

SIMULACION Y OPTIMIZACION DE DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLES EN UNA PROVINCIA PATAGONICA

Andrés Caminos*¹, Verónica Forchino¹, Nahuel Romera²

(1) Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Cruz (UTN-FRSC).
Inmigrantes 555. CP 9400. e-mail: andres.camino@gmail.com

(2) Universidad del Salvador, Facultad de Ingeniería, Buenos Aires (USAL-FI)

Resumen

En este trabajo presentamos un modelo de análisis y optimización de la distribución de combustibles líquidos (gasoil y nafta súper) necesarios para la operación diaria de mantenimiento de rutas y caminos de una empresa provincial de vialidad en una provincia patagónica de Argentina. El presente modelo, es desarrollado utilizando conceptos de simulación discreta y el software de simulación Simul8, analiza todos los conceptos logísticos de abastecimiento, distribución y consumo de estos combustibles sobre periodos de consumos regulares y periodos de máximo consumo como lo es el periodo invernal. Se utiliza información de campo relevada de pública disponibilidad a fin de poder estimar los consumos periódicos, los estacionales y los lugares de mayor demanda en la provincia que, debido a su gran extensión territorial, se demora bastante tiempo en llegar con el abastecimiento solicitado. En base a ello y utilizando conceptos de gestión de inventarios, almacenamiento y logística de distribución, analizamos los cambios que podrían implementarse en el sistema de abastecimiento con el fin de lograr el mayor nivel de servicio operativo y evitar los faltantes de stock. Se analiza la flota terrestre en condiciones operables para abastecimiento del combustible, como también las unidades de consumo en el mantenimiento vial de rutas y lo necesario para operación de la flota de unidades afectadas a las tareas de mantener operativas las rutas y la flota de operación administrativa. Los resultados del modelo, son luego utilizados para proponer una redistribución y ubicación de los centros de abastecimiento logístico con el objetivo de reducir costos y disminuir los tiempos muertos entre la necesidad de reposición y el abastecimiento a tiempo. La utilización de modelos estocásticos para predecir tanto la demanda como los tiempos de abastecimiento, nos permiten explorar muchas alternativas con el objetivo de optimizar todo el sistema.

Palabras clave: Simulación, Logística, Abastecimiento, Combustible, Simul8

Abstract

In this paper, we present a model of analysis and optimization of distribution the liquid fuels (diesel and super gasoline) needed for daily operation and maintenance of roads for a provincial vial company in a Patagonian province of Argentina. This model is developed using concepts of discrete simulation and SIMUL8 simulation software, analyze all logistic concepts supply, distribution and consumption of these fuels on regular periods, and peak consumption periods such as the winter period. We use field information relayed, publicly available for estimate the periodic consumption, seasonal and places most in demand of the province due to its large territorial extension, it takes a long time to reach the requested supply is used. Based on that information and using concepts of inventory management, warehousing and distribution logistics, we analyze the changes that could be implemented in the supply system in order to achieve the highest level of operational service and avoid stock-outs. The model results are then used to propose a redistribution and location of logistics supply centers in order to cut costs and reduce downtime between the need for replenishment and supply on time. The use of stochastic models to predict both the demand and supply times, allow us to explore many alternatives in order to optimize the entire system.

Keywords: Simulation, Logistic, Supply, Gasoil, Simul8

1. Introducción

La provincia de Santa Cruz es la segunda provincia del país con mayor superficie (243.943 km²) después de la provincia de Buenos Aires (307.571 km²). Está escasamente poblada (menos de 1 habitante por km²) y sus localidades están emplazadas a grandes distancias entre ellas.

El abastecimiento de combustible es crítico, principalmente en época invernal y con los caminos intransitables. Para ello se exige un plan de logística vial para mantener la flota operativa de la empresa en funcionamiento, cumplir con la demanda y el stock de combustible necesario para satisfacer principalmente los servicios determinados imprescindibles, de mantenimiento operativo de rutas y caminos tanto para particulares como empresas que a diario recorren las distintas rutas de la provincia.

Por ello el abastecimiento de combustibles líquidos en sus distintas formas (naftas, gasoil, fueloil, lubricantes, LPG, etc.) es de vital importancia para poder tener un nivel de confianza de cobertura de demanda que permita el normal abastecimiento de los centros operativos y puestos fijos distribuidos a lo largo de la provincia y del cual se abastecen los diferentes equipos destinados al mantenimiento vial de la provincia.

El diseño de una red de abastecimiento de combustible parece algo sencillo, dado que las rutas están definidas, las localidades y centros de atención o suministro también, al igual que la capacidad de transporte instalada indicando que a priori "todo funciona", sin embargo, no es posible manejar ni condicionar "la incertidumbre" de que el abastecimiento no se logre a tiempo, en las cantidades solicitadas, etc.

Son muchos los imponderables por los cuales un sistema o una red de distribución pueden colapsar. Podemos citar algunos factores: inclemencias del tiempo (hielo, nevadas, fuertes lluvias, vientos, cenizas volcánicas, etc.); manifestaciones sociales (huelgas, piquetes, paros, conflictos laborales, demandas de dinero, etc.); rotura de unidades móviles de transporte que obligan a estar fuera de servicio; fallas en la programación del abastecimiento de la empresa proveedora de combustibles; no llegada de barcos de transporte de combustible a puertos de descarga por fallas en la programación, no operabilidad del puerto, rotura en sistemas de descarga, etc.; mala previsión de la demanda con el fin de generar los pedidos de reposición de inventarios de combustibles; mantenimiento e inspecciones de tanques y depósitos que obligan a reducir la capacidad de almacenamiento; y así podríamos seguir enumerando causas de "incertidumbre", las cuales si pueden medirse, se transforman en "riesgo" y este es el que puede manejarse, transferirse, reducirse pero nunca eliminarse por completo.

En este trabajo queremos realizar un modelo de simulación discreta de transporte de combustibles líquidos, especialmente gasoil, para la empresa de Administración General de Vialidad Provincial (A.G.V.P) de la Provincia de Santa Cruz, República Argentina [4], responsable del mantenimiento y operabilidad de rutas y caminos provinciales, a través de una red de transporte y abastecimiento compuesta por tanques de almacenamiento, transporte carretero y almacenamiento temporal en estaciones de acopio de combustible propios de la empresa.

La empresa Vialidad Provincial, es responsable del mantenimiento de rutas y caminos provinciales y corresponde a Vialidad Nacional el mantenimiento y operación de las Rutas Nacionales (rutas 3, 40, 281, y 288).

El mapa de la figura 1 siguiente muestra la ubicación de las principales rutas nacionales y provinciales de la provincia de Santa Cruz [4].

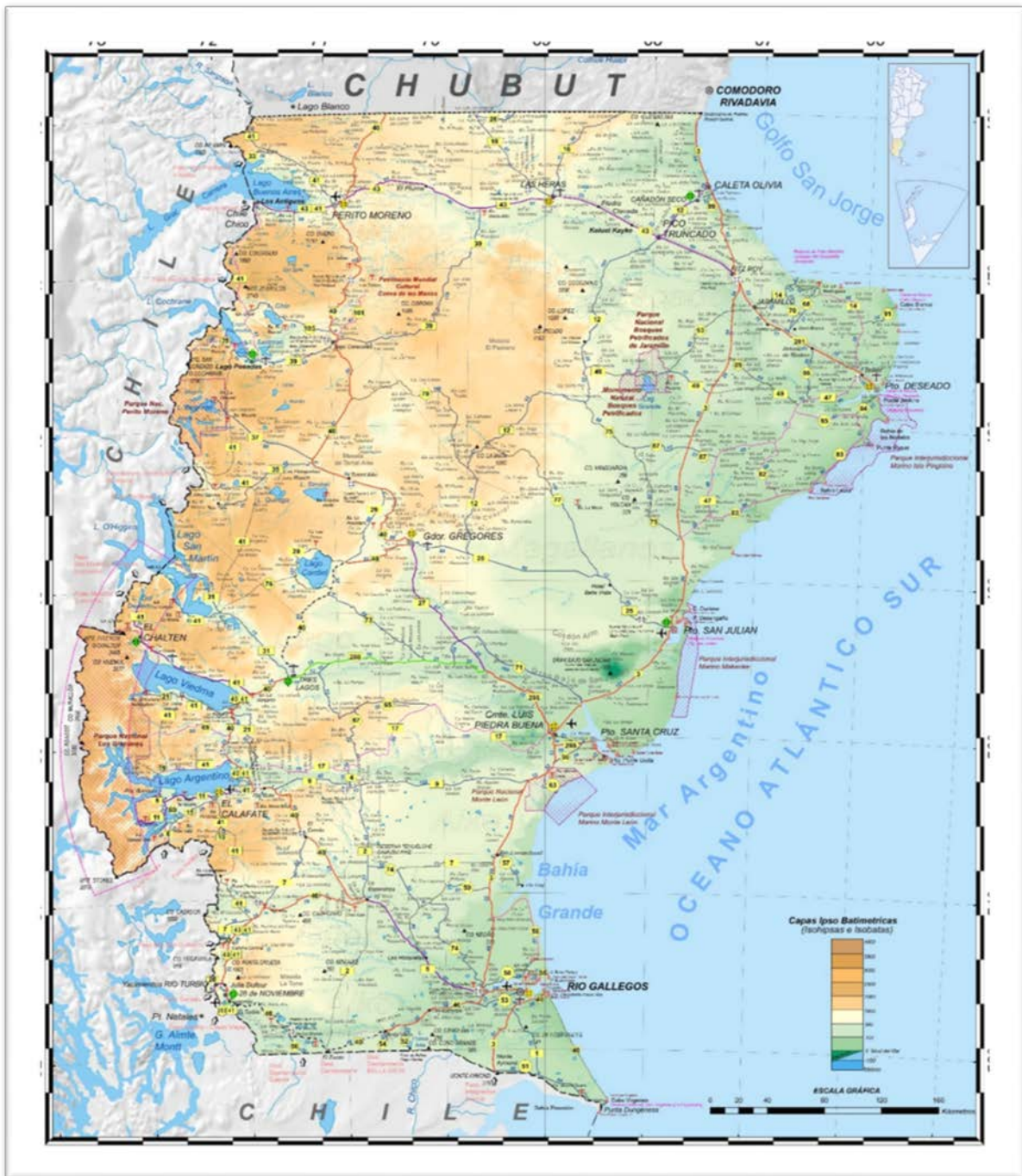


Figura 1: Mapa Provincial de Rutas en Santa Cruz

La extensión de rutas provinciales que deben ser mantenidas se estiman en 4404 kilómetros lineales, sumados a los caminos y rutas nacionales, podemos estimar que la empresa de vialidad provincial, debe mantener aproximadamente 7204 kilómetros [4].

Esta cantidad de kilómetros, la enorme extensión geográfica y lo disperso de los centros poblados, hace que esta tarea deba ser planificada con mucho tiempo de anticipación y preverse los recursos necesarios de equipos viales, personal, campamentos y fundamentalmente el aprovisionamiento de combustible a los puestos fijos desde los cuales parten y regresan las unidades viales de mantenimiento de rutas y caminos.

Demás está decir o destacar la importancia del mantenimiento de las rutas y caminos, pues, de no hacerlo, se produciría el aislamiento de poblaciones enteras, estancias y pequeñas concentraciones de personas. En épocas invernales, aumenta la dificultad de mantenimiento de rutas por la acumulación de nieve y hielo y obliga a incrementar los recursos humanos,

físicos y materiales para poder lograr un estado de “transitabilidad” necesario para la comunicación entre ciudades y poblaciones.

2. Objetivos

El objetivo de nuestro trabajo es optimizar los niveles de abastecimiento de cada punto de la red para poder abastecer en principio el 90% de la demanda presentada, pronosticada y calculada (recuerde que nunca puede llegar al 100% al menos a un costo razonable), focalizándonos principalmente en la reducción de los costos de abastecimiento y el nivel de servicio prestado, evitando en lo posible el desabastecimiento (stock-out o quiebres de stock) que genera los conocidos problemas de no poder cumplir lo prometido en los planes viales anuales. Para lograr este objetivo se realiza un modelo de simulación discreta en Simul8 [1, 2, 3].

3. Descripción de la Situación Actual

La empresa de Vialidad Provincial está organizada jerárquicamente en Distritos, Delegaciones y Puestos Fijos [4]. Los puestos fijos son emplazamientos de campo destinados al mantenimiento y operación de rutas y caminos. Las delegaciones son quienes abastecen las necesidades de los puestos fijos y solucionan sus problemas inmediatos de mantenimiento de rutas en un radio de 50 a 100 kilómetros.

Los distritos son quienes concentran la demanda de delegaciones y éstas la de los puestos fijos y son quienes solicitan su reposición a la administración central. Esta última gestiona ante el proveedor de combustible (YPF) ubicado en la localidad de Los Perales, al norte de Santa Cruz y en función de la disponibilidad de combustible de YPF, ésta solicita que se envíen las unidades (camiones de distinta capacidad) para carga de combustible y regresen a los distritos regionales.

Dada las largas distancias entre los distritos y delegaciones, los tiempos de viajes por reposición son en muchos casos muy grandes, por ejemplo, el envío de camión tanque a Los Perales (YPF) desde Rio Gallegos, en condiciones de inclemencias climáticas severas puede llegar a demorarse una semana, congestionando de esta manera los abastecimientos de los centros dependientes. Además, los vehículos para retirar combustible, son de capacidad limitada, de 10 a 12,000 litros promedio y se cuenta con un único vehículo de 30,000 litros para el abastecimiento de Rio Gallegos, El Calafate y otras localidades del sur de la provincia [4].

La tabla siguiente muestra el esquema jerárquico de aprovisionamiento en la empresa comentada.

Tabla 1. Estructura Organizacional de Distritos, Delegaciones y Puestos Fijos de AGVP [4]

	DISTRITOS	DELEGACIONES	PUESTOSFIJOS
Administracion Central AGVP en Rio Gallegos	Rio Gallegos	28 de Noviembre	Puente Blanco
			Tito Abello (Guer Aike)
	El Calafate	El Chalten	Tapi Aike
			Gilberto Soules (El Cerrito)
			Bajada de Miguez
			La Irene
			Fortaleza
	Gobernador Gregores		Bajo Jhon
	Cmte. Luis Piedra Buena	Puerto San Julian	
		Tres lagos	
	Las Heras		Subida de la 70
	Puerto Deseado	Cañadon Seco	Fitz Roy
			Teller
	Perito Moreno	Lago Posadas	Rio Guaquel (Rio Pinturas)
Bajo Caracoles			

En la actualidad, la empresa de vialidad provincial, en su administración central, revisa sus niveles de stock en promedio cada 7 días y determina la necesidad de reponer los niveles de combustibles.

En nuestro trabajo, consideraremos sólo combustible gasoil dado que es el principal insumo de las maquinas viales y el modelo realizado puede extenderse a la distribución de otros combustibles, tales como nafta súper y premium. En la figura 2, se resume el modelo implementado en Simul8 [1, 2, 3] para representar la situación actual.

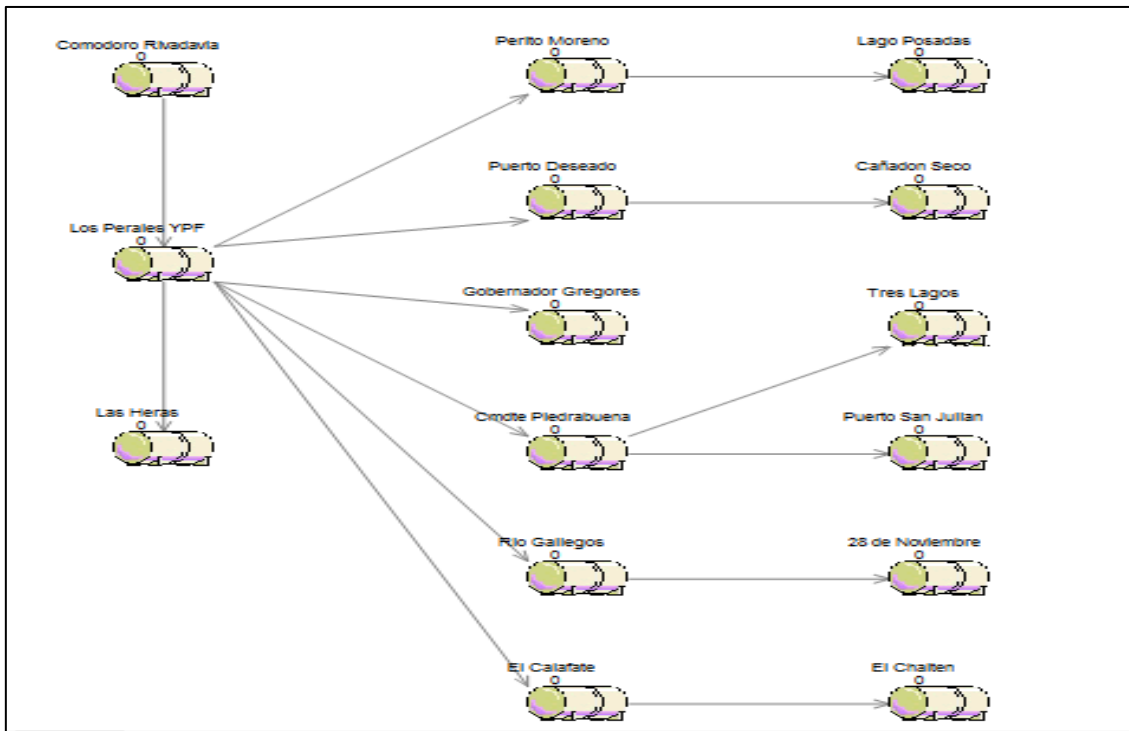


Figura 2: Situación actual de la red de abastecimiento de gasoil

La capacidad actual de almacenamiento de AGVP, a fines de 2015, se aproxima a 109,000 litros de gasoil y la capacidad de transporte para abastecimiento de tanques de depósito, es de 110,800 litros, según la flota disponible de este año 2016, suficientes para poder mantener un adecuado nivel y esquema de reposición de combustible. En la tabla 2 siguiente se informa la capacidad de almacenamiento de cada distrito o delegación

Tabla 2: Capacidad de almacenamiento de combustibles a fines de 2015. Fuente [4]

Distrito/Delegación	Cisternas fijas			Camiones cisterna	
	cantidad	Unitario	Capacidad	Cantidad	Camion Cisterna
Distrito Piedra Buena	1		10,000	1	12,000
Delegación San Julian	1		7,000		
Delegación Tres Lagos	1		2,000		
Distrito Gobernador Gregores	1		23,000	1	10,400
Distrito Las Heras	1		14,000	1	12,000
Distrito Perito Moreno	2	5,000	10,000	1	12,000
Delegación Lago Posadas	1		3,000		
Distrito Calafate	1		6,000	1	12,000
Delegación Chalten	1		5,000		
Río Gallegos	2	5,000	12,000	1	30,000
	1	2,000		1	10,400
Delegación 28 de Nov.	1	10,000			
Puesto FijoTapi Aike	1	1,100			
Distrito Puerto Deseado	1		10,000	1	12,000
Delegación Cañadon Seco	1		7,000		
Totales	18		109,000	8	110,800

En función de la identificación de la red y de las limitaciones de capacidad de transporte disponibles hemos construido el siguiente modelo en Simul8 [3], un software de simulación discreta basado en eventos que permite simular, por ejemplo, un año de operación continua de la red, determinando posibles cuellos de botella que pueden producirse por demoras en el abastecimiento, faltas de personal o roturas de los camiones de abastecimiento. La figura 3 siguiente reproduce parcialmente la simulación de un distrito y una delegación dependiente con el consumo estimado de los puestos fijos. El modelo replica varias veces esta estructura básica para poder armar la simulación de toda la red.

La intención del modelo es describir la situación actual de abastecimiento y detectar los posibles quiebres de stock (stock-out) que se pueden producir por la falta de abastecimiento de

combustible tanto de parte del proveedor YPF como también del consumo de puestos fijos y delegaciones, quienes son los responsables del consumo para el mantenimiento de rutas y caminos.

DISTRITO PERITO MORENO - DELEGACION LAGO POSADAS

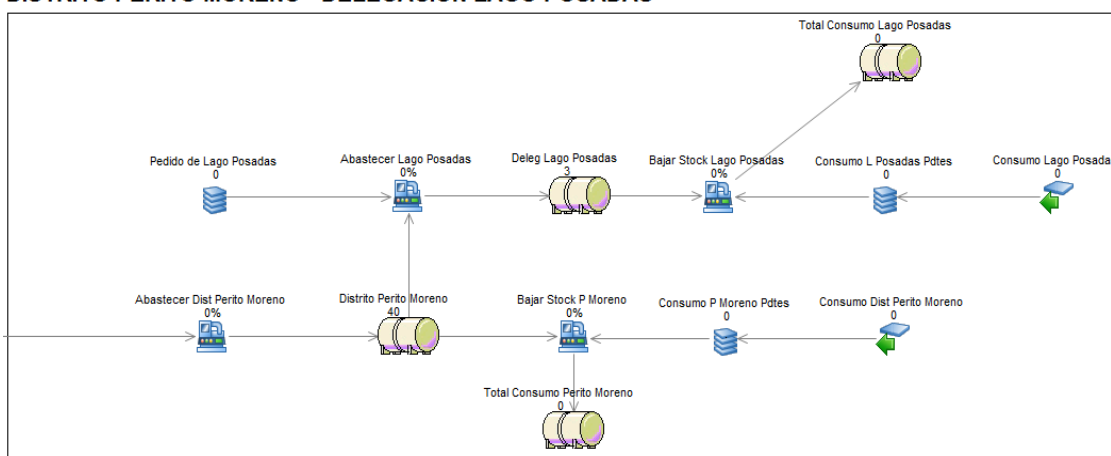


Figura 3: Simulación parcial de un distrito y una delegación

El consumo anual estimado de combustible, simulado en SIMUL8, en toda la red bajo la jurisdicción de AGPV, de uso específico para mantenimiento de rutas y caminos provinciales, se estima en aproximadamente 800,000 litros de gas-oil, discriminados según la tabla 3 siguiente.

Tabla 3: Consumo simulado de situación actual

Distritos	Consumo (lts)	Delegaciones	Consumo (lts)
Deposito Las Heras	120.000	Deposito Lago Posadas	36.000
Deposito Perito Moreno	109.000	Deposito Cañadon Seco	36.000
Deposito Puerto Deseado	109.000	Deposito San Julian	36.000
Deposito Gob. Gregores	118.000	Deposito Tres Lagos	37.000
Deposito Piedrabuena	109.000	Deposito 28 de Noviembre	36.000
Deposito Rio Gallegos	111.000	Deposito El Chalten	36.000
Deposito El Calafate	121.000		
Consumo Total Distritos	797.000	Consumo Total Delegaciones	217.000

Estos valores, consultados con responsables de la empresa provincial de vialidad, coinciden en el orden de magnitud con sus registros de partes de consumos, con un error estimado de $\pm 10\%$.

4. Problemas encontrados en la situación actual

El principal problema encontrado, para poder plantear un modelo verosímil, es la poca disponibilidad de información de consumo de combustibles, tanto a nivel de distrito como a nivel de las delegaciones. No obstante, la empresa de vialidad provincial [4], nos proporcionó la poca información relevada desde comienzos de año 2016 y con ello hemos estimado, mediante procesos de bondad de ajuste, distribuciones paramétricas que representan los consumos, dentro de un margen de error del 5% a través de las pruebas de hipótesis planteadas.

Una vez estimados los consumos de puestos fijos y delegaciones, se puede calcular por agregación el consumo de los distritos regionales y finalmente el consumo de la empresa provincial. Hemos asumido que el consumo se mantiene constante durante todo el año, a pesar que el mismo resulta estacional y existen periodos de Abril a Octubre de mucho consumo, con picos en invierno (Junio a Agosto), hasta consumos casi cero en épocas de verano donde las condiciones climáticas favorecen el no uso de equipos viales para limpieza de caminos y rutas provinciales, solamente se los afecta para tareas de mantenimiento.

Esta hipótesis, genera un consumo promedio por cada puesto fijo, cada delegación y cada distrito, que se utiliza a través del modelo para generar la logística del abastecimiento.

En estas condiciones detectamos numerosos quiebres de stock, que también confirma la empresa de vialidad, no siempre se tiene 100 de disponibilidad de combustibles por parte de YPF y esto dificulta los planes de mantenimiento y comienza un periodo de “canibalización”, esto es “pedir prestado” a otras delegaciones combustible para poder mover los equipos y evitar así el paro de los equipos de trabajo y campamentos. Una vez repuesto el combustible de la delegación, esta puede “devolver” el combustible prestado o a instancias de la administración general, se puede decidir que existen prioridades de consumo.

La zona sur de la provincia es quien sufre los mayores desabastecimientos. Por ejemplo, el consumo de combustible de la figura 4, representa el consumo del distrito Rio Gallegos que abastece a 28 de Noviembre, y el Calafate. En la figura podemos apreciar varios quiebres de stock y algunos abarcan varios días de desabastecimiento, complicando de esta manera los planes invernales de abastecimiento. Los círculos rojos representan los días en que no hay stock.

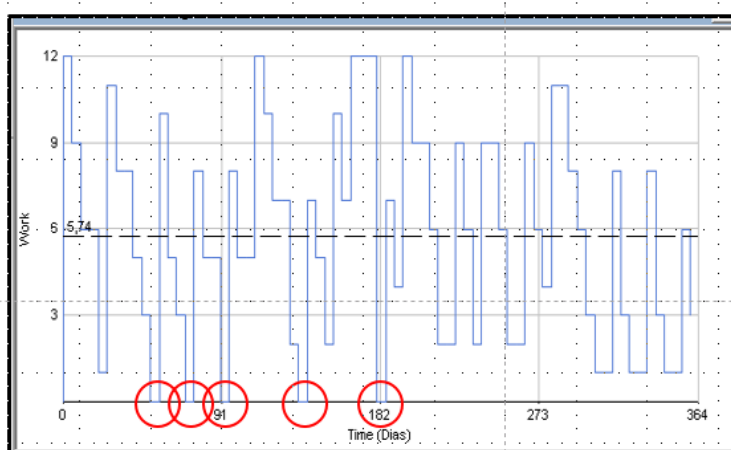


Figura 4: Consumo de combustible en Distrito Rio Gallegos

La figura 5, representa el consumo y quiebres de stock del distrito El Calafate que también debe abastecer a delegación El Chaltén. También los círculos rojos indican los periodos de quiebres de stock o falta de combustible en depósitos.

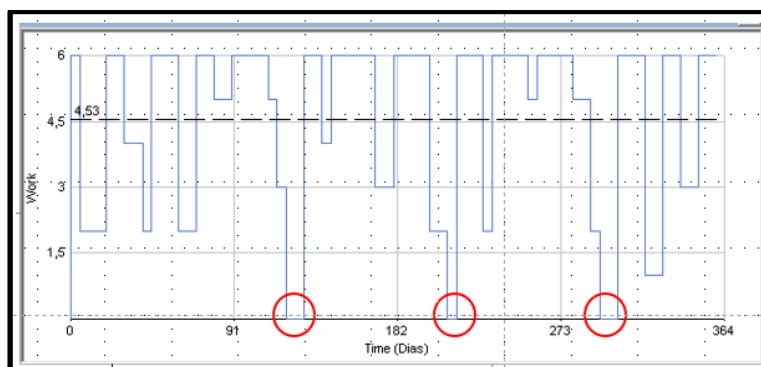


Figura 5: Consumo de combustible en Distrito El Calafate

En general hemos observado a través del modelo de simulación que la zona de pre cordillera (Tres Lagos, El Chaltén, El Calafate, 28 de Noviembre) y la zona Sur (Piedrabuena, Rio Gallegos) son los lugares donde se producen los mayores periodos de quiebres de stock y sería una buena sugerencia la instalación de un tanque de almacenamiento de gran capacidad, ejemplo 40 o 50,000 litros que solucionaría los problemas de faltantes de stock, especialmente en periodos de invierno.

Afortunadamente, durante 2016 se instalaron dos tanques de almacenamiento de 40,000 litros, uno en el Distrito Perito Moreno y otro en Delegación Puerto San Julián. Sin estos tanques de almacenamiento, toda la zona costera de la ruta 3 también estaría comprometida por faltantes de stock.

Las razones estratégicas del depósito adicional en Perito Moreno se suponen son de recuperar la mayor cantidad posible de los depósitos de YPF en Los Perales y actuar como pulmón para

el resto de la red del lado de la empresa AGPV. Mientras que el depósito en San Julián, permite el abastecimiento hacia el centro y zona sur de la provincia, facilitando que, al estar más cerca de Las Heras, es más rápido el abastecimiento que desde Río Gallegos, por ejemplo.

5. Mejoras al Modelo

Dados los faltantes de stock en la zona Sur de la provincia, analizamos la instalación de un depósito adicional de 40,000 litros de idénticas características a los instalados en Perito Moreno y Puerto San Julián, con el objetivo de eliminar en lo posible los quiebres de stocks. Se seleccionaron dos lugares posibles: 1) ubicarlo en La Esperanza que abastecería la zona centro y sur de la provincia y 2) ubicarlo en Río Gallegos para abastecer la zona sur y pre cordillera.

Analizados con la empresa de Vialidad Provincial, la ubicación en La Esperanza, es dificultosa por cuanto no hay instalaciones de AGPV en el lugar e implicaría costos adicionales para radicación de personal y construcción de infraestructura para operación. Además, el estado de los caminos no es el mejor, muchos kilómetros son de ripio y no de asfalto consolidado que obligaría a un mayor desgaste de los vehículos de abastecimiento.

A los fines de mejorar el abastecimiento y tiempos de provisión de la zona sur de la provincia, se propone instalar un tanque adicional de 40,000 litros de combustible en la ciudad de Río Gallegos, donde figura la Administración Central de AGVP, con el con el objetivo de abastecer a Distritos de Río Gallegos y Calafate, a las Delegaciones 28 de Noviembre, El Chaltén y todos los puestos fijos dependientes de estas instalaciones. Este nuevo depósito lo llamaremos Administración Central. Esta modificación genera un cambio en nuestro modelo de simulación que puede observarse en la figura 6.

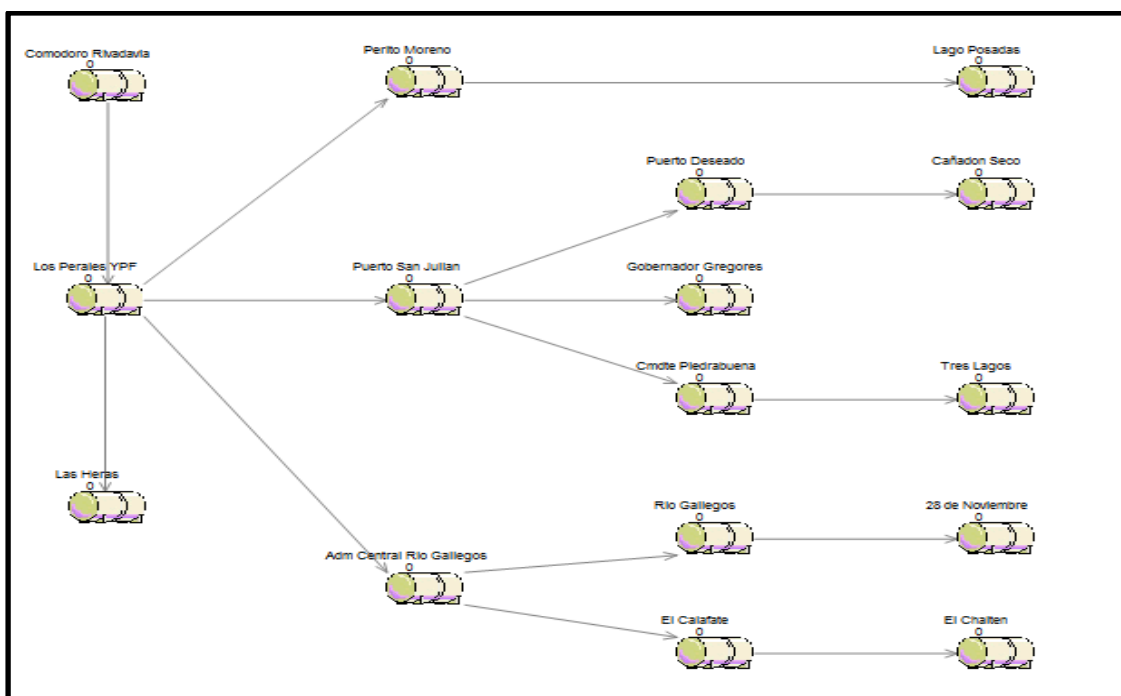


Figura 6. Esquema de distribución propuesto

Nos parece razonable adoptar un esquema de provisión de 3 niveles, depósitos principales, depósitos de distritos y depósitos de delegaciones. Adicionalmente los puestos fijos (quienes realizan realmente el trabajo de campo) cuentan con depósitos móviles (denominados "chanchas" por su forma volumétrica) de poca capacidad (1000 a 2000 litros), con los cuales abastecen a las unidades móviles directamente en ruta y reponen en las delegaciones y/o distritos.

Para el abastecimiento de los tres tanques de 40,000 litros se propone usar el único camión con capacidad de carga de 30,000 litros para realizar los viajes de búsqueda de combustible a YPF Las Heras, que tiene una disponibilidad de 60,000 litros y bombas de carga rápida para camiones de gran capacidad. El depósito de YPF Los Perales se mantiene para los camiones pequeños que acceden desde Las Heras y Perito Moreno en la nueva situación propuesta.

Es de esperar que esta modificación propuesta, sumada a la instalación de los dos tanques de 40,000 litros ubicados en Perito Moreno y Puerto San Julián, pueda descomprimir el uso de recursos humanos y materiales (camiones tanques) que se utilizan para abastecimiento de distritos y delegaciones, reduciendo de esta manera los tiempos de viaje y asegurando una mayor respuesta a los incrementos de demanda.

Este cambio, incrementa la capacidad de almacenamiento hasta 240,000 Litros, un 100% mayor a la situación del año 2015 de 109,000 litros. Esta mayor capacidad permite absorber los picos de demanda que se presentan especialmente en las campañas invernales. La tabla 4 siguiente resume la nueva capacidad de almacenamiento de combustible, producto de ampliaciones en Puerto San Julián, en Perito Moreno y la propuesta del tanque en Administración Central de Río Gallegos. En color gris hemos resaltado las nuevas capacidades incorporadas en 2016 y en color amarillo resaltamos la propuesta de instalación de un nuevo tanque de almacenamiento.

Tabla 4. Capacidad de almacenamiento instalada y propuesta

Distrito/Delegacion	Cisternas fijas			Camiones cisterna	
	cantidad	Unitario	Capacidad	Cantidad	Camion Cisterna
Distrito Piedra Buena	1		10,000	1	12,000
Delegacion San Julian	1		7,000		
	1		40,000		
Delegacion Tres Lagos	1		2,000		
Distrito Gobernador Gregores	1		23,000	1	10,400
Distrito Las Heras	1		14,000	1	12,000
Distrito Perito Moreno	2	5,000	10,000	1	12,000
	1		40,000		
Delegacion Lago Posadas	1		3,000		
Distrito Calafate	1		6,000	1	12,000
Delegacion Chalten	1		5,000		
Adm. Central Rio Gallegos	1		40,000		
Distrito Rio Gallegos	2	5,000	12,000	1	30,000
	1	2,000		1	10,400
Delegacion 28 de Nov.	1	10,000	10,000		
Puesto Fijo Tapi Aike	1	1,100	1,100		
Distrito Puerto Deseado	1		10,000	1	12,000
Delegacion Cañadon Seco	1		7,000		
Totales	20		240,100	8	110,800

En las simulaciones, tanto de situación actual como de propuesta, ante la falta de información de consumos reales, estamos asumiendo que nuestra mejor estimación es programar consumos de 1,000 litros cada 10 días corridos en cada delegación y de 3,000 litros cada 10 días corridos en los distritos, en promedio que significa una distribución normal con desviación estándar de 25% de la media. Asimismo, asumimos que el momento de reponer el stock es cuando la capacidad de los tanques y depósitos disminuye a 1/3 de su capacidad. En este momento cada 7 días, según política de AGVP, se genera un pedido de reposición desde la delegación al distrito, o desde el distrito a los tanques de almacenaje intermedio.

También con la misma frecuencia se revisa la capacidad de los tres tanques de 40,000 litros y si la existencia ha bajado a 1/3 de su capacidad, se genera un pedido de reposición a YPF Las Heras y/o YPF Los Perales, quienes, en función de su disponibilidad, autorizan los retiros de sus depósitos de combustibles. Para esta operación se utiliza el único camión de 30,000 litros de capacidad y la intención es reponer la capacidad del camión y, de no ser posible cargarlo todo en el depósito que originó la demanda de reposición, el remanente permanece en el camión hasta que se produce una baja por el consumo y permite vaciar dicho remanente y así el camión esté operable nuevamente.

6. Resultados de la Simulación

Luego de haber validado la consistencia del modelo de simulación, corrimos la propuesta de mejora para un tiempo de 8640 horas, equivalentes a 360 días anuales de 24 horas cada día (dejamos 5 días restantes por los feriados obligatorios impostergables). Suponemos que la empresa trabaja los 7 días de la semana en el mantenimiento de rutas de toda la provincia.

La presunción de generar una orden de reposición cuando el stock de los grandes tanques de almacenamiento, bajan por debajo de 1/3 de su capacidad, no funcionó bien en todos los casos. Precisamente el depósito de Puerto San Julián, presenta quiebres de stock que se resuelven incrementando el nivel de reposición desde 13,000 hasta 30,000 litros como muestran las figuras siguientes.

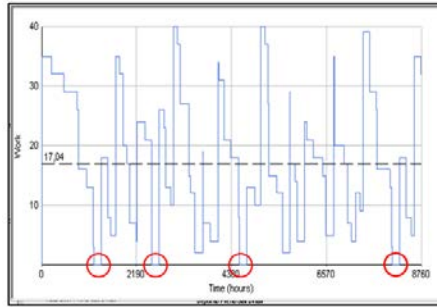


Figura 7: Deposito San Julián con Punto de Pedido 13,000 litros

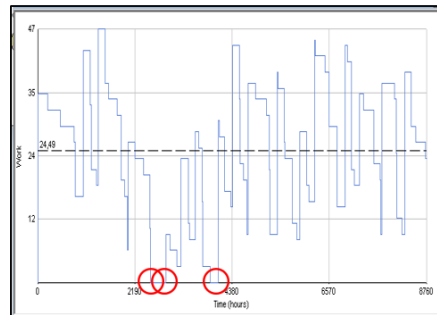


Figura 8: Deposito San Julián con Punto de Pedido 26,000 litros

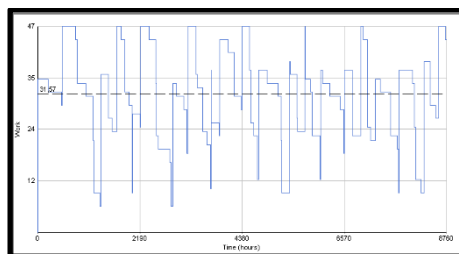


Figura 9: Deposito San Julián con Punto de Pedido 30,000 litros

Por lo observado, la mejor solución para evitar los quiebres de stock, sería considerar el punto de pedido en 30,000 litros para el depósito de Puerto San Julián y de 13,000 litros para los depósitos de Perito Moreno y Administración Central en Río Gallegos. Con esta solución evitamos caer en los problemáticos faltantes de stock.

Como resultado de la simulación estimamos un consumo anual de 834,000 litros en total entre todos los distritos y de 180,000 litros en las delegaciones, tal como resume la tabla 5. A manera de comprobación, el consumo de combustible en YPF Los Perales, se estima en 838,000 litros anuales, calculados como:

$$\text{Consumo} = \text{Stock inicial} + \text{Suma de Ingresos} - \text{Stock Final}$$

En cada distrito y delegación hemos incorporado en el modelo un tanque de capacidad infinita que representa el total de consumo en el año, producto de sus requerimientos de delegaciones y de puestos fijos. Decidimos agrupar toda la demanda de los diferentes tipos de vehículos afectados a fin de no agrandar el modelo que ya de por sí es extenso y no permite ser mostrado en este documento.

Tabla 5. Consumos simulados de combustible durante 1 año calendario

Districtos	Consumos en m3	Delegaciones	Consumos en m3
Las Heras	105	Lago Posadas	36
Perito Moreno	108	Cañadon Seco	38
Puerto San Julian	108	Tres Lagos	34
Puerto Deseado	105	El Chalten	38
Piedrabuena	108	28 de Noviembre	34
Gregores	114		
Central Río Gallegos	160		
Río Gallegos	111		
El Calafate	75		
Total Consumo Districtos	834	Total Consumo Delegaciones	180
Total Consumo Anual	1014		
Deposito YPF Los Perales	838		

Con esta solución de modificar la red logística, estimamos que resulta suficiente para cumplir los planes de mantenimiento vial de rutas y caminos de la provincia de Santa Cruz, de manera que puede obtenerse una eficiencia superior al 90% pretendido al iniciar nuestro trabajo y lo más importante, que la empresa consiga mantener un importante stock en movimiento dentro de sus depósitos y recurrir la menor cantidad de veces a YPF en Las Heras para recuperar el abastecimiento usando el vehículo que permite cargar 30,000 litros de combustibles.

Adicionalmente se analizó también que el Distrito Las Heras de AGPV, recuperara combustible directamente de Perito Moreno, pero dada la proximidad de ubicación a YPF Los Perales, se decide que no aporta muchas mejoras a la solución analizada y se decide en principio que su abastecimiento lo realice directamente desde YPF Los Perales usando camiones propios.

Queremos aclarar que la disponibilidad de combustible por parte de YPF está condicionada también a su velocidad de reposición desde Comodoro Rivadavia y a la velocidad de consumo de sus estaciones de servicio en el norte de la provincia, a las cuales también debe abastecer. AGPV es un cliente más de YPF, que por los volúmenes que consume tiene cierta mayor prioridad en el abastecimiento.

7. Conclusiones

Simul8 [1, 2, 3] es una excelente herramienta de diagnóstico y análisis de problemas complejos basados en la incertidumbre y cambiante en el tiempo, lo cual permite que, a través de pequeños cambios sobre un modelo validado, se puedan evaluar numerosas alternativas, prácticamente sin costos y facilitar la toma de decisiones, o una discusión con mayores herramientas sobre aquellas alternativas que se evalúan como más factibles.

En nuestro análisis hemos hecho numerosas simulaciones en diferentes alternativas, hasta resumirlas en una pocas que, desde el punto de vista operativo, representan posibles de ser implementadas, sin grandes erogaciones de costos de proyectos de inversión o aumentos de capacidades de almacenamiento

8. Bibliografía

- [1] Jaret W. Hauge, Kerrie N. Paige (2013) "*Learning Simul8, The Complete Guide, 2nd Edition*". Material Copywrighted de Jaret W. Hauge and Kerrie N.
- [2] Kieran Concanon, Mark Elder, Kim Hunter. "*Simulation Modeling With Simul8*". Material Copywrighted de Concanon, Elder y Hunter.
- [3] Página web de Simul8 (<http://www.simul8.com>)
- [4] Página web de Vialidad Nacional de Santa Cruz (<http://www.vialidad.gov.ar/santa-cruz>)

9. Agradecimientos

Queremos agradecer al personal de administración y operación de Vialidad Provincial de la Provincia de Santa Cruz, por brindarnos la posibilidad de consultar nuestras inquietudes tendientes a formarnos una descripción global del problema y mediante muchas reuniones nos facilitaron información para permitirnos a través de un modelo, describir la situación actual y proponer mejoras en la calidad de servicio prestado. El modelo de situación actual y propuesta están disponibles y pueden solicitarlo a nuestro correo: andres.camino@gmail.com