



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

EVALUACION EX ANTE Y EX POST
DEL USO DE MODELOS DE SIMULACION
UN ESTUDIO DE CASOS

MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO
DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

JOSE ANTONIO BARROS MONTERO

PROFESOR GUIA
PATRICIO CONCA KEHL

MIEMBROS DE LA COMISION
RICARDO SAN MARTIN ZURITA
PEDRO GAZMURI SCHLEYER

SANTIAGO DE CHILE
AÑO 2016

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO DE Ingeniero Civil Industrial
POR: José Antonio Barros Montero
FECHA: 11 de abril de 2016
PROFESOR GUIA Patricio Conca Kehl

EVALUACION EX ANTE Y EX POST DEL USO DE MODELOS DE SIMULACION
UN ESTUDIO DE CASOS

En la presente memoria se presenta el problema de la evaluación del éxito de la aplicación de modelos de simulación en la empresa. El problema se ilustra con cuatro casos concretos los cuales son analizados en diversas perspectivas, entre ellas, el valor aportado por la herramienta. En la presentación de los casos por razones de confidencialidad se hace uso de nombres y de denominación de monedas ficticios.

a) DDV Beverages es una multinacional que busca ahorros en su flota de camiones, en reasignación de costos y fletes y recuperación de demanda. El valor actual (VA) para un período de un año tanto de ahorros esperados ex ante atribuibles al uso del modelo, como los ahorros verificados ex post, con una tasa de descuento de 6% anual son:

VA ex ante total : BC\$ 8,977,316 VA ex post Total : BC\$ 65,783,912

b) Mountain Mining mediante un gran proyecto de ampliación incrementará su producción desde 260,000 a 643,000 toneladas anuales de cobre. Dado que la faena enfrenta una dramática restricción de espacio físico para su layout, se procedió a modelar y simular dos alternativas de ampliación de las naves de talleres, a 12 y 14 naves. Los valores obtenidos en la alternativa mas conveniente como una serie de pagos anuales por 19 años con tasa de descuento del 10% entregan un ahorro de MBC\$ 616,910 valor que resulta de una mayor disponibilidad de equipos.

c) Los servicios de GDBC consisten esencialmente en el transporte de cátodos de cobre y ácido. El modelo a simular se explotó en forma diaria a partir de 2014 siguiendo las pautas, procedimientos y protocolos en él propuestos, entregando el tonelaje perdido por fuerza mayor, y el tonelaje perdido atribuible a gestión. Comparando los resultados de 2013 sin modelo, con los de 2014 con modelo, resulta en una menor pérdida de carga anual de aproximadamente 38,000 tons. Sobre estas cifras, se ha calculado el valor actual para un año, con una tasa de 6% anual

VA ex post BC\$ 1,315,928 VA ex ante: BC\$ 175,000

d) Starcel com es una empresa de telecomunicaciones y el modelo elaborado es una herramienta a la medida. Con él se puede configurar y reconfigurar virtualmente una sucursal optimizando sus recursos. Las medidas de desempeño son el nivel de servicio y el nivel de abandono. Ambas medidas carecen de expresión valórica concreta ya que se desconoce el costo de un abandono de la fila ni su potencial causa de una pérdida de cliente. El modelo permite optimizar el número de módulos y su asignación, junto con los ejecutivos asignados, (alrededor de 1500) de modo de mantener un nivel de abandonos y nivel de servicios óptimo, así como simular los requerimientos de una sucursal aún inexistente. Una aproximación al valor del uso de la herramienta sería el ajuste de un 1% a la masa de ejecutivos, que significa un valor de BC\$72,000 en un perfil de un año, cifra que habría que comparar con el costo del modelo, que fue de BC\$ 22,000. Estos órdenes de magnitud son los más desfavorables de los 4 analizados

DEDICATORIA

Dedicado a mi padre Cesar Barros Luther,
mítico ingeniero estructural de talla mundial
quien hubiese dado su vida por el sólo
placer de tener esta memoria en sus manos

AGRADECIMIENTOS

A mi ancha, larga y extensa familia que ha tenido la paciencia y la humanidad de seguirme y apoyarme contra toda esperanza en este inusual y tardío emprendimiento.

TABLA DE CONTENIDO

1.- Introducción	8
2.- Objetivos	10
3.- Justificación	11
4.- Marco conceptual	12
5.- Metodología	12
6.- Alcances	15
7.- Resultados esperados	15
8.- Selección de casos	15
9.- Caso DDV Beverages	
9.1.- Descripción y análisis del modelo	16
9.2.- Escenarios a validar y simular	19
9.3.- Resultados de simulación	20
9.4.- Estimación de un va ex post de beneficios.....	24
9.5.- Estimación de un VA ex ante esperado por DDV y su comparación con VA ex post	25
9.6.- Estimación del valor total aportado por el modelo	27
9.7.- Ciclo de vida, éxito y fracaso del modelo	27
10.- Caso Mountain mining Co.	
10.1.- Descripción y análisis del modelo	29
10.2.- Escenarios a validar y simular	32
10.3.- Simulación de benchmark con 50 naves	32
10.4.- Simulación con 10 naves.....	33
10.5.- Simulación con 12 y 14 naves.....	33
10.6.- Valores ex ante y ex post y valor aportado por el modelo	33
10.7.- Ciclo de vida, éxito y fracaso del modelo	34
11.- Caso GDBC.-	
11.1.- Descripción y análisis del modelo	35
11.1.1.- Antecedentes	36
11.1.2.- Objetivos del modelo	36
11.1.3.- Componentes principales del modelo	37
11.1.4.- Horizonte de simulación.....	37
11.1.5.- Alcance y límites.....	38
11.2.- Estructura y complejidad.....	38
11.2.1.- Red ferroviaria SFM.....	38
11.2.2.- Trenes de GDBC.....	42
11.2.3.- Estaciones y Terminales.....	47
11.2.4.- Modelo de toma de decisiones.....	50
11.3.- Resultados de la Simulación.....	50
11.4.- Estimación de un V.A. Ex Ante de beneficios en el caso GDBC	51
11.5.- Estimación de un V.A. Ex Post de beneficios En el caso GDBC.	51
11.6.- Comparación de V.A. Ex Ante y Ex Post	52
11.7.- Ciclo de vida éxito y/o fracaso del modelo.	52

12.- Caso	STARCEL S.A.	
Introducción		53
12.1.-	Variables de Input del modelo estructura y complejidad	55
12.1.1.-	Tasas de llegadas de clientes	55
12.1.2.-	Segmento, Botón y Tiempo de Atención de Clientes.	56
12.1.3.-	Probabilidad de Abandono	56
12.1.4.-	Aperturas retrasadas	57
12.1.5.-	Tasa y Duración de Pausas	57
12.1.6.-	Probabilidad de Ausentismo	57
12.2.-	Parámetros de Input del modelo	58
12.2.1.-	Filas	58
12.2.2.-	Asignación de filas	58
12.2.3.-	Tipos de módulos	58
12.2.4.-	Cantidad de módulos activos por tipo	59
12.3.-	Lógica del modelo	60
12.4.-	Uso del modelo	60
12.4.1.-	Objeto Módulo	60
12.5.2.-	Modificar Demanda	61
12.5.3.-	Modificar Horarios	61
12.5.4.-	Modificar Ausentismo	61
12.5.5.-	Modificar Tiempos de Atención	61
12.6.-	Experimentos y Outputs	62
12.6.1.	Outputs del Modelo	62
12.6.2.-	Experimentos Variando Demandas	62
12.6.3.	Experimentos Variando Capacidades	63
12.6.4.	Experimentos con Distintos Tipos de Módulos	64
12.7.-	Resultados de la Simulación.	66
12.8.-	Estimación de un V.A. Ex Ante de beneficios	67
12.9.-	Ciclo de vida éxito y/o fracaso del modelo.	67
13.-	Análisis y conclusiones	68
14.-	Bibliografía	71

INDICE DE TABLAS

TABLA 1	Proyección de demanda DDV 2013.....	18
TABLA 2	Resultado porteo marzo	20
TABLA 3	Resultado porteo diciembre (base)	20
TABLA 4	Resultado porteo diciembre mayor flota	21
TABLA 5	Resultado porteo diciembre sin d. oeste	21
TABLA 6	Proyección porteo 2014 y ahorros por mes	22
TABLA 7	Resultado acarreo marzo	22
TABLA 8	Resultado de acarreo diciembre	22
TABLA 9	Resultado de acarreo diciembre con d. oeste.....	23
TABLA 10	Resultado acarreo diciembre con d. oeste y refuerzo ...	23
TABLA 11	Proyección de acarreo 2014 con ahorro mes	24
TABLA 12	Flujos de acarreo y porteo para VA	25
TABLA 13	Valores ex ante de beneficios de porteo para DDV.....	26
TABLA 14	Valor ex ante de beneficios de acarreo para DDV	26
TABLA 15	Comparación entre 12 y 14 naves talleres.....	33
TABLA 16	Comparación entre 10, 12 y 14 naves talleres	33
TABLA 17	Valores y VA de las tres alternativas	34
TABLA 18	Cantidad de fallas día	43
TABLA 19	Probabilidad de falla	44
TABLA 20	Trenes de GDBC considerados en el caso base	46
TABLA 21	Gestión de carga y pérdidas	50
TABLA 22	Llegadas totales promedio día	55
TABLA 23	Distribución de llegadas durante el día	56
TABLA 24	Carga de filas	58
TABLA 25	Carga Asignación de filas	58
TABLA 26	Carga tipo módulo	59
TABLA 27	Validación en distintas sucursales	66

INDICE DE FIGURAS E ILUSTRACIONES

FIGURA 1 Diagrama general GDBC	39
FIGURA 2 Simplificación de nodos y cruces	40
FIGURA 3 Histograma de duración de fallas	44
FIGURA 4 Diagrama modelo CMM	47
FIGURA 5 Diagrama modelo Carrocería	48
FIGURA 6 Diagrama modelo INTERACID	48
FIGURA 7 Diagrama modelo CPM	49
FIGURA 8 Diagrama modelo S. Cristobal	50
FIGURA 9 Diagrama General STARCEL	54
FIGURA 10 Impacto en abandono y nivel de servicio Al variar la demanda	63
FIGURA 11 Impacto en abandono y nivel de servicio Al variar dotación de ejecutivos	64
FIGURA 12 Nivel de servicio vs lógica de atención	65
FIGURA 13.- Tiempo Medio de Espera al Cambiar la Lógica de Atención	65
FIGURA 14 Validación Clientes est Bellas Artes	66

1.- INTRODUCCIÓN

Al momento de decidir un proyecto de modelamiento y simulación de procesos de negocios, se busca superar un problema o aprovechar una oportunidad en un escenario determinado, sin tener claridad respecto de cómo fijar un set de variables de decisión para esos efectos.

En casi todos los casos es poco factible encontrar en la realidad oportunidades en las cuales las variables involucradas se den en los valores deseados, y menos aún que dicha combinación de estados se repita con alguna frecuencia. A esto se llama baja disponibilidad de un escenario.

Ante esta dificultad el mecanismo de la simulación ofrece disponibilidad infinita al escenario requerido, y se puede explorar sin mayor costo todas las posibles decisiones alternativas si fuese necesario, y su repetición indefinida.

Es de notar que el ejercicio de modelamiento y simulación, además de lograr predecir resultados respecto de decisiones alternativas, permite en la mayor parte de los casos una mejor comprensión de los problemas o desafíos, siendo una base importante para el perfeccionamiento y reingeniería de procesos, en la medida que incorpore las variables y criterios de valor relevantes.

El resultado de la simulación no es una solución en si pero busca clarificar el tipo de decisión necesaria. Esas proposiciones extraídas del modelo deberán ser evaluadas respecto de su conveniencia y/o rentabilidad. De este modo, del modelo y simulación pueden deducirse decisiones que son antieconómicas o bien ampliamente rentables; sea convenientes o bien desechables e inconvenientes. En este sentido se puede llegar a situaciones en que un modelo de alta calidad técnica no entregue alternativas positivas a sus usuarios, para los escenarios y circunstancias que se enfrentan, convirtiéndose en la práctica en un fracaso.

Los modelos de simulación son una herramienta relativamente nueva y poco integrada a la gestión de los servicios informáticos convencionales de las empresas. Abordados como emprendimientos de tamaño y valor acotado constituyen lo que la literatura califica como “tecnologías disruptivas”. (7) (8) Esto es, herramientas de costo acotado pero de rentabilidad promisorias, que son aplicadas al margen de la gestión informática convencional en instancias casi asimilables a aplicaciones piloto. Si a lo anterior se agrega el que el desarrollo de estos modelos involucra una fuerte componente de análisis y gestión, y que sus usuarios son las más de las veces, ejecutivos de nivel corporativo relativamente alto, se puede concluir que sus aportes pueden ser muy significativos.

Si bien es probable que los administradores no efectúen formalmente una evaluación del proyecto de simulación, es inevitable que comparen el costo de modelamiento y simulación con los valores que se busca abordar.

Los modelos de simulación siempre han involucrado un aspecto económico. Como herramienta la simulación se percibe en numerosos casos como algo “conveniente” pero no ha habido hasta hace relativamente poco, un esfuerzo por justificar económicamente el uso de modelos de simulación. Sin embargo la creciente popularización de estas herramientas y el surgimiento de un mercado de software y servicios en este ámbito hacen cada vez más perentorio justificar la inversión en este rubro sobre la base de un valor presente o un retorno de la inversión. (1), (6)

Por último es también altamente deseable, como parte de esta iniciativa, el obtener una estimación del valor aportado por este tipo de modelos comparando la situación ex ante de su aplicación, con la situación ex post.

Esto es relevante tanto para la institución receptora como para los ejecutores del modelo y su aplicación, y adquiere cada vez mayor relevancia en la medida en que los modelos a aplicarse son cada vez más sofisticados involucrando diseños y proyectos de costo y duración crecientes.

La literatura consultada (2) muestra que en diversos sectores, el uso del modelamiento y simulación presenta rentabilidades notables, y que estas tienen relación estrecha con el tipo de proceso al que se enfocan (5). Sin embargo también se argumenta que el costeo ex ante de un proyecto de modelo sofisticado es difícil de evaluar, y que el beneficio que represente ex ante es casi imposible de determinar, entre otros motivos porque hay escasez de métodos de cuantificación de beneficios. (3); (6)

En todo caso, en esta memoria se buscará para cada caso, estimar el total de beneficios atribuibles al uso de cada modelo, como forma de dimensionar el valor del uso de la herramienta de la simulación en el mundo corporativo.

Por otra parte, como un aspecto a veces separado de lo anterior, se debe además evaluar el resultado global en términos de éxito o fracaso de la aplicación del modelo, aspecto que trasciende al mero resultado económico de la aplicación del modelo, y que dice relación con las expectativas en el tiempo de los usuarios respecto de la herramienta creada.

La disonancia de tales expectativas con los beneficios obtenidos se basa en que en numerosas ocasiones los ejecutivos involucrados evalúan las decisiones orientadas por el modelo, como decisiones propias no ligadas al uso de la herramienta. Por lo tanto cualquier beneficio o mejora obtenida sería fruto de una buena gestión y no tendría relación con el modelo, centrándose la evaluación final del modelo, en el logro de otros objetivos a lograrse durante la vida útil de la herramienta. Lo anterior determina al final la percepción del relativo éxito o fracaso del proyecto.

La evaluación de una herramienta de simulación dependerá de la estrecha colaboración entre constructor y usuario a lo largo del ciclo de vida del modelo. Dentro de éste estará la actualización y el nivel de materialización de su Total Value of Ownership (TVO), su apego al uso de “buenas prácticas” en su desarrollo y uso, su apego a los criterios de valor propuestos por los usuarios, la expresión cuantitativa de diversas variables como entre otras, su envergadura, su complejidad y adaptabilidad, el tipo y nivel de los usuarios y a sus expectativas sobre el modelo.

Es interesante explorar estos aspectos en Chile y buscar validar las conclusiones planteadas por la bibliografía disponible. Si bien no existe un corpus de información sistematizable, existen numerosos casos debidamente documentados que permiten sacar algunas conclusiones valiosas.

En el presente caso, con el apoyo de SIMULA UC, unidad de alta solvencia en la elaboración de modelos de simulación de la Pontificia Universidad Católica, se tiene acceso a una serie de casos en los cuales se puede trabajar los objetivos propuestos.

2.- OBJETIVOS.-

2.1.- OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de esta memoria es evaluar el aporte de los modelos de simulación en la empresa, y determinar su relativo éxito o fracaso para casos concretos, a la luz de diversos criterios y condiciones deseables para su concepción, construcción y uso.

2.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

2.2.1.- En primer lugar, estimar o determinar cual es el valor del problema u oportunidad que se enfrenta como situación inicial cuando se decide contratar un modelo. Esto es, cuales son los costos, pérdidas o el valor de oportunidades percibidos como situación inicial.

2.2.2.- En segundo lugar, se busca obtener el valor del resultado esperado por el usuario al contratar. Se busca estimar de alguna forma cual es el valor presente esperado ex ante del modelo a contratarse.

2.2.3.- En tercer lugar, determinar el valor resultante de la aplicación del modelo.. Para ello será necesario identificar qué beneficios y/o costos directos se deducen de la aplicación del modelo (tanto esperados como inesperados), y qué beneficios o costos indirectos resultan de la aplicación del estudio (esperados e inesperados). Esto es, el valor presente ex post del modelo.

2.2.4.- De los resultados obtenidos de 2.2.1.- y 2.2.3.- se buscará determinar el valor total aportado por el modelo en cuestión

2.2.5.- Finalmente determinar en cada caso cuál ha sido el nivel de éxito o fracaso del uso del modelo de acuerdo a la percepción de los usuarios, a las luz del cumplimiento o asimilación de una serie de criterios deseables de concepción, construcción, uso y ciclo de vida de los modelos considerados.

Los anteriores objetivos serán aplicados a cuatro casos concretos y representativos de situaciones comunes, aportados por SIMULA UC, y sobre cuyos resultados se hará un análisis metodológico y se expondrán recomendaciones.

3.- JUSTIFICACION.-

La evaluación económica de los proyectos de software es un área que desde sus inicios ha causado problemas. Las causas de lo anterior son numerosas, a saber,

- Dificultad para determinar los costos de proyectos que evolucionan en el tiempo
- Dificultad para valorar beneficios conceptuales sin un claro equivalente monetario, y para los cuales es necesario definir métricas cuantificables.
- Falta de claridad del impacto económico directo e indirecto de ciertas decisiones o innovaciones, debido a que muchas veces usuarios y aún ejecutivos no tienen siempre y del todo claros dichos impactos en áreas más alejadas de sus áreas directas de influencia, e incluso no cuentan con cifras claras respecto del valor de algunas de sus decisiones.

- Aislación relativa de las áreas informáticas del ciclo de creación de valor de las empresas

Todo esto hace que se generen evaluaciones débiles y poco taxativas donde pocas veces se aborda la estimación del valor real aportado por un sistema o en este caso, modelo de simulación.

Finalmente, existe una conciencia cada vez creciente de que el valor total de uso de un modelo o sistema, y su éxito o fracaso relativo, dependen en gran medida de su propia historia, esto es, los objetivos planteados, el involucramiento de los usuarios en la construcción, involucramiento de los constructores en las dimensiones de gestión del problema a abordar, la evolución y adaptación del modelo en el tiempo para hacer frente a cambios de escenarios, y la forma y regularidad del uso del modelo por los usuarios. Esto implica que el valor final de un modelo es diferente al valor estimado ex – ante para el mismo.

El proceso de evaluación ataca en su raíz la necesidad de asignar valores concretos a procesos decisionales y componentes operativos, aportando transparencia al proceso de gestión que de otras maneras no estaría disponible. A esto debe sumarse el hecho de que la amplitud y envergadura de los modelos analizados son acotados, por lo que la apuesta de recursos a invertir en el proceso es reducida. A lo anterior se suma el que la historia y evolución del modelo puede crecer y reenfocarse de forma marginal permitiendo un efectivo control de costos.

En los casos abordados en esta memoria, los valores involucrados en los procesos bajo análisis, superan incluso los cientos de millones de dólares. Mientras tanto los valores invertidos en el modelo contratado no superan los 150,000 dólares, valor que puede ir creciendo marginalmente a medida que se sofisticue o adapte el modelo. No es de extrañar que en escenarios como el descrito haya un potencial de beneficios importante, el que puede ir cambiando y creciendo en el tiempo. De especial incidencia puede tener el aporte del constructor de modelos, el que mediante un adecuado enfoque evolutivo de su oferta puede llegar a justificar valores de modelo que superen el costo convencional de un modelo de ingeniería, en virtud del mayor valor ofrecido.

Por todo lo anterior es importante e ilustrativo realizar un ejercicio completo de evaluación de modelos y el análisis del historial concreto de modelos específicos, ilustrar la estimación de su valor ex - post en relación a su valoración ex – ante y establecer y justificar su éxito o fracaso relativo. En este proceso se puede llegar a identificar problemas o circunstancias que pueden ser de ocurrencia relativamente frecuente, y rescatar las conclusiones y recomendaciones que de todo lo anterior se deducen.

4.- MARCO CONCEPTUAL

Enfrentados a la decisión de contratar un modelo de simulación, hoy por hoy lo más frecuente es que los administradores no efectúen formalmente una evaluación del proyecto de simulación, pero es inevitable que comparen el costo esperado de modelamiento y simulación con los valores que se busca abordar.

Por otra parte, el resultado de la simulación no es una solución en si pero busca clarificar el tipo de decisión necesaria. Esas proposiciones extraídas del modelo deberán ser evaluadas respecto de su rentabilidad. De este modo, del modelo y simulación pueden deducirse decisiones que son antieconómicas o bien ampliamente rentables.

En la industria hay varias convenciones para evaluar software y sistemas; entre ellas algunas de las más populares son el ROI (return on investment) que mide el balance total de beneficios y costos o el PAYBACK que mide el plazo en el cual los beneficios cubren el costo. Sin embargo estos métodos no discriminan el valor de los flujos en el tiempo. Esto es crucial ya que al evaluar se debe considerar los conceptos de TCO (total cost of ownership) y TVO (total value of ownership), es decir toda la serie de flujos de costo y de beneficio contenida en el período que constituye la vida útil del proyecto o sistema. Por eso sin lugar a dudas el método más adecuado es el VPN o valor presente neto, que considera el valor de los flujos en el tiempo

Una dificultad inherente a la aplicación de esta herramienta estriba en que hay series de beneficios y costos que no son directamente cuantificables en términos económicos y que sólo permiten una evaluación “conceptual”. Algunos expertos han abordado el problema haciendo una implementación piloto del proyecto, (6) y a partir de ella medir beneficios monetarios concretos. Sin embargo esto no siempre es factible o conveniente. Por ende, uno de los desafíos al momento de evaluar, está en encontrar “métricas” conceptuales (4) para la medición de costos y beneficios no monetarios, a las cuales se les pueda, aunque sea indirectamente, asimilar un valor monetario, y a partir de ellos proceder a la evaluación del proceso con las herramientas convencionales. Una práctica no inusual en corporaciones de gran desarrollo informático es la de buscar y definir criterios de valor asignables a las variables conceptuales no monetarias más usuales. Esto se hace identificando el impacto de dichas variables en variables de valor claramente identificables (tiempo funcionario, productividad directa, ahorro en mano de obra, costo de fallas o errores, reducción de inventarios, reducción de tiempos de reacción ante eventos, etc..) llamados Value Dials (6).

Al momento de simular y modelar, los ejecutivos a cargo no siempre poseen una idea definitiva de una serie de decisiones a tomar. No es infrecuente entonces que como resultado de la simulación se deduzcan diversas decisiones e implicancias no previstas de antemano, y con ellas, beneficios y/o costos previamente no identificados. Es esta situación, la que hace que la evaluación ex – post de la aplicación del modelo, sea diferente de su evaluación ex – ante y que la diferencia entre los resultados de ambas evaluaciones pueda ser significativa.

5.- METODOLOGÍA

Para evaluar económicamente la aplicación de cada modelo en forma ex – ante y ex – post se operará de la siguiente manera:

5.1.- ANALISIS DE CONSTRUCCION Y VALIDACION

Un modelo de simulación tiene por objeto representar una realidad presente o futura incluyendo en ella toda la operatoria de decisiones involucrada y el grado de aleatoriedad que presenta.

Por ello el modelo debe ser analizado para verificar que sea estadísticamente robusto, esto es, estar construido sobre un conjunto de data consistente y suficiente, de modo que se puedan ajustar distribuciones y probabilidades con un grado significativo de confianza. Se deberá operar corridas de validación del modelo para los escenarios más representativos. La operación del modelo debe incluir un mínimo de réplicas necesarias para obtener valores y estadísticos confiables y estables.

5.2.- DETERMINACION DE LA SITUACION INICIAL

La situación inicial busca hacer evidente la magnitud y envergadura del problema a abordarse. Se puede obtener en buena medida de las siguientes fuentes:

- La descripción inicial del modelo en la documentación del mismo. En ella normalmente se encuentra detallado el problema a abordarse, sus principales variables y su magnitud
- Los objetivos declarados del modelo en la documentación e informes del mismo. En ellos aparecen siempre las principales variables de resultado que están involucradas en el problema y sus valores.
- Los informes de validación y de la aplicación inicial del modelo. Esta validación se hace siempre respecto de un escenario básico que debe ser representado por el modelo de la manera más fiel posible y que consiste fundamentalmente en la situación inicial.
- Entrevista a los ejecutores del modelo. Ellos, que fueron los responsables de hacer el levantamiento del sistema a modelar, son los que mayor conocimiento tienen del punto de partida del trabajo en cuestión.

Para este resultado, se identificarán las variables no monetarias que aparezcan, se las buscará representar mediante aproximaciones que entreguen valores cuantitativos, y sobre ellos se buscará una aproximación monetaria.

Este proceso es de máxima importancia ya que permite enfocar debidamente los procesos a modelar y definir metas y objetivos.

5.3.- DETERMINACION DE LA VALORACION EX - ANTE.

La valoración ex ante del modelo corresponde a las expectativas de resultado que han sido puestas sobre el modelo por parte de los ejecutivos que lo han contratado.

En la base de este cálculo debe figurar la ponderación del valor y orden de magnitud de las variables del caso que se aborda.

Para obtener estos valores se ha recurrido como única herramienta, a la entrevista de los ejecutivos a cargo del proyecto. De ellas se obtendrá la “apuesta” de beneficios a percibir con el modelo, y las variables adicionales que se buscaba manejar.

Con los valores “apostados”, los valores de la situación inicial (5.2) más el valor de compra y puesta en operación del modelo se calculará un VPN.

5.4.- ESTIMACION DEL VALOR EX – POST.

Este valor corresponde a la situación final del problema u oportunidad abordada, a la cual se ha llegado gracias a la utilización y operación del modelo. Para obtener estos valores se recurrirá a lo siguiente:

- Resultados entregados por el modelo en las últimas corridas disponibles.
- Entrevistas y cuestionarios a los ejecutivos detrás de los procesos, que son quienes pudieron evaluar los verdaderos valores y resultados al final de cada proceso de simulación, y su aplicación a la realidad.

Asimismo, de ellos se puede obtener además las posibles variables adicionales que inciden en los resultados.

Con los valores y resultados finales, los valores de la situación inicial y el costo de adquisición y puesta en operación del modelo se calculará un VPN.

Los valores obtenidos serán estimaciones estadísticamente significativas y no valores exactos. Por lo mismo al analizarlos su real relevancia estará más bien en su orden de magnitud y no en un valor específico.

5.5.- ESTIMACION DEL ÉXITO O FRACASO DEL MODELO.

Este aspecto es de la mayor importancia pues resume el valor de uso del modelo tal como lo perciben sus usuarios. Esta dimensión de los modelos es función del mayor o menor grado de enfoque del modelo en las variables de decisión y resultado que son más críticas para el usuario.

El éxito o fracaso del modelo es a veces difícil de determinar en forma inequívoca, ya que si bien muchos modelos buscan evidenciar un resultado específico, no es inusual el que ellos persigan un objetivo móvil ya que el enfoque requerido puede ir cambiando durante la vida útil del modelo. De hecho casi siempre esta flexibilidad en el tiempo constituye en si misma la vida útil de un modelo.

El éxito o fracaso del uso de un modelo está asociado con varios aspectos de su construcción, uso y administración, a saber:

a) Calidad y consistencia del equipo usuario.

Las buenas prácticas en este campo recomiendan que el modelo sea patrocinado y apoyado por un equipo usuario que sea de un nivel suficientemente alto para garantizar su desarrollo, supervivencia y uso. Recomiendan que el equipo esté liderado claramente y que el liderazgo se mantenga estable durante la vida útil del modelo.

b) Grado de involucramiento de los usuarios en el diseño del modelo.

Es importante que el usuario comunique a los constructores de manera efectiva, los contenidos deseados, el enfoque y los énfasis en que debe centrarse el modelo durante su vida. Esto puede ser clave al momento de generar adaptaciones y mejoras al modelo.

c) Alineamiento del modelo con las variables de valor del usuario.

Para obtener evaluaciones concretas y consistentes, es altamente recomendable que el modelo considere todas las variables claves y que ellas sean cuantificables en términos de valor concreto (en lo posible, económico) para los usuarios.

d) Incorporación de una visión de gestión por parte de los constructores del modelo.

La labor del constructor normalmente incluirá levantamiento de procedimientos y procesos de gestión involucrados. Con una mirada externa, el constructor está en situación inmejorable para detectar debilidades y colaborar en la optimización de los procesos analizados. Este tipo de interacción normalmente generará mayor potencia y calidad de resultados para el modelo.

e) Disponibilidad del modelo para uso directo por el usuario.

Esto es altamente deseable pues permite al usuario explorar todas las posibles consecuencias del modelo a raíz de su uso frecuente, y por lo tanto visualizar las posibles adaptaciones o mejoras

que irá requiriendo en el tiempo. Esto anterior tiene a la vez un importante efecto de re validación constante del modelo a lo largo de su uso.

f) Acompañamiento en el uso del modelo por parte de los constructores.

Junto con el punto anterior, el acompañamiento es importante pues permite ir detectando nuevos requerimientos, inflexibilidades y elementos de obsolescencia en que vaya cayendo el modelo para su superación.

g) Adaptación del modelo para incorporar nuevas variables y resultados

Todos los puntos anteriores redundan finalmente en este aspecto, que es la base de una “vida útil” del modelo, y que en último término corresponde a la completud de los servicios prestados por el constructor durante la vida del modelo.

6.- ALCANCES

Del objetivo de esta memoria y su desarrollo, no es posible generar extrapolaciones sino a casos de significativa similitud. No es dable extrapolar los resultados, a un universo o sector genérico de actividades, y debe limitarse por ahora al análisis casuístico. Su generalización dependería de la posibilidad de abordar múltiples modelos o software para algún giro de actividad particular o mercado determinado donde se pueda encontrar información de tipo casi estadístico, cosa que por ahora no está disponible. Se prevé sin embargo, llegar hasta comparar los resultados obtenidos en los casos bajo análisis, con la caracterización de ellos de acuerdo a la metodología a usarse, además de aportar estrategias de valorización de beneficios de difícil cuantificación y de ello obtener conclusiones y recomendaciones para su construcción, validación y operación.

7.- RESULTADOS ESPERADOS

Valor actualizado ex – ante y ex – post, y estimación del aporte total de valor, de la aplicación de modelos de simulación para cuatro casos concretos en Chile y su comparación.

Análisis de los componentes de costo y beneficio de cada caso y su relación con los resultados directos de la simulación.

Análisis y discusión de la validez y fortaleza de los modelos considerados y sus respectivos valores, a la luz de requisitos básicos para su construcción y operación.

8.- SELECCIÓN DE CASOS

Los casos a analizarse han sido escogidos entre el acervo de casos desarrollados por SIMULA UC disponibles en los siguientes campos de aplicación:

- Servicios de salud
- Ferrocarriles
- Consumo masivo
- Minería
- Telecomunicaciones

- Manejo de clientes

Los criterios de selección han sido los siguientes:

- Que se tenga acceso a los ejecutivos usuarios involucrados en el modelo y su proceso.
- Que se tenga acceso al modelo y sus datos
- Que se tenga acceso a los ejecutores del modelo
- Que correspondan a diferentes campos

Los casos seleccionados son los siguientes:

- 1.- DDV Beverages Empresa de consumo masivo (Modelo de abastecimiento)
- 2.- Mountain Mining Co. Empresa minera subterránea. (Modelo de gestión de mantención)
- 3.- GDBC rail Empresa ferroviaria (Modelo de gestión de convoyes)
- 4.- Starcel Com Empresa de telecomunicaciones (Modelo de manejo de clientes y sucursales)

En la presentación de los casos por razones de confidencialidad se hace uso de nombres de fantasía y de una denominación de moneda ficticia el BITCOIN (BC\$)

9.- CASO DDV BEVERAGES

9.1.- DESCRIPCION Y ANALISIS DEL MODELO

9.1.1. ANTECEDENTES

DDV Beverages es una multinacional con operaciones en 6 países, que concentra más de 120 marcas y exporta a 85 países con ventas anuales de MM BC\$ 55,480 de los cuales su operación matriz representa MM BC\$ 35, 266

Su negocio matriz se divide en dos tipos de flujos prácticamente independientes: Acarreo y Porteo.

El primer flujo corresponde al que realizan camiones entre centros de distribución (llevando productos o envases), mientras que el segundo corresponde al que realizan camiones desde el centro de distribución hacia diferentes destinos comerciales como supermercados, petroleras comercio menor.

Su central de abastecimientos cuenta con dotaciones de grúas y grueros para movimiento, carga y descarga, chequeadores que verifican cargas y contenidos en las diversas etapas y operadores de picking que preparan pedidos y pallets de diverso tipo que son cargados y/o descargados de camiones de distintas características y capacidades. Esto además de una enorme variedad de otras funciones auxiliares y paralelas que son relativamente independientes del flujo central de operaciones.

Esta gran variedad de entidades y recursos poseen una dinámica compleja que se suma a la presencia de una demanda con significativa estacionalidad. Estos dos aspectos son de difícil gestión, y hacen que en períodos de alta demanda la capacidad operativa de la central se vea sobrepasada. De este modo el despacho se hace lento, se genera congestión de camiones que bien

no pueden salir por largas esperas y procesos, como no pueden entrar y esperan fuera de la central y generan congestión urbana importante. En estas circunstancias DDV Bev no logra abastecer toda su demanda, lo que perjudica su negocio.

DDV Bev. reacciona a esta situación con aumentos de dotación y equipos, sobretiempo e incremento de stocks pero sin un resultado claro y con desconocimiento del impacto real de esas medidas.

9.1.2.- TIPO DE MODELO SOLICITADO

Ante la situación antes descrita DDV Bev. desea contar con una herramienta para entender las dinámicas de la central, con el fin de poder planificar de mejor forma la operación especialmente en períodos de congestión.

Por lo anterior DDV Bev contrata el desarrollo de un modelo de simulación de su central de distribución.

9.1.3.- OBJETIVOS

9.1.3.1.- GENERALES

Entender las causas y dinámicas de la congestión en la central. Determinar el efecto sobre la congestión de los distintos factores a saber, personal en sus diversas funciones, horarios de trabajo, cantidad de grúas, equipos y recursos y volumen y características de la demanda. Todo lo anterior con el fin de poder planificar la operación en períodos de alta demanda..

9.1.3.2.- ESPECIFICOS

Representar el flujo de camiones en la central.

Dimensionar y estudiar el efecto sobre la capacidad y la congestión de la central de los siguientes:

- Dotaciones de personal en cada función
- Cantidad de recursos – grúas – por función
- Horarios de trabajo
- Flotas de camiones
- Demanda por productos

9.1.4.- METODOLOGIA Y CONCEPTO

Se construyó un modelo que representa el flujo de camiones dentro de la central de distribución. El modelo considera el carácter estocástico de los procesos, esto es, la aleatoriedad de los diversos elementos del modelo. Se generaron así, procesos aleatorios para todas las variables en juego de modo que para cada réplica o “corrida” del modelo se generara una particular historia de cada proceso modelado reflejando su aleatoriedad. El análisis final se hace sobre la base del resultado de muchas réplicas que en su conjunto ayudan a entender los posibles desenlaces de la historia simulada.

El modelo permite estudiar distintos escenarios de interés para DDV, cosa que se logra mediante cambios en los parámetros y variables que definen el modelo.

Tanto el modelo conceptual como el computacional fueron correctamente validados y verificados para asegurar con un alto nivel de confianza, que los resultados fueran válidos y representaran la realidad.

A fin de abordar y reflejar los problemas de estacionalidad en la demanda, el horizonte de simulación escogido es un mes. Así los resultados que se obtienen dependen del mes escogido

Los distintos meses se diferencian en la demanda (tanto en acarreo como en porteo) como se ve en la tabla siguiente que muestra las proyecciones de DDV para acarreo durante el primer semestre de 2013

En ellas, a partir de la proyección de demanda mensual de acarreo hecha por DDV, esta se divide uniformemente durante el mes para obtener una estimación de la demanda diaria por camiones.

Mes 2013	ene	feb	Mar	abr	may	jun	jul
Pallets	69,254	84,681	84,323	68,863	66,231	56,375	59,885
Dias	26	26	26	26	26	26	26
Camiones dia	95	116	115	94	90	77	82

Tabla 1 Proyección de demanda DDV 2013

9.1.5.- ESTRUCTURA Y COMPLEJIDAD

Aparte de la estructura interna del modelo, es importante estimar su complejidad, la que de algún modo puede determinar características de uso y de posible evolución del modelo.

Considera 24 tipos de entidad:

Camiones (6 tipos)
grúas según función (8 tipos)
personal de picking o piqueadores (5 tipos distintos).
Chequeadores (5 tipos distintos)

Considera 36 variables aleatorias

Las principales variables usadas son:
Demanda diaria (para acarreo y porteo)
Tiempo de carga y descarga de camiones
Tiempo de chequeo
Tiempo de viaje camiones de porteo.

Como parámetros usa:

- Flota porteo
- Dotación de grúas por función
- Dotación de chequeadores por función
- Dotación de piqueadores
- Espacios de estacionamiento de camiones

Como medidas de desempeño usa:

- Tiempo de permanencia en la central
- Tiempo de carga de camiones acarreo en interplanta
- Utilización de grúas
- Utilización de chequeadores
- Congestión (línea de espera)
- Cumplimiento de demanda en porteo

9.2.- ESCENARIOS A VALIDAR Y A SIMULAR.

El modelo conceptual puede subdividirse en tres flujos principales:

Acarreo: Corresponde al flujo realizado por los camiones de acarreo. Ellos entran a la central para descargar y/o cargar, y después de chequear se retiran.

Porteo: Corresponde al flujo realizado por los camiones de porteo, que inician su ciclo estacionados en la central donde son cargados durante la noche. Una vez cargados salen a entregar sus productos en diferentes destinos. Terminado esto vuelven a la central a descargar saldos y eventualmente re cargar un segundo viaje.

Picking: Corresponde al proceso de confección de pallets destinados a porteo.

El modelo fue completamente validado con los datos de Enero 2013 para acarreo y los de Marzo 2013 para porteo, esto último, para ajustarse a la disponibilidad de datos por parte de la empresa. Los datos de validación para el mes de enero de acarreo entregó los siguientes datos

VALIDACION ENERO ACARREO

	Enero 2013	Simulación 20 corridas
Camiones	90	89.8
Tiempo de carga	0.89	0.89
Tiempo permanencia	3.45	3.54

Error promedio 5.7%

VALIDACION MARZO PORTEO

Los datos de validación para porteo (mes de marzo) fueron los siguientes:

	Marzo 2013	simulación	error promedio
Número de vueltas promedio (viajes promedio por camión)	1.358	1.356	0.2%
Tiempo de permanencia	0.87	0.73	16.0%
Tiempo de viaje 1º vuelta	6.90	6.40	7.2%
Tiempo de viaje 2º vuelta	4.88	4.91	0.6%

9.3.- RESULTADOS DE LA SIMULACION

Los escenarios simulados fueron un mes de demanda media y uno de demanda alta

Escenario 1: Marzo 2013

Escenario 2: Diciembre 2013

Adicionalmente a esto se simuló la transferencia de la carga correspondiente al Distrito Oeste desde porteo a acarreo en el mes de diciembre

9.3.1.- RESULTADOS DE LA SIMULACION DE PORTEO

La simulación del flujo de porteo para el mes de marzo puede resumirse en la siguiente tabla:

Nº CAMIONES	98
TIEMPO PERMANENCIA	0.51 HRS
CUMPLIMIENTO DEMANDA	99.17 %
UTILIZ. GRUAS CARGA	21.42 %
UTILIZ. GRUAS PALLETS	19.48 %
UTILIZ. ESTACIONAMIENTO	32.33 %
UTILIZ. CHEQUEADORES	29.87 %

Tabla 2 resultado porteo marzo

Se puede apreciar que el resultado de la simulación es de gran holgura y comodidad a la vez que presenta un óptimo cumplimiento de la demanda.

La simulación del flujo de porteo para el mes de diciembre contempló un aumento de la eficiencia de las grúas y chequeadores para reflejar el hecho de que la presión induce en este caso una mayor eficiencia. Ella puede resumirse en la siguiente tabla:

Nº CAMIONES	149
TIEMPO PERMANENCIA	0.54 HRS
CUMPLIMIENTO DEMANDA	86.5 %
UTILIZ. GRUAS CARGA	29.49 %
UTILIZ. GRUAS PALLETS	30.83 %
UTILIZ. ESTACIONAMIENTO	48.37 %
UTILIZ. CHEQUEADORES	47.84 %

Tabla 3 resultado porteo diciembre (base)

El bajo cumplimiento se explica por la incapacidad de la flota de abordar un perfil de demanda muy desbalanceado durante el mes.

Para abordar ese problema, se volvió a simular con un aumento de flota del 8% y se obtuvo el siguiente resultado:

Nº CAMIONES	161
TIEMPO PERMANENCIA	0.54 HRS
CUMPLIMIENTO DEMANDA	96.9 %
UTILIZ. GRUAS CARGA	29.84 %
UTILIZ. GRUAS PALLETS	31.09 %
UTILIZ. ESTACIONAMIENTO	50.96 %
UTILIZ. CHEQUEADORES	48.5 %

Tabla 4 resultado porteo diciembre mayor flota

Se puede apreciar un excelente cumplimiento de demanda, y que a pesar del aumento de flota no hay aumento de congestión.

Como alternativa a lo anterior se procedió a generar un escenario en que se traspasa una porción de la demanda de porteo, la que corresponde al distrito oeste, para que sea servido por los centros de distribución subsidiarios. Esto implica traspasar esa carga desde porteo a acarreo. El resultado para porteo de esta descarga se muestra a continuación.

Nº CAMIONES	125
TIEMPO PERMANENCIA	0.52 HRS
CUMPLIMIENTO DEMANDA	94.4 %
UTILIZ. GRUAS CARGA	23.2 %
UTILIZ. GRUAS PALLETS	29.4 %
UTILIZ. ESTACIONAMIENTO	40.2 %
UTILIZ. CHEQUEADORES	40.3 %

Tabla 5 resultado porteo diciembre sin D. oeste

Esta alternativa sin embargo supone un aumento de la carga en acarreo y mayor uso de camiones. De acuerdo a las entrevistas con los ejecutivos, esta alternativa fue la implementada como la más favorable.

PROYECCIONES DE DDV PARA 2014 Y ESTIMACIONES DE AHORRO EN PORTEO

La bibliografía es asertiva en términos de que las empresas deben definir criterios estrictos y medibles de beneficios para sus proyectos de TI (cosa que es válida para cualquier otro proyecto). De acuerdo a lo anterior los ejecutivos tienen que poder identificar métricas cuantitativas y monetarias para medir el valor que aporta cada proyecto. Un ejemplo claro y notable es la metodología de Value Dials de INTEL que identifica valores con casi cualquier variable de desempeño corporativa estableciendo un valor actual y uno deseable(6). Un elemento favorable en este caso es que DDV tiene valorizado el aporte de sus diversas variables de desempeño, lo que hace sencilla la evaluación de decisiones alternativas.

Durante las entrevistas con los ejecutivos se analizó los resultados de la simulación obtenidos, y también la proyección de escenarios y decisiones para el año 2014.

De acuerdo a lo anterior, para 2014 se tuvo un aumento de demanda de aproximadamente un 20% y se observó una reducción de la flota de porteo en un 5%. De acuerdo con esto, la situación

proyectada de porteo quedaría comparativamente como se muestra en la siguiente tabla. En ella se muestra además el ahorro que esta situación habría generado en meses de baja y alta demanda, considerando que para DDV el costo de un camión – mes es de BC\$ 200,000.

MARZO DICIEMBRE

CANT. CAMIONES INICIAL	98	161
INCREMENTO DEMANDA 20%	20	32
TOTAL CAMIONES	118	193
CANT. CAMIONES FINAL	112	143
AHORRO CAMIONES	6	51
AHORRO CAMIONES BC\$	1,176,000	10,140,000

Tabla 6 proyección porteo 2014 y ahorros por mes

9.3.2.- RESULTADOS SIMULACION DE ACARREO

Los resultados de la simulación de acarreo de marzo pueden resumirse en la tabla siguiente:

Nº CAMIONES	115
TIEMPO DE CARGA	0.66 HRS
TIEMPO PERMANENCIA	4.12 HRS
UTILIZ. GRUAS	49.74 %
UTILIZ. CHEQUEADORES	66.13 %
UTILIZ. ESTACIONAMIENTO	60.81 %
CONGESTION (CAMIONES)	9.72

Tabla 7 Resultado acarreo marzo

Se puede ver que la permanencia aumenta respecto de la validación de enero, pero lo hace en menor proporción que el aumento de camiones.

En el escenario de alta demanda de fin de año el escenario se presenta mucho más ajustado y congestionado, tal como se muestra en la tabla siguiente.

Nº CAMIONES	150
TIEMPO DE CARGA	0.78 HRS
TIEMPO PERMANENCIA	6.56 HRS
UTILIZ. GRUAS	77.93 %
UTILIZ. CHEQUEADORES	85.83 %
UTILIZ. ESTACIONAMIENTO	82.5 %
CONGESTION (CAMIONES)	30.2

Tabla 8 resultado de acarreo diciembre

Cuando a este escenario se le adiciona el servicio de la mayor carga proveniente del distrito oeste se obtiene los siguientes resultados.

Nº CAMIONES	159
TIEMPO DE CARGA	0.81 HRS
TIEMPO PERMANENCIA	7.33 HRS
UTILIZ. GRUAS	83.9 %
UTILIZ. CHEQUEADORES	90.6 %
UTILIZ. ESTACIONAMIENTO	88.4 %
CONGESTION (CAMIONES)	38.05

Tabla 9 resultado de acarreo diciembre con d. oeste.

Un análisis preliminar muestra que la gran congestión tiene que deberse al exceso de utilización en grúas y chequeadores. Esto queda demostrado al volverse a simular con un chequeador adicional, al que posteriormente se le agregan hasta 2 grúas de apoyo a la carga. Estos cambios permiten el resultado de la tabla siguiente.

Nº CAMIONES	159
TIEMPO DE CARGA	0.83 HRS
TIEMPO PERMANENCIA	4.28 HRS
UTILIZ. GRUAS	72.4 %
UTILIZ. CHEQUEADORES	45.9 %
UTILIZ. ESTACIONAMIENTO	62.5 %
CONGESTION (CAMIONES)	10.52

Tabla 10 resultado acarreo diciembre con d. oeste y refuerzo recursos

Con estos refuerzos se obtiene una situación muy similar al resultado de marzo, un mes de demanda media. De esto se desprende que se puede asumir el distrito oeste en acarreo sin colapsar.

PROYECCION DE DDV A 2014 Y ESTIMACIONES DE AHORRO EN ACARREO

Durante las entrevistas con los ejecutivos se analizó también la proyección de escenarios y decisiones para acarreo durante el año 2014.

De acuerdo a lo anterior, se tuvo un aumento de demanda de aproximadamente un 20%, mientras que los costos totales de espera del año anterior atribuibles a acarreo se mantuvieron constantes.

De acuerdo con esto, la situación proyectada de acarreo quedaría comparativamente como se muestra en la siguiente tabla. En ella se muestra además el ahorro que esta situación habría generado en meses de baja y alta demanda, considerando que para DDV el costo hora camión en espera es de BC\$120. Se incluye además el efecto de mayor número de camiones por traspaso del distrito oeste (que generó un ahorro de camiones en porteo)

	ENERO	MARZO	DICIEMBRE
CAMIONES INICIAL	90	115	142
ADIC TRASPASO D. OESTE			17
INCREMENTO DEMANDA 20%	18	23	28
TOTAL CAMIONES	108	138	170
HRS ESPERA INICIAL	3.5	4.12	6.56
HRS ESPERA FINAL	2.8	3.30	3.42
AHORRO HRS/DIA/CAMION	0.70	0.82	3.14
AHORRO HRS MES	1,966	2,942	13,911
AHORRO HRS MES BC\$	235,872	353,059	1,669,375
MAYOR COSTO CAMIONES			3,400,000
AHORRO TOTAL MES BC\$	235,872	353,059	-1,730,625

Tabla 11 Proyección de acarreo 2014 con ahorro mes

9.4.- ESTIMACION DE UN VA EX POST DE BENEFICIOS EN EL CASO DDV

9.4.1.- CALIDAD DE LAS CIFRAS.

Al evaluar los beneficios de proyectos complejos, lo más común es tener que lidiar con criterios de valor equívocos, estimados las más veces a través de variables Proxy, o bien con tiempos de desarrollo largo en que los flujos deben ser mediatizados por cálculos estadísticos que siempre contienen algún grado de arbitrariedad. Este es un caso poco usual, para el cual el ejecutivo encargado de las cifras tiene valores monetarios claros para determinar el impacto de una variable de negocio, (6, pp92 – 94) y puede validar las cifras operacionales involucradas, y además enunciar valores inequívocos de costos y beneficios que serán aplicados a un perfil de tiempo muy acotado, que da garantía de que tales cifras mantienen vigencia. Tratándose más aún de proyectos con especial dificultad para evaluación, las cifras disponibles son señales potentes e inequívocas de los órdenes de magnitud involucrados. Ellos a posteriori pueden ser analizados, sensibilizados y mediatizados para determinar posibles rangos de mayor o menor validez pero casi nunca obliterados o desconocidos porque son sin lugar a dudas los mejores valores que se pueden obtener y son indiscutiblemente reales. Con estas salvedades, y bajo esta argumentación se procederá a usar los datos anteriormente expuestos para generar valores actualizados para los beneficios o costos que son atribuibles en buena parte al uso del modelo bajo análisis.

9.4.2.- DETERMINACION DEL PERFIL DE PROYECTO.

Dada la evolución esperada en las cifras que se han analizado se estima necesario restringir el perfil temporal del proyecto al mínimo razonable, que es el lapso de un año calendario. Para este período se usarán los perfiles de meses de alta media o baja demanda con sus cifras inherentes. Se usará un calendario de acarreo con demanda baja en los meses de enero, abril, mayo, junio y julio. Con demanda media en febrero, marzo, agosto, setiembre y octubre. Y con demanda alta en los meses de noviembre y diciembre. Este perfil se ajusta casi totalmente al perfil de demanda proyectado por DDV y usado para validar el modelo y simular. Del mismo modo se usará un

calendario de porteo con demanda media entre enero y octubre, y demanda alta en los meses de noviembre y diciembre, ambas validadas en el modelo. Las cifras a usarse serán las esbozadas por el ejecutivo de DDV entrevistado y que figuran como proyecciones para el año 2014

9.4.3.- CALCULO DE VALORES ACTUALIZADOS ESTIMADOS. (EX POST)

Sobre la base de las tablas 5 y 10 se han generado dos series de datos que corresponden a los ahorros para porteo y acarreo respectivamente durante 2014.

	PORTEO	ACARREO	TOTAL
ENERO	1,176,000	235,872	1,411,872
FEBRERO	1,176,000	353,059	1,529,059
MARZO	1,176,000	353,059	1,529,059
ABRIL	1,176,000	235,872	1,411,872
MAYO	1,176,000	235,872	1,411,872
JUNIO	1,176,000	235,872	1,411,872
JULIO	1,176,000	235,872	1,411,872
AGOSTO	1,176,000	353,059	1,529,059
SETIEMBRE	1,176,000	353,059	1,529,059
OCTUBRE	1,176,000	353,059	1,529,059
NOVIEMBRE	10,140,000	-1,730,625	8,409,375
DICIEMBRE	10,140,000	-1,730,625	8,409,375

Tabla 12 Flujos de ahorro en acarreo y porteo para VA

Sobre estas cifras, se ha calculado el valor actual para un año, con una tasa de 6% anual que corresponde al VA ex post del modelo el que da en cada caso:

VA ex post Porteo	BC\$ 30,592,569
VA ex post Acarreo :	BC\$ -405,586
VA ex post Total :	BC\$ 30,186,973

9.5.- ESTIMACION DE UN VA EX ANTE ESPERADO POR DDV Y SU COMPARACION CON UN VA EX POST OBTENIDO EN 9.4.-

De las entrevistas con ejecutivos de DDV relacionadas con el modelo en análisis se obtuvo para cada proceso, acarreo y porteo, el tipo de expectativa que se plantearon para los posibles logros. Para porteo el valor ex ante propuesto fue una reducción de 2% en la flota de porteo. Para acarreo el valor ex ante propuesto fue una reducción en una hora en los tiempos de espera.

Sobre la base de las tablas 5 y 10 se ha construido un perfil de flujos ex ante para acarreo y porteo, el cual será tratado de igual forma que los valores usados en 9.4.3.-

VALOR UNIT. MES CAMION BC\$ 200,000

	FLOTA INIC.	2% AHORRO	VALOR
ENERO	98	1.96	392,000
FEBRERO	98	1.96	392,000
MARZO	98	1.96	392,000
ABRIL	98	1.96	392,000
MAYO	98	1.96	392,000
JUNIO	98	1.96	392,000
JULIO	98	1.96	392,000
AGOSTO	98	1.96	392,000
SETIEMBRE	98	1.96	392,000
OCTUBRE	98	1.96	392,000
NOVIEMBRE	161	3.22	644,000
DICIEMBRE	161	3.22	644,000

Tabla 13 Valor ex ante de beneficios de porteo para DDV

VALOR UNIT. HR CAMION BC\$ 120

	FLOTA INIC.	HRS AHORRO	VALOR
ENERO	90	2340	280,800
FEBRERO	115	2990	358,800
MARZO	115	2990	358,800
ABRIL	90	2340	280,800
MAYO	90	2340	280,800
JUNIO	90	2340	280,800
JULIO	90	2340	280,800
AGOSTO	115	2990	358,800
SETIEMBRE	115	2990	358,800
OCTUBRE	115	2990	358,800
NOVIEMBRE	142	3692	443,040
DICIEMBRE	142	3692	443,040

Tabla 14 Valor ex ante de beneficios de acarreo para DDV

De los datos anteriores se calcula que en las mismas condiciones que los cálculos de 9.4.3.- se tiene que:

VA ex ante de porteo = BC\$ 5,030,528

VA ex ante de acarreo = BC\$ 3,946,787

VA ex ante total = BC\$ 8,977,316

VA ex post total = 3,36

VA ex ante total

9.6.- ESTIMACION DEL VALOR TOTAL APORTADO POR EL MODELO

Si bien al comienzo del estudio se establece que hay pérdida de demanda, esto no se logra dimensionar mediante datos concretos ni fue elemento mencionado.

Se debe suponer que dentro de las expectativas ex ante está recuperar la demanda, dado que los aumentos de costo de la operación sólo se justifican por este fin.

En todo caso, es de notar que cualquier ajuste aunque sea mínimo respecto del cumplimiento de la demanda tiene efectos desequilibrantes en las cifras globales tratadas. Esta variable no fue considerada en forma explícita.

Considerando que en el escenario inicial de la simulación, se estimaba una cobertura sólo del 86% de la demanda de porteo para los meses de alta demanda, y que esta realidad fue corregida mediante una transferencia de carga efectiva de porteo a acarreo, se puede entonces hacer un cálculo de la recuperación de ingresos vía mejor servicio de la demanda en meses altos.

Tomando las cifras de ventas del balance 2014, el 14% de demanda recuperado de porteo asciende a:

BC\$ 256,172,414

Tomando como margen sobre ventas el valor entregado por la corporación en el balance de 2014 que es de 14%, y una tasa de descuento de 6% anual, el valor presente recuperado es de:

BC\$ 35,596,939

Incluyendo las cifras anteriores como ahorro para efectos del cálculo del VA ex post, valor que al final viene a corresponder al valor total de los beneficios de la aplicación del modelo, el resultado se eleva a:

BC\$ 65,783,912

Considerando que el costo del modelo fue de aproximadamente BC\$ 880,000 la razón de beneficio/costo es de 74,75 veces.

9.7.- CICLO DE VIDA, EXITO Y FRACASO DEL MODELO

El modelo cumple con lo sugerido en la bibliografía referente a que este tipo de sistemas puede tener un VPN ex post que es varias veces su VPN ex ante y dadas sus características cae bien en la categoría de “tecnologías disruptivas”, instancias de relativo bajo costo y valor agregado que pueden crecer en forma muy interesante. (7) (8) y que debe estar en la mente de los ejecutivos como posible fuente de valor.

El modelo como herramienta de asistencia a la planificación para los ejecutivos, con un ciclo de vida interesante no tuvo éxito. Puede haber sucedido que algunos aspectos deseables emergentes no estuvieran adecuadamente valorizados (como si lo estaban la espera y el volumen de flota) por los ejecutivos, lo que pudo llevar a descuidarlos al momento de orientar el modelo. Llama la atención que en la expresión del tipo de modelo solicitado se hable de una herramienta pero ya a nivel de objetivos ese enfoque cambie a algo más rígido, ahí se puede insinuar una responsabilidad por parte de DDV.

El modelo como ayuda puntual en mejora de procesos básicos fue exitoso pues tuvo como elementos centrales ciertos “value dials” (6) como esperas y tamaño de flota, que claramente fueron valorizados por DDV y estuvieron siempre en primera línea.

Calidad y consistencia del equipo usuario:

En el caso DDV se tuvo apoyo superior y un líder y equipo adecuados. Sin embargo antes de concluir el líder fue transferido. No se alcanzaron a enunciar nuevas variables de valor para incorporar al modelo (tal vez no estaban identificadas o previstas aún) Esto dejó al proyecto limitado a los avances iniciales logrados, impidiendo su uso y adaptación posterior.

Grado de involucramiento de los usuarios en el diseño del modelo.

Se puede afirmar que hubo una fluida interacción entre constructores y usuarios de modo que el modelo representó fielmente la realidad observada, y por extensión se puede afirmar que hubo adecuado involucramiento de los usuarios.

Alineamiento del modelo con las variables de valor del usuario

El modelo se centró en una serie de variables para las cuales existía una clara valoración económica por lo que se puede afirmar que hubo un claro alineamiento del modelo con las variables de valor del usuario. Sin embargo, del análisis del resultado del modelo por parte del usuario, se puede insinuar que faltó tal vez poner al frente desde un principio, más criterios de valor relevantes, orientados a la futura adaptación del modelo, y no sólo los pocos en que se centró.

Incorporación de una visión de gestión por parte de los constructores del modelo.

El equipo constructor aportó una importante cuota de expertise en operaciones incluyendo análisis que acercan el proyecto a una asesoría. Esto puede explicar en buena medida los innegables resultados obtenidos.

Disponibilidad del modelo para uso directo por el usuario.

El modelo de acuerdo a los ejecutivos involucrados (equipo original) falló en constituirse en una herramienta operada por los usuarios que evolucionara según las necesidades y permitiera “jugar” y evaluar impactos. Esto puede haber tenido que ver con la complejidad del modelo y su enfoque marcado sólo a ciertas variables a las que DDV les dio mucha importancia. El constructor por su parte no generó una herramienta propiamente tal a disposición del usuario. Esto unido a la orfandad en que fue cayendo el proyecto pueden haber resultado en la relativa parálisis y consecuente evaluación negativa de su ciclo de vida.

Acompañamiento en el uso del modelo por parte de los constructores.

De los juicios de evaluación del usuario, se deduce que faltó acompañamiento debido al usuario, que permitiera actualizar y reenfocar aspectos del modelo. Esto en buena medida se debió a la desintegración del equipo a cargo por parte del usuario.

La obtención de todo el valor neto posible de una inversión de sistemas, requiere del uso, la mantención y adaptación del sistema a la evolución de los requerimientos de la gestión involucrada durante un ciclo de vida. Pero esto también implica la enérgica proactividad del usuario, puesto que es perfectamente posible un largo ciclo de vida de tipo plano y sin aporte. Es importante que los ejecutivos involucrados saquen a luz oportunamente todos los criterios y variables de valor relevantes al momento de orientar un modelo. Tal vez en este caso, el enfoque se centró desde un comienzo en un subconjunto pequeño de variables de valor, que con la desintegración del equipo no evolucionaron e impidieron su progreso..

Adaptación del modelo para incorporar nuevas variables y resultados

Según DDV fue un modelo estático que entregó recomendaciones aceptables pero muy previsibles, y no alcanzó a incorporar circunstancias clave. El modelo en buena medida sirvió para confirmar decisiones y medidas ya previstas. Un elemento interesante es que en la breve revisión con DDV no salió a luz ninguna variable diferente a las abordadas en el modelo.

Como resumen final DDV considera que el modelo, pese a sus aciertos no fue exitoso. En todo caso DDV expresa que piensa retomar el modelo y actualizarlo.

10.- CASO MOUNTAIN MINING CO.

10.1.- DESCRIPCION Y ANALISIS DEL MODELO

10.1.1. ANTECEDENTES

Mountain Mining es una empresa productora de cobre que opera desde 1970. Su producto actual es de 260,000 toneladas anuales de cobre fino y su subproducto, molibdeno. Mediante un gran proyecto de ampliación incrementará su operación desde 94,000 toneladas día de material, a 244,000 toneladas día. Se calcula que el proyecto permitirá explotar 6,000 millones de material en un plazo de 60 años, pasando a una producción de 643,000 toneladas anuales de cobre fino.

Este proyecto de expansión requiere de un vasto programa de infraestructura, dentro del cual se incluye la infraestructura para mantención de camiones que incluye naves de talleres de mantención, de lavado de camiones y manejo de neumáticos.

Dado que la faena enfrenta una dramática restricción de espacio físico para su layout, la determinación correcta del espacio a ocupar por cada componente es crucial puesto que una vez comprometido ese espacio y coordinado con el resto del layout, no existe posibilidad de reubicación o expansión del mismo.

Para el proyecto, la vicepresidencia de estudios determinó la capacidad de naves de mantención, considerando los porcentajes de disponibilidad de equipos y los tiempos medios de permanencia.

En esto no consideró la variabilidad de los tiempos de cada mantención, y supuso una utilización del 100% para las instalaciones.

La resultante de esto fue el diseño de una instalación con 10 naves de mantención, una nave de taller de neumáticos y una nave de lavado (para un número de mantenciones se requiere el lavado previo).

Por otro lado Mountain dispone de un benchmark de la industria, que recomienda disponer de una nave por cada 7 equipos, lo que representa una dotación de 12 naves.

La operación de Mountain puede resumirse en tres ámbitos:

Faena. Donde las palas solicitan la asignación de camiones

Zona de espera o ruteo. Estación virtual donde se asignan los camiones disponibles a la espera de ser asignados a palas.

Zona de talleres. Aquí son asignados los equipos que fallan o deben realizar mantención preventiva a la espera de su mantención.

Cada equipo tiene un plazo fijo de mantención preventiva cumplido el cual debe dejar la faena o la zona de espera e ingresar a talleres. Adicionalmente cada equipo puede experimentar fallas que lo sacan de faena y lo envían a espera de ser mantenido sea en las naves de talleres o en la nave de neumáticos.

Considera el modelo tres tipos adicionales de eventos:

Colación: Período en que el equipo pasa a no disponible.

Cambio de turno: Período en que los equipos no están disponibles

Tormenta: Se predicen con 48 horas de antelación y durante ellas se reduce el número de equipo operacionales a un 60%, y estos deben equiparse con cadenas, proceso que se realiza en la nave de cadenas o en las naves de talleres y que se trata básicamente como una falla..

10.1.2.- TIPO DE MODELO SOLICITADO.

Ante la disyuntiva planteada Mountain decide contratar un modelo de simulación que permita dilucidar cual de las dos alternativas es la más conveniente, de modo de soportar el aumento de flota y mantener una tasa de disponibilidad adecuada al nivel de desempeño exigido a la operación.

10.1.3.- OBJETIVOS

10.1.3.1.- GENERALES

Evaluar las consecuencias de optar por 10 o 12 naves en el cumplimiento del plan minero del proyecto, la disponibilidad de equipos en faena y la utilización de los mismos

10.1.3.2.- ESPECIFICOS

Simular la operación de la zona de talleres para los primeros 19 años, a partir de 2019, especialmente los años 2023 y 2032 que concentran los máximos requerimientos. (Posteriormente a esa fecha los requerimientos bajan significativamente.)

Evaluar la disponibilidad física de los equipos en función del número de naves existentes, de forma de cuantificar el impacto del número de naves en el cumplimiento del plan minero.

10.1.4.- METODOLOGIA Y CONCEPTO

Para generar resultados representativos se generaron 10 réplicas para cada escenario. Cada réplica considera los mismos parámetros pero la secuencia de eventos aleatorios varía mostrando la variabilidad de los procesos. Los resultados a exponerse corresponden al promedio de cada indicador utilizado sobre las réplicas generadas. Haciendo cambios en parámetros y variables se pueden obtener escenarios distintos.

El horizonte de simulación es de 19 años

10.1.5.- ESTRUCTURA Y COMPLEJIDAD

Aparte de la estructura interna del modelo, es importante determinar su complejidad, la que de algún modo puede determinar características de uso y de posible evolución del modelo.

Considera 5 tipos de entidad:

Camiones
Cargadores
Equipos de apoyo.
Equipos con orugas
Palas

Los equipos móviles (todos menos las palas) pueden tener 3 estados posibles:

Disponible operacional
Disponibles no operacional
No disponible

Considera 16 atributos o variables, 6 de ellas variables aleatorias

Como parámetros usa:

- Flota de camiones
- Dotación de palas
- Dotación de equipos de apoyo
- Naves de mantención

Como medidas de desempeño usa:

- Utilización promedio del sector talleres
- Proporción del tiempo en que se usan 1,2,3 etc., naves de talleres de mantención

- Horas camión perdidas. Horas no disponibles por estar en taller o en espera
- Porcentaje de cumplimiento del plan minero anual
- Disponibilidad promedio de los equipos

10.2.- ESCENARIOS A VALIDAR Y A SIMULAR.

Se calibraron las distribuciones de probabilidad de los tiempos entre fallas para reproducir el comportamiento promedio real, y la disponibilidad promedio anual de la flota real.

Como validación inicial se simuló la situación actual con una flota de 20 camiones y 20 equipos de apoyo.

En esta validación se obtuvo una disponibilidad simulada de 81.57%, mientras que la disponibilidad real informada por Mountain es de 81% . Esto confirma la validez del modelo.

Validaciones de consistencia fueron realizadas para cada escenario simulado contrastando el output frente a variaciones del requerimiento minero La disponibilidad de equipos, la ocupación de los talleres y las horas de camión perdidas.

10.3.- SIMULACION DE BENCHMARK CON 50 NAVES

Para iniciar, se simuló el programa minero de Mountain de 2019 a 2037 con una cantidad muy grande de naves, a fin de detectar los niveles de uso de las mismas frente al proceso de fallas, el plan de mantención y la lógica de operación.

Como resultado se obtuvo que:

Para un año de bajo requerimiento de flota como 2019, durante más del 50% del tiempo se ocuparon más de 10 naves.

Para un año de alto requerimiento de flota como 2032 durante más del 50% del tiempo se ocuparon más de 12 naves.

Nunca se ocuparon más de 26 naves por lo cual 26 naves puede computarse como disponibilidad de atención infinita.

Las disponibilidades de camiones y equipos de apoyo fueron de 87% y 85% respectivamente. Es importante destacar que en esta simulación no hubo tiempo de espera para atención en talleres, por lo que el suplemento de disponibilidad hasta 100% se explica por el proceso de mantenciones y fallas de los propios equipos, lo que es un indicio para posibles mejoras por mejor control de calidad y en la operación de los equipos.

El cumplimiento del plan minero por su parte es al 100% para años de bajo requerimiento de equipos, y no baja de 96% en años de alto requerimiento de equipos.

Las pérdidas resultantes en este caso, sólo podrían reducirse mediante una ampliación de la flota, o bien mediante una reducción de las tasas de falla mediante mejoras de la gestión.

10.4.- SIMULACION CON 10 NAVES

Se simuló el mismo plan minero pero con una dotación de 10 naves de talleres que fue la especificación de la vicepresidencia de estudios.

Como resultado, se obtuvo un nivel alto de congestión.

En un año de bajos requerimientos el 65% del tiempo estuvieron las 10 naves ocupadas, mientras en un año de altos requerimientos como 2032, el 80% del tiempo estuvieron ocupadas las 10 naves.

Analizando la disponibilidad camión de este escenario, ella baja de 87% en camiones a 60%, y de 85% en equipos de apoyo a 65%. Estas disminuciones de disponibilidad se explican sólo por la congestión en talleres.

Por su parte el cumplimiento del plan minero se reduce en un 40% en años de alto requerimiento.

10.5. SIMULACION CON 12 Y 14 NAVES

Se procedió a simular dos alternativas de ampliación de las naves de talleres, a 12 y 14 naves lográndose reducir las pérdidas en forma significativa. Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

NAVES TALLERES	CUMPLIMIENTO %	DISPONIBILIDAD %
12	90.3	75
14	96.8	83

Tabla 15 comparación entre 12 y 14 naves talleres

10.6.- VALORES EX ANTE Y EX POST Y VALOR APORTADO POR EL MODELO

En este caso el usuario requería confirmar una decisión que oscilaba entre 10 y 12 naves, con un diferencial de inversión de aproximadamente MMUS\$6.0. Por tanto ese valor es el esperado ex ante por el usuario.

Para el cálculo del valor ex – post se debe comparar los rendimientos y horas perdidas en cada caso, y que se muestran en la siguiente tabla:

NAVES TALLERES	HRS CAMION PERDIDAS	CUMPLIMIENTO %	DISPONIBILIDAD %
10	84989	75.1	57
12	34463	90.3	75
14	11239	96.8	83

Tabla 16 comparación entre 10, 12 y 14 naves talleres

Considerando un margen de BC\$ 1000 por hora camión, los valores involucrados en las tres alternativas consideradas como una serie de pagos anuales por 19 años con una tasa de descuento del 10% anual, son los que se muestran a continuación.

NAVES TALLERES	VALOR HRS CAMION MMBC\$	AHORRO ANUAL MMBC\$	V .A. 19 AÑOS MMBC\$	
10	85	0		
12	34	51	422.65	
14	11	74	616.91	194.27

Tabla 17 Valores y VA de las tres alternativas

En el caso más desfavorable, para pasar de 10 a 14 naves, se requeriría de una inversión en 4 naves adicionales por un valor total de MMBC\$ 12 para un ahorro de MMBC\$ 616.91.

La otra posibilidad de comparación es pasar de 12 a 14 naves, donde se requeriría de una inversión en 2 naves adicionales por un valor de MMBC\$ 6 para un ahorro de MMBC\$ 194.27

En todo caso, el valor ex – post y el valor aportado por el modelo coinciden y según la comparación puede ascender a MMBC\$ 604.91 o bien a MMBC\$ 188.27

10.7.- CICLO DE VIDA, EXITO Y FRACASO DEL MODELO

El modelo cumple con lo sugerido en la bibliografía referente a que este tipo de sistemas puede tener un VPN ex post que es muchas veces su VPN ex ante y dadas sus características cae bien en la categoría de “tecnologías disruptivas”, instancias de bajo costo y gran valor agregado que pueden crecer en forma muy interesante. (7) (8) y que debe estar en la mente de los ejecutivos como posible fuente de valor.

El modelo como herramienta de asistencia a la planificación para los ejecutivos fue muy exitoso pues respondió eficientemente a la necesidad de dimensionar el sistema de mantenimiento.

El modelo tuvo como elementos centrales los valores críticos “value dials” (6) como horas perdidas y cumplimiento del plan minero que aportaron claridad a las cifras finales.

Calidad y consistencia del equipo usuario:

En el caso Mountain se tuvo apoyo superior y un lider y equipo adecuados. El equipo monitoreó el desarrollo del modelo en todo momento y contribuyó al éxito de los análisis..

Grado de involucramiento de los usuarios en el diseño del modelo.

Se puede afirmar que hubo una fluida interacción entre constructores y usuarios de modo que el modelo fue repetidamente analizado y validado, con lo que representó fielmente la realidad observada, y por extensión se puede afirmar que hubo adecuado involucramiento de los usuarios.

Alineamiento del modelo con las variables de valor del usuario

El modelo se centró en una serie de variables para las cuales existía una clara valoración económica por lo que se puede afirmar que hubo un claro alineamiento del modelo con las variables de valor del usuario, lo que contribuyó a una clara evaluación y resultado económico.

Incorporación de una visión de gestión por parte de los constructores del modelo.

El equipo constructor aportó una importante cuota de expertise en operaciones incluyendo análisis que acercan el proyecto a una asesoría en gestión. La ampliación del ámbito de la simulación y la exploración de un mayor número de naves resultó en un análisis exitoso que abrió posibilidades de mejoras innegables. Esto puede explicar en buena medida los contundentes resultados obtenidos.

Disponibilidad del modelo para uso directo por el usuario.

El modelo tuvo un objetivo muy específico que se cumplió en su primera etapa, lo cual hizo menos interesante su uso posterior. El hecho de no constituirse en una herramienta operada por los usuarios que evolucionara según las necesidades y permitiera “jugar” y evaluar impactos, perdió relevancia frente a las respuestas específicas que se necesitaban de él, y que lo hicieron exitoso. Sin embargo la característica analizada podría haber traído beneficios adicionales, al permitir refinar los análisis respecto de aspectos secundarios pero no menos relevantes como la situación de la atención del lavado, de neumáticos y de cadenas.

Acompañamiento en el uso del modelo por parte de los constructores.

El equipo constructor y el equipo usuario compartieron el proceso de desarrollo y operación del modelo. Este debido a su corta vida útil no dio lugar a un mayor acompañamiento del usuario. Si bien esto permitió extender la óptica original del usuario a elementos mas periféricos como las naves de cadenas y lavado que no estaban en el centro del problema, ellos podrían haber ameritado mayor análisis de haber existido un mayor acompañamiento.

Adaptación del modelo para incorporar nuevas variables y resultados

El modelo partió con una modificación de óptica al simular un ejercicio con infinitas estaciones, lo cual satisface de algún modo este criterio de evaluación.

11.- CASO GBDC.

11.1.- DESCRIPCION Y ANALISIS DEL MODELO

11.1.1- ANTECEDENTES

GBDC es una empresa con más de 120 años brindando servicios de transporte en el norte de Chile. Se constituyó en Londres el año 1888 cuando capitales ingleses adquirieron a la Compañía Huanchaca el ferrocarril y todos los derechos que dicha empresa mantenía en ese año. Hoy,

GDBC forma parte del Grupo Antofagasta PLC. y mantiene oficinas en Santiago (Chile) y en Londres (Inglaterra).

Con una dotación de 805 trabajadores y una red de 1.000 kilómetros de vía férrea, de trocha métrica, GDBC es hoy una de las principales empresas que desarrolla y ofrece soluciones de transporte en su medio. Durante casi un siglo, GDBC brindó sus servicios sólo por el modo ferroviario y, a partir de la década de los ochenta, la empresa comenzó a operar ofreciendo servicios integrales que combinan transporte ferroviario y carretero con servicios de transferencia y almacenamiento de cargas, así como también el embarque de cobre a la nave.

Las operaciones de GDBC se concentran en Chile. Desde sus estaciones y terminales, los servicios de GDBC se extienden hacia Bolivia, a través de la estación fronteriza de Ollagüe, punto de conexión con la Empresa Ferroviaria Andina S.A. También, el servicio de GDBC se proyecta hacia el Norte de Argentina y otros destinos en Sudamérica, a través de las vías de la empresa Ferronor.

Los servicios de GDBC a nivel regional, consisten esencialmente en el transporte de cátodos de cobre y ácido sulfúrico para las grandes empresas mineras. A nivel internacional, destaca el transporte de concentrados de zinc y plomo procedentes de Bolivia. En todos estos casos, GDBC ha alcanzado una posición de liderazgo.

11.1.2.- OBJETIVOS DEL MODELO

El objetivo principal del modelo es representar de forma adecuada las operaciones realizadas en las instalaciones de SFM, es decir, la recepción, atención y despacho de trenes que son parte de los programas y servicios ofrecidos por GDBC a sus clientes.

De forma adicional, se proponen los siguientes objetivos específicos para el modelo:

- Representar correctamente el proceso de llegada de trenes a las instalaciones de SFM en función de la hora de salida del día anterior y de otras variables relacionadas.
- Representar correctamente los tiempos de estadía de los trenes y carros en los distintos terminales de SFM, en CMM y en Carrocería.
- Obtener indicadores de desempeño para explicar el resultado de la operación simulada, de acuerdo a los indicadores utilizados actualmente por GDBC.
- Crear una herramienta que permita evaluar el impacto de cambiar diferentes variables de decisión, entre las cuales se proponen:
 - Agregar/quitar trenes al programa de GDBC.
 - Aumentar capacidad en la parrilla principal.
 - Modificar los recursos en CMM y en Carrocería.
 - Modificar la cantidad de locomotoras de maniobras disponibles en SFM.
 - Modificar la cantidad de carros de avance disponibles

11.1.3.- COMPONENTES PRINCIPALES DE MODELO

Para representar adecuadamente la realidad de SFM, el modelo propuesto considera la interacción de diferentes elementos. Estas interacciones son regulada de acuerdo a reglas, políticas y prioridades, en parte, identificadas durante el levantamiento de procesos e información, y en parte desarrolladas por los modeladores como parte de una propuesta. Este conjunto de reglas y políticas constituyen un modelo de “toma de decisiones”, que si bien no se encuentra explícito en GDBC, es fundamental para la modelación de SFM.

El modelo se compone principalmente de los siguientes componentes:

a) Red Ferroviaria de SFM: Red de vías ferroviarias, cambios y cruces existentes entre la estación Nivel (considerada como acceso a SFM) y cada uno de los terminales finales considerados en SFM. La red ferroviaria del modelo considera una simplificación de la red actual, ajustada para evitar un nivel de detalle innecesario y así lograr un mejor cumplimiento de los objetivos propuestos. A su vez, la red utilizada en el modelo se compone de líneas y nodos.

b) Trenes de GDBC: Representan el conjunto locomotora-carros que presta un cierto servicio a un cliente. Cada tren tendrá atributos que ayudan a definirlo, como por ejemplo el número de carros vacíos y cargados que debe llevar, las horas de diseño para su salida y regreso, entre varias otras. Cada tren generará un conjunto de actividades o servicios que deben llevarse a cabo en SFM, dependiendo de sus atributos.

c) Recursos definidos en SFM: Los recursos de SFM serán principalmente los terminales de atención ubicados en puntos específicos de la red modelada. Se incluyen:

- Terminales de carga de ácido (TM y INTERACID),
- Terminales de descarga de cobre / concentrado, (CPM y SC)
- Terminales de mantención de locomotoras y carros (CMM y Carrocería)

d) Otros recursos adicionales serán las locomotoras de maniobras y las locomotoras asociadas a los trenes que permanecen en SFM. Estos últimos recursos serán los encargados de realizar los movimientos asociados. Se consideran también como recursos al número de Carros de Avance definidos al inicio de la simulación.

e) Conjunto de políticas y reglas de operación (Modelo de Toma de Decisiones): En el sistema real se toman decisiones de forma continua y reiterada con respecto al desarrollo de las operaciones, decisiones que tienen relación con qué recurso ocupar para una cierta actividad, qué prioridad asignar a las distintas tareas, qué hacer cuando se presenta un atraso en un tren, entre muchas otras. El modelo desarrollado incluye un conjunto de reglas y políticas para intentar representar la realidad en este aspecto. El conjunto de reglas establecidas en el modelo proponen - y constituyen - un modelo de toma de decisiones que es central al estudio

11.1.4.- HORIZONTE DE SIMULACIÓN

Se propone un horizonte de simulación de un mes para que el modelo pueda cumplir con los objetivos descritos anteriormente. Se ha decidido ocupar un horizonte de un mes puesto que se considera un tiempo prudente para poder representar todas las operaciones de SFM. Concretamente, las razones por las que se propone este horizonte son las siguientes:

- Se requiere un horizonte de al menos una semana para que el modelo tome en cuenta los días en que no se trabaja en Carrocería.

- Como el atraso de un tren afecta la llegada de dicho tren en el día siguiente, se necesita un horizonte lo suficientemente largo de modo que esta relación pueda ser apreciada.
- Debido a que las operaciones en SFM se repiten día a día, no es necesario modelar un periodo mayor a un mes.

11.1.5.- ALCANCES Y LÍMITES DEL MODELO

A continuación se detalla a grandes rasgos los límites del modelo, los cuales definen qué operaciones se consideran y con qué nivel de detalle:

- El modelo considera las operaciones desde la llegada de un tren a la estación Nivel hasta la salida de la misma. Esto implica que no se modelarán las operaciones ni traspaso de carga en Pampa cuando se realizan refrescos.
- Se considera una serie de simplificaciones en la red ferroviaria de SFM de modo de evitar un nivel de detalle innecesario y así lograr un mejor cumplimiento de los objetivos propuestos.
- Recursos humanos que trabajan en SFM (piso) se consideran de forma agregada en el modelo, y su impacto se refleja en los tiempos de operación y tiempos de espera de los trenes.

Se considera que la composición de los trenes (cantidad y tipo de carros) es fija según el diseño del tren. Esto quiere decir que no existe aleatoriedad en la cantidad de carros solicitados por los clientes. No obstante, el tren puede salir con un número distinto de carros por efecto del mercado de carros o la disminución de la carga (medida de contingencia para atrasos).

11.2.- ESTRUCTURA Y COMPLEJIDAD

A continuación se expone los elementos fundamentales considerados en el modelo, y sus variables consideradas, y su esquema de simulación y validación contra los datos duros de que se dispuso.

11.2.1.- RED FERROVIARIA SFM

La red modelada se propone en base a la red real de SFM y en base a la información disponible sobre la misma. La red resultante es una simplificación de la red real, para evitar así un nivel de detalle innecesario según los objetivos del modelo.

En la red del modelo se diferencian distintos tipos de líneas férreas, de acuerdo a su función y uso, según lo observado en el levantamiento de información. Los cruces y cambios se modelan como nodos que unen a las distintas líneas. Las líneas cuentan con un largo (capacidad) en metros, o en número de carros. A continuación se muestra un diagrama para la red modelada:

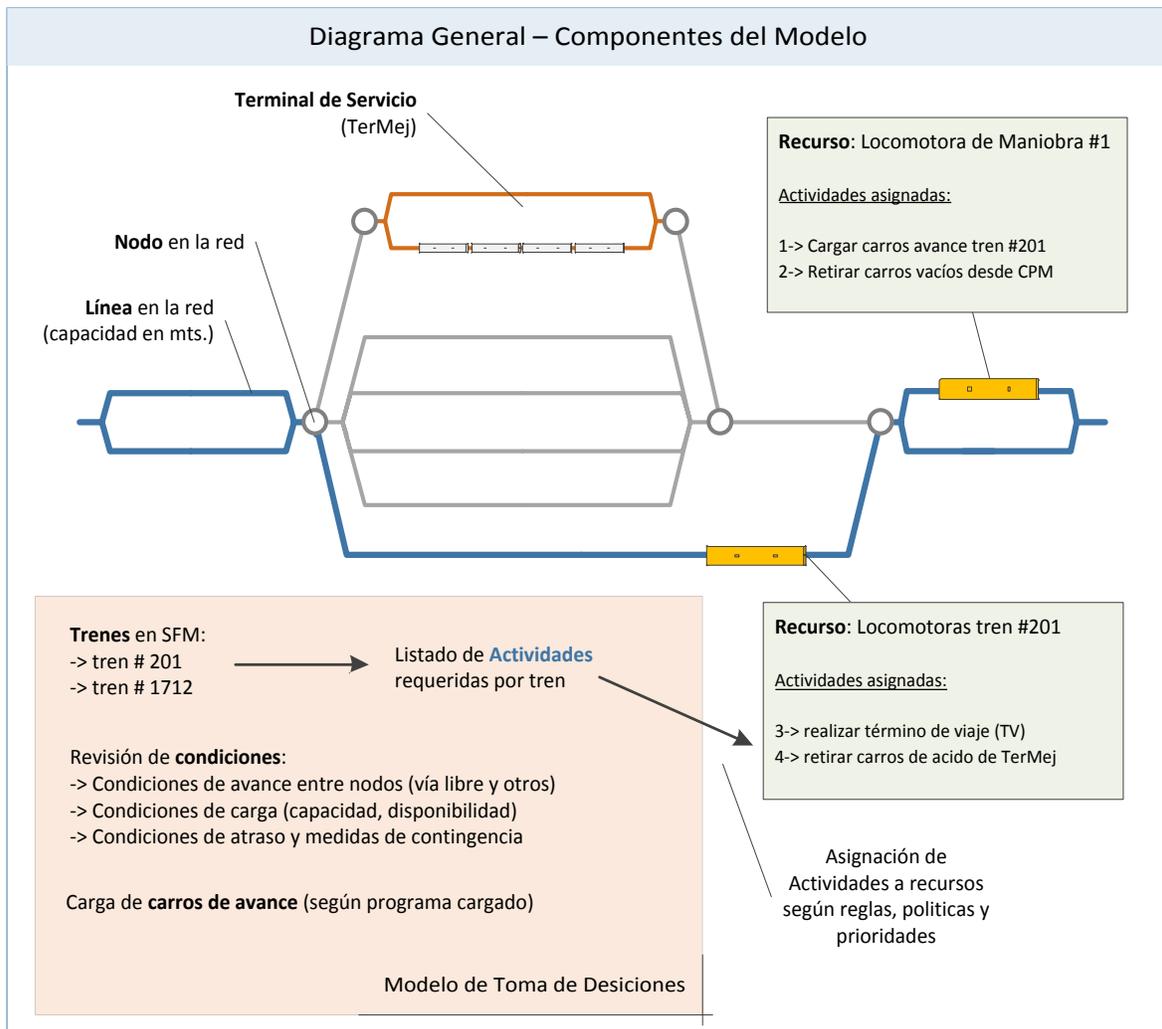


Figura 1 Diagrama general

LÍNEAS EN LA RED

Las líneas representan las vías férreas por donde circulan los trenes. Cada línea tiene un largo asociado y por lo tanto una capacidad. Las líneas de la parrilla principal tienen una capacidad expresada en [número de carros] según la información proporcionada por GDBC. En caso de necesitar una conversión de capacidad (metros disponibles a número de carros, o viceversa) se utilizará un largo estándar de 12[mts] por carro. Las líneas del modelo se clasifican en 4 categorías, según su uso, función o ubicación dentro de la red.

- a) **Líneas simples:** Son las líneas por donde solo se puede circular con un permiso de vía libre. Estas líneas son las de mayor distancia, y en general unen distintas estaciones y terminales dentro de la red. En el diagrama se representan con color verde.
- b) **Líneas principales:** Son las líneas cercanas a Terminal TM, utilizadas para el tránsito principal de los trenes. También son definidos como lugares donde los trenes pueden esperar el cumplimiento de alguna condición o lugares en donde ocurre el armado de trenes. En el diagrama se representan con color azul.

c) Líneas secundarias: Son líneas de tránsito cercanas a Terminal TM, que conectan las líneas principales con Casa de Maquinas (CMM), Carrocería, San Cristóbal (SC) y con la Parrilla principal de trenes. En el diagrama se representan con color gris.

d) Líneas de terminal de servicios: Líneas que se ubican en alguno de los terminales definidos en SFM. Los terminales son: Interacid, CPM, TM, CMM, SC y Carrocería. Los recursos utilizados para dar servicio a los carros y locomotoras se ubican en estas líneas. En el diagrama se representan con color naranja.

En total se definen 44 líneas en el modelo propuesto, según se indican en el diagrama anterior.

NODOS DE LA RED

Los nodos representan los cruces y cambios de vía del sistema real. A un nodo pueden llegar varias líneas, y pueden salir varias vías de él. En la realidad existen más cruces y cambios de los que se modelan, sin embargo, para evitar un nivel de detalle excesivo, se simplificaron varias zonas del sistema real, como se ve a continuación:

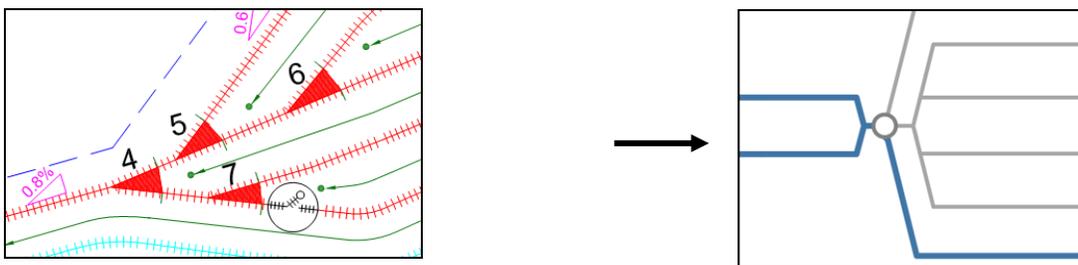


Figura 2 Simplificación de cruces y cambios

En la imagen anterior se puede observar como los cruces #4, 5, 6 y 7 del sistema real se consideran como un nodo único en el modelo.

Los nodos cumplen un rol importante en la modelación, ya que servirán como punto de revisión de condiciones para el movimiento de los trenes a través del sistema. En total se definen 21 nodos en el modelo, según se indica en el diagrama anterior.

MOVIMIENTOS A TRAVÉS DE LA RED

Los trenes y locomotoras se podrán mover a través de la red según las actividades que se vayan generando y asignando a cada una. Existen varias condiciones que se revisan antes de que un tren comience un movimiento entre un punto **A** y un punto **B**:

- Condición de vía libre: si el tren necesita pasar por alguna vía simple, se solicita al modelo de toma de decisiones la “vía libre”, o el permiso para circular por dicha línea. La “vía libre” se asignará en orden de llegada a los trenes / locomotoras que lo requieran.

El funcionamiento es el siguiente: cada vez que un tren necesita hacer un recorrido dentro de la red, evalúa si necesita utilizar alguna vía simple. De ser así, el tren realiza una solicitud que

demora un tiempo aleatorio, según la distribución TRIA (5, 10, 15) minutos. Una vez completada la solicitud, el tren se pone a la cola para acceder a la *vía libre* solicitada, en caso que ya esté ocupada y/o existan otras solicitudes anteriores. Una vez desocupada la *vía*, esta es asignada al tren y puede comenzar con el recorrido.

- Condiciones de uso de nodos & líneas: Si el tren debe ir desde un punto a otro, debe revisar la condición de uso de las líneas que forman parte de su recorrido (líneas principales, secundarias y de terminales). Una vez que exista disponibilidad de las líneas, el tren/locomotora las reserva, y luego de hacer el recorrido, las libera, impidiendo así el uso simultáneo de líneas por más de un tren.

- Condiciones de capacidad en destino: Si el tren debe viajar al punto B (ejemplo: Interacid) se debe cumplir con la condición de que exista capacidad en las líneas de terminal para recibir a dicho tren y los carros.

UBICACIONES ESPECIALES DENTRO DE LA RED

Se definen ubicaciones especiales dentro de la red para realizar algunas operaciones específicas. Se detallan a continuación:

a) Parrilla principal: la parrilla principal en terminal TM se compone de 4 líneas: Línea # 8, 9 10 y 11 en el diagrama del modelo. Líneas adicionales se agregarán a la parrilla en caso de que el usuario lo especifique. La función de las líneas en la parrilla es almacenar carros vacíos y cargados mientras esperan por una locomotora para transportarlos a una nueva ubicación. Por defecto, todos los carros vacíos de ácido deben ubicarse en la parrilla principal cuando llega un tren. También se ubicarán los carros recientemente cargados/descargados en alguno de los terminales, en el periodo de tiempo previo al armado del tren.

b) Líneas de armado de trenes: se definen zonas de armado de trenes, en las líneas # 4, 5, 6, 16 y 17 del diagrama del modelo. Las zonas de armado de trenes se utilizarán para consolidar trenes salientes a partir de carros ubicados en distintas partes de la red. Si un tren reserva una de las líneas para el armado, no se podrá utilizar por otro tren para circular o para el armado.

Un tren también se podrá armar en un terminal de carga/descarga, en caso de que la locomotora indicada visite un terminal y se encuentren todos sus carros en el lugar.

c) Líneas de espera para los trenes: En todas las líneas del modelo un tren podrá tener tiempos de espera antes de moverse a la siguiente ubicación. Las esperas se generarán por los siguientes motivos:

- Esperas por cumplimiento de condiciones: antes de partir, el tren puede esperar a que se cumpla alguna de las condiciones mencionadas en el punto 2.1.3.

- Espera por personal de piso: antes de partir, el tren puede esperar que se encuentre disponible el personal de piso necesario para la actividad que se va a realizar. Los tiempos de espera se podrán acotar en este caso, para validar el modelo.

- Espera por fallas en locomotoras y desrielos: El tren también deberá esperar en la línea cuando ocurran fallas asociadas a la locomotora o desrielos. Los tiempos de espera se ajustan a los datos históricos disponibles en GDBC.

d) Líneas de recursos en terminales: son líneas en donde se ubican los recursos utilizados para cargar, descargar, reparar y hacer mantención a los trenes y carros. Las líneas de recursos son las siguientes:

- a. Línea #12: línea de carga de ácido de Terminal TM, cuenta con 14 brazos.
- b. Línea #13: línea de carga de ácido de Terminal TM, cuenta con 14 brazos.
- c. Línea #21: línea de descarga de cobre en CPM.
- d. Línea #22: línea de descarga de cobre en CPM.
- e. Línea #27: línea de carga de ácido de terminal INTERACID, cuenta con 6 brazos.
- f. Línea #33: línea de descarga de concentrado en terminal San Cristóbal (SC).
- g. Línea #34: línea de descarga de concentrado en terminal San Cristóbal. (SC)
- h. Línea #40: línea de atención de locomotoras en CMM.
- i. Línea #41: línea de atención de locomotoras en CMM.
- j. Línea #43: línea de atención de carros en Carrocería.
- k. Línea #44: línea de atención de carros en Carrocería.

11.2.2. TRENES DE GDBC

La principal entidad que circula a través de la red del modelo son los trenes que prestan servicios a los clientes de GDBC. Los trenes se definen como un conjunto de locomotoras y carros, y cuentan con un número de atributos que definen sus características.

Atributos de los trenes

Los atributos del tren serán los siguientes en el modelo:

Números del Tren: números asociados al tren (# par para la llegada a SFM y # impar para la salida de SFM).

Cliente asociado: nombre los clientes asociados al tren.

Horas de diseño del tren: hora de llegada y salida de SFM según programa.

Número de locomotoras: número de locomotoras asociadas al tren.

Composición de Carros:

par: número de carros de cada tipo que trae el tren a SFM.

impar: número de carros de cada tipo que se lleva el tren desde SFM.

TV: indica si realiza término de viaje en SFM.

Frecuencia TV: frecuencia de la realización del TV.

Terminal de ácido asociado: indica si tren carga ácido en TM o en Interacid.

Ciclo del tren: si el tren es de 24 horas, 48 horas o 36 horas.

Refresco: posibilidad de realizar refresco para el tren.

ACTIVIDADES ASOCIADAS A UN TREN

Según los atributos definidos para cada tren, en el modelo se generará un listado de actividades que se deben completar para completar la atención del tren en SFM. Las actividades asociadas a un tren definidas en el modelo son las siguientes:

- a) Postura de carros vacíos de ácido en la parrilla principal
- b) Realizar término de viaje de locomotoras
- c) Cargar carros de ácido en terminal asociado
 - i. Transportar carros de ácido a Terminal asociado
 - ii. Transportar carros de ácido desde Terminal asociado
- d) Descargar carros cargados con cobre en CPM
 - i. Transportar carros de cobre a CPM
 - ii. Transportar carros de cobre desde CPM
- e) Descargar carros cargados con concentrado en San Cristóbal
 - i. Transportar carros de concentrado a San Cristóbal
 - ii. Transportar carros de concentrado desde San Cristóbal
- f) Armado de tren final
 - i. Transportar carros de ácido desde su ubicación a línea de armado asociada
 - ii. Transportar carros de cobre desde su ubicación a línea de armado asociada

El listado de actividades anterior se asignará a los recursos disponibles en el momento (locomotora del tren o locomotora de maniobra), dependiendo de las reglas establecidas, la hora de llegada del tren y el resto de políticas que constituyen el modelo de toma de decisiones.

El tren (como entidad única en el modelo) podrá dividirse en más entidades, como por ejemplo, en una entidad que representará un conjunto de carros estacionados en parrillas y en otra entidad que representara a las locomotoras del tren.

FALLAS Y DESRIELO DE TRENES

Además de las actividades asociadas a un tren, un tren puede detenerse en alguna vía o estación debido a fallas, tanto de carros como de locomotora, o debido también a posibles Desrielos. La principal diferencia entre falla o desrielo es el tiempo en que permanece detenido el tren.

Para modelar las fallas de un tren se observaron los datos históricos de las AFL con los cuales se determinó la probabilidad de que ocurra una o más fallas en un día. De esta forma, cada día de simulación se determina el número de fallas que ocurrirán en el sistema. La siguiente tabla muestra la probabilidad de que haya fallas en un día.

Número de fallas por día	Porcentaje
0	65.8%
1	27.9%
2	4.9%
3	1.1%
4	0.3%

Tabla 18 cantidad de fallas al día

Una vez que se determina el número de fallas del día, dichas fallas se asignan aleatoriamente y se asigna en que sector ocurrirá la falla. Los sectores posibles de fallas son las estaciones Nivel, empalme, Interacid, CPM y el sector de Terminal Mejillones. La siguiente tabla muestra la probabilidad de que ocurra una falla en alguno de estos sectores:

Lugar	Porcentaje
Nivel	11.9%
Empalme	9.5%
Terminal Mejillones	70.6%
CPM	2.4%
Interacid	5.6%

Tabla 19 Probabilidad de falla en diferentes sectores

Si se determina que la falla ocurre en Nivel, Empalme, CPM o Interacid, entonces el tren se detendrá, por un tiempo aleatorio, una vez que entre a dichas estaciones. Si la falla ocurre en Terminal TM, entonces la detención ocurrirá, aleatoriamente, en alguna de las líneas de la parrilla, en la línea principal o en alguna de las líneas de armado.

El tiempo de cada una de las detenciones es una variable aleatoria que se ajustará a los datos recibidos. Según lo observado en los datos, se piensa utilizar dos distribuciones de probabilidades, una para Nivel y Empalme y la otra para el resto de las estaciones. El siguiente gráfico muestra la distribución de los tiempos de falla para las estaciones del FSM



Figura 3 Histograma de duración de fallas para estaciones en SFM

Según los datos observados se consideraran dos zonas donde se pueden producir descarrilamientos, ya que son zonas donde es más común que ocurran descarrilamientos. Dichas zonas son: Parrilla más línea principal y entrada a CMM. Los tiempos de detención de los trenes en la vía donde ocurra el descarrilamiento será un tiempo aleatorio de entre 1 y 5 horas, según lo observado en los datos obtenidos

Por otro lado, otra causa de detención de trenes son los desrielos. Según los datos obtenidos se determinó que el sector comprendido por el modelo hubieron 4 descarrilamientos en el 2011 y 10 en el 2012. Debido a que la cantidad de desrielos son muy bajos, se ha decidido simular esta situación de la siguiente forma. Cada vez que se inicie la simulación existirá una probabilidad de un 60% de que ocurra un descarrilamiento. Si el modelo determina que habrá un

descarrilamiento, entonces el modelo determinará aleatoriamente que día de la simulación ocurrirá este descarrilamiento, que tren estará involucrado, en qué sector será y cuál será el tiempo en que dicha vía estará en desuso.

	Trenes	206/201	240/241	208/205	1714/705	1706/1703	210/209	202/207	242/243	1204/1203	1712/717
	Cliente	ABRA	GABY	CODELCO	MEL	CMZ	BOLIVIA	CODELCO/ABRA	GABY	SPENCE	MEL
Llegada	Carros EA53	20	28	-	-	-	-	5	28	14	-
	Carros EA43	-	-	-	24	20	-	9	-	-	24
	Carros PC gaviota	-	-	32	-	-	-	12	-	-	-
	Carros PC planos	-	9	-	-	-	-	-	-	12	-
	Carros ollas	-	-	-	-	-	52	-	-	-	-
Salida	Carros EA53	20	28	-	-	-	-	5	28	14	-
	Carros EA43	-	-	-	24	20	-	9	-	-	24
	Carros PC gaviota	-	-	32	-	-	-	12	-	-	-
	Carros PC planos	-	-	9	-	-	-	-	-	12	-
	Carros ollas	-	-	-	-	-	52	-	-	-	-
otros	Terminal Ácido	TerMej	TerMej/Intera	-	TerMej	TerMej	-	TerMej	TerMej/Intera	TerMej	Interacid
	TV en CMM	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI
	Frecuencia TV	-	-	SI	SI	-	SI	SI	DÍA X 1/2	DÍA X 1/2	SI
	N° Locomotoras	3	3	2	2	3	3	2	3	3	2
	Llegada	1:00:00	8:00:00	9:00:00	9:00:00	11:00:00	13:00:00	14:00:00	17:30:00	20:00:00	21:00:00
	Salida	5:00:00	12:00:00	14:00:00	19:00:00	15:00:00	20:00:00	19:00:00	23:00:00	1:00:00	7:00:00
	Estadía	4:00:00	4:00:00	5:00:00	10:00:00	4:00:00	7:00:00	5:00:00	5:30:00	5:00:00	10:00:00
Ciclo (Hr)	48	24	48	48	48	48	48	24	24	48	
Refresco	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	

Tabla 20 Trenes de GDBC considerados en el caso base

11.2.3. ESTACIONES Y TERMINALES

CASA DE MÁQUINAS CMM

Corresponde al lugar donde se realizan los TV y/o mantenciones menores de las locomotoras. La estación cuenta con dos vías ciegas con capacidad para 3 locomotoras cada una. Si la estación está llena se cuenta con 4 espacios fuera de la estación para que las locomotoras esperen su atención.

CMM funciona todos los días de la semana en turnos de 12 horas con cambios de turno a las 9:00 y 21:00. Cada cambio de turno implica un tiempo de aproximadamente 15 minutos en los cuales no se desarrollan actividades en CMM. Si justo se está atendiendo una locomotora cuando ocurre el cambio de turno se termina el trabajo y posteriormente se realiza el cambio de turno.

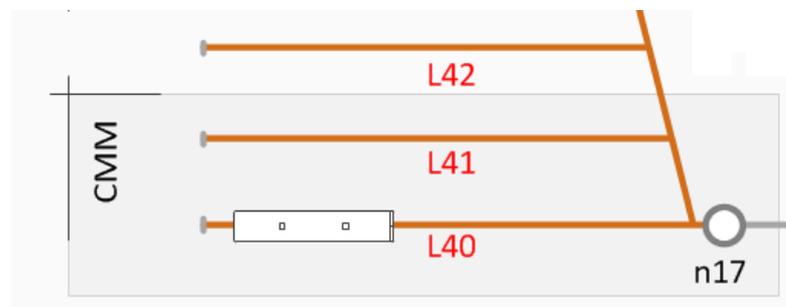


Figura 4 Diagrama Modelo CMM

CARROCERÍA

Corresponde al lugar físico donde se realizan las mantenciones y reparaciones de los carros marcados. Carrocería opera de lunes a viernes, desde las 9:00 hasta 17:00. Por otro lado, se considerará la nueva capacidad del taller que consiste en 8 posiciones efectivas de trabajo bajo techo, más 4 posiciones de estacionamiento.

Se considera que los carros en Carrocería son atendidos uno a la vez según orden de llegada. A su vez, se estimó que los tiempos de atención de carros distribuyen exponencial con tasa $\lambda = 5.5$ (reparaciones en 24hrs.). La estimación de los tiempos de atención se explica en los siguientes dos párrafos.

De los datos recibidos de *carros marcados* se encuentra el historial de las fechas y horas de marca y desmarca de carros. Con estos datos se pudo calcular el tiempo promedio que permanece un carro marcado, la tasa de marca de carros y la cantidad promedio de carros que permanecen en Carrocería. Con la tasa de marca de carros (cantidad de carros que se marcan en un día) y con los horarios de atención de Carrocería se construyó un modelo de simulación que replica las operaciones de Carrocería.

Una vez construido el modelo de simulación prototipo, se fueron probando diversos tiempos de atención de modo que los tiempos promedio de permanencia de carros y la cantidad promedio de carros en Carrocería fueran los mismos a la obtenida con según el historial de carros. De esta forma se determinó la tasa de atención en Carrocería.



Figura 5 Diagrama modelo Carrocería

TERMINAL TM

Corresponde a uno de los dos terminales de carga de ácido. El terminal funciona las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Sin embargo, existen 3 cambios de turno (8:00, 16:00 y 24:00) en los cuales se detienen las actividades por un periodo de 15 a 30 minutos.

El terminal cuenta con dos vías para la carga de productos y con 14 brazos. Como los 14 brazos son para las dos vías, solo se puede cargar una vía a la vez, es decir, solo se pueden cargar 14 carros a la vez.

Cada vez que llega una locomotora con carros vacíos al terminal la locomotora tiene que dejar los carros en posición para que pueda empezar la carga. Una vez que empieza la carga la locomotora puede salir del terminal o quedarse en el esperando a que termine el proceso. Cabe destacar que como el espacio es limitado, si las dos vías de TM están ocupadas la locomotora no puede entrar y los carros debe esperar en parrilla hasta que se desocupe una vía.

La modelación de las operaciones en TM se realizará ocupando un tiempo aleatorio de carga (que depende principalmente de la cantidad de carros a cargar y del número de brazos en el terminal) y tiempos fijos para la postura y el retiro de carros. No se considerarán tiempos asociados a fallas u otros eventos que sean de responsabilidad del terminal de ácido. El tiempo considerado para cargar un carro de ácido grande es de 30 minutos, y 25 minutos para un carro pequeño.

INTERACID

Corresponde al segundo terminal de carga de ácido que se encuentra en SFM. Este terminal funciona las 24 horas día, los 7 días de las semanas y posee 2 cambios de turno (8:00 y 20:00). Aunque el terminal trabaja todo el día, las actividades de Interacid se paran durante una hora cada vez que hay un cambio de turno.

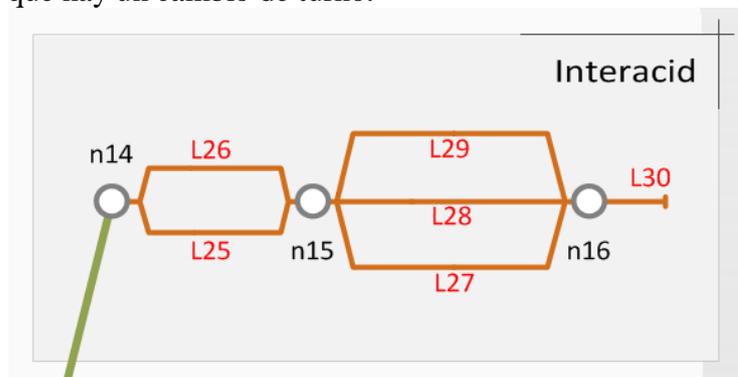


Figura 6 Diagrama Modelo INTERACID

COMPLEJO PORTUARIO CPM

CPM es el único terminal de descarga de los cátodos de cobre en la zona. Este terminal trabaja continuamente desde las 8:00 AM hasta las 6:00 AM del día siguiente. El puerto cuenta con dos vías de descarga, cada una con capacidad para 25 carros, y con una vía para la salida de las locomotoras.

Cada vez que llega un tren a CPM el tren debe esperar a las afueras del puerto la recepción (5 a 10 minutos). Una vez que el tren está adentro de CPM, la locomotora debe posicionar su carga en una de las dos líneas dejando espacios para que circulen las grúas del puerto. Cuando todos los carros están posicionados empieza la descarga del cobre y la locomotora puede salir del terminal.

El espacio dentro del puerto es limitado, por lo que si todos los espacios están ocupados la locomotora no puede entrar con sus carros. En dicho caso los carros quedan en parrilla esperando a que se desocupen los espacios suficientes en CPM.

La modelación de las operaciones en CPM se realizará ocupando un tiempo aleatorio de descarga (depende de la cantidad de carros a descargar) y tiempos aleatorios para la recepción, posturas y el retiro de carros. Se estima un tiempo aproximado de descarga de 5 minutos por carro.

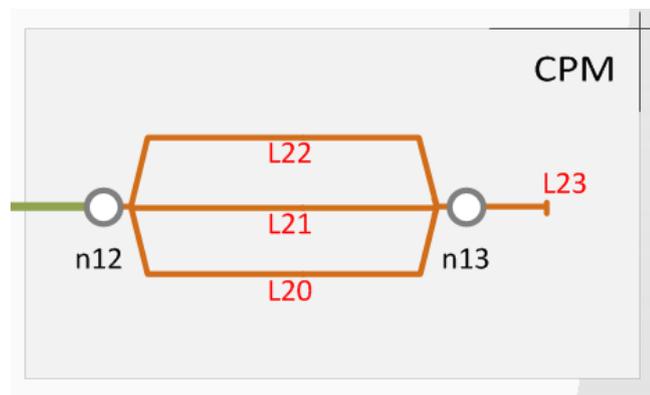


Figura 7 Diagrama modelo CPM

SAN CRISTÓBAL (SC)

Corresponde al terminal de descarga de las ollas de concentrado. El terminal está abierto todos los días de la semana desde las 12:00 hasta las 20:00 de forma continua. Si un tren llega antes de la 12:00, este puede entrar a SC, pero empezará su descarga una vez que empiecen las actividades en el terminal.

El terminal cuenta con dos vías para la descarga del concentrado simultáneamente. Si el terminal está a máxima capacidad no puede entrar otro tren y este tendrá que esperar en la zona de la parrilla hasta que se desocupe un espacio.

Cada vez que llega un tren a SC, el tren tiene que hacer las dos posturas correspondientes para que se inicie el proceso de descarga de las ollas. Una vez que se inicia la descarga de las ollas la locomotora del tren puede salir y volver una vez que haya terminado la descarga.

La modelación de las operaciones en SC se realizará ocupando un tiempo aleatorio de descarga (depende de la cantidad de carros a descargar) y tiempos aleatorios para la recepción, posturas y el retiro de carros.

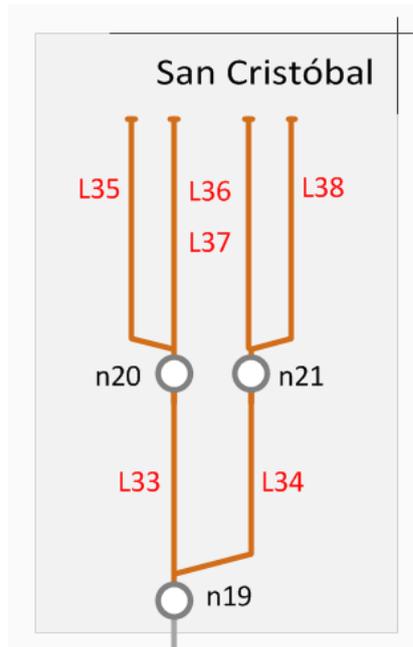


Figura 8 Diagrama modelo San Cristobal

11.2.4.- MODELO DE TOMA DE DECISIONES

En el corazón mismo del modelo a simular, se encuentra el modelo de toma de decisiones.

Este se construyó sobre la base de la información entregada por el usuario, y sobre la base del análisis efectuado por el modelador. Este consiste en 14 protocolos de operación y decisión, que establecen los procedimientos a seguir.

Ellos van desde la recepción de un tren que descarga cobre, uno que carga ácido, uno que descarga concentrado, el procedimiento de marcaje y separación de carros, utilización de locomotoras, destino, ubicación y retiro de carros, refrescos, reacción frente a atrasos y asignación de personal entre otros.

11.3.- RESULTADOS DE SIMULACIÓN.

El modelo se explotó en forma diaria a partir de 2014 siguiendo las pautas, procedimientos y protocolos en él propuestos, y contrastados éstos con los criterios de un ejecutivo de operaciones, entregando como resultados el tonelaje real, el tonelaje perdido por fuerza mayor externa, (no manejable como son razones climáticas, falta de carga a transportar, huelgas y paros de diversa índole) y el tonelaje perdido atribuible a gestión.

La tabla siguiente compara los resultados de 2013 sin modelo, con los de 2014 con modelo:

Año	2013	2014
Carga total (tons)	5,001,708	4,906,984
Perdida tot.(tons)	371,334	424,412
% perdida total	7,42%	8,65%
Perdidas gestión (tons)	229,900	190,964
% Perdidas gestión	4.60%	3,89%

Tabla 21 Gestión de carga y pérdidas

Esto anterior resulta en una menor pérdida de carga anual de aproximadamente 38,000 tons.

11.4.- ESTIMACION DE UN VA EX ANTE DE BENEFICIOS EN EL CASO GDBC

Consultados Los ejecutivos a cargo del proyecto, respecto de cuál fue la apuesta de beneficios al momento de contratar el estudio, los valores considerados fueron los siguientes.

El ahorro en el costo de un vagón adicional que es de aproximadamente BC\$ 75,000

El ahorro en habilitación de líneas adicionales que es de BC\$ 100,000

En consecuencia, el valor o apuesta Ex Ante para el ejecutivo de GDBC al decidir este proyecto, tuvo un máximo inicial de BC\$ 175000. En él no fue incluida ninguna medida de control de pérdidas de carga.

11.5.- ESTIMACION DE UN VA EX POST DE BENEFICIOS EN EL CASO GDBC

11.5.1.- CALIDAD DE LAS CIFRAS.

Como en los casos anteriores, el ejecutivo a cargo por parte de GDBC tiene valores monetarios claros para determinar el impacto de una variable de negocio, (6, pp92 – 94) y puede validar las cifras operacionales involucradas, y además enunciar valores inequívocos de costos y beneficios que serán aplicados a un perfil de tiempo muy acotado, que da garantía de que tales cifras mantienen vigencia. Las cifras disponibles son señales potentes e inequívocas de los órdenes de magnitud involucrados. Ellos a posteriori pueden ser analizados y sensibilizados para determinar posibles rangos de mayor o menor validez pero casi nunca obliterados o desconocidos porque son sin lugar a dudas los mejores valores que se pueden obtener y son indiscutiblemente reales. Con estas salvedades, se procederá a usar los datos anteriormente expuestos para generar valores actualizados para los beneficios o costos que son atribuibles en buena parte al uso del modelo bajo análisis.

11.5.2.- DETERMINACION DEL PERFIL DE PROYECTO.

Dada la evolución esperada en las cifras que se han analizado se estima necesario restringir el perfil temporal del proyecto al mínimo razonable, que es el lapso de un año calendario: en particular 2014, y será comparado con 2013.

Se usará el calendario histórico de cargas de la empresa que incorpora cargas reales desplazadas, pérdidas de carga totales y pérdidas de carga por gestión. Y se incorporará al análisis los demás conceptos de beneficio informados por la empresa.

11.5.3.- CALCULO DE VALORES ACTUALIZADOS ESTIMADOS. (EX POST)

El cálculo de valores ex post considerará el ahorro de 38000 tons de carga perdida y el efecto que una buena simulación ha tenido sobre la demanda de recursos involucrados, (humanos y materiales).

El jefe de equipo por parte de GDBC ha entregado los siguientes valores que serán aplicados a esta evaluación:

- El valor de un vagón de carga para la empresa es de BC\$ 100. (la capacidad por vagón es de 25 tons en promedio).

- La mejor simulación de las operaciones ha significado una mejor utilización y operación de los recursos disponibles, que ha implicado el ahorro de BC\$ 100,000 eventuales en líneas férreas adicionales.

- La mejor simulación de las operaciones ha significado también una mejor planificación y operación de los recursos disponibles, descartándose de este modo la inversión en un tren adicional, de costo BC\$ 1,000,000.

- La disponibilidad de una adecuada simulación de operaciones, ha significado que el ejecutivo encargado históricamente de simular y determinar las secuencias de operaciones, resulte en gran medida redundante. El valor mensual del ejecutivo es de BC\$ 6000, valor que debería contabilizarse como beneficio, a pesar de que la empresa haya decidido asumirlo como conveniente pues hay otras funciones en que es útil.

- La capacidad de simular nuevas entradas de trenes adicionales reduce la incertidumbre en forma notable, en magnitudes que no han sido del todo internalizadas.

Sobre estas cifras, se ha calculado el valor actual para un año, con una tasa de 6% anual que corresponde al VA ex post del modelo:

VA de pérdida de carga ahorrada	BC\$ 146,928
VA de ahorro en vías	BC\$ 100,000
VA de ahorro en trenes	BC\$ 1,000,000
VA de ahorro en recursos humanos	BC\$ 69,000
<u>Total</u>	<u>BC\$ 1,315,928</u>

11.6.- COMPARACION DE V.A. EX ANTE Y V.A EX POST

De los acápite anteriores el cálculo correspondiente es:

$$\frac{\text{VA ex post}}{\text{VA ex ante}} = \frac{\text{BC\$ 1,315,928}}{\text{BC\$ 175,000}} = 7,52$$

Visto que el modelo significó una inversión de BC\$ 33,000, la relación de órdenes de magnitud de valores esperados y reales en relación a la inversión son ampliamente favorables y acordes con lo que se encuentra en la literatura.

11.7.- CICLO DE VIDA, EXITO Y FRACASO DEL MODELO

El modelo cumple con lo sugerido en la bibliografía referente a que este tipo de sistemas puede tener un VPN ex post que es muchas veces su VPN ex ante y dadas sus características cae bien en la categoría de “tecnologías disruptivas”, instancias de bajo costo y gran valor agregado que pueden crecer en forma muy interesante. (7) (8) y que debe estar en la mente de los ejecutivos como posible fuente de valor.

El modelo como herramienta de asistencia a la planificación para los ejecutivos fue muy exitoso y logró motivar al desarrollo y extensión del modelo, puesto que la empresa ya está evaluando ampliar el modelo para incorporar más ampliamente otras áreas y aspectos de la empresa.

El modelo tuvo como elementos centrales los valores críticos “value dials” (6) como es la carga perdida, y la gestión de los atrasos. El contar con variables claras y debidamente valorizadas, ha sido clave para robustecer los resultados del modelo

Calidad y consistencia del equipo usuario:

En el caso GDBC se tuvo apoyo superior y un lider y equipo adecuados. El equipo monitoreó el desarrollo del modelo en todo momento y contribuyó al éxito de los análisis..

Grado de involucramiento de los usuarios en el diseño del modelo:

Se puede afirmar que hubo una fluida interacción entre constructores y usuarios de modo que el modelo fue repetidamente analizado y validado, con lo que representó fielmente la realidad observada, y por extensión se puede afirmar que hubo adecuado involucramiento de los usuarios.

Alineamiento del modelo con las variables de valor del usuario:

El modelo se centró en una serie de variables para las cuales existía una clara valoración económica por lo que se puede afirmar que hubo un claro alineamiento del modelo con las variables de valor del usuario, lo que contribuyó a una clara evaluación y resultado económico.

Incorporación de una visión de gestión por parte de los constructores del modelo.

El equipo constructor aportó una importante cuota de expertise en operaciones incluyendo análisis que acercan el proyecto a una asesoría en gestión. La ampliación del ámbito de la simulación y la exploración de un completo conjunto de criterios y reglas de operación resultó en un análisis exitoso que abrió posibilidades de mejoras innegables. Esto puede explicar en buena medida los contundentes resultados obtenidos.

Disponibilidad del modelo para uso directo por el usuario.

El modelo y en particular sus módulos de decisiones tuvieron la virtud de incorporarlo al proceso diario y a la evaluación permanente de contingencias de cargas y equipos. El hecho de constituirse en una herramienta operada por los usuarios y el éxito inicial sentaron las bases de una extensión futura que evolucione según las necesidades y permitiera “jugar” y evaluar impactos. Un aspecto por verse es la extensión del modelo para abordar más intensamente la gestión de pérdida de carga, algo en lo que está ya pensando la empresa.

Acompañamiento en el uso del modelo por parte de los constructores.

El equipo constructor y el equipo usuario compartieron el proceso de desarrollo y operación del modelo, hasta dejarlo instalado como una herramienta cotidiana en la empresa, manteniéndose el contacto y la relación por ya más de 2 años y medio, y con un futuro promisorio, pues se espera la ampliación y extensión del trabajo en cuestión.

12.- CASO STARCEL S.A.

STARCEL es una compañía internacional dedicada a las telecomunicaciones, lider en sus segmentos de mercado con más de 10 millones de clientes y ventas de BC\$ MM125,000

En este documento se explica la herramienta de simulación desarrollada para Starcel S.A. La herramienta implementada consiste en un modelo de simulación que es capaz de simular sucursales existentes y posibles nuevas sucursales. El modelo toma ciertos parámetros (configuración de la sucursal) y ciertas variables de input (extraídas de la realidad) para realizar réplicas de simulación. Luego, se procesan los resultados generados y se obtiene información sobre distintas medidas de desempeño de la sucursal evaluada. Los parámetros, variables de input y medidas de desempeño se resumen en el siguiente diagrama:

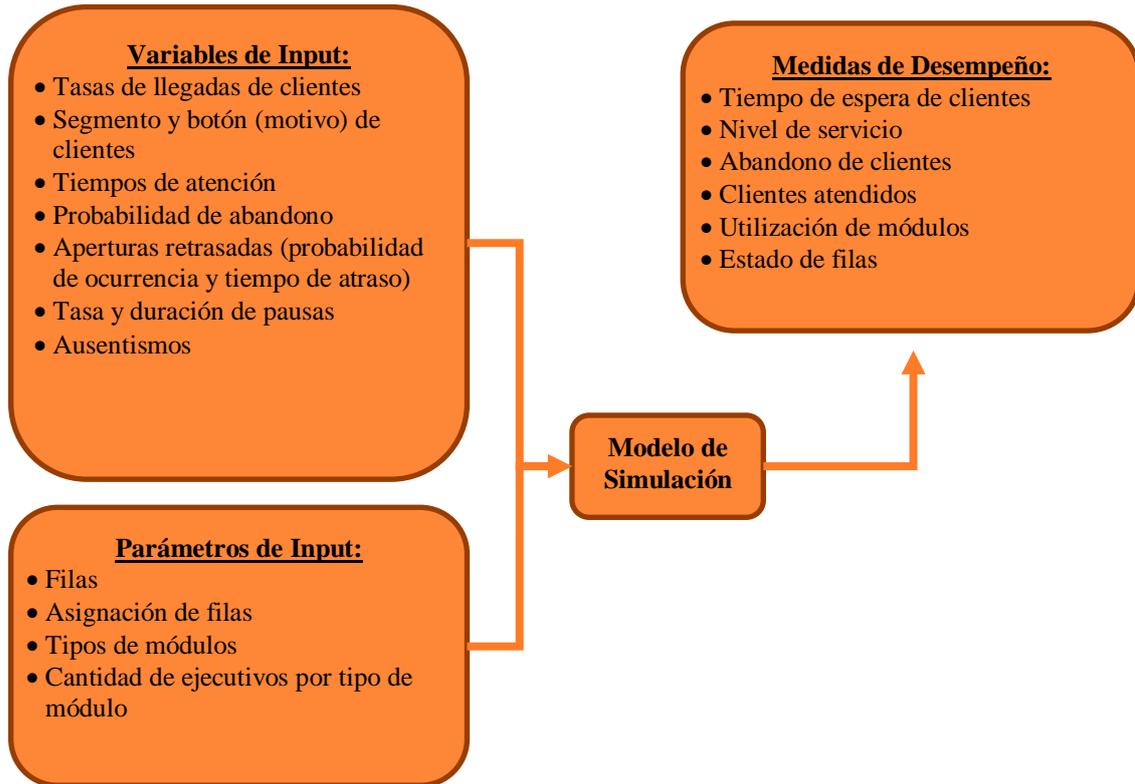


Figura 9 Inputs y Outputs del modelo

A continuación se explican en detalle todas las variables de input y cómo se cargan al modelo. Después se explica de forma resumida el funcionamiento del modelo para poder extenderlo o modificarlo eventualmente. Finalmente se describe cómo utilizar el modelo para realizar los experimentos más comunes y cómo leer los resultados.

12.1.- Variables de Input del Modelo, estructura y complejidad.

En este capítulo se explica cómo generar las variables de input para ingresarlas al modelo.

12.1.1 Tasas de Llegadas de Clientes

Las tasas de llegadas de clientes son distintas para cada sucursal y cada mes del año, por este motivo es importante actualizar los valores con frecuencia. El modelo considera una tasa de llegada distinta por día y cada media hora.

Primero se debe ingresar la cantidad de llegadas totales (en promedio) que hay en cada día de la semana. A continuación se ve un ejemplo, con las llegadas promedio de Marzo 2014 en la sucursal de Bellas Artes:

	Llegadas Totales
Lunes	874,40
Martes	801,25
Miércoles	759,00
Jueves	813,50
Viernes	874,75

Tabla 22 Llegadas totales promedio por día

Además, se debe cargar al modelo cómo distribuyen las llegadas a lo largo de cada día de la semana. Esto se hace porcentualmente a lo largo del día cada media hora, como se ve en la Tabla 2 (datos de Enero, Febrero y Marzo 2014 de Bellas Artes). Es importante que todos los porcentajes de un mismo día sumen el 100%, para que las llegadas totales se distribuyan correctamente. Además, es recomendable utilizar valores de varios días (no solo un mes), ya que se requieren más datos para realizar una correcta aproximación. Esto se puede hacer ya que la distribución porcentual de las llegadas dentro de un día no cambia mucho de mes a mes, en una misma sucursal.

Intervalo		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	9:30	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
9:30	10:00	7,34%	8,07%	7,95%	7,14%	6,55%
10:00	10:30	5,57%	5,79%	5,73%	5,51%	5,50%
10:30	11:00	6,17%	5,96%	5,85%	6,25%	5,58%
11:00	11:30	6,41%	6,41%	6,01%	6,36%	6,55%
11:30	12:00	6,69%	6,79%	6,02%	6,73%	5,98%
12:00	12:30	6,40%	6,86%	6,58%	6,71%	6,39%
12:30	13:00	6,72%	6,47%	6,08%	6,23%	6,26%
13:00	13:30	5,99%	6,11%	6,93%	6,16%	6,40%
13:30	14:00	5,51%	5,54%	5,86%	6,14%	6,01%
14:00	14:30	5,15%	5,63%	5,66%	5,14%	5,66%
14:30	15:00	5,16%	5,08%	5,14%	5,04%	5,10%
15:00	15:30	4,86%	4,96%	4,78%	4,73%	4,49%
15:30	16:00	5,09%	4,64%	4,78%	4,63%	4,90%
16:00	16:30	5,26%	4,67%	4,87%	5,18%	5,47%
16:30	17:00	4,96%	5,32%	5,51%	5,38%	6,31%
17:00	17:30	5,56%	5,54%	5,57%	5,76%	6,43%
17:30	18:00	6,06%	5,60%	5,91%	6,06%	5,62%
18:00	18:30	1,08%	0,57%	0,79%	0,85%	0,81%
	TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabla 23 Distribución de las llegadas en el día

12.1.2. Segmento, Botón y Tiempo de Atención de Clientes

Cada vez que llega un cliente a la sucursal, éste tiene un motivo de visita (representado por el botón) y pertenece a un segmento persona o negocio. El tiempo de atención de cada cliente depende de cuál sea su motivo de visita (botón).

La información se debe cargar es:

- **“Nombre”**: El Nombre de cada botón/motivo.
- **“DistribucionTMO”**: La distribución de los tiempos de atención en segundos)
- **“PorcCategoria”**: La probabilidad que sea de dicho botón (todos sumados deben dar 100%).
- **“PorcPersona”**: La probabilidad que sea del segmento Persona (en caso contrario es Negocio).

12.1.3. Probabilidad de Abandono

Muchos clientes abandonan la sucursal antes de ser atendidos. La probabilidad de abandono se relaciona directamente con cuánto tiempo ha esperado un cliente, mientras más ha esperado, mayor probabilidad tiene de abandonar.

El modelo imita este comportamiento con una estimación lineal, donde existe una probabilidad de abandono base y una probabilidad de abandono extra por cada hora de espera. El valor “PorcHora” representa el aumento de la probabilidad de abandono por cada hora (o

fracción) que espera el cliente y el valor “PorcBase” representa la probabilidad de abandono base, independiente del tiempo esperado.

Este valor depende bastante de la sucursal y el mes, aunque es posible que se deba a políticas internas específicas de cada sucursal y de cómo ellas cambian a través del tiempo. En la hoja “Abandonos” se calcula rápidamente la regresión lineal y se indican los valores buscados. En este archivo existe el parámetro “Parte en 0” que permite ajustar la recta comenzando desde cero o no.

12.1.4. Aperturas Retrasadas

La mayoría de las veces los módulos no se abren exactamente a las 9:30, sino que suelen retrasarse levemente. Estos retrasos suelen ser breves con un impacto poco significativo en la simulación. Además, los retrasos no varían significativamente entre un mes y otro, o entre sucursales, lo que no hace necesario recalcular estos tiempos con frecuencia para actualizar el modelo.

12.1.5. Tasa y Duración de Pausas

Los ejecutivos no trabajan de corrido todo el día sin interrupción, sino que ellos suelen tomarse breves descansos. Estas pausas son cargadas al modelo como una tasa de ocurrencia, junto a una distribución de tiempo que sirve para determinar cuánto dura cada pausa. Vale destacar que las horas de almuerzo NO se incorporan dentro del tiempo de pausa, solo las pausas menores a 30 minutos son consideradas.

12.1.6. Probabilidad de Ausentismo

Los ejecutivos tienen cierta probabilidad de faltar al trabajo durante todo el día. Para estimar estos valores se recomienda utilizar los datos de los ejecutivos, donde se ve cuántos días trabajaron en relación a los días que tenían planificados. Para realizar la estimación, es recomendable quitar los ejecutivos que faltaron bastante (más del 50%), ya que es muy probable que este ausentismo no se deba a ausentismos reales sino que a otros factores. También es necesario considerar tan solo a los ejecutivos de 1era línea, que lleven trabajando más de un mes.

12.2.- Parámetros de Input del Modelo

En este capítulo se explica cómo construir los parámetros del modelo.

A grandes rasgos se define el esquema de filas y los tipos de módulo que tendrá la sucursal. También se debe decidir cuántos ejecutivos tendrán atendiendo cada tipo de módulo.

12.2.1 Filas

El modelo considera diversas filas de espera según tipo de atención requerida. A continuación se ve un ejemplo:

Nombre	Letra
Express	E
Unica	C
Recambio Movil	H
Negocios	L
Ventas	V
SEM	A

Tabla 24 filas a usar

12.2.2. Asignación de Filas

Es necesario definir cómo se asignarán las filas de cada cliente, dependiendo de su motivo de visita (botón) y su segmento (persona o negocio). Cruzando estos dos datos, el modelo define a qué fila se asignará cada cliente, como se ve en el ejemplo:

Boton	Segmento	Fila	Probabilidad
Atencion Comercial	Negocio	Unica	37,0%
Atencion Comercial	Negocio	Negocios	63,0%
Atencion Comercial	Persona	Unica	100,0%
Atencion Express	Negocio	Express	100,0%
Atencion Express	Persona	Express	100,0%
Cambio Equipo	Negocio	Recambio Movil	100,0%
Cambio Equipo	Persona	Recambio Movil	100,0%

Tabla 25 Asignación de filas

Esta tabla se lee de la siguiente forma: Los clientes que presionaron el botón “Atención Comercial” y son del segmento “Negocio”, son asignadas con 37% de probabilidad a la “Fila Única” y con 63% a la “Fila Negocios”. Es importante que cada pareja de botón-segmento sume 100% para que no haya clientes sin fila.

Vale destacar que en varias sucursales el mapeo no es al 100% para todas las parejas botón-segmento, como en la tabla donde el par atención comercial-negocio puede ir a dos filas.

12.2.3. Tipos de Módulos

Cada tipo de módulo decide de forma distinta a qué cliente atender, éstas pueden ser:

1. **FIFO:** El módulo atiende a una o más filas diferentes, pero no prioriza a ninguna por sobre las demás. Es decir, simplemente atiende primero a los clientes que lleven más tiempo esperando entre todas las filas que puede atender.
2. **Por Prioridad:** Al igual que el anterior, el módulo atiende una o más filas distintas, pero prioriza algunas filas por sobre otras, según el orden de prioridades. Esto significa, que siempre se le dará preferencia a aquellos clientes de la fila con mayor prioridad. Mientras más arriba de la tabla aparezca una fila, mayor será su prioridad (mientras sean del mismo “TipoModulo”, las filas de distintos tipos de módulos no compiten entre sí).
3. **Por Alternancia:** El método de la alternancia permite definir con mayor detalle el orden de atención de los clientes. Cada módulo que use alternancia, debe definir el orden de las filas que atiende, junto al número de alternancia para cada una (un número entero positivo). Para esto se utiliza una columna adicional de “Alternancia” como se aprecia en la Tabla 6. Por ejemplo, en ella se aprecia el “TipoModulo” 2, que atiende las filas (ordenadas por prioridad) Negocios, Recambio Móvil, y Única; con valores de alternancia 2, 1 y 4 respectivamente. Esto significa que el modelo atenderá primero a 2 personas de fila Negocios, luego a 1 de Recambio Móvil y a 4 de fila Única, luego vuelve a atender 2 personas de la fila Negocios y así sucesivamente. Esto siempre y cuando hayan personas de dicha fila esperando, en caso de no haber, el modelo se salta esas filas.

TipoModulo	Fila	Alternancia
1	Recambio Movil	1
1	Unica	4
2	Negocios	2
2	Recambio Movil	1
2	Unica	4
3	Recambio Movil	1
3	Unica	4
4	Recambio Movil	1
4	Unica	4
5	Express	4

Tabla 26 Tipos de Módulos

Para simular una sucursal, esta información se puede extraer desde la base de datos de escritorios, donde se ve si es FIFO, por prioridad o alternancia para cada módulo. Con esa información y de forma manual, es posible rescatar cuántos tipos de módulos hay y cuáles son las filas que atiende junto a sus prioridades y/o alternancias.

12.2.4. Cantidad de Módulos Activos por Tipo de Módulo

Cada tipo de modulo tiene su propia capacidad (cantidad de módulos que operaran) definida para cada día de la semana, con un nivel de detalle de cada 30 minutos. Este nivel de detalle permite ingresar manualmente la cantidad agregada de ejecutivos, considerando horarios de almuerzo y ejecutivos part-time.

El modelo también puede probar varias cantidades distintas de ejecutivos (y optimizarlas), pero a niveles agregados, es decir, con una cantidad de ejecutivos global por cada tipo de módulo sin el detalle diario ni por cada media hora.

Para validar el modelo se estimó la cantidad de módulos activos de los datos históricos. Esto se hizo al ver en qué horarios estaban atendiendo los módulos, calculando por cada media

hora. Con esto se obtuvo una cantidad de módulos promedio abiertos, para cada tipo de módulo. La capacidad total estimada fue el promedio máximo (redondeado hacia arriba) entre todos los intervalos horarios, ya que este representa la capacidad teórica que debiese tener la sucursal.

12.3.- Lógica del Modelo

12.3.1. Elementos Básicos

Visualmente el modelo es bastante simple para que sea sencillo de utilizar.

- Cada tipo de módulo es representado por un objeto “Server” modificado de SIMIO, denominados “ModuloTipo”. Por defecto vienen como máximo 15 tipos de módulos.
- Los clientes entran al sistema con tasas de llegada aleatorias según la hora y día. Luego pasan a la botonera donde tardan en promedio 3 segundos en sacar número (se puede modificar este tiempo en la la “Botonera” aunque es prácticamente insignificante). Pueden haber colas en la botonera, principalmente cuando llegan clientes antes que se abra la sucursal. Finalmente pasan a la **sala de espera**, donde se quedan hasta que son llamados para ser atendidos o abandonan.

Los tipos de módulos también se toman pausas dentro del funcionamiento normal de la simulación. Estas pausas tienen su propio tiempo de duración, aunque evidentemente no tienen un ticket. Al abrir la sucursal se generan varias pausas que simulan las aperturas retrasadas de los módulos, aunque no suelen generar un cuello de botella. El modelo cuenta con varios indicadores que van cambiando en tiempo real a lo largo de la simulación, también tiene algunas leyendas para hacer visible la información interna.

12.4. Uso del Modelo

La mayoría de las configuraciones del modelo se leen desde el archivo “SIMIO.xlsx”. Sin embargo, en el modelo SIMIO se pueden modificar con mayor detalle los ausentismos, la capacidad y tipos de los módulos, demandas y otros aspectos.

12.4.1. Objeto Módulo

Cada tipo de módulo es representado por un “ModuloTipo”, que cuentan entre sus propiedades las que se explican a continuación:

- “Capacidad Fija”: Indica la cantidad de ejecutivos fija que tiene un tipo de módulo. Por defecto, cada tipo de módulo hace referencia a una propiedad “Capacidad” que puede ser modificado al momento de realizar experimentos. Este valor hace que exista una cantidad fija de ejecutivos en todo horario (con los ausentismos correspondientes).
- “Tipo de Módulo”:Indica el tipo de módulo que es, a través de su número identificador. Por defecto hay tipos de módulos distintos del 1 al 15. Se puede modificar, aunque no debiese ser necesario. Este valor se utiliza para decidir cuáles prioridades de filas se utilizarán
- “Lógica de Filas”:Este parámetro define si este tipo de módulo atenderá según FIFO, Prioridad o Alternancia.
- “HayAusentismo”: Indica si este tipo de módulo tendrá ausentismo (“True”, valor por defecto) o no tendrá ausentismos (“False”). Cuando sí hay ausentismos, aparece una opción adicional llamada “Ejecutivos Sin Ausentismo” que indica un valor entero que representa cuántos ejecutivos serán los mínimos que jamás faltarán a su trabajo (por defecto vale 1, es decir, todos pueden faltar salvo uno). Esto sirve para evitar que falten todos los ejecutivos de

un mismo tipo de módulo, lo cual puede ser un caso muy poco probable que afecte las medidas de desempeño.

Los 15 tipos de módulos, que acepta el modelo por defecto, deberían bastar para modelar cualquier sucursal, ya que tener más tipos de módulos genera más ineficiencias que mejoras.

12.4.2. Modificar Demanda

Para modificar la cantidad de clientes que llegan, el modelo permite hacer cambios proporcionales de la demanda con mayor facilidad, al modificar el valor de la propiedad “DemandaMultiplicador”. Por defecto vale “1”, pero puede ser reemplazado por cualquier valor real mayor a 0. Si el valor es 1.1, significa que llegan 10% más clientes, distribuidos proporcionalmente a lo largo de toda la semana. Así mismo, 0.9 significa que llegan 10% menos clientes.

12.4.3. Modificar Horarios

El modelo cuenta con dos propiedades globales que representan las horas de apertura y cierre de la sucursal (“HApertura” y “HCierre” respectivamente). Estos valores por defecto valen 9.5 y 18.5, indicando que la apertura ocurre a las 9:30 am y el cierre a las 6:30 pm. Estos valores se pueden modificar directamente en las propiedades o dentro de cada experimento. También se usa el parámetro “HPostCierre” que indica cuándo se calcularán los abandonos de clientes debido al cierre de la sucursal. Por defecto este parámetro tiene valor 1 (hora), lo que significa que todos los clientes que sigan en la sucursal después de 1 hora del cierre (19:30), se consideran como abandonos..

12.4.4. Modificar Ausentismo

El modelo cuenta con la propiedad global “Ausentismo” que representa la probabilidad que un ejecutivo falte al trabajo. Este valor se representa como un número real entre 0 y 1, cuyo valor por defecto es 0.1 (10% de las veces faltan). Este valor se puede cambiar fácilmente al momento de hacer experimentos, para evaluar el impacto que tienen distintos niveles de ausentismo.

12.4.5. Modificar Tiempos de Atención

El modelo permite modificar rápidamente los tiempos de operación/atención al multiplicarlos por el factor “TMOMultiplicador”. Esto permite experimentar cómo se comportaría el sistema si los ejecutivos atienden más rápido o más lento. Por defecto el multiplicador vale 1, lo que no genera cambios en los tiempos de atención. Si se usa como multiplicador 1.5, esto genera que las atenciones tardan un 50% más. Así mismo, un multiplicador de 0.7 significa que los ejecutivos atienden un 30% más rápido.

12.5. Experimentos y Outputs

El modelo permite evaluar múltiples escenarios de manera rápida. A continuación se explica cómo se obtienen los outputs del modelo y ejemplos de experimentos que se pueden realizar. Vale destacar que las estadísticas de los clientes solo consideran a los clientes que fueron atendidos dentro del horario de atención.

12.5.1. Outputs del Modelo

Cada vez que se realiza uno o más experimentos, el modelo calcula los siguientes indicadores:

- **“TME”**: Indica el tiempo medio de espera (en minutos) de los clientes, entre todas las réplicas. Se incluyen los clientes que fueron atendidos y también los que abandonaron.
- **“TMO”**: Indica el tiempo medio de operación/atención (en minutos) de los clientes, entre todas las réplicas.
- **“NivelServicio”**: Indica el nivel de servicio promedio entre todas las réplicas. Este nivel de servicio por defecto cuenta los tiempos de espera menores a 12 minutos, aunque este valor puede ser modificado.
- **“NS1” a “NS10”**: Indican el nivel de servicio promedio entre todas las réplicas, pero para cada fila en particular. El número equivale a la fila que le corresponde.
- **“ABandono”**: Indica el porcentaje de abandonos promedio entre todas las réplicas.
- **“AB1”-“AB10”**: Indican el porcentaje de abandonos promedio entre todas las réplicas, pero para cada fila en particular.
- **“Utilizacion”**: Indica el porcentaje del tiempo (promedio entre todas las réplicas) en que los módulos atendieron clientes. El tiempo total solo considera los horarios de atención con módulos activos, cuando están cerrados no se calcula este índice.
- **“UT1” a “UT15”**: Ídem al anterior, pero para cada tipo de módulo.
- **“Visitas”**: Indica en promedio (de la semana completa) cuántos clientes fueron atendidos o abandonaron.
- **“Abandonos”**: Indica en promedio (de la semana completa) cuántos clientes abandonaron.
- **“ATendidos”**: Indica en promedio (de la semana completa) cuántos clientes fueron atendidos.
- **“AT1” a “AT15”**: Indica en promedio cuántos clientes atendió cada módulo en cada día. El número indica el tipo de módulo. Por ejemplo, si vale 20 el indicador AT3: significa que cada módulo de tipo 3 atendió en promedio 20 clientes al día.
- **“Abandono Cierre”**: Cuenta en promedio cuántos clientes no alcanzaron a salir de la sucursal dentro de la semana. Cuando este valor es mayor a 0, significa que la sucursal no alcanzó a atender algunos clientes debido al cierre de la sucursal (por defecto se “sacan” a las personas 1 hora después del cierre). Esto no ocurre nunca cuando existe una cantidad de ejecutivos razonable. Cualquier solución con este valor mayor a 0, no es factible en la realidad.
- **“CantModulos”**: Cuenta la cantidad fija de ejecutivos en cada uno de los tipos de módulos. Este valor se utiliza principalmente como función objetivo para minimizarlo al momento de realizar optimizaciones.

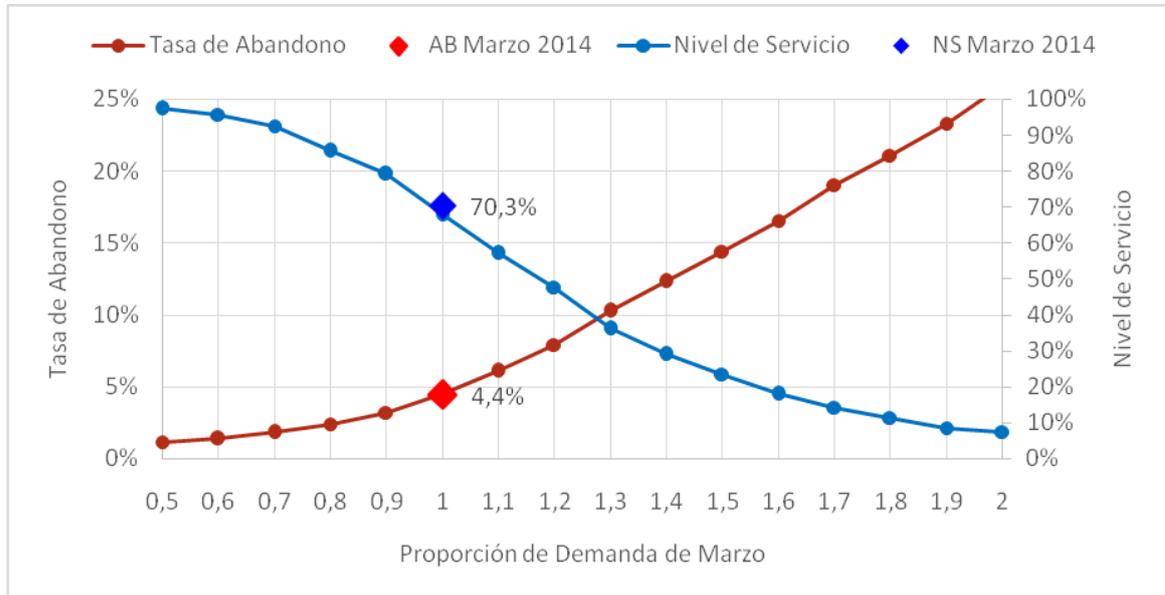
•

12.5.2.- Experimentos Variando Demandas

- Uno de los análisis interesantes que se pueden realizar, es ver cómo se comportaría una sucursal al aumentar o disminuir la demanda (cantidad de clientes) si se mantiene la misma cantidad de ejecutivos con la misma lógica de filas y módulos. En el siguiente gráfico

se aprecia un ejemplo de los resultados obtenidos con este tipo de análisis, para la sucursal de Talca el mes de Marzo 2014:

Figura 10- Impacto en el Abandono y Nivel de Servicio al Cambiar la Demanda



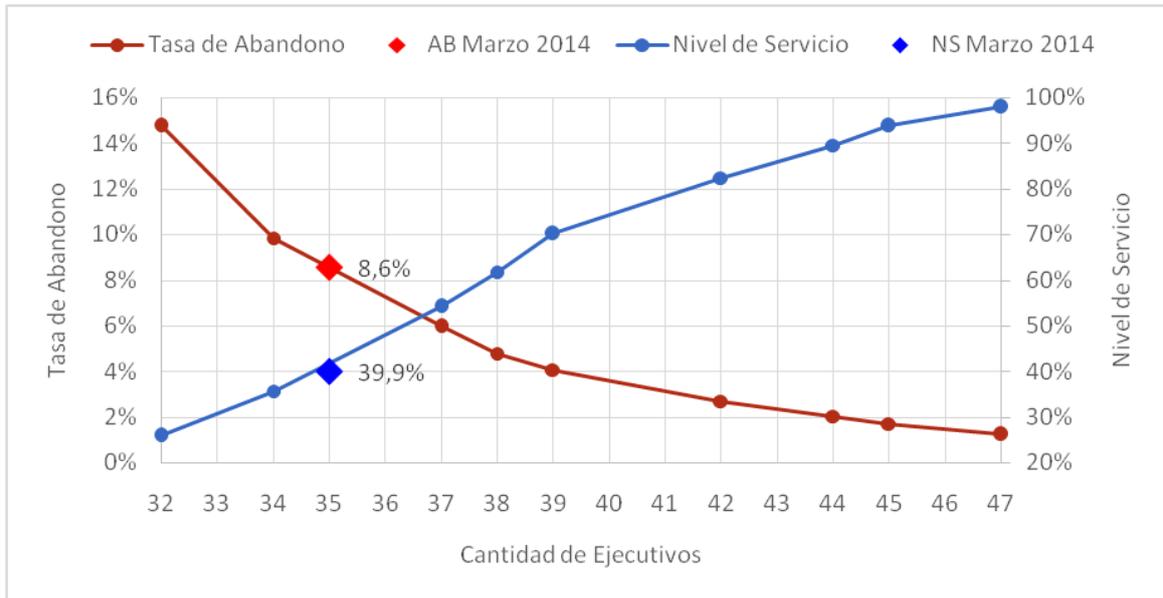
Para obtener estos resultados, es necesario entrar a SIMIO y utilizar un “Experiment”. En dicha ventana se deben crear varios “Scenarios”, donde todos deben tener los mismos “Controls” (capacidades, horarios de apertura y cierre etc.) pero solo deben diferir en la propiedad “DemandaMultiplicador”. Ésta debe tomar todos los valores que se deseen probar, en el ejemplo se probaron los valores desde 0,5 a 2,0 saltando intervalos de 0,1. Esto representa el 50% de la demanda original (la mitad) hasta un 200% (el doble).

Luego de crear todos los “Controls”, es necesario elegir la cantidad de réplicas para cada uno (mientras más mejor, 30 ya es un número razonablemente bueno). Ahora se debe presionar Run y esperar a que terminen todas las réplicas. Una vez listo se pueden comparar los “Responses” de interés, en este caso se evaluaron la tasa de abandono (“Response ABandono”) y el nivel de servicio (“Response NivelServicio”).

12.5.2. Experimentos Variando Capacidades

Otro tipo de análisis interesante es ver cómo cambia el desempeño de la sucursal al agregar o quitar ejecutivos, manteniendo todas las demás variables constantes. En el siguiente gráfico se aprecia un ejemplo de los resultados obtenidos con este tipo de análisis, para la sucursal de Bellas Artes el mes de Marzo 2014:

Figura 11- Impacto en el Abandono y Nivel de Servicio al Cambiar los Ejecutivos



En este caso se entró a SIMIO y se utilizó un “Experiment”, donde se crearon varios “Scenarios”. Cada uno de ellos tenía los mismos horarios y multiplicador de demanda (en 1), pero diferían en las capacidades de cada tipo de módulo. Para crear todos los escenarios, se fue agregando ejecutivos de a uno a los distintos tipos de módulos de tal forma de obtener el mejor indicador al momento de agregar cada ejecutivo nuevo. Si bien esto se puede hacer a través de OptQuest (paquete de optimización de SIMIO), es más sencillo probar distintos escenarios manualmente y ver dónde conviene más agregar un nuevo ejecutivo. Lo mismo se hizo para probar escenarios con menos ejecutivos.

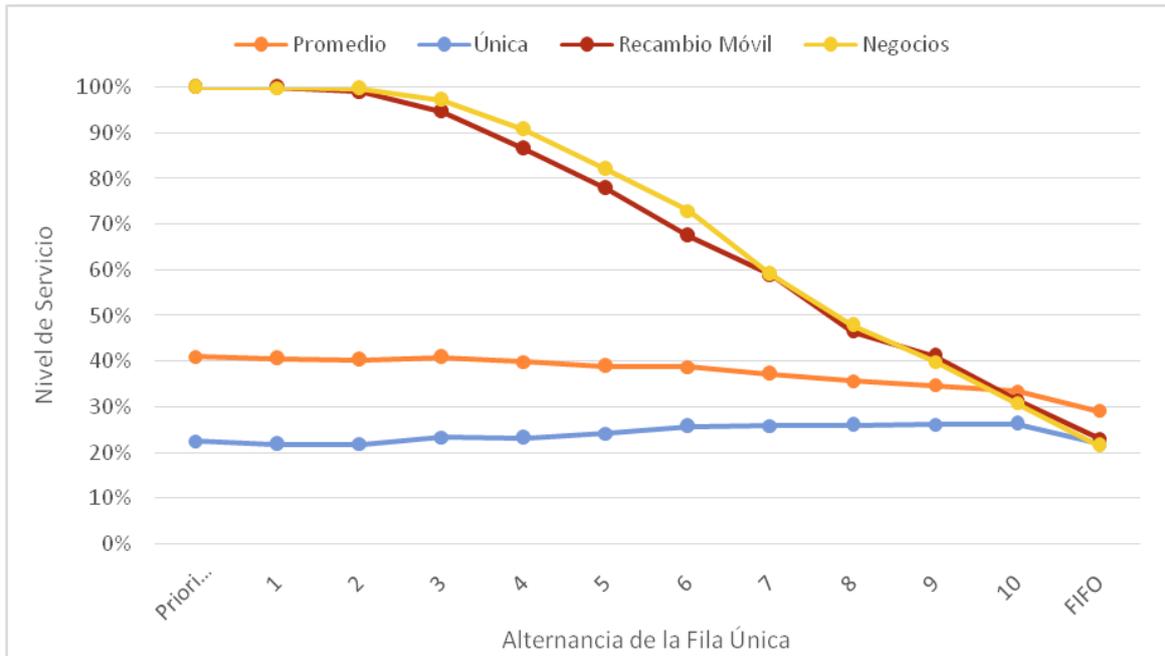
Luego de crear todos los “Controls” con sus distintas capacidades, se debe elegir la cantidad de réplicas para cada uno. Ahora se debe presionar Run y esperar a que terminen todas las réplicas. Una vez listo se pueden comparar los “Responses” de interés, en este caso se evaluaron la tasa de abandono (“Response ABandono”) y el nivel de servicio (“Response NivelServicio”).

12.5.3. Experimentos con Distintos Tipos de Módulos

Decidir cómo atenderán los módulos tiene un impacto directo en el nivel de servicio global y de cada fila. Se debe definir si atenderán según los criterios de FIFO, prioridades o alternancias. Estas combinaciones no se pueden acceder directamente en los experimentos de SIMIO, sino que requieren modificar tanto el archivo “SIMIO.xls” (para cambiar las filas, el orden de las prioridades y definir las alternancias) como los Servers “TipoModulo” del archivo SIMIO (para definir si atienden según FIFO, Prioridad o Alternancia).

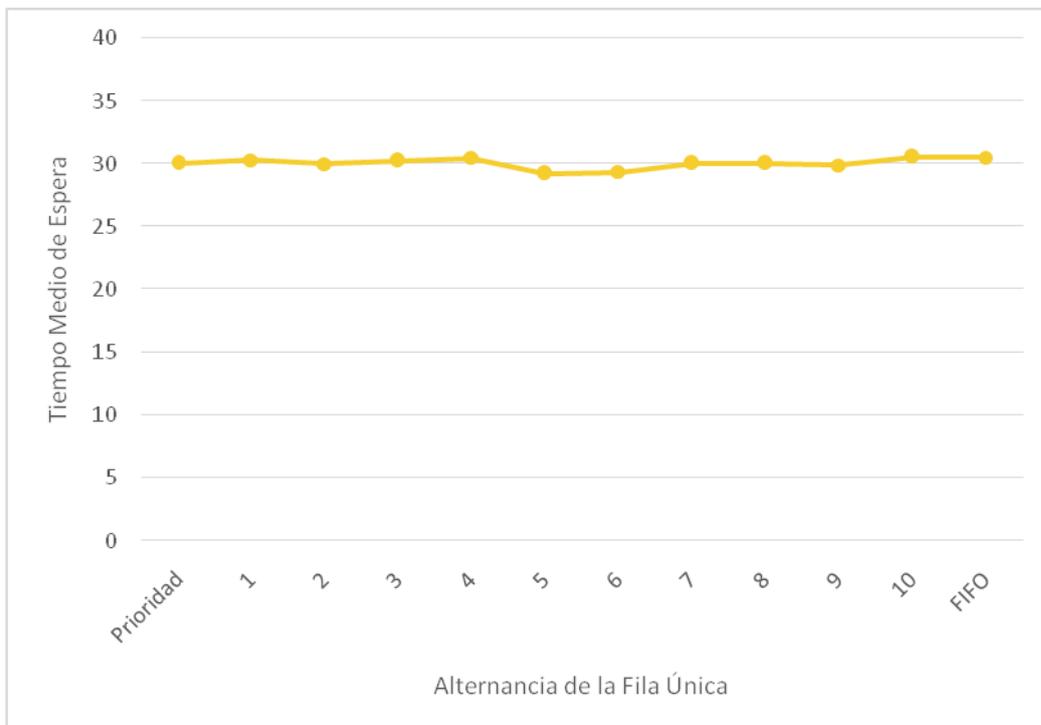
En la Figura 5 se muestra un ejemplo, donde se configuró la sucursal Bellas Artes con un único tipo de módulo que atendía las filas Única, Recambio Móvil y Negocios. Se probaron 10 tipos distintos de alternancia, junto a una configuración de Prioridades y de FIFO. La alternancia base es 1 para cada fila.

Figura 12.- Impacto en el Nivel de Servicio al Cambiar la Lógica de Atención



Con esto queda claro que la alternancia permite decidir con mayor detalle cuál será el nivel de servicio esperado para cada fila, lo que entrega bastante libertad para modelar las sucursales. Sin embargo, es muy importante notar que dichos cambios en el nivel de servicio no se deben a una disminución en los TME, sino que ocurren al hacer que algunos clientes esperen más que otros para compensar. Esto queda claro con la Figura 6, donde se los TME prácticamente no varían entre los escenarios estudiados (las variaciones probablemente se deben a aleatoriedad de la simulación).

Figura 13.- Tiempo Medio de Espera al Cambiar la Lógica de Atención



12.6.- Resultados de la Simulación.

A continuación se exponen los resultados de simulaciones debidamente validadas contra los datos reales en diversas sucursales:

RESULTADOS

Validación

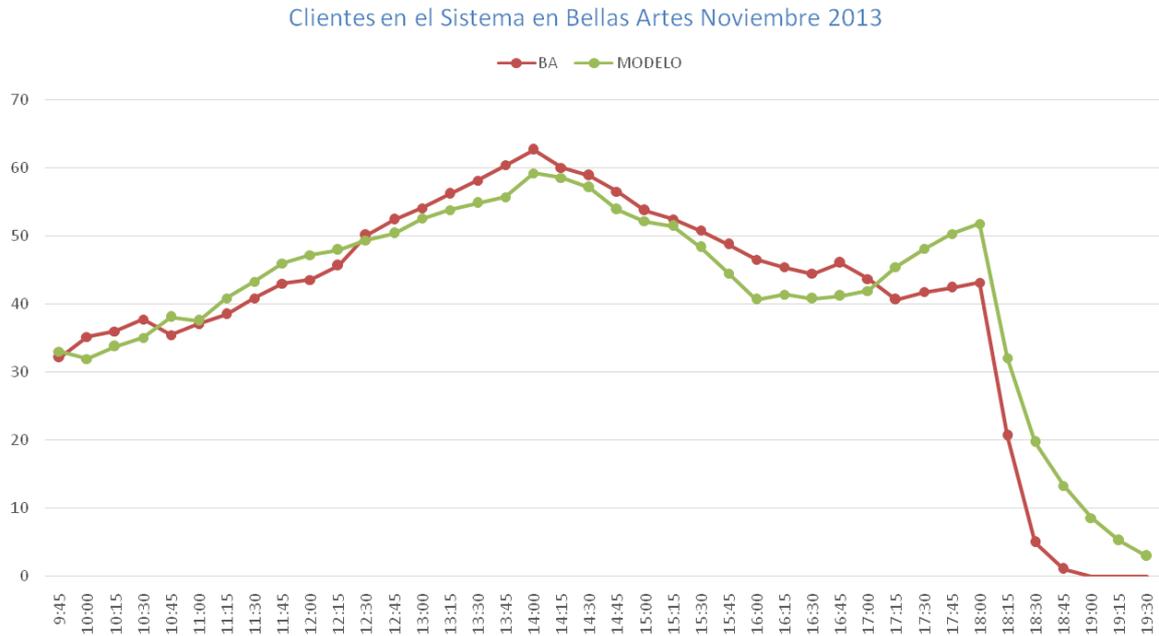


Figura 14 Validación Clientes est Bellas Artes

Sucursal	Real		Modelo		Atenciones de Urgencia Reales
	Abandonos	Nivel de Servicio	Abandonos	Nivel de Servicio	
Bellas Artes	8,6%	39,9%	7,5%	42,1%	1,1%
Concepción	6,4%	71,6%	4,1%	73,3%	0,4%
Ñuñoa	6,4%	49,4%	8,1%	52,5%	5,9%
Plaza Vespucio	5,9%	77,7%	8,2%	61,1%	23,1%
Talca	4,4%	70,3%	4,9%	72,8%	0,1%
Viña	4,6%	71,9%	3,1%	71,0%	7,0%

Tabla 27 Validación en distintas sucursales

12.7.- Estimación de un V.A. Ex Ante de beneficios.

El caso Starcel se diferencia de los anteriores en que esta es una herramienta hecha a la medida a los requerimientos de la empresa.

En él se puede configurar y reconfigurar virtualmente una sucursal de modo de optimizar sus recursos ante condiciones cambiantes.

Para ello se ha capacitado personal en el uso de la herramienta.

Las medidas de desempeño de la herramienta son el nivel de servicio y el nivel de abandono; ambas medidas no tienen una expresión valórica concreta ya que se desconoce el costo de un abandono de la fila ni su potencial causa de una pérdida de cliente.

Por ello se ha preferido valorizar el uso de la herramienta desde el punto de vista de la optimización de los recursos de las sucursales. El modelo Starcel permite optimizar el número de módulos y su asignación, junto con los ejecutivos asignados, (alrededor de 1500) de modo de mantener un nivel de abandonos y nivel de servicios óptimo en una sucursal cualquiera, así como simular los requerimientos de una nueva sucursal aún inexistente.

Una aproximación al valor del uso de la herramienta sería el ajuste de un 1% a la masa de ejecutivos, que significa un valor de BC\$ 72,000 en un perfil de un año, cifra que habría que comparar con el costo del modelo, que fue de BC\$ 22,000. Estos órdenes de magnitud son los más desfavorables de los 4 analizados.

12.8.- Ciclo de vida éxito y/o fracaso del modelo.

El modelo Starcel ha cumplido con las expectativas de la empresa, y lleva ya más de un año de operatividad, sin embargo su uso ha sido discontinuo e irregular.

Las medidas de desempeño de la herramienta son el nivel de servicio y el nivel de abandono; ambas medidas no tienen una expresión valórica concreta ya que se desconoce el costo de un abandono de la fila ni su potencial causa de una pérdida de cliente.

Calidad y consistencia del equipo usuario:

En este caso se tuvo apoyo superior y un líder y equipo adecuados. El equipo monitoreó el desarrollo del modelo en todo momento y contribuyó al éxito de los análisis. Sin embargo el equipo fue redestinado lo que ocasionó que el proyecto quedara virtualmente abandonado. Un elemento relevante además es la alta complejidad del modelo y su operación. Frente a la situación actual el usuario ha retomado la idea original planteándose una nueva versión más amigable y sencilla de operar.

Grado de involucramiento de los usuarios en el diseño del modelo:

Se puede afirmar que hubo una fluida interacción entre constructores y usuarios de modo que el modelo fue repetidamente analizado y validado, con lo que representó fielmente la realidad observada, y por extensión se puede afirmar que hubo adecuado involucramiento de los usuarios.

Alineamiento del modelo con las variables de valor del usuario:

El modelo se centró en variables puramente cualitativas para las cuales no existe una clara valoración económica. Las medidas de desempeño de la herramienta son el nivel de servicio y

el nivel de abandono; ambas medidas no tienen una expresión valórica concreta ya que se desconoce el costo de un abandono de la fila ni su potencial causa de una pérdida de cliente. Por ello se ha preferido valorizar el uso de la herramienta desde el punto de vista de la optimización de los recursos de las sucursales. El modelo Starcel permite optimizar el número de módulos y su asignación, junto con los ejecutivos asignados, de modo de mantener un nivel de abandonos y nivel de servicios óptimo en una sucursal cualquiera, así como simular los requerimientos de una nueva sucursal aún inexistente.

Incorporación de una visión de gestión por parte de los constructores del modelo.

El equipo constructor aportó una importante cuota de expertise en operaciones. Sin embargo se requiere aún mejorar la amigabilidad de las interfaces, y reducir la complejidad de la interacción con los modelos

Disponibilidad del modelo para uso directo por el usuario.

El modelo fue diseñado para su operación por el usuario, sin embargo su uso quedó fuertemente restringido al re destinarse el equipo usuario, lo que sumado a la complejidad del modelo ha hecho que su uso sea irregular y escaso. Se está a la espera de una nueva versión.

Acompañamiento en el uso del modelo por parte de los constructores.

Los constructores han hecho un adecuado acompañamiento a su contraparte en Starcel lográndose el compromiso de rediseñar el modelo para hacerlo más amigable, pero en esta dirección falta claridad en la designación del equipo de contraparte

Visto todo lo anterior, se puede concluir que el modelo tal como se encuentra actualmente no ha sido exitoso, y se debe esperar a su rediseño.

13.- Conclusión y discusión

En los cuatro casos bajo análisis, se analizaron 7 aspectos que fueron considerados como estratégicos al momento de evaluar el desempeño del proyecto. Ellos son: Calidad y consistencia del equipo usuario, grado de involucramiento de los usuarios en el diseño del modelo, alineamiento del modelo con las variables de valor del usuario, incorporación de una visión de gestión por parte de los constructores del modelo, disponibilidad del modelo para uso directo por el usuario, adaptación del modelo para incorporar nuevas variables y resultados, y acompañamiento en el uso del modelo por parte de los constructores. Adicionalmente se ve claramente la criticalidad de la evaluación ex ante y ex post de cada modelo.

Una revisión crítica de dichos factores permite postular las siguientes conclusiones.

13.1.- Calidad y consistencia del equipo usuario.

El primero y mayor elemento para el éxito del modelo bajo análisis es la calidad del equipo usuario.

- Se requiere que esté ubicado a un nivel corporativo y decisonal tal que concentre en forma directa las principales variables de decisión involucradas en el modelo.
- Debe ser la instancia responsable y receptora de las consecuencias que dichas decisiones causen.

- Debe además exhibir una estabilidad en el tiempo de modo que no haya interrupciones durante la vida útil del modelo.

- Debe contar con el apoyo de la gestión superior involucrada de modo de lograr que las consecuencias del proyecto sean “sociabilizadas” y asumidas por la institución.

Del análisis de los cuatro casos en cuestión, presentaron fallas el equipo de DDV y Starcel por causa de una falta de permanencia en el tiempo; los dos restantes permitieron un desarrollo de vida útil adecuado.

Los principales enemigos desde esta perspectiva son:

- un equipo no empoderado, poco visible, sin clara responsabilidad y sin permanencia en el tiempo

13.2.- Grado de involucramiento de los usuarios en el diseño del modelo.

Todo modelo corporativo exitoso requiere que se logre involucrar todas las variables, condiciones y aspectos relevantes, de modo que el modelo resultante sea un fiel reflejo de la realidad que se busca servir. Desde este punto de vista los usuarios deben ser una contraparte eficaz para los constructores del modelo. De este modo también estarán contribuyendo a lograr una mejor interfaz de usuario – modelo.

Los principales enemigos desde esta perspectiva son usuarios no proactivos y lejanos respecto de la gestión relativa al problema enfocado por el modelo..

Del análisis de los cuatro casos en cuestión todos ellos contaron con ejecutivos proactivos durante su gestión. Fallaron en su permanencia el equipo de DDV y el de Starcel, que vieron afectada su vida útil por la ausencia oportuna de liderazgo.

13.3.- Alineamiento del modelo con las variables de valor del usuario

Ya que el modelo normalmente busca generar o recuperar valor, es necesario que en su estructura estén consideradas claramente las variables cuantitativas representativas del (o los) valor (es) involucrados.

Los principales enemigos desde este punto de vista son las variables puramente cualitativas y desvinculadas conceptualmente del flujo de valor de la empresa.

En 3 de los 4 casos se pudo contar con valores concretos en las variables involucradas, siendo el caso de Starcel el único sin variables de valor concretas, ni rigor cuantitativo al momento de valorarlas.

13.4- Incorporación de una visión de gestión por parte de los constructores del modelo.

Si bien es imprescindible la visión de gestión por parte del equipo receptor del modelo, un aspecto clave es la visión externa de los aspectos de gestión que los constructores del modelo puedan aportar. Esto es clave puesto que el desarrollo de un modelo implica una re ingeniería de los aspectos a modelar, y en esa perspectiva el aporte externo es muy valioso.

En los cuatro casos analizados se pudo evidenciar una buena cooperación en materia de gestión interna y externa. En el caso de DDV podría haberse evidenciado un déficit de colaboración, pero por motivos indirectos (permanencia del equipo). En el caso Starcel el equipo constructor no fue capaz de lograr interfaces amigables

13.5.- Disponibilidad del modelo para uso directo por el usuario.

Un elemento clave en la vida útil de un modelo es el paso de la explotación al usuario, ya que ello materializa el escenario de gestión regular con el aporte del modelo. En concreto, el

modelo -"se hace carne" en el usuario. Y en esa condición las decisiones dependen ahora también de la alimentación del y desde el modelo. Con ello se alarga y completa la vida útil del modelo, y se facilita las posibles mejoras y modificaciones del modelo. El logro de esta condición también lleva consigo el logro de una interfaz modelo – usuario de mayor amigabilidad y comprensión.

En los casos bajo análisis GDBC muestra ese desarrollo y en el se prevé una mas larga vida útil. Se espera que en una nueva aproximación el modelo Starcel también logre una eficaz interfaz y cercanía al usuario, al abordar de mejor forma su complejidad.

13.6.- Adaptación del modelo para incorporar nuevas variables y resultados

La adaptabilidad y el progreso del modelo son signos de una gestión saludable y eficaz y aparecen en los casos de modelos exitosos explotados por sus usuarios. No en vano este proceso se vivirá en los casos de DDV, GDBC y Starcel. En el primer caso retomando el modelo original, en GDBC enfocándose más en la reducción de pérdidas de carga y Starcel enfocándose en la amigabilidad. En ambos casos se da la proyección futura de una vida útil de varios años.

13.7.- Acompañamiento en el uso del modelo por parte de los constructores.

Si bien es importante la explotación del modelo por parte de sus propios usuarios, es necesario rescatar la importancia del acompañamiento del usuario por parte del constructor. Este acompañamiento es el que permite detectar futuras mejoras y proyecciones del modelo, obteniendo así mayor vida útil, evitando que el usuario quede anclado a los límites del modelo original. Es el caso de GDBC, y lo será en el de Starcel y DDV.

13.8.- Evaluaciones ex ante y ex post.

Repasados los ocho puntos clave y el ciclo de vida de cada modelo, se ve con meridiana claridad que cada modelo en realidad una secuela de modelos interconectados los que van superando sus carencias, reenfocando sus objetivos y afinando sus resultados, y aportando información, material que se irá acumulando para futuras versiones mejoradas.

Desde esta perspectiva se deduce la conveniencia de abordar módulos objetivamente muy acotados en su enfoque, en la certeza de que la perspectiva mayor irá revelándose por etapas.

La evaluación ex ante en los casos analizados, al igual que en cualquier proyecto es un elemento insustituible que fuerza tanto a constructor como a receptor a identificar los valores y ordenes de magnitud involucrados en el modelo, y a cuantificar y acotar los recursos a utilizar, de modo de obtener el mejor resultado posible. Como resultado de esta evaluación se obtiene un límite claro para los recursos a arriesgar en el proyecto en cuestión.

En casos como los analizados, que son modelos acotados, los recursos a invertir son en general pequeños en comparación con los valores y/o beneficios involucrados.

La etapa complementaria de lo anterior es la evaluación ex post. Esta etapa debe patentar los valores y beneficios obtenidos, y como consecuencia, eventuales nuevos potenciales descubiertos en la fase del proyecto que termina. De esta manera se transparenta las posibilidades de nuevos proyectos con variables de costo y beneficio cada vez más concretas y medibles. Lo que en cualquier proyecto de inversión es una necesidad, esto es, medir costos y beneficios logrados, en los proyectos como los que aborda esta memoria adquiere una importancia especial. Esto anterior porque ellos tienen objetivos que van evolucionando con la vida útil del proyecto que se va finiquitando.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Franklin Martin & Gertenbach Jan-Diedeleff
Applying Modeling & simulation as part of business process improvement of complex mining logistics. A Penn State and Colorado School of mines Conference on Business Process improvement in the extractive industries September 2005 Denver Co.
- (2) Waite William The economics of modeling and simulation... so what
- (3) Ulrich Frank
Power-Modelling: Toward a More Versatile Approach to Creating and Using Conceptual Models
University of Duisburg-Essen, Essen, Germany
- (4) Oswald Ivar, Cooley Tim, Waite William et al.
Calculating return on investment for U.S. Department of Defense Modeling and Simulation
A publication of the Defense Acquisition University
- (5) Hartman A. 2002 Why tech falls short of expectations
Optimize magazine issue #9 July
- (6) Curley Martin 2004 Managing IT for business value
INTEL press
- (7) Christensen C 1997 The innovators dilemma Harvard Business School press
- (8) Christensen C 2003 The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth
Harvard Business School press