ello qué técnica era la más adecuada para esos datos.

Se valora para la simulación su capacidad para poder hacer un análisis directo y flexible sobre las posibles soluciones al problema.

En lo que respecta a la programación lineal se resalta como una herramienta importante para problemas de asignación de recursos, a la vez que fue la más complicada de aplicar por las restricciones que acotan el grado en que se puede alcanzar el objetivo.

Todos los modelos del trabajo tienen posibilidades de mejora, pero aun así brindan información de utilidad para la gestión del sector, que, combinado con un análisis cualitativo, ayudará tanto al jefe del sector como a la gerencia comercial poder planear y tomar mejores decisiones.

BITÁCORA DE INVESTIGACIÓN

A lo largo de la investigación se trabajó con diversas bases de datos y se aplicaron diferentes técnicas de análisis cuantitativo, por lo que a continuación se destacarán algunas actividades desarrolladas con sus principales desafíos y errores cometidos:

- ❖ Se realizó una limpieza de datos donde se identificaron datos erróneos, incompletos, inexactos y no pertinentes para el análisis que luego fueron sustituidos, modificados o eliminados. Además de que se efectuó la anonimización de los datos para proteger la privacidad de los mismos.



- ❖ En las primeras reuniones se dedicó el tiempo principalmente al entendimiento y definición de la problemática para poder definir los modelos a trabajar. Para ello también se definieron qué datos serían útiles para poder resolver el problema.
- ❖ Se realizó un pronóstico con el fin de proyectar la demanda a cubrir en los próximos 6 meses, en este paso se cometió el error de entender que con los datos que se contaba se estaba pronosticando una demanda total en vez de una demanda cubierta o requerimientos cumplidos. Una vez solucionado, se agregó un pronóstico para equipos improductivos ya que al momento de desarrollar el próximo modelo (programación lineal entera) se advirtió que faltaban datos para poder aplicarla.
- ❖ Para la programación lineal entera se procedió a modelar el problema con una matriz con el fin de definir las variables, tras ello se definió la función objetivo y las restricciones. En el caso de las restricciones de capacidad apareció otro inconveniente, a partir de la base de datos, no se podía obtener la cantidad de equipos improductivos diferenciados por puertas por lo que se procedió a buscar alternativas. Entre las principales surgió el modelo de simulación Monte Carlo, en el que a partir de las probabilidades de que un equipo sea de cierta cantidad de puertas, se simularon 6 meses a partir de la demanda que se debía cubrir definida por el pronóstico de demanda cubierta.
- ❖ Con la información recabada se procedió a efectuar la programación recientemente mencionada para saber la cantidad óptima a asignar de EDF improductivos. Con el objetivo de contar con un estudio exhaustivo se realizó una programación lineal continua para utilizar la información del análisis de sensibilidad.
- ❖ Como paso para enriquecer el trabajo se procedió a utilizar el software Arena para una simulación más rica en resultados, además para poder comparar los resultados obtenidos con el modelo de simulación Monte Carlo antes planteado. Al principio, como se puede observar en las imágenes, se presentaron ciertos inconvenientes debido a que no se pudo utilizar más de 150 datos en el software de uso libre, lo que dificulta poder realizar un mejor análisis. Aun así, se trató de modelar este problema de la mejor forma posible obteniendo los resultados mostrados. Se sugiere realizar un análisis en una futura investigación pudiendo tener acceso al software pago para no estar limitado al número de datos de análisis y así poder trabajar con mayor certeza.

APÉNDICE:



Tabla 1: Ejemplo de base de retiros antes de limpieza

1	CP	N° Orden	Tipo	Marca	tecnico	Observacion
						1 Local cerrado definitivamente
						1 coordinar con vendedor
						2 Sin observacion
						1 Local cerrado
						1 Local cerrado
						2 No quiere entregar
						1 No quiere entregar
						1 Sin observacion
						1 No atiende
						1 No atiende
						1 No atiende
						1 vendedor no informo sobre retiro
						1 No hay heladera
						1 no hay local en esta direccion
						1 No quiere entregar
						1 compra productos
						1 Sin observacion
						2 Local cerrado definitivamente
						1 local cerrado
						1 No quiere entregar
22	41680	5218	simple	ko		1 Local cerrado definitivamente
23	40000	6886	simple	ko		1 Sin observacion

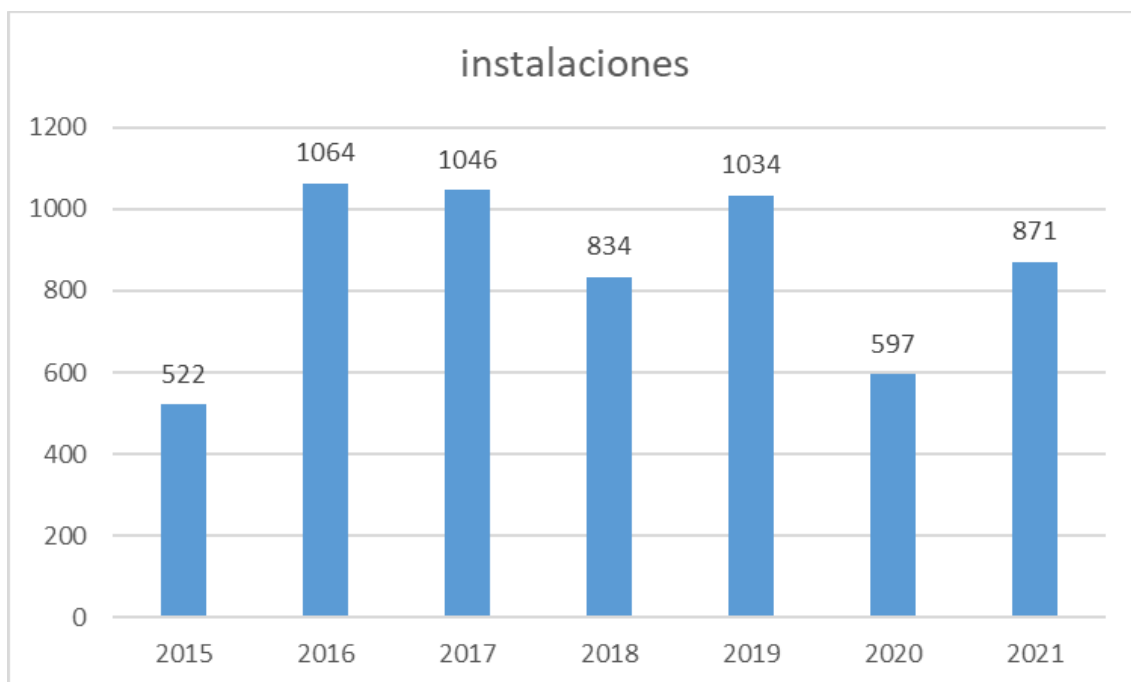
Fuente: Base de datos otorgada por la empresa

Tabla 2: Ejemplo de base después de limpieza

1	Fecha	Cliente	Tipo	Marca	Observacion
				ko	Local cerrado definitivamente
				ko	coordinar con vendedor
				ko	Sin observacion
				ko	Local cerrado
				ko	Local cerrado
				ko	No quiere entregar
				ko	No quiere entregar
				ko	Sin observacion
				ko	No atiende
				ko	No atiende
				ko	vendedor no informo sobre retiro
				ccu	No hay heladera
				ko	no hay local en esta direccion
				ccu	No quiere entregar
				AD	compra productos
				ko	Sin observacion
				ko	Local cerrado definitivamente
				ko	local cerrado
				ko	No quiere entregar
22	27/4/2018	3152729	simple	ko	Local cerrado definitivamente
23	8/5/2018	3195056	simple	ko	Sin observacion

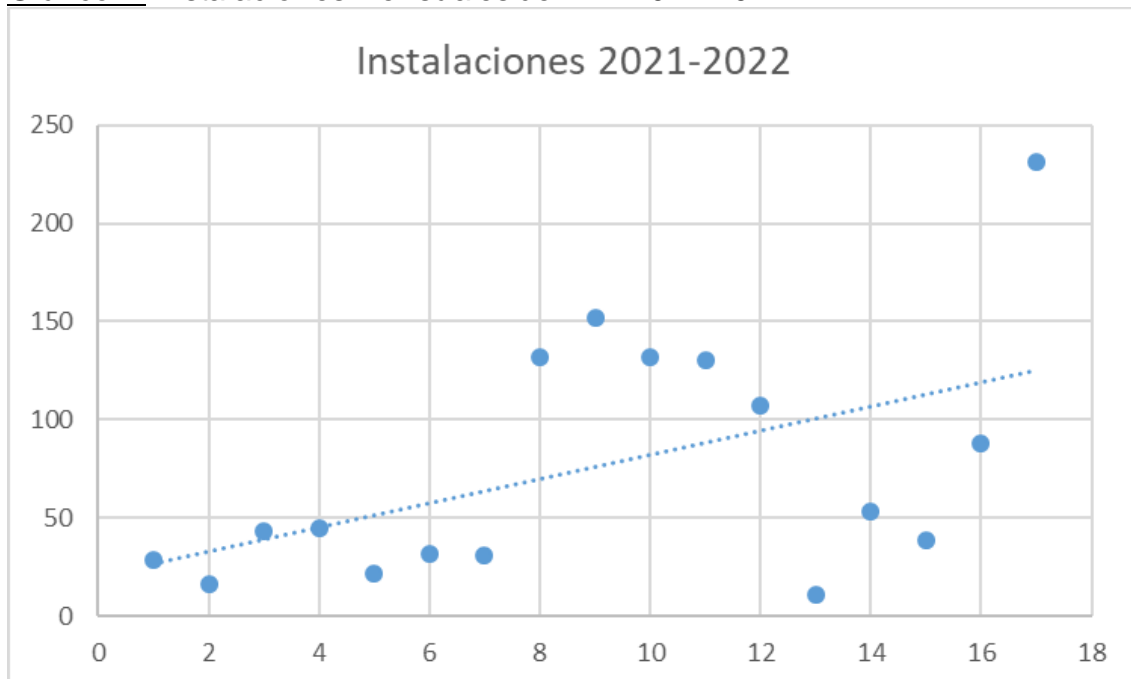
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1. Instalaciones anuales de EDF 2015-2021



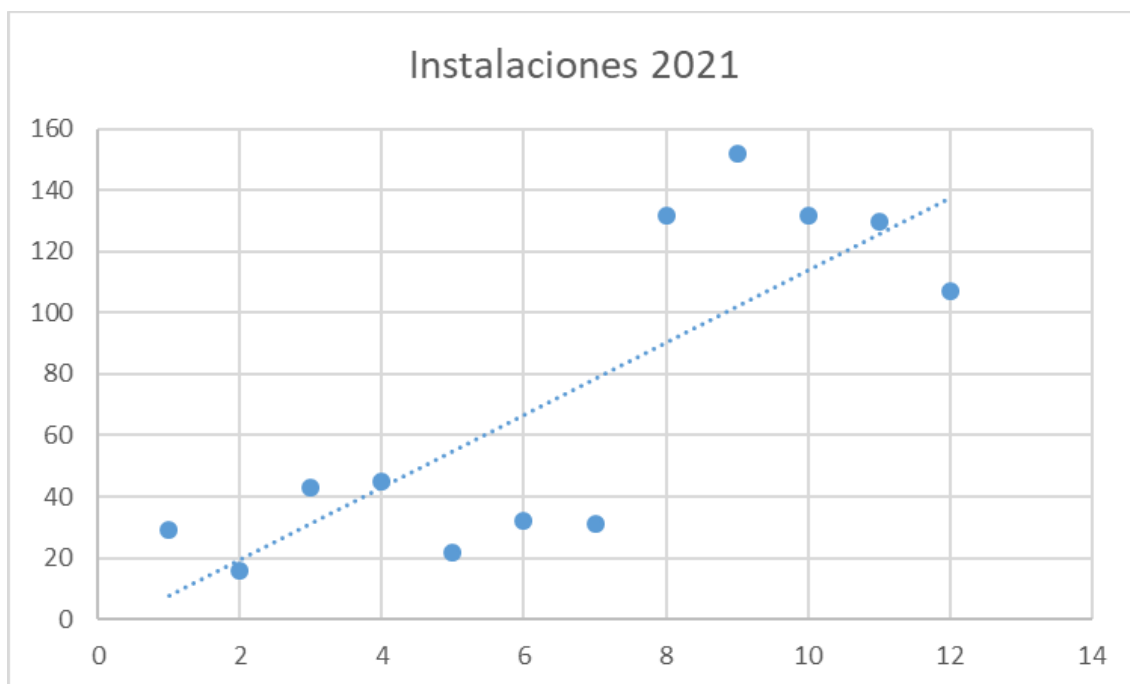
Fuente: elaboración propia

Gráfico 2: Instalaciones mensuales de EDF 2021-2022



Fuente: elaboración propia

Gráfico 3: Instalaciones mensuales de EDF en 2021



Fuente: elaboración propia

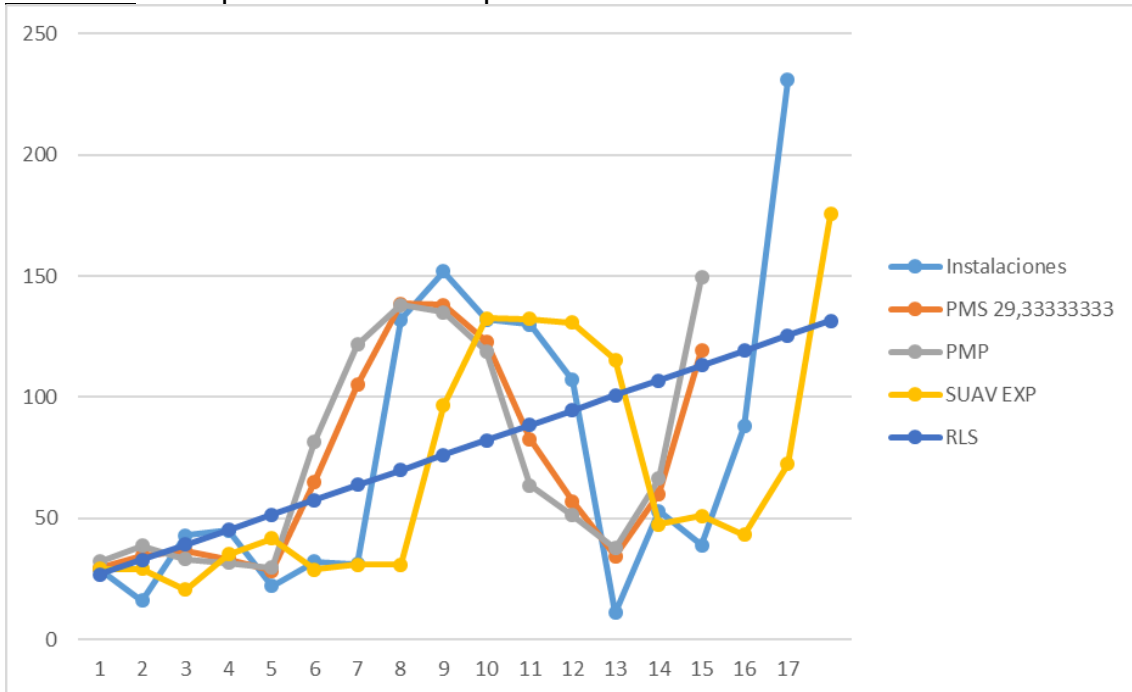
Gráfico 4: Instalaciones mensuales de EDF en 2022



Fuente: elaboración propia

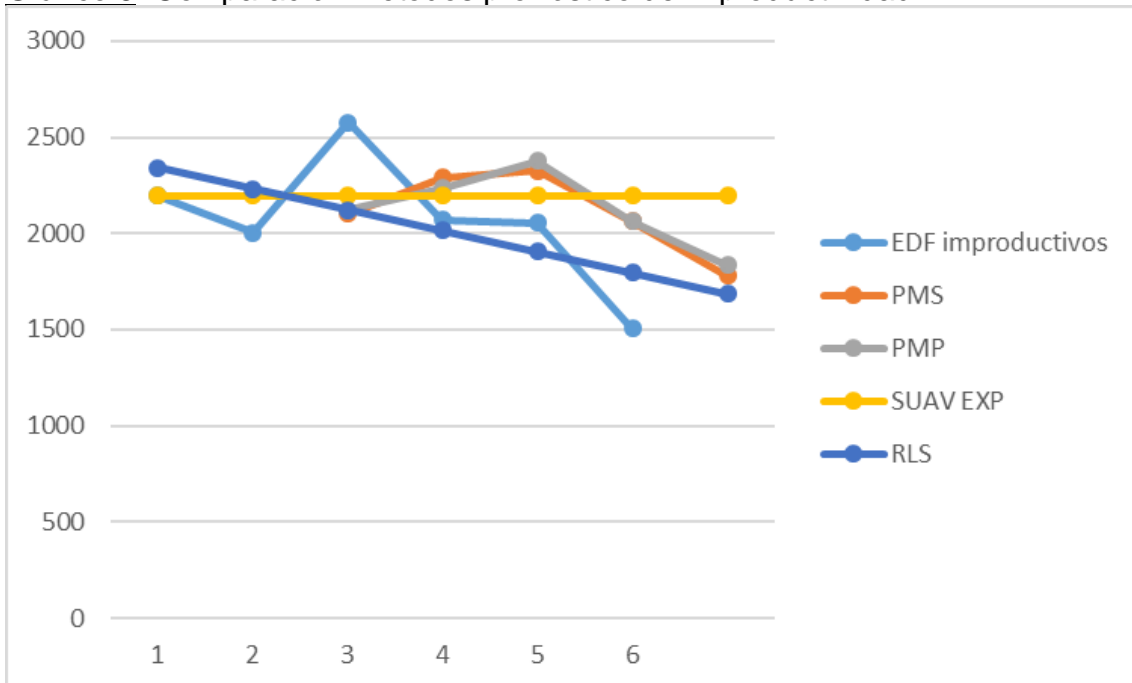


Gráfico 5: Comparación métodos pronóstico de instalaciones



Fuente: elaboración propia

Gráfico 6: Comparación métodos pronóstico de improductividad



Fuente: elaboración propia

Tabla 7: Muestra de Simulación Montecarlo para el mes 1.



MES 1				
Instalaciones	Puertas a cubrir	NA Puertas	Puertas	Faltan
1	82	60	1	81
2	81	26	1	80
3	80	71	1	79
4	79	72	1	78
5	78	41	1	77
6	77	9	1	76
7	76	97	2	74
8	74	31	1	73
9	73	67	1	72
10	72	88	2	70
11	70	3	1	69
12	69	99	4	65
13	65	37	1	64

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Muestra de Simulación Montecarlo para el mes 2.

MES 2				
Instalaciones	Puertas a cubrir	NA Puertas	Puertas	Faltan
1	118	36	1	117
2	117	59	1	116
3	116	34	1	115
4	115	19	1	114
5	114	88	2	112
6	112	15	1	111
7	111	5	1	110
8	110	5	1	109
9	109	88	2	107
10	107	77	1	106
11	106	58	1	105
12	105	26	1	104
13	104	41	1	103

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Muestra de Simulación Montecarlo para el mes 3.

MES 3				
Instalaciones	Puertas a cubrir	NA Puertas	Puertas	Faltan
1	124	17	1	123
2	123	34	1	122
3	122	97	2	120
4	120	57	1	119
5	119	69	1	118
6	118	86	2	116
7	116	33	1	115
8	115	9	1	114
9	114	91	2	112
10	112	19	1	111
11	111	35	1	110
12	110	73	1	109
13	109	22	1	108
14	108	72	1	107

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Muestra de Simulación Montecarlo para el mes 4.

MES 4				
Instalaciones	Puertas a cubrir	NA Puertas	Puertas	Faltan
1	100	45	1	99
2	99	36	1	98
3	98	82	2	96
4	96	12	1	95
5	95	92	2	93
6	93	89	2	91
7	91	3	1	90
8	90	67	1	89
9	89	80	1	88
10	88	61	1	87
11	87	43	1	86
12	86	66	1	85
13	85	35	1	84



Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Muestra de Simulación Montecarlo para el mes 5.

MES 5				
Instalaciones	Puertas a cubrir	NA Puertas	Puertas	Faltan
1	136	87	2	134
2	134	87	2	132
3	132	57	1	131
4	131	50	1	130
5	130	26	1	129
6	129	9	1	128
7	128	77	1	127
8	127	75	1	126
9	126	58	1	125
10	125	57	1	124
11	124	51	1	123
12	123	91	2	121
13	121	52	1	120
14	120	31	1	119

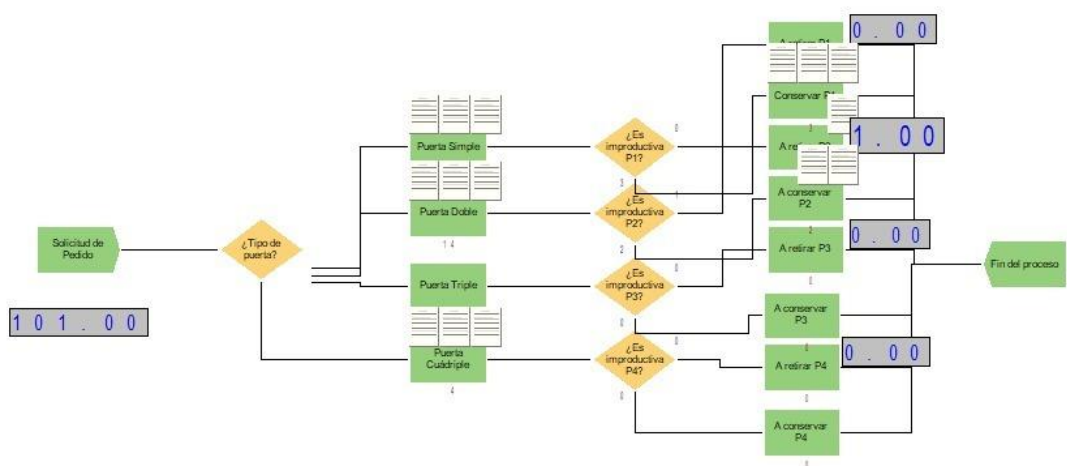
Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Muestra de Simulación Montecarlo para el mes 6.

MES 6				
Instalaciones	Puertas a cubrir	NA Puertas	Puertas	Faltan
1	142	12	1	141
2	141	37	1	140
3	140	95	2	138
4	138	21	1	137
5	137	82	2	135
6	135	95	2	133
7	133	42	1	132
8	132	27	1	131
9	131	21	1	130
10	130	87	2	128
11	128	7	1	127
12	127	75	1	126
13	126	95	2	124
14	124	22	1	123

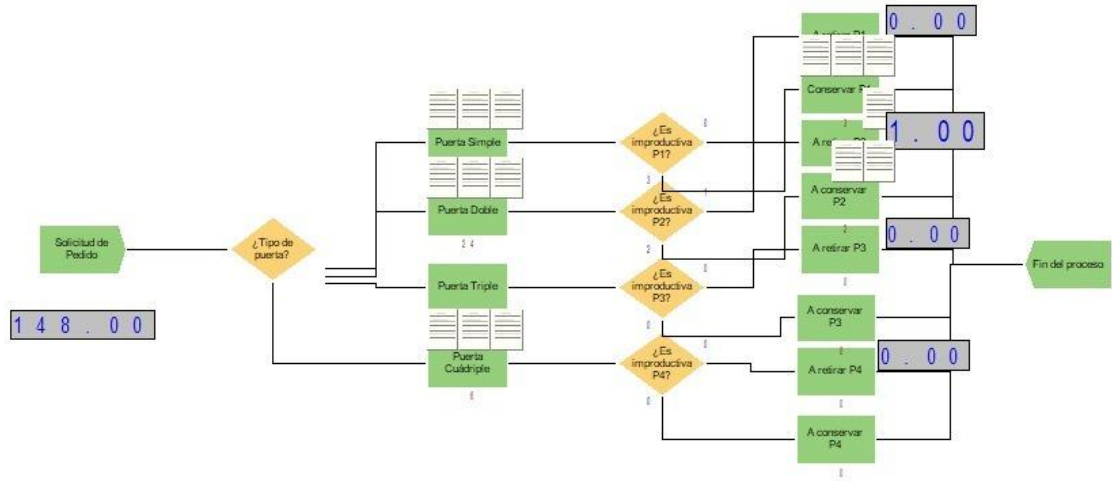
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7: Simulación por Arena, mes 1

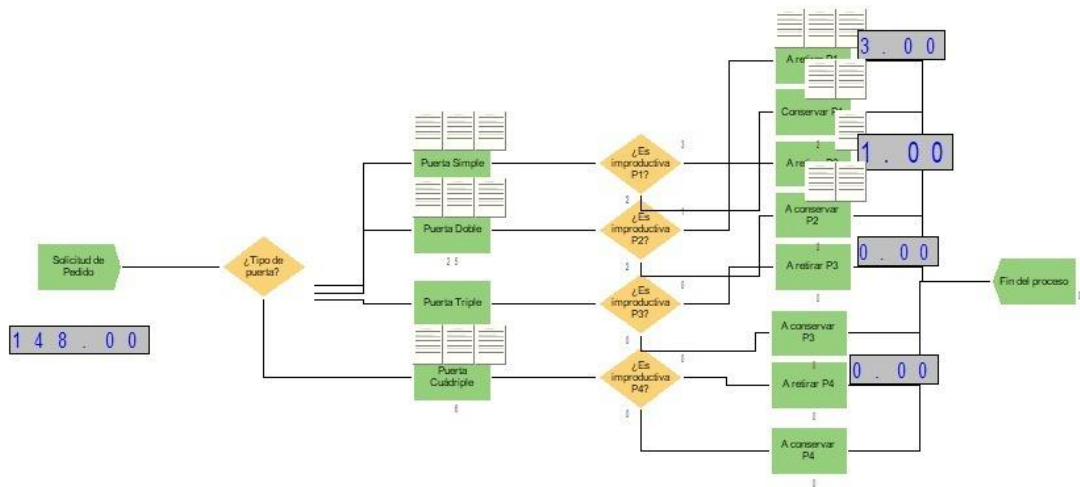


Fuente: elaboración propia

Gráfico 8: Simulación por Arena, mes 2

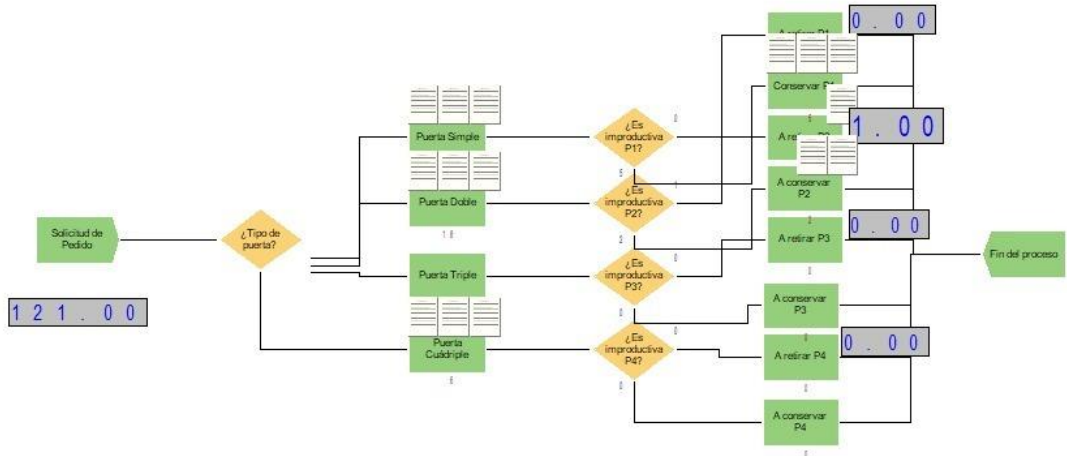


Fuente: elaboración propia
Gráfico 9: Simulación por Arena, mes 3

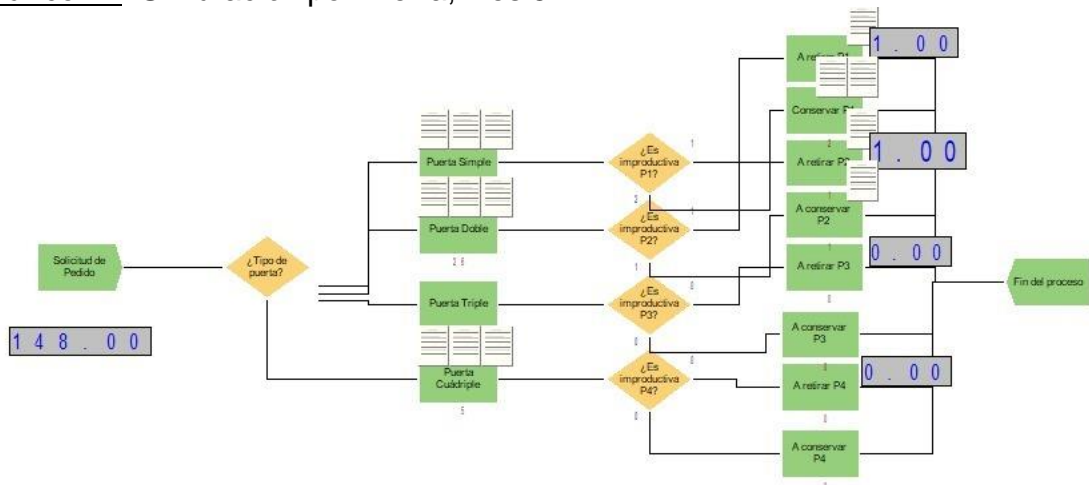


Fuente: elaboración propia

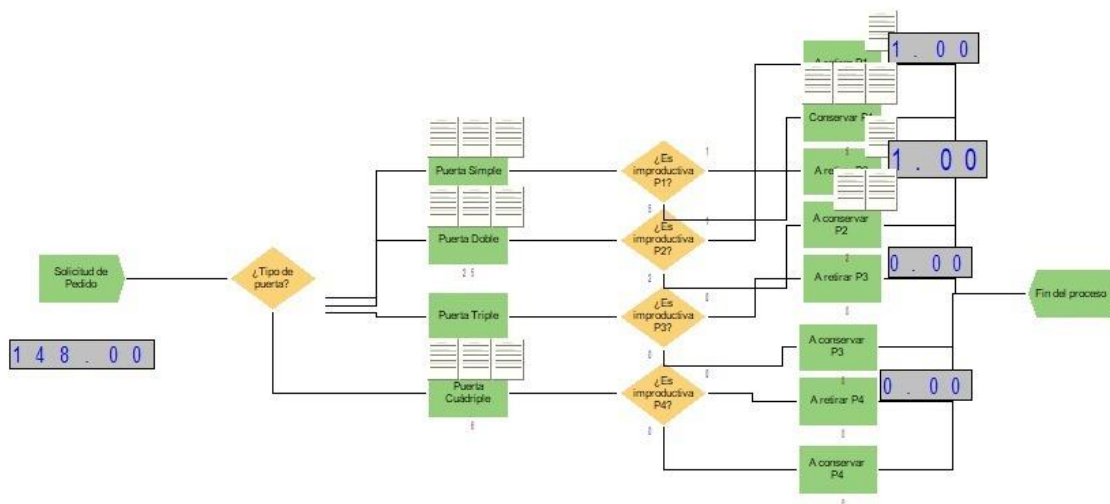
Gráfico 10: Simulación por Arena, mes 4



Fuente: elaboración propia
Gráfico 11: Simulación por Arena, mes 5



Fuente: elaboración propia
Gráfico 12: Simulación por Arena, mes 6



Fuente: elaboración propia

BIBLIOGRAFÍA:

- Eppen, Y. (2000). Investigación de operaciones en la ciencias administrativas. México DF, México. Editorial: Prentice-Hall
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). Metodología de la investigación. Mac Graw Hill
- Render, Stair, Hanna.(2013). Métodos cuantitativos para los negocios. Prentice Hall.