



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

MÉTODO PARA APLICAR MINERÍA DE PROCESOS A LA DISTRIBUCIÓN DE BEBESTIBLES NO ALCOHÓLICOS

MARÍA CAROLINA CHAMORRO AHUMADA

Tesis para optar al grado de
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Profesor Supervisor:
SERGIO MATURANA VALDERRAMA

Santiago de Chile, octubre, 2013

© MMXIII, María Carolina Chamorro Ahumada



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

MÉTODO PARA APLICAR MINERÍA DE PROCESOS A LA DISTRIBUCIÓN DE BEBESTIBLES NO ALCOHÓLICOS

MARÍA CAROLINA CHAMORRO AHUMADA

Tesis presentada a la Comisión integrada por los profesores:

SERGIO MATURANA VALDERRAMA

MARCOS SEPÚLVEDA FERNÁNDEZ

LUIS QUEZADA LLANCA

JAIME NAVÓN COHEN

Para completar las exigencias del grado de
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Santiago de Chile, octubre, 2013

A mi madre, Anaïs.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a quienes me abrieron sus puertas, me nutrieron de información y dedicaron parte de su tiempo a compartir conmigo sus ideas y su visión experta de la industria del embotellado de bebestibles no alcohólicos, en especial a Carlos Godoy, Luis Herrera, Guillermo Jara, Lorena Mödinger, Carolina Oteiza, Sebastián Porta, Sergio Rojas, Jorge Urzúa y Jaime Zúñiga.

A mi profesor supervisor, Sergio Maturana, por su apoyo, por compartir su sapiencia y experiencias de vida. Por confiar en mí y darme la oportunidad de trabajar con él en éste y otros proyectos.

A Marcos Sepúlveda, por apoyarme con sus conocimientos y permitirme asistir a sus clases como oyente, éstas me entregaron los fundamentos para poder realizar este trabajo.

A Jaime Navón, porque me instó a orientarme a la búsqueda de resultados concretos.

A Mauricio Arriagada, Alfredo Bolt y Daniela Luengo, por las conversaciones sinérgicas que sostuvimos y la transferencia de conocimientos obtenida desde el quehacer en el área.

A mis amigas y amigos, que me apoyaron a pesar del natural distanciamiento cuando asumí la responsabilidad de estudiar y trabajar, y aunque muchas veces no comprendan cual es mi afán de seguir estudiando. A Paulina Gálvez, Cynthia Manríquez, José Rodríguez, Rodrigo López y todos quienes aportaron de alguna forma en esta tesis.

Muy especialmente a mi madre, porque su amor me ha dado fuerzas en los momentos más difíciles.

A todas y cada una de las personas que me apoyaron de distintas maneras, muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Motivación	1
1.2 Estado del Arte.....	2
1.2.1 Tipos de Minería de Procesos.....	3
1.2.2 Perspectivas de Minería de Procesos	4
1.2.3 Algunas aplicaciones	4
1.2.4 Modelo de ciclo de vida L*	4
1.2.5 Desafíos en Minería de Procesos	6
1.3 Herramientas	6
1.4 Alcances y limitaciones.....	8
1.5 Hipótesis.....	9
1.6 Objetivos	10
1.6.1 Objetivo General.....	10
1.6.2 Objetivos Específicos	10
1.7 Estructura de la tesis.....	10
2. SITUACIÓN ACTUAL.....	12
2.1 Caracterización del mercado y la industria	12
2.1.1 Aumento en la demanda	12
2.1.2 Diversificación de productos	13
2.1.3 Cambios en la industria.....	14
2.1.4 Empresas de Transporte de Carga.....	14

2.2	Caracterización del proceso	15
2.2.1	Métricas	16
2.2.2	Canales de distribución.....	17
2.2.3	Sistemas de información.....	17
3.	MÉTODO PARA APLICAR MINERÍA DE PROCESOS A UN PROCESO DE DISTRIBUCIÓN DE BEBESTIBLES NO ALCOHÓLICOS.....	21
3.1	Pasos del método.....	21
3.1.1	Planificación del proyecto	21
3.1.2	Extracción de datos	22
3.1.3	Descubrimiento y análisis de conformidad.....	23
3.1.4	Integración de modelos	25
3.1.5	Diagnóstico y rediseño.....	27
3.1.6	Soporte operacional	27
3.2	Buenas prácticas	28
3.3	Recomendaciones.....	28
4.	APLICACIÓN DE MINERÍA DE PROCESOS A UN PROCESO DE DISTRIBUCIÓN DE BEBESTIBLES NO ALCOHÓLICOS.....	31
4.1	Planificación del proyecto.....	31
4.2	Extracción de datos	33
4.2.1	Descubrimiento mediante gestión de procesos de negocios.....	34
4.2.2	Objetivos y preguntas	40
4.2.3	Generación del log de eventos sintético	41
4.3	Descubrimiento y análisis de conformidad	42
4.4	Integración de modelos	46
4.4.1	Análisis organizacional.....	46
4.4.2	Análisis de tiempo	47
4.5	Diagnóstico y rediseño	48
4.5.1	Descubrimiento y análisis de conformidad.....	49
4.5.2	Integración de modelos.....	55
4.6	Resultados	57
4.6.1	Hallazgos e identificación de posibles mejoras del proceso.....	57
4.6.2	Comportamiento de las técnicas y herramientas.....	61
5.	CONCLUSIÓN.....	63

5.1 Logro de objetivos.....	63
5.2 Principales aportes.....	65
5.3 Desafíos y trabajos futuros	66
5.4 Reflexiones finales	67
BIBLIOGRAFÍA.....	69
A N E X O S.....	75
Anexo A: Glosario de siglas.....	76
Anexo B: Glosario de documentos.....	78
Anexo C: Roles y actividades	80
C.1 Descripción de roles	80
C.2 Matriz RECI	81
C.3 Asignación de recursos a cada rol	83
Anexo D: Póster BPMN.....	85
Anexo E: Modelos As Is	87
Anexo F: Modelos To Be	112

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-1: Software usado.....	7
Tabla 3-1: Log de eventos.....	22
Tabla 4-1: Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas y Clientes	35
Tabla 4-2: Log de eventos de la aplicación.....	41
Tabla A-1: Glosario de siglas.....	76
Tabla B-1: Glosario de documentos.....	78
Tabla C-1: Descripción de roles.....	80
Tabla C-2: Matriz RECI.....	81
Tabla C-3: Roles y recursos humanos.....	83
Tabla F-1: Ocurrencia de clases ProM To Be	118

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-1: Modelo de ciclo de vida L* (Van der Aalst et al., 2011)	5
Figura 2-1: Proceso de Distribución en la Cadena de Valor de Porter	15
Figura 4-1: Correlación de descubrimiento del Proceso de Distribución	36
Figura 4-2: Frecuencia absoluta To Be, AND-XOR Picking.....	50
Figura 4-3: Frecuencia absoluta To Be, AND-XOR Liquidación	51
Figura 4-4: Frecuencia absoluta To Be, Cargar camión - Realizar logística inversa.....	52
Figura D-1: Póster BPMN-1.1 (Decker, Grosskopf & Wagner-Boysen, s.f.).....	86
Figura E-1: Modelo de procesos As Is ideal	88
Figura E-2: Modelo As Is ideal de Liquidación.....	89
Figura E-3: Estadísticas globales Disco As Is.....	90
Figura E-4: Frecuencia absoluta Disco As Is	91
Figura E-5: Modelo de <i>performance, mean duration</i> , filtrado Disco As Is	92
Figura E-6: Análisis de actividades Disco As Is.....	93
Figura E-7: Frecuencia de recursos Disco As Is	93
Figura E-8: Variante con más ocurrencias Disco As Is	93
Figura E-9: Dashboard ProM As Is.....	94
Figura E-10: Ocurrencia de clases ProM As Is	95
Figura E-11: Ocurrencia de recursos ProM As Is	96
Figura E-12: Descubrimiento con Alpha Miner ProM 5.2 As Is	97
Figura E-13: Red de Petri filtrada ProM 6.2 As Is.....	98
Figura E-14: Heuristics Net usando Heuristics Miner ProM 6.2 As Is.....	99
Figura E-15: Causal Net usando Heuristics Miner ProM 6.2 As Is	100
Figura E-16: Heuristics Net usando Genetic Miner ProM 6.2 As Is.....	101
Figura E-17: Fuzzy Miner ProM 6.2 As Is	102
Figura E-18: Transition System ProM 6.2 As Is.....	102
Figura E-19: Handover of Work ProM 6.2 As Is.....	103
Figura E-20: Similar Task ProM 6.2 As Is.....	104

Figura E-21: Subcontracting ProM 6.2 As Is	105
Figura E-22: Working Together ProM 6.2 As Is	106
Figura E-23: Reassignment ProM 6.2 As Is.....	107
Figura E-24: Estado de Registrar NV ProM 5.2 As Is	108
Figura E-25: Registrar NV complete ProM 5.2 As Is.....	109
Figura E-26: Estado entre Registrar NV y Planificar flota ProM 5.2 As Is.....	110
Figura E-27: Estado entre Planificar flota y Generar DTE ProM 5.2 As Is.....	111
Figura F-1: Estadísticas globales Disco To Be	112
Figura F-2: Frecuencia absoluta Disco To Be.....	113
Figura F-3: Modelo de <i>performance</i> , mean duration, filtrado Disco To Be	114
Figura F-4: Análisis de actividades Disco To Be.....	115
Figura F-5: Frecuencia de recursos Disco To Be	115
Figura F-6: Variante con más ocurrencias Disco To Be	116
Figura F-7: Dashboard ProM To Be	117
Figura F-8: Ocurrencia de eventos de inicio y fin ProM To Be.....	120
Figura F-9: Ocurrencia de recursos ProM To Be.....	120
Figura F-10: Descubrimiento con Alpha Miner ProM 5.2 To Be.....	121
Figura F-11: Red de Petri filtrada ProM 6.2 To Be	122
Figura F-12: Heuristics Net usando Heuristics Miner ProM 6.2To Be	123
Figura F-13: Causal Net usando Heuristics Miner ProM 6.2 To Be.....	124
Figura F-14: Heuristics Net usando Genetic Miner ProM 6.2 To Be	125
Figura F-15: Fuzzy Miner ProM 6.2 To Be	126
Figura F-16: Transition System ProM 6.2 To Be	127
Figura F-17: Handover of Work ProM 6.2 To Be.....	128
Figura F-18: Similar Task ProM 6.2 To Be	129
Figura F-19: Subcontracting ProM 6.2 To Be.....	130
Figura F-20: Working Together ProM 6.2 To Be	131
Figura F-21: Reassignment ProM 6.2 To Be	132
Figura F-22: Análisis de tiempo 1 ProM 5.2 To Be.....	133
Figura F-23: Análisis de tiempo 2 ProM 5.2 To Be.....	134

Figura F-24: Animación del mapa de procesos To Be con Disco..... 135

RESUMEN

Las empresas tienen gran cantidad de datos alojados en sus sistemas de información, dentro de los cuales se encuentran los datos de eventos, los que muchas veces son desaprovechados al no ser convertidos a información útil para la toma de decisiones. La Minería de Procesos usa esos datos de eventos para extraer información, con el fin de descubrir, monitorear y mejorar los procesos.

Este estudio está enfocado en entregar un método que permita aplicar Minería de Procesos a la distribución de bebestibles no alcohólicos para mejorar la calidad de servicio entregada a los clientes al transparentar este proceso. El método permite la aplicación práctica y disciplinada de gran parte del conocimiento que se ha generado hasta hoy en Minería de Procesos. Permite un completo análisis, gracias a la realización de los tres tipos de Minería de Procesos, bajo las perspectivas de Control de flujo, Organizacional, de Casos y de Tiempo, siguiendo las etapas del Modelo de ciclo de vida L* y usando distintas técnicas. En el método también se proponen recomendaciones y buenas prácticas.

Se aplica el método a un Proceso de Distribución de una empresa de la Industria de Embotellado de Bebestibles no Alcohólicos. Se recopilan datos del proceso para generar log sintéticos, se realiza descubrimiento y chequeo de conformidad usando Disco y ProM, se integran perspectivas y se propone un rediseño que permite obtener un log más completo. Como resultados de la aplicación se realizan hallazgos que permiten conocer las características del proceso y se identifican posibilidades de mejora, que implicarían mejorar la calidad del servicio del caso estudiado.

Se concluye que el método permite mejorar la calidad de servicio con las herramientas que ya existen, disminuyendo la dificultad y los costos, al constituir una guía que permite aplicar Minería de Procesos y mejorar el entendimiento de los no expertos.

Palabras Claves: Minería de Procesos, Gestión de Procesos de Negocio, Proceso de Distribución, Industria de Bebestibles No Alcohólicos.

ABSTRACT

Companies store a significant amount of information in their systems, including event data. However, by failing to convert this data into useful information for decision-making, the stored material goes to waste. Process Mining aims to discover, monitor, and improve real processes by extracting knowledge from event logs available in current systems.

This study provides a method for applying process mining to the distribution of non-alcoholic beverages, aiming to increase the quality of service delivered to customers by making the process more transparent. The method provides an orderly and practical application of much of the knowledge that has been generated in the field of process mining. Additionally, the proposed method allows for a comprehensive analysis by encompassing four perspectives of process mining – control-flow, organizational, cases, and performance – following the L* life-cycle model stages, and using a variety of tools. The method also proposes recommendations and best practices.

We applied the method to the distribution process of a company in the non-alcoholic beverage bottling industry. Data process is collected to generate synthetic log, is performed discovery and conformance checking using Disco and ProM, perspectives are integrated and proposes a redesign that allows for a more complete log. As a result of the application are made findings that provide insight into the characteristics of the process and identify opportunities for improvement, which involve improving the quality of service of the case study.

We conclude that the method can improve the quality of service with the existing tools, decreasing the difficulty and costs, to be a guide that allows applying Process Mining and improve understanding of non-experts.

Keywords: Process Mining, Business Process Management, Distribution Process, Industry of Non Alcoholic Beverages.

1. INTRODUCCIÓN

En esta sección, se presentan los principales antecedentes y motivaciones de esta tesis. Se da a conocer el estado del arte en Minería de Procesos (MP), a través de la revisión bibliográfica. Se introduce a la investigación realizada, especificando las principales actividades realizadas, las herramientas usadas, los alcances, la hipótesis y los objetivos planteados.

1.1 Motivación

Las empresas actualmente tienen e intercambian gran cantidad de datos almacenados electrónicamente en sus sistemas de información, los que muchas veces son desaprovechados al no ser convertidos en información útil para la toma de decisiones.

Por otro lado, las empresas tienen la necesidad de ser cada vez más eficientes, lo que implica una búsqueda constante por mejorar sus procesos. La Minería de Procesos busca descubrir, monitorear y mejorar los procesos reales a través de la extracción de conocimiento desde los registros de eventos disponibles en los sistemas actuales. Además, al ser una disciplina relativamente nueva, tiene muchos desafíos por abordar.

Para este trabajo se escogió la MP como el dominio del problema y al Proceso de Distribución (PD) como foco de estudio. El PD es el proceso de negocio que se encarga de la logística de salida en un negocio genérico, según la Cadena de Valor de Porter.

Si bien, el PD suele estar presente dentro de muchas empresas, la Industria de Embotellado de Bebestibles No Alcohólicos (en adelante Industria) resulta adecuada porque su alta demanda implica la generación de cientos a miles de casos diarios y porque se caracteriza por ciclos cortos del proceso en estudio.

Además, en las empresas de la Industria, el Proceso de Distribución es parte fundamental dentro de su plan estratégico, se busca constantemente mejorar la satisfacción del cliente, siendo el uso de adecuadas métricas de servicio al cliente del PD una de sus inquietudes actuales respecto al servicio entregado. En estas empresas se espera generar excelencia operacional en sus procesos (objetivo de Compañía Cervecerías Unidas (CCU) (2013)), se busca constantemente mejorar los estándares de servicio para satisfacer las necesidades de clientes y consumidores (valor de Coca-Cola Embonor S.A (2013)), y se

orientan a los procesos y al cuidado de los detalles para cumplir con rigurosos estándares de calidad (pilar de Embotelladora Andina (EASA) (2013)).

En los últimos años han ocurrido varios cambios que han afectado la Industria en Chile, entre ellos la entrada de Walmart como nuevo actor entre los intermediarios de venta al detalle (*retail*) y el aumento de la demanda de bebestibles no alcohólicos, los que han llevado a volcar la mirada a las métricas usadas en el PD. También, durante la recopilación de información, se vio la necesidad de transparentar el Proceso de Distribución, ya que existe en la Industria cierta desconfianza en cuanto al cálculo de los indicadores de servicio al cliente, tanto entre empresas del *retail*, otros intermediarios y embotelladoras, como entre las distintas áreas involucradas dentro de las mismas empresas.

Dado lo anterior, la MP puede ser de gran ayuda para las empresas de la Industria, ya que les permitiría transparentar y analizar su Proceso de Distribución y adaptarse a los cambios con información que les apoyaría en la toma de decisiones y así obtener procesos más eficientes.

Inicialmente, se pensó aplicar Minería de Procesos usando log de eventos extraídos desde los sistemas de información de una Empresa de Embotellado de Bebestibles No Alcohólicos (EBNA) para estudiar su PD. Sin embargo, se detectó que las características actuales de las Tecnologías de Información (TI) y la calidad de los datos no son los adecuados para este fin.

Hoy en día, la MP se presenta como una poderosa herramienta, sin embargo, la gran dificultad es cómo lograr llevar a la práctica lo que en la teoría resulta prometedor, resultando relevante identificar qué técnicas son las adecuadas en Minería de Procesos para ser aplicadas al PD. Para responder estas interrogantes se plantea un método que permite aplicar Minería de Procesos a un Proceso de Distribución de una Empresa de Embotellado de Bebestibles No Alcohólicos.

1.2 Estado del Arte

El crecimiento exponencial de los circuitos integrados que ha ocurrido en los últimos 50 años, tal como se asevera en (Van der Aalst et al., 2011), ha traído asociado un aumento de datos almacenados e intercambiados electrónicamente, dentro de los cuales se encuentran los datos de eventos. El objetivo de la Minería de Procesos es usar esos datos

de eventos para extraer información relacionada con procesos (Van der Aalst, 2010) y su definición es la siguiente:

La Minería de Procesos es una disciplina de investigación relativamente joven que se ubica entre la inteligencia computacional y la Minería de Datos, por una parte, y la modelación y análisis de procesos, por otra. La idea de la Minería de Procesos es descubrir, monitorear y mejorar los procesos reales (i.e., no los procesos supuestos) a través de la extracción de conocimiento de los registros de eventos ampliamente disponibles en los actuales sistemas (Van der Aalst, 2011a).

1.2.1 Tipos de Minería de Procesos

Se pueden distinguir tres tipos de Minería de Procesos.

1. Descubrimiento (Discovery): Se usa un registro de eventos para producir un modelo sin usar información a-priori. Existen variados algoritmos para el Descubrimiento: Alpha Mining (Van der Aalst, 2011a), Heuristic Miner (Van der Aalst, 2011b; Van der Aalst, Adriansyah & Van Dongen, 2011; Weijters & Ribeiro 2011; Weijters, Van der Aalst & De Medeiros, 2006), Genetic Mining (Bratosin, Sidorova & Van der Aalst, 2010; De Medeiros, Weijters & Van der Aalst, 2007; Van der Aalst, De Medeiros & Weijters, 2005), Fuzzy Mining (Günther & Van der Aalst, 2007), entre otros.
2. Conformidad (Conformance): Se compara un proceso existente con un registro de eventos del mismo proceso, para verificar si la realidad, según el registro, es equivalente al modelo y viceversa. En (Rozinat & Van der Aalst, 2008) se plantea, por primera vez, un marco teórico que permite verificar la conformidad y medirla usando métricas. En (Muñoz-Gama & Carmona, 2010) se ven enfoques alternativos y se propone ETConformance, que es recomendado para procesos con alta cantidad de estados. En (Adriansyah, Van Dongen & Van der Aalst, 2011) se proponen Modelos Flexibles.
3. Mejora (Enhancement): Se busca extender o mejorar un modelo de proceso existente con la información del proceso real almacenado en un registro de eventos.

1.2.2 Perspectivas de Minería de Procesos

La Minería de Procesos cubre las siguientes perspectivas.

1. Perspectiva de Control de Flujo (Control-Flow Perspective): Busca la caracterización de todos los caminos posibles.
2. Perspectiva Organizacional (Organizational Perspective): Tiene como fin estructurar la organización ya sea clasificando a las personas en términos de roles y unidades organizacionales, o para mostrar la red social. Algunas de las técnicas para esta perspectiva se pueden ver en (Alves, 2010; Ferreira & Alves, 2011; Song & Van der Aalst, 2008; Van der Aalst, Reijers & Song, 2005).
3. Perspectiva de Casos (Case Perspective): Se enfoca en las propiedades de los casos (caracterización por rutas, actores u otros elementos del log).
4. Perspectiva de Tiempo (Performance Perspective): Se relaciona con la ocurrencia y la frecuencia de los eventos. Posibilita descubrir cuellos de botella, medir niveles de servicio, monitorear la utilización de recursos y predecir el tiempo restante de los casos en ejecución (Van der Aalst, Schonenberg & Song, 2011).

1.2.3 Algunas aplicaciones

Se han aplicado algunas de las técnicas en (Bozkaya, Gabriels & Van der Werf, 2009), donde se propone un método para hacer un diagnóstico de proceso basado en Minería de Procesos.

Se realizó un caso de estudio en un hospital holandés (Mans, Schonenberg, Song, Van der Aalst & Bakker, 2009) y en un proceso industrial de una oficina pública holandesa encargada de infraestructura (Van der Aalst et al., 2007).

En Chile se efectuó un análisis del proceso de cobranza de una empresa de telecomunicaciones (Arriagada, 2009).

1.2.4 Modelo de ciclo de vida L*

En (Van der Aalst, 2011a) se describe el Modelo de ciclo de vida L*, que divide un proyecto de Minería de Procesos en cinco etapas (ver Figura 1-1).

- Etapa 0: Planificar y justificar esta planificación.

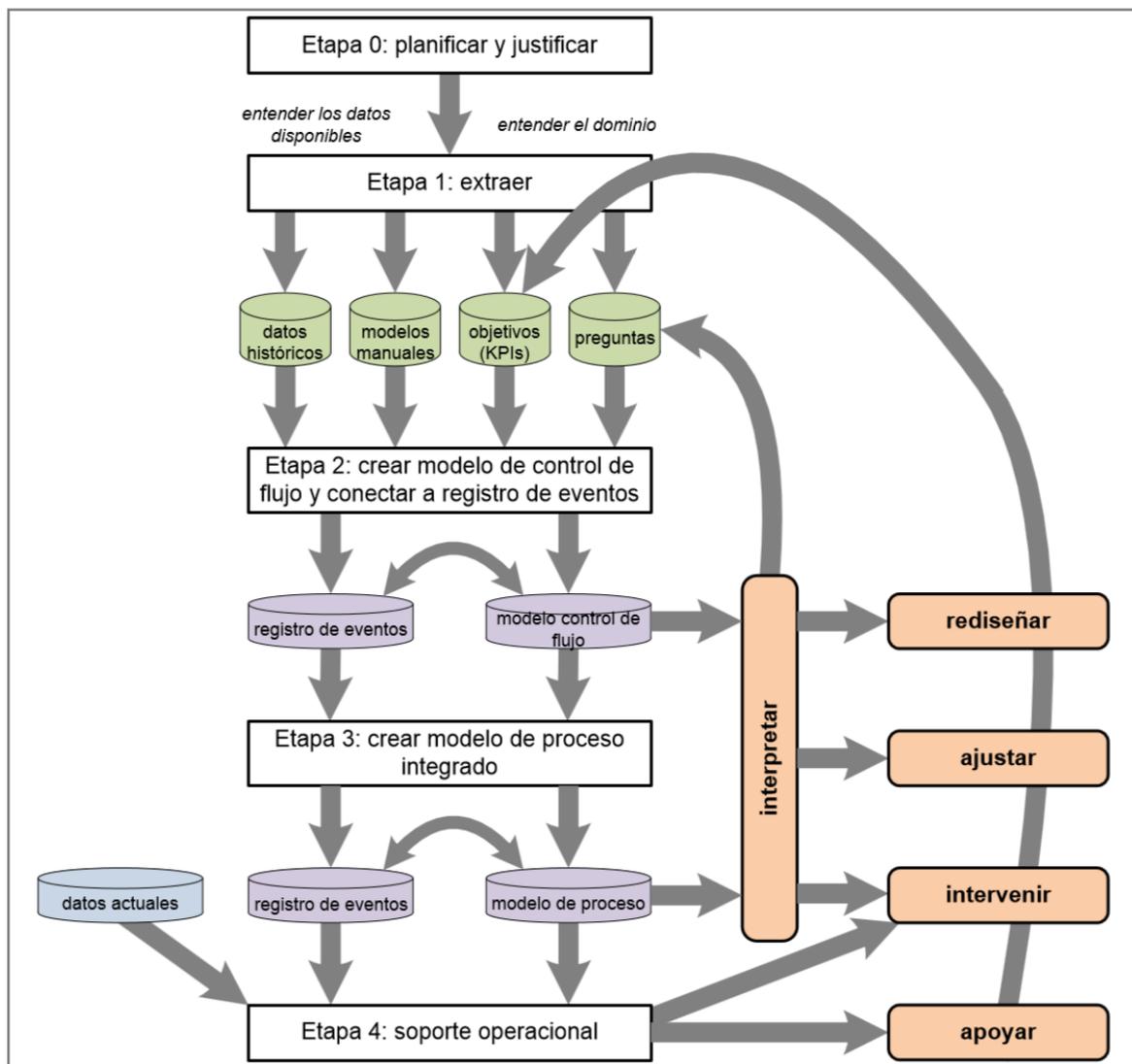


Figura 1-1: Modelo de ciclo de vida L* (Van der Aalst et al., 2011)

- Etapa 1: Extraer los datos de eventos, modelos, objetivos y preguntas, a partir de los sistemas, los expertos del dominio y la gestión.
- Etapa 2: Crear un modelo de control de flujo y conectarlo con el registro de eventos. Se pueden aplicar técnicas automáticas de descubrimiento de procesos.
- Etapa 3: Crear un modelo de proceso integrado. El modelo de control de flujo podría ser extendido con otras perspectivas cuando el proceso es relativamente estructurado.

- Etapa 4: Proveer soporte operacional, combinando el conocimiento extraído de los datos de eventos históricos con la información de los casos en ejecución.

1.2.5 Desafíos en Minería de Procesos

El intento por mejorar los procesos en las organizaciones no es nuevo, Hammer y Champy (1994) describen al respecto las dificultades que se presentaban habitualmente en esos años. Una década después, Verner (2004) describe los principales desafíos del descubrimiento de proceso y plantea que cuando las organizaciones fracasan en su intento por realizar descubrimiento es porque se presenta un conjunto de causas: percepción de falta de valor, recursos insuficientes, defectuosas metodologías e inadecuadas herramientas.

Los desafíos de los que se quiere ocupar la Minería de Procesos se plantean y se analizan en (Tiwari & Turner, 2008; Van der Aalst, 2010; Van der Aalst & Weijters, 2004).

Estos desafíos, que se resumen y actualizan en (Van der Aalst et al., 2011) son: aprovechar la existencia de gran cantidad de datos de eventos en forma significativa para proveer un mejor entendimiento, identificar cuellos de botella, anticipar problemas, registrar violaciones de políticas, recomendar medidas, simplificar procesos, entre otros. Como es una disciplina emergente, el autor también enumera desafíos futuros, entre los que se mencionan: lidiar con registros de eventos complejos con diversas características, combinar Minería de Procesos con otros tipos de análisis, mejorar la usabilidad para los no expertos y mejorar el entendimiento para los no expertos.

1.3 Herramientas

Para el trabajo se utilizó un computador portátil con las siguientes características:

- Procesador: Intel® Core™ i7-3520M CPU @ 2.9 GHz.
- Memoria instalada (RAM): 8.00 GB.

Los *software* usados son los presentados en Tabla 1-1.

Tabla 1-1: Software usado

N°	Software	Versión	Descripción	Uso
1	Bizagi Process Modeler	2.4.0.8	Aplicación Freeware. Permite diagramar procesos y generar documentación de procesos utilizando la notación Business Process Model and Notation (BPMN).	Modelado en BPMN.
2	Blueworks Live	Trial Edition	Licencia comercial, incluye versión gratuita de 30 días. Aplicación de IBM para apoyar la Gestión de Procesos de Negocios, permite descubrir, documentar y automatizar procesos.	Correlación de descubrimiento.
3	Disco	1.3.0	Licencia académica, importa hasta 5 millones de eventos. Herramienta de Minería de Procesos que permite visualizar mapas, descubrir procesos, explorar casos, aplicar filtros y exportar log de eventos en XML (XES o MXML). Disco se encuentra en (Fluxicon Process Laboratories, 2012).	Descubrimiento de procesos, realización de análisis y exportación del log de eventos en MXML.
4	Dropbox	2.0.16	Gratis. Tecnología y servicio <i>cloud computing</i> , que permite alojar archivos en la nube, sincronizar archivos en línea y entre distintos equipos, y compartir documentos y carpetas.	Respaldo de los documentos relacionados con la tesis.
5	Eclipse SDK	4.2.2	Eclipse Public License. Entorno de desarrollo integrado, compuesto por un conjunto de herramientas de programación de código abierto multiplataforma, que permite programar y compilar en C++, Java, entre otros.	Programación en Java para la generación de log de eventos.
6	Google Académico	-	Licencia de software libre. Buscador avanzado que proporciona una búsqueda de la literatura científica a través de muchas disciplinas y fuentes, incluyendo tesis, libros, resúmenes y artículos.	Búsqueda de literatura científica.

N°	Software	Versión	Descripción	Uso
7	Google Chrome	-	Licencia de software libre. Navegador Web.	Acceso a sitios de interés.
8	Internet Explorer	Para Windows 8	Licencia comercial. Navegador Web.	Acceso a sitios de interés.
9	Mendeley	1.8.4	Gratis. Aplicación <i>Web</i> y de escritorio que permite gestionar y compartir documentos de investigación, encontrar datos y colaborar en línea.	Organización de documentos y obtención de datos de referencia.
10	Microsoft Office (Excel, Word, PowerPoint y Project)	2007	Licencia comercial. Conjunto de herramientas de ofimática.	Generación de planillas de cálculo, documentos, presentaciones y calendario.
11	ProM	5.2 y 6.2	GNU Public License (GPL), licencia de código abierto. <i>Framework</i> extensible que soporta una amplia variedad de técnicas de Minería de Procesos en forma de <i>plug-ins</i> . ProM, en las versiones 5.2 y 6.2, se encuentra en (Process Mining Group, 2012).	Aplicación de técnicas de Minería de Procesos.
12	Windows	8 Pro	Licencia comercial. Sistema operativo.	Instalación de programas y uso de aplicaciones asociadas al sistema operativo.

1.4 Alcances y limitaciones

La investigación realizada se enmarca en el dominio de la Minería de Procesos. Se investigan los trabajos publicados y las aplicaciones generadas hasta el año 2012, con el fin de seleccionar las técnicas y herramientas adecuadas para el Proceso de Distribución en Empresas de Embotellado de Bebestibles No Alcohólicos en Chile.

El presente trabajo no se enfoca en el estudio de los algoritmos en que se basan las herramientas usadas, ni en proponer mejoras a los mismos. Tampoco busca mejorar las herramientas de MP. Este estudio está enfocado en entregar un método que permita

aplicar Minería de Procesos a un Proceso de Distribución de bebestibles no alcohólicos para mejorar la calidad de servicio entregada a los clientes al transparentar este proceso.

Se consideran los tres tipos de Minería de Procesos, bajo las perspectivas de Control de flujo, Organizacional, de Casos y de Tiempo, siguiendo el Modelo de ciclo de vida L* y usando distintas herramientas.

Se investiga el proceso punto a punto, que involucra desde la emisión de la orden de venta hasta el pago por parte del cliente, proceso también conocido como *order to cash*. Para efectos del PD analizado, la cobranza al cliente no es incluida cuando es posterior a la liquidación (créditos o cheques a fecha) y se incluye la cobranza a las empresas transportistas.

La recolección de información del proceso para el desarrollo de esta tesis se realiza en 2012 en una empresa en particular, la cual incluye bocetos del proceso, reglamentos y procedimientos definidos explícitamente, además de la definición de roles. Se realiza inmersión de campo en uno de los Centros de Distribución. También se realizan entrevistas con los roles involucrados en las actividades del proceso.

Se solicita a la empresa los datos, los modelos de datos y cualquier otro modelo útil para la comprensión de los sistemas de información, sin embargo, señalaron que no contaban con documentación de éstos.

Se usan log de eventos sintéticos como entrada para las herramientas de Minería de Procesos. Es decir, mediante un programa implementado con este fin, se genera un log siguiendo el flujo de trabajo identificado gracias a la información recolectada del proceso y considerando las posibles variantes del mismo.

Para mostrar y probar la propuesta metodológica, ésta se aplica siguiendo los pasos y las buenas prácticas propuestas, y usando Disco y ProM. Sin embargo, no se considera realizar soporte operacional del proceso, que corresponde a la Etapa 4 del Modelo de ciclo de vida L*.

1.5 Hipótesis

La hipótesis de este trabajo señala que, es posible mejorar la calidad de servicio de un Proceso de Distribución de bebestibles no alcohólicos en el contexto nacional actual si se sigue un método que permita aplicar Minería de Procesos.

1.6 Objetivos

En el desarrollo de este proyecto se define el siguiente objetivo general, el cual se desglosa en los objetivos específicos que se encuentran a continuación.

1.6.1 Objetivo General

Proponer un método que permita aplicar Minería de Procesos para mejorar la calidad de servicio de un Proceso de Distribución de bebestibles no alcohólicos en el contexto nacional actual.

1.6.2 Objetivos Específicos

1. Proponer un método que permita aplicar Minería de Procesos a la Distribución de Bebestibles no Alcohólicos.
2. Aplicar el método propuesto a un Proceso de Distribución de la Industria de Embotellado de Bebestibles no Alcohólicos en el contexto nacional actual.
3. Identificar posibilidades de mejora de la calidad de servicio del Proceso de Distribución del caso estudiado.

1.7 Estructura de la tesis

El presente documento se divide en seis capítulos, más los anexos. En "Situación Actual", se da a conocer la situación actual en Chile de las Empresas de Embotellado de Bebestibles No Alcohólicos, de su mercado y de las Empresas de Transporte de Carga. Además, se describen las principales características que tiene el Proceso de Distribución en estas empresas.

En "Método para aplicar Minería de Procesos a un Proceso de Distribución de Bebestibles No Alcohólicos", se da a conocer el método propuesto para la aplicación de MP en un Proceso de Distribución de una EBNA.

En "Aplicación de Minería de Procesos a un Proceso de Distribución de Bebestibles No Alcohólicos", se describe lo realizado en la aplicación de Minería de Procesos a un Proceso de Distribución de una empresa de la Industria y se presentan los resultados obtenidos al aplicar las herramientas.

En "Conclusión", se dan a conocer las conclusiones del trabajo, se revisa en detalle el logro de los objetivos, los principales aportes y dificultades, los trabajos futuros y las reflexiones finales.

En "Bibliografía", se entrega el listado de referencias bibliográficas.

En "Anexos", se encuentran un glosario de siglas, un glosario con los documentos usados y generados a lo largo del proceso, la descripción de los roles, la asignación de responsabilidades y recursos, un póster de BPMN que resume la notación, y los modelos As Is y To Be obtenidos en la aplicación.

2. SITUACIÓN ACTUAL

En el presente capítulo se analizará el Proceso de Distribución de Empresas de Embotellado de Bebestibles No Alcohólicos en Chile. Pero antes, se caracterizará el mercado y la industria nacional de bebidas no alcohólicas.

2.1 Caracterización del mercado y la industria

Dentro de la industria de alimentos chilena, se encuentra incorporada la producción de bebidas alcohólicas y no alcohólicas. Entonces, los bebestibles no alcohólicos son bienes que satisfacen la necesidad fisiológica de alimentación, una de las necesidades básicas según la Pirámide de Maslow. Por lo mismo, su consumo es masivo, y la mayoría de los productos distribuidos responden a un mercado *pull*, es decir, las ventas responden a la demanda de los consumidores.

Aún así, la Industria se caracteriza por fuertes campañas de marketing y publicidad, que han logrado incorporar fuertemente el consumo de productos, como el de bebidas gaseosas y, recientemente, el de aguas. Liderando la competencia de refrescos Coca-Cola y Embotelladoras Chilenas Unidas (bebidas no alcohólicas de CCU), representando en su conjunto una cuota de comercio del 77% en 2012, según un estudio publicado por Euromonitor International (2012).

Además, se caracteriza por demandas estacionales. Según lo manifestado por los expertos, la demanda de bebestibles se intensifica en épocas de calor, como el periodo estival, por lo que ocurre una marcada estacionalidad, siendo las mayores ventas entre diciembre y marzo. En diciembre, también aumentan las ventas por las fiestas de fin de año.

2.1.1 Aumento en la demanda

En 2012, hubo favorables resultados en la industria de bebestibles en Chile, en gran medida, gracias a las líneas de negocios de bebidas no alcohólicas. Según la Asociación Nacional de Bebidas Refrescantes (2013), crecieron 9.2% las ventas de sus asociados, con 2.689 millones de litros vendidos, los cuales se componen de la siguiente forma: 2.044 millones de litros de bebidas gaseosas (crecimiento de 5.9%), 349 millones de litros de

aguas (crecimiento de 22.9%), 268 millones de litros de jugos y néctares (crecimiento de 17.5%), 22 millones de litros de bebidas para deportistas (crecimiento de 46%) y 5.1 millones de litros de bebidas en base a té (crecimiento de 7.7%).

Por dar un ejemplo, CCU (2013), uno de los principales actores del mercado, experimentó el segundo trimestre de 2012 un aumento en sus ventas de 13,9% con respecto a igual periodo de 2011 (considerando las ventas en Chile y Argentina). El volumen consolidado (medido en hectolitros) vendido en dicho trimestre creció un 7,3%, con un 18,0% de alza en el segmento de bebidas sin alcohol. Lo anterior implicó que las bebidas sin alcohol pasaran de 27% a 28% en la composición de ingresos, superando la venta de Cervezas Chile, que bajó de 30% a 27%.

En nuestro país se ha experimentado un alza en las temperaturas en el último tiempo, ampliando la cantidad de días de calor y subiendo las temperaturas máximas. A ello se le atribuye en la Industria, en parte, el aumento en la venta de bebidas no alcohólicas, según lo manifestado en las entrevistas realizadas.

Una de las consecuencias de la ley 20.580, conocida como ley de alcohol o tolerancia cero, es que se elevó en 2012 el consumo de productos sin alcohol en restaurantes, según lo manifestado por quienes trabajan en el rubro (Tapia, 2013).

Por otro lado, el crecimiento económico del país ha venido acompañado del aumento del consumo de bebidas gaseosas. Según un estudio publicado por Euromonitor International (2012), Chile pasó a ocupar el segundo lugar mundial en su consumo, con 121 litros per cápita anuales. Hoy en día, este tipo de bebestible es considerado de consumo cotidiano.

Jaime Gatica, gerente general de la Asociación Nacional de Bebidas Refrescantes de Chile (ANBER) reconoció que "los últimos dos años han sido un periodo positivo para la venta de bebidas en Chile" y lo adjudica al "fortalecimiento de la economía y el bajo nivel de desempleo, dos factores que han tenido incidencia en este permanente crecimiento" (América Economía, 2013).

2.1.2 Diversificación de productos

En respuesta a este sostenido crecimiento en la demanda, la Industria ha lanzado diversos productos y diferentes formatos de envases. Ello implica manejar gran cantidad de

Unidades de Mantenimiento de Existencias (Stock-Keeping Unit, SKU) y envases de geometría, dimensiones y material distinto, como latas, botellas, etc.

Lo anterior queda de manifiesto al analizar lo que ha ocurrido con las aguas. En la búsqueda por satisfacer la tendencia creciente de estilos de vida más naturales y saludables, hoy se producen distintos tipos de agua en diferentes formatos, tales como saborizadas, funcionales, purificadas y minerales.

Sin embargo, los expertos señalaron que los productos estrella siguen siendo las bebidas colas, por lo que en el mercado, cuando no hay *stock* de una bebida de fantasía, se acepta el cambio por una bebida cola.

2.1.3 Cambios en la industria

Como consecuencia del aumento en la demanda, las empresas se han visto en la obligación de aumentar su capacidad de producción y de distribución, presentando algunos contra tiempos en esta adaptación.

Otro antecedente relevante es la fusión por absorción entre Embotelladora Andina, la embotelladora de Coca-Cola más grande de Chile, y Embotelladora Coca-Cola Polar, la cual fue anunciada en septiembre de 2012. Con ello, EASA pasó a ser el segundo embotellador de Coca-Cola en Sudamérica y el séptimo embotellador en el mundo, con operaciones en Argentina, Brasil, Paraguay y Chile.

Por otro lado, el ingreso de Walmart, como nuevo actor en la industria del *retail* en el país, ha aumentado las exigencias en el servicio al cliente que le es entregado. En su rol de cliente, Walmart mide el servicio que recibe y lo reporta a sus proveedores, lo que ha implicado que empresas que antes no medían, ahora tengan que integrar a sus sistemas de control la medición de servicio al cliente, y aquellas que ya lo hacían han visto la necesidad de contar con sistemas más fiables.

2.1.4 Empresas de Transporte de Carga

Las Empresas de Transporte de Carga (ETC) participan en el PD como intermediarias. Su cliente es la EBNA u otro intermediario, como una empresa dedicada a la distribución que la subcontrate.

En el transporte de carga se usan vehículos de gran capacidad y especialmente habilitados. Se busca tener flotas de camiones con distintas características. La elección del tipo de vehículo para una determinada ruta puede verse restringido por capacidad y características de las vías. Por ejemplo, se considera que tengan el ángulo para virar si va a cubrir el centro de la Comuna de Santiago.

Uno de los problemas que afecta la Industria son los robos que sufren los transportistas a lo largo del país, que genera pérdidas para las EBNA y para las ETC. Las pérdidas para las ETC llegan a US\$ 240 millones al año, según el gremio (Obregón, 2012). A lo anterior se sumaron los ataques incendiarios sufridos en la región de la Araucanía, lo que llevó a la Confederación Nacional de Transportes de Carga (CNTC) a paralizar actividades (Martínez, 2013).

2.2 Caracterización del proceso

El Proceso de Distribución es el proceso de negocio que se encarga de la logística de salida en un negocio genérico, según la Cadena de Valor propuesta por Michael Porter (ver Figura 2-1).



Figura 2-1: Proceso de Distribución en la Cadena de Valor de Porter

La logística de salida es una de las actividades primarias de la Cadena de Valor, que considera el almacenamiento y despacho del bien producido a los puntos de distribución.

Este proceso también es conocido como "*order to cash*", cuando se considera desde la emisión de la orden de venta hasta el pago por parte del cliente. Este ciclo es corto en la Industria, puede tomar días o algunas semanas.

Mediante diversas fuentes de información, inmersión de campo y entrevistas con expertos se logró caracterizar el PD de la Industria. A continuación, se dan a conocer las métricas, sistemas de información y canales de distribución usados.

2.2.1 Métricas

Las métricas usadas en el PD son para medir el servicio al cliente, y son conocidas como tasa o indicador de servicio (en inglés, *service rate*). Una de estas métricas de rendimiento más usadas es el *fill rate*, que mide, en porcentaje, el número de unidades entregadas sobre el total ordenado.

$$\begin{aligned} \textit{Fill rate} &= \textit{Cantidad de unidades de producto entregadas en el periodo} \\ &\div \textit{Cantidad de unidades de producto solicitadas para el periodo} \end{aligned} \quad (2-1)$$

Por ejemplo, si los clientes pidieron 1.000 unidades en cierto día y sólo se cumple con la entrega de 900 unidades ese día, el *fill rate* es 90%. Cuando se habla de unidades de producto es importante considerar que la Industria calcula los indicadores con una unidad de medida estandarizada equivalente a litros conocida como Unit Cases (UC).

El pedido perfecto es otro indicador que mide la calidad de servicio, se enfoca en la calidad total de la gestión de entrega de pedidos, por lo que es un indicador más exigente que el *fill rate*, y considera factores como: el pedido es entregado o recibido a tiempo, el pedido es entregado o recibido completo, la factura no presenta error, las condiciones del producto entregado corresponden a los requerimientos del cliente, entre otros.

$$\begin{aligned} \textit{Pedido perfecto} &= \textit{Cantidad de pedidos entregados perfectos en el periodo} \\ &\div \textit{Cantidad de pedidos solicitados para el periodo} \end{aligned} \quad (2-2)$$

Existen otros indicadores de calidad de servicio, pero no se detectó su uso en la Industria.

Estos indicadores se ven afectados por incumplimiento en horarios de generación o modificación de pedidos, por ejemplo, que el cliente ingrese al sistema de pedidos y modifique la fecha de entrega horas antes de efectuarse la misma; porque el proveedor retrasa la entrega por falta de *stock* del producto; por el incumplimiento de los horarios de

recepción de los pedidos por parte del cliente, es decir, que el flete llega a la hora acordada y no encuentra quien reciba la carga; por el incumplimiento en los horarios del transporte, por ejemplo, el flete llega después de la hora acordada para la recepción de la carga; por condiciones de orden público, como desvíos en el tránsito o inundación de calles.

Debido al alza en la demanda, la probabilidad de quiebres de *stock* ha aumentado; tanto la producción como la distribución se han visto sobrepasadas, afectando directamente en la baja de los indicadores. También han influido negativamente los paros de los trabajadores de las ETC.

2.2.2 Canales de distribución

La distribución desde el productor, que son las EBNA, hasta el consumidor final, que es quien consume el bebestible, se lleva a cabo mediante intermediarios, el 63% de las ventas se efectúa a través del canal tradicional o comercio detallista (desde minimarkets hasta quioscos), el 25% a través de supermercados y el 12 % a través de consumo en el lugar (fuentes de soda, locales de comida rápida, estaciones de servicio, consignación para eventos, entre otros), según la Asociación Nacional de Bebidas Refrescantes (s.f.).

Las empresas tienen la tendencia a no tener su propia flota de camiones, sino que a delegar a las ETC el traslado de los productos terminados desde los Centros de Distribución (CD) hasta los intermediarios de ventas al detalle.

También, las EBNA han creado empresas que juegan el rol de operador logístico, para enfocarse exclusivamente a la distribución y a tratar con las ETC.

Los intermediarios de ventas al detalle son considerados como clientes de las EBNA, éstos se jerarquizan, distinguiendo como clientes prioritarios a supermercados y otros grandes clientes, implicando que a la hora de priorizar la distribución, se asegura la reposición de *stock* y entrega a estos clientes. Además, los descuentos son variables dependiendo del cliente.

2.2.3 Sistemas de información

En la actualidad, la Industria en Chile se caracteriza por estar altamente tecnologizada, sus principales actores realizan el PD apoyados por sistemas heterogéneos que se enfocan a fines diversos.

En la mayor parte de los casos, estos sistemas están interrelacionados y comparten datos para generar información que apoye la toma de decisiones en la organización respecto al PD.

A continuación, se describirán los principales sistemas detectados en la Industria.

a) Sistemas de administración de las relaciones con el cliente

Los sistemas de Administración de las Relaciones con el Cliente (Customer Relationship Management, CRM) integran información de ventas, marketing y servicio al cliente, con el fin de ayudar a las empresas a administrar sus relaciones con los clientes. El CRM le proporciona a la empresa una visión unificada de cada cliente a toda la empresa.

Estos sistemas le permiten a las empresas conocer al cliente, ya que en la Industria se suele manejar una gran variedad de ellos, e interactúan con la empresa por diversos puntos de contacto, como puede ser a través de la Web, de una llamada telefónica a un *call center*, de un dispositivo inalámbrico, del correo o de un centro de servicio al cliente. Estos puntos de contacto son usados en el PD para hacer ingreso de pedidos. Los CRM también son utilizados a lo largo del proceso para obtener los datos de contacto del cliente que realizó la orden.

b) Sistema de emisión de documentos tributarios electrónicos

En las grandes empresas de la Industria se ocupa facturación electrónica, que permite optimizar la operación de las empresas y otorgar validez legal al ejemplar electrónico de los documentos tributarios de compra y venta tales como: Facturas, Notas de Crédito (NC), Notas de Débito (ND), Guías de Despacho (GD). Mediante este sistema pueden generar, transmitir y almacenar en forma electrónica sus documentos tributarios, autenticados con firma electrónica.

Los sistemas y procedimientos deben seguir lo establecido en Servicio de Impuestos Internos (SII) (2013). Como parte de las actividades a realizar, un usuario autorizado por la empresa debe solicitar en el sitio Web del SII la autorización de un rango de folios a usar en los Documentos Tributarios Electrónicos (DTE). Las empresas deben enviar un ejemplar electrónico del documento tributario al SII, antes de que sea recibido por su receptor o utilizado para el transporte físico de bienes.

Se debe contar con un software especializado en la generación de los documentos tributarios electrónicos, en el formato estándar definido por el SII, y generar el timbre electrónico de acuerdo con el algoritmo especificado por el SII. El signatario autorizado debe poder firmar con llave privada el DTE.

El sistema debe tener software de manejo de códigos de barra bidimensionales (PDF417) que le permita generar e imprimir un código de barra bidimensional que contenga la información especificada por el SII (el timbre electrónico y la información requerida para verificarlo). Esto último implica que la empresa debe contar con un sistema de impresión láser que lo permita.

Para facilitar la fiscalización, cada empresa define un procedimiento de respaldo y recuperación de DTE.

Además, y fuera de los alcances del proceso estudiado en esta tesis, el sistema debe generar libros de compra y venta en el formato solicitado por el SII y enviárselos a dicha institución.

c) Sistemas de planeación de recursos empresariales

Los sistemas de planeación de recursos empresariales (Enterprise Resource Planning, ERP) se basan en un conjunto de módulos de software integrados y en una base de datos común. En la base de datos se recopila información procedente de las áreas funcionales de la empresa y de los procesos de negocios. A su vez, permite poner los datos recopilados a disposición de las aplicaciones que apoyan a las actividades de negocios de la organización.

Al PD le puede apoyar, principalmente, el módulo correspondiente a manufactura y producción, en el cual se suele incluir la distribución y el transporte. También, se puede relacionar con el módulo de venta y marketing, porque considera el procesamiento de los pedidos, devoluciones, precios, entre otros. El módulo financiero y contable permite conocer el estado de la cuenta de un cliente, lo que, por ejemplo, permite saber si se debe cancelar un pedido porque el cliente tiene un crédito vencido.

d) Sistemas de planeación de ruta y carga

Los sistemas de planeación de ruta y los sistemas de planeación de carga están basados en modelos que permiten optimizar, respectivamente, la creación de las rutas de

entrega y la distribución de la carga por camión y/o al interior del mismo. Los sistemas de planeación de ruta permiten asignar cobertura por zona a los distintos CD.

e) Sistemas de procesamiento de transacciones

Los sistemas de procesamiento de transacciones (Transaction Processing System, TPS) consisten en una aplicación que ejecuta y registra las transacciones cotidianas que se requieren para la conducción de la empresa (Laudon & Laudon, 2008). Tienen como fin responder a preguntas rutinarias y dar seguimiento al flujo de transacciones en la organización.

Permiten registrar las transacciones más relevantes para el PD, como son la llegada y salida de un camión.

f) Otros Sistemas

Las empresas poseen sistemas a pedido o especializados, que permiten realizar determinadas actividades del proceso, como por ejemplo, la generación e impresión de códigos de barra (*ticket pallet*) para identificar una carga de camión.

3. MÉTODO PARA APLICAR MINERÍA DE PROCESOS A UN PROCESO DE DISTRIBUCIÓN DE BEBESTIBLES NO ALCOHÓLICOS

En este capítulo se da a conocer el método propuesto para aplicar Minería de Procesos a un Proceso de Distribución de Bebestibles no Alcohólicos.

Este método permite visualizar lo que está ocurriendo a lo largo del proceso desde las distintas perspectivas de la MP, permite aplicar gran parte del conocimiento que se ha generado hasta hoy en MP, mediante un enfoque disciplinado.

3.1 Pasos del método

Este método sigue las etapas del Modelo de ciclo de vida L*, el cual fue descrito en el Estado de Arte del capítulo introductorio (ver Figura 1-1). En este método se abarcan las técnicas en Minería de Procesos que se consideran adecuadas para ser aplicadas a la Industria en cada etapa y se itera con el fin de asegurar la obtención de productos refinados al culminar cada una de ellas.

El PD es un proceso semiestructurado, con actividades conocidas, donde algunas de ellas requieren juicio humano, lo que permite desviaciones. Por ello, la mayoría de las técnicas de MP pueden ser aplicables a este proceso, ya que es más cercano a un proceso estructurado (procesos conocidos con el nombre de Lasaña). Además, gran parte de sus actividades tienen el apoyo de diversas tecnologías, por lo que se puede llegar a un log de eventos lo suficientemente completo para obtener resultados certeros, si los datos guardados cumplen con estándares de calidad.

Teniendo presente estas características se llega a los pasos que se listan y describen a continuación.

3.1.1 Planificación del proyecto

Antes de comenzar el proyecto es importante pensar qué se va a hacer y cuáles son los beneficios que se esperan como resultado. Se debe seleccionar el proceso a analizar y sus alcances. Es necesario hacer un catastro de todos los datos disponibles para la extracción. Por lo tanto, hay que conocer el dominio del problema y la situación actual de

la organización a aplicar Minería de Procesos. Lo anterior permitirá determinar la factibilidad de realizar Minería de Procesos. Se debe definir un plan con las actividades a realizar, los recursos necesarios, los hitos y planificar el monitoreo del estado de avance.

3.1.2 Extracción de datos

Consiste en extraer los datos de eventos desde los sistemas de información que la empresa utiliza, procesar los registros y dar formato al log de eventos. Los datos están en el formato de las TI usadas y deberán ser transformados al formato del log de eventos para aplicar MP. Se debe definir la entidad que será objeto de estudio, por ejemplo, si un caso corresponderá a los eventos relacionados con un camión, una carga o un artículo. El log generado debe tener como mínimo los siguientes campos:

- ID del caso: Es el identificador único del caso.
- Nombre de la Actividad: Corresponde al nombre de la actividad, se debe asignar cada una de las actividades del proceso de las que se tengan registros.
- Inicio: Es el *timestamp* de inicio de la actividad, se sugiere usar día, mes, año, hora, minutos y segundos, según el siguiente formato u otro similar: "dd-mm-yyyy hh:mm:ss".
- Fin: Es el *timestamp* de salida de la actividad, se sugiere usar día, mes, año, hora, minutos y segundos, según el siguiente formato u otro similar: "dd-mm-yyyy hh:mm:ss".
- Ejecutor: Es el nombre de quien ejecuta la actividad, usualmente corresponde al usuario que realizó la transacción en el sistema.

Un ejemplo de un registro a generar es el de la Tabla 3-1.

Tabla 3-1: Log de eventos

ID caso	Nombre Actividad	Inicio	Fin	Ejecutor
1	Actividad1	18-04-2013 08:00:00	19-04-2013 11:30:51	Recurso2

También, se deben recopilar los modelos y la documentación disponible, obtener la visión experta, definir los objetivos y preguntas que guiarán el trabajo. Es importante recopilar toda la información disponible que permita conocer el modelo As Is ideal.

Este paso es posible que requiera de varias iteraciones hasta llegar a un log de eventos lo suficientemente completo para realizar los análisis siguientes.

3.1.3 Descubrimiento y análisis de conformidad

Implica analizar el log de eventos extraído, descubrir el modelo del proceso utilizando el log y realizar análisis de conformidad.

Mediante el análisis de conformidad se puede determinar el *fitness* de un modelo de procesos con respecto al log de eventos, ésta es una métrica que determina el grado de representatividad que tiene el modelo con respecto al log. Si el *fitness* es inferior a 0,8 se dificulta continuar con los pasos siguientes, según lo señalado en (Van der Aalst, 2011a). Para que ello no ocurra, se usan varias técnicas de descubrimiento del modelo de control de flujo y se seleccionan aquellas con las que se obtienen los mejores resultados.

a) Análisis del log

Se realiza un análisis del log para conocer estadísticas generales del mismo y determinar si es necesario filtrarlo antes de continuar con el análisis. Las estadísticas incluyen el número de casos, eventos, actividades y recursos que componen el log, la identificación de los estados iniciales y finales, las ocurrencias de actividades y recursos, entre otras.

b) Descubrimiento del proceso

Descubrir el modelo de control de flujo del proceso busca la caracterización de todos los caminos posibles y resulta fundamental para el PD, ya que permite visualizar lo que ocurre realmente con el proceso.

Existen varios algoritmos para realizar descubrimiento bajo la Perspectiva de Control de Flujo. En este método se considera a Alpha Miner, Heuristic Miner, Genetic Miner, Fuzzy Miner y Transition System. Sin embargo, hay que tener presente que el modelo obtenido puede variar para un mismo log de eventos dependiendo del algoritmo y

su implementación, por lo que se entregan algunas reseñas que permitirán seleccionar los más adecuados.

- i. Alpha Miner: Es uno de los primeros algoritmos usados en MP, que representa el modelo de procesos descubierto a través de una Red de Petri. Por ello, otros algoritmos usan como insumo la red generada con Alpha Miner, lo que presenta una ventaja sobre otras técnicas. Su primera versión tiene errores de representación con *loop* de ciclo uno y dos, lo que es una desventaja para el análisis del PD porque son habituales las iteraciones, en versiones posteriores este problema de representación es superado. Además, es sensible a log incompletos, en cuyos casos no entregará buenos resultados. Para mayores detalles ver (Van der Aalst, 2011a). Por lo tanto, se recomienda para log de eventos completos y sin ruido.
- ii. Heuristic Miner: Permite usar diferentes representaciones, como Heuristics Net (Weijters & Ribeiro 2011; Weijters, Van der Aalst & De Medeiros, 2006) y Causal Net (Van der Aalst, Adriansyah & Van Dongen, 2011), obteniéndose distintas redes. Éstas presentan buenos resultados para el PD, al mejorar el sesgo de representación de las Redes de Petri. Además, presentan modelos más intuitivos que Alpha Miner.
- iii. Genetic Miner: También se puede representar con Heuristics Net, sin embargo, toma mayor tiempo de procesamiento antes de entregar el resultado, dependiendo de la configuración usada, y no asegura la obtención de buenos resultados. Para mayor información ver (Bratosin, Sidorova & Van der Aalst, 2010; De Medeiros, Weijters & Van der Aalst, 2007; Van der Aalst, De Medeiros & Weijters, 2005).
- iv. Fuzzy Miner: Es recomendado para procesos menos estructurados, porque permite simplificar la visualización a través de clúster. Se obtienen buenos resultados para el PD, aún cuando este proceso tiene una estructura medianamente definida. Ver (Günther & Van der Aalst, 2007).
- v. Transition System: Se recomienda su uso exclusivamente si posteriormente se desea hacer predicción (soporte operacional) con el *plug-in* Transition System Analyzer (Van der Aalst, Schonenberg & Song, 2011).

En general, al realizar Descubrimiento, se obtienen mejores y más rápidos resultados para el PD con Fuzzy Miner y Heuristic Miner, sin embargo, se pueden agregar las otras técnicas dependiendo del enfoque del estudio.

c) Análisis de conformidad

Permite conectar el modelo de control de flujo con el registro de eventos y es útil para verificar la representatividad del modelo obtenido. Se han generado varias dimensiones de calidad del modelo descubierto, algunas de ellas son (Van der Aalst, 2011a):

- *Fitness*: Mide la capacidad de reproducir el log de eventos (realizar *replay*). Un *fitness* perfecto corresponde a 1, e implica que todas las trazas en el log pueden ser reproducidas por el modelo de inicio a fin.
- Simplicidad: Se refiere a la Navaja de Occam. Se refiere al modelo más simple que puede explicar el comportamiento que se ve en el log. Por ejemplo, se puede medir por el número de nodos y arcos.
- Precisión: Un modelo es preciso si no permite muchos comportamientos diferentes, es decir, no es sub-ajustado al log.
- Generalización: Un modelo es generalizado si no restringe el comportamiento que se aprecia en el log, es decir, no es sobre-ajustado al log.

Es importante obtener un modelo que balancee sub-ajuste con sobre-ajuste, en (Rozinat & Van der Aalst, 2008) se analiza el "behavioral appropriateness", que analiza este balance. En ese mismo artículo se describe el "structural appropriateness", que considera la dimensión de la simplicidad.

Se sugiere considerar varias dimensiones de calidad, para obtener una apreciación más amplia del modelo.

3.1.4 Integración de modelos

Implica crear un modelo integrado de proceso. El modelo de control de flujo podría ser extendido con otras perspectivas gracias a que el PD es relativamente estructurado. En el PD es de utilidad, por ejemplo, analizar los casos en que ocurrieron demoras, para ello

se requiere integrar a la Perspectiva de Control de Flujo, la Perspectiva de Tiempo, la Perspectiva Organizacional y la Perspectiva de Casos.

a) Perspectiva de Tiempo

Considera analizar la ocurrencia y la frecuencia de los eventos. Permite descubrir cuellos de botella, medir niveles de servicio, entre otros. Resulta prioritaria para analizar el PD, ya que la eficiencia del proceso está directamente relacionada con el cumplimiento de los tiempos comprometidos.

b) Perspectiva Organizacional

Incluye estructurar la organización clasificando a las personas en términos de roles y unidades organizacionales, y mostrar la red social. A continuación, se presentan técnicas que resultan útiles para el PD.

- i. Handover of Work: Permite apreciar los traspasos de trabajo entre los ejecutores. El tamaño de los nodos muestra el ranking según su participación en dicho traspaso.
- ii. Similar Task: Al aplicarla se obtienen los ejecutores agrupados y clasificados mediante colores, según si realizan tareas similares, es decir, si corresponden a los mismos roles.
- iii. Subcontracting: Permite detectar la existencia de subcontrataciones, es decir, si un ejecutor subcontrata a otro.
- iv. Working Together: Se ocupa para identificar quienes trabajan juntos, conformando grupos de trabajo. Si todos los ejecutores conforman el mismo Centro de Distribución, es altamente posible que no existan distinciones, sin embargo, resulta útil si se quiere ver la pertenencia considerando diferentes CD. Además, se pueden observar agrupaciones según los turnos que trabajan de forma independiente a través del tiempo.
- v. Reassignment: Permite determinar si existe reasignación de trabajo.

Para profundizar en cada algoritmo se sugiere consultar (Van der Aalst, Reijers & Song, 2005).

c) Perspectiva de Casos

Se deben analizar las propiedades de los casos que sean relevantes para el estudio. Es de gran utilidad cuando existen desviaciones y se requiere estudiar en qué punto del proceso se originó. Por ejemplo, si se detectan rutas que no corresponden a lo establecido, se pueden analizar los casos, uno a uno, en que ello ocurre.

3.1.5 Diagnóstico y rediseño

Con toda la información generada se puede hacer un diagnóstico mediante la interpretación del resultado obtenido, lo que permite contestar las preguntas formuladas respecto al proceso durante la extracción de datos. Además, se puede determinar la realización de pequeños ajustes, intervenciones o rediseño al proceso, dependiendo del objetivo.

Es importante transferir los resultados obtenidos y discutir el diagnóstico con el dueño del proceso, el cliente y los principales interesados. De esta forma se puede obtener mayor entendimiento de los sistemas de información y de los procesos, con el fin de llegar a análisis más certeros, que permitan identificar posibilidades de mejora.

En caso que se determine realizar algún cambio al proceso, es relevante volver a aplicar MP después que éstos se han efectuado y comparar con la situación anterior a las modificaciones, para verificar si resultaron beneficiosas y en qué medida.

Se puede repetir el ciclo cuantas veces sea necesario, y de forma periódica, para apoyar la mejora continua del PD.

3.1.6 Soporte operacional

Implica proveer soporte operacional, combinando el conocimiento extraído de los datos de eventos históricos (*post mortem*) con la información de los casos en ejecución (*pre mortem*). La implementación de herramientas aún no está lo suficientemente desarrollada como para ser aplicado este paso.

El *plug-in* Transition System Analyzer promete entregar el tiempo faltante para completar un caso con datos *pre mortem* utilizando los casos *post mortem*. Para mayor información ver (Van der Aalst, Schonenberg & Song, 2011).

Sería de gran utilidad para predecir el tiempo restante de los casos en ejecución y cuando un caso no cumplirá con el tiempo de entrega, y de esta forma tomar medidas correctivas antes que posibles retrasos influyan negativamente en los indicadores. Sin embargo, esta herramienta aún necesita perfeccionarse.

3.2 Buenas prácticas

A continuación, se entrega un conjunto de buenas prácticas que se generaron en este trabajo para facilitar la aplicación de MP y reducir los costos asociados.

1. Identificar datos relevantes para el análisis con MP para que sean incorporados en los registros que se guardan de forma sistemática.
2. Evitar la redundancia e inconsistencia de los datos almacenados.
3. Respalidar sistemáticamente los datos que son necesarios para el análisis, sobre todo si se requiere comparar casos que corresponden a distintas épocas del año o de distintos años en igual época.
4. Si es necesario agregar datos, entonces guardar copias de los datos originales.
5. Contar con modelos y/o diccionarios que permitan conocer los datos almacenados disminuye el esfuerzo y los costos que implica la extracción.
6. Contar con modelos previos del proceso es útil para compararlos con los obtenidos con Minería de Procesos, pero no es obligatorio, ya que mediante el descubrimiento se puede llegar a obtener los modelos, siempre que se cuente con los datos suficientes. Sino los procedimientos explícitos también pueden servir, al igual que la descripción de los cargos y conocer quien ocupa cada cargo.
7. Los sistemas de información deben proveer de la flexibilidad necesaria para disminuir el costo en la extracción de datos.
8. Aplicar MP periódicamente puede apoyar el mejoramiento continuo de los procesos.

3.3 Recomendaciones

Es importante el compromiso y la participación del dueño del proceso y los principales actores involucrados, ya que se requiere alinear el análisis con los objetivos del proceso y la organización. También, es necesario que ésta disponga de personal para conocer cuáles son los datos disponibles y realizar la extracción de los mismos. Además,

se requieren esfuerzos mayores a los cotidianos para llevar adelante cualquier cambio necesario que permita mejorar el proceso.

Actualmente, existen *software* de Minería de Procesos con distintos propósitos: comerciales, académicos o de investigación. En este trabajo se profundizó en dos de ellos: ProM, que tiene fines de investigación y es código abierto, y Disco, que tiene fines comerciales y posee licencia comercial y académica. ProM, en las versiones 5.2 y 6.2, se encuentra en (Process Mining Group, 2012) y Disco en (Fluxicon Process Laboratories, 2012).

Como ProM es una aplicación orientada a la investigación, el desarrollo de nuevas soluciones (muchas de las cuales están en versiones inestables) y compartir conocimientos, es el *software* que concentra la mayor cantidad de herramientas y algoritmos que existen en Minería de Proceso. Sin embargo, no está enfocada a la usabilidad, por lo que es recomendable para personas que tienen conocimientos de las técnicas y algoritmos de MP, ya que se requiere cierta *expertise* para seleccionar las herramientas a usar y para entender e interpretar correctamente los resultados obtenidos.

Por otro lado, Disco presenta una buena alternativa para personas que tienen conocimientos básicos de MP, pero que no son necesariamente expertas, ya que concentra las mejores técnicas (se basa en Fuzzy Mining), las que ya han sido probadas y han demostrado buenos resultados, facilitando la labor del analista. Además, permite usar distintos niveles de generalización y tiene una interfaz de usuario atractiva e intuitiva.

Respecto al formato usado para el log, Disco permite importar planillas de cálculo y convertirlas a XES o MXML, mientras que ProM no abre planillas de cálculo, ProM 5.2 abre archivos MXML y ProM 6.2 abre archivos XES o MXML. Por lo que, si se tiene el log de eventos en una planilla, se sugiere realizar el análisis con Disco, luego exportar a MXML, y abrir este archivo con ProM 5.2 y 6.2.

Algunas herramientas (*plug-in*) que tiene ProM permiten ser configuradas. Si no se conoce cabalmente lo que implica cada una, se sugiere usar las configuraciones por defecto, ya que el modelo generado puede sufrir notorias variaciones al realizar modificaciones.

Para descubrir el modelo de control de flujo, usando ProM, se generan algunas recomendaciones a considerar. No se recomienda usar Alpha Miner, a menos que se

necesite tener un modelo inicial de referencia, o que se necesite aplicar otra herramienta sobre la red generada.

Tanto Heuristic Miner como Genetic Miner usan Heuristics Net. Lamentablemente, para este tipo de representación en ProM, no se muestran los nombres completos de los eventos (estos solamente se ven al poner el mouse sobre el evento), lo que dificulta la visualización y entendimiento de la red obtenida. Frente a ello, usar Heuristic Miner con Causal Net, presenta una mejor alternativa desde el punto de vista de la usabilidad. Genetic Miner requiere mayor tiempo de procesamiento que el resto de los algoritmos, y ello no implica necesariamente mejores resultados.

Transition System usa una representación desordenada, ya que colapsa los nombres de los flujos uno sobre otro y repite los nombres al etiquetar las flechas y no los nodos. Esta situación se puede mejorar reubicando los nombres desplazándolos con el mouse. Tal como se señaló anteriormente, no se recomienda su uso a menos que se desee hacer predicción.

Por lo tanto, se recomienda usar Fuzzy Mining con Disco o ProM y complementarlo con Heuristic Miner de ProM.

4. APLICACIÓN DE MINERÍA DE PROCESOS A UN PROCESO DE DISTRIBUCIÓN DE BEBESTIBLES NO ALCOHÓLICOS

En este capítulo se describen los principales resultados obtenidos al aplicar el método propuesto a un proceso de distribución de bebestibles no alcohólicos de una empresa en particular.

Se dan a conocer los pasos seguidos respecto a la etapa de extracción de datos, se explican los factores que llevaron a generar log de eventos sintéticos. Se describe el modelo de procesos ideal generado al realizar Descubrimiento mediante técnicas de Gestión de Procesos de Negocios (Business Process Management, BPM) y el modelo de procesos obtenido mediante Descubrimiento con MP, se presentan los resultados del Chequeo de Conformidad, la integración de modelos y el rediseño.

4.1 Planificación del proyecto

Como parte de la primera etapa, se analizó la situación actual de las EBNA, el mercado y el PD (ver capítulo anterior), con el fin de entender el dominio y conocer los datos disponibles para realizar el análisis.

Se identificaron varios desafíos en cuanto a la extracción de datos y la aplicación de Minería de Procesos a log de eventos reales, los cuales fueron determinantes para optar por generar log de eventos sintéticos, estos desafíos se presentan a continuación.

a) Calidad de los datos

La empresa posee un TPS que permite guardar información en archivos que constituyen una base de datos no relacional, observándose redundancia de datos e inconsistencia de los mismos. Es decir, existen datos duplicados en distintos archivos, conduciendo a que el mismo atributo pueda tener valores distintos, implicando que exista inconsistencia de datos.

b) Agregación, eliminación y transformación de datos

Mediante agregación diaria se pierden datos relevantes de las transacciones realizadas, que sí son guardados inicialmente en el TPS. También hay datos que son sobrescritos, es decir, a medida que la instanciación del proceso va avanzando algunos

datos, como los estados asociados a un evento o los usuarios, que fueron registrados con anterioridad, se van actualizando en los mismos campos, perdiendo información relevante para los análisis de control de flujo, de tiempo, de casos y organizacional. Además, se eliminan datos históricos quincenalmente, lo que impide comparar casos que ocurren en distintos periodos de tiempo.

Se dificulta la identificación y el seguimiento de un caso debido a los cambios de enfoque que ocurren a lo largo del PD y, por consiguiente, los datos son transformados por distintas TI, variando el identificador único y otras características de los registros, como los formatos. Al principio, los datos son registrados como pedidos de artículos, durante la planificación, éstos se dividen en facturas, ya que éstas soportan un máximo de líneas, y son transformados a cargas de camión. Además, en algunas actividades la carga se asocia a la cantidad de UC y no al artículo, sobre todo cuando tienen relación al cálculo de indicadores.

Por otro lado, si vemos un caso desde el punto de vista del seguimiento de un objeto físico que cambia de estado a lo largo del proceso, nos damos cuenta que las unidades de un producto al empaquetarse (luego del Packing) son agregadas en cajas y luego en cargas de camión asociadas a un *ticket pallet*, para ser desagregadas al retornar y hacerse la logística inversa.

c) Log de eventos incompletos

El TPS no guarda datos que resultan relevantes para el análisis con Minería de Procesos. Por ejemplo, no se registran la mayoría de los usuarios que solicitan acciones al sistema, lo que dificulta hacer análisis desde la Perspectiva Organizacional.

d) Documentación disponible

Como se señaló anteriormente, la base de datos del TPS está compuesta por archivos no relacionados, por lo que no aplica el uso de modelos relacionales. La empresa no cuenta con documentos que den a conocer la estructura de dichos archivos, sino que deben ser consultados cada uno de los archivos a través del mismo sistema.

Tampoco cuentan con documentación de software que permita conocer otras características del sistema, como por ejemplo su arquitectura.

No existen modelos del proceso estudiado, lo que sí se pudo recopilar son bocetos realizados por algunos ejecutores que resumen algunos procedimientos. También, se tuvo acceso a la descripción de los procedimientos y de los cargos.

e) Costos en la extracción de datos

El sistema TPS también presenta carencia de flexibilidad, no puede responder de forma oportuna a requerimientos imprevistos de información, siendo costosa la recuperación de datos que no sean de rutina, como la requerida para realizar MP.

Si bien, se intentó en variadas ocasiones concretar la correcta extracción de los datos desde los sistemas, la disposición de horas hombre del personal de sistemas fue otro de los desafíos, debido a la excesiva carga de trabajo del personal de sistemas, al encontrarse liderando el desarrollo de nuevas tecnologías, la integración de las ya existentes y de brindar soporte continuo a la empresa. Además, la posibilidad de detectar deficiencias que generaran modificaciones a ser implementadas por la misma gente de sistemas generó cierta reticencia al cambio. Para este tipo de análisis es importante el compromiso por parte del dueño del proceso y los principales actores involucrados, ya que requiere esfuerzos mayores para llevar adelante cualquier cambio necesario.

4.2 Extracción de datos

Al no obtenerse los resultados esperados respecto a los datos históricos disponibles no se realiza la extracción que se establece en la Etapa 1, sino que se generan log de eventos sintéticos, es decir, se implementa una aplicación para generar log de eventos del proceso según los procedimientos establecidos por una de las empresas del área, bocetos de algunos de estos procedimientos, la descripción de cargos y las desviaciones observadas en entrevistas y estudios de campo.

Debido a lo anterior, y al no contar con modelos estandarizados del proceso completo, se crean modelos manuales en BPMN mediante técnicas de descubrimiento de BPM.

Se plantean objetivos y se investiga respecto a las métricas asociadas o Indicadores Clave de Desempeño (Key Performance Indicators, KPI). Se establecen las preguntas a contestar como resultado del análisis.

A continuación, se hace el análisis As Is que da a conocer como es el proceso.

4.2.1 Descubrimiento mediante gestión de procesos de negocios

Para el descubrimiento del proceso ideal se determinan Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas y Clientes (SIPOC), la correlación de descubrimiento, y Ejecutor, Responsable, Consultado e Informado (RECI).

a) Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas y Clientes

SIPOC es una técnica centrada en el Cliente, que permite definir el alcance del proyecto. El nombre SIPOC viene de la primera letra, en inglés, de cada uno de los elementos del proceso que son identificados, éstos son:

- Proveedores (Suppliers): Proveen las entradas.
- Entradas (Inputs): Creadas fuera del proceso y utilizadas dentro de éste por los ejecutores.
- Proceso (Process): Son todos los pasos de la transformación.
- Salidas (Outputs): Creadas dentro del proceso y requeridas fuera de éste por los clientes.
- Clientes (Customers): Reciben las salidas del proceso.

El resultado de este análisis se puede ver en la Tabla 4-1.

Se consideran los Clientes Externos, que son el SII y las empresas de Comercio Detallista, Supermercados, Mayoristas, Restaurantes y otras de consumo en las instalaciones, y los Clientes Internos, que son las áreas de Marketing y Ventas, Existencias, Contabilidad y Finanzas y Control de Mermas y Derrames.

Se incluyen los Proveedores Externos, que son las ETC, el SII y los fabricantes de envases, y los Proveedores Internos, que son las mismas áreas que juegan el rol de Clientes Internos más el área de Producción y menos Control de Mermas y Derrames.

Se aprecia que el PD es transversal a la organización, satisfaciendo necesidades y requiriendo entradas de gran parte de las áreas funcionales. Teniendo clientes y proveedores externos claramente definidos.

En un mayor nivel de abstracción, el PD se divide en seis fases principales, comenzando con la preventa del producto, que corresponde al ingreso de un pedido, y

terminando con la liquidación del camión, que es el registro del pago del pedido del cliente.

Tabla 4-1: Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas y Clientes

Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
ETC	Pedidos de clientes	Descripción del proceso: Realizar la distribución de productos	Productos entregados	Comercio detallista, Supermercados, Mayoristas, Restaurantes y otros clientes de consumo en las instalaciones
Empresas que fabrican envases	Datos de clientes, información de las ETC y de las rutas	Prevenir producto	DTE y otros documentos relacionados a la venta	SII
EEB (Marketing y Ventas, Producción, Existencias, Contabilidad y Finanzas)	Productos terminados, envases, pallet y materiales para empaque	Cargar camión	Envases devueltos	EEB (Marketing y Ventas, Existencias, Contabilidad y Finanzas, Control de Mermas y Derrames)
SII	Camiones y Grúas Horquilla	Autorizar Salida	Pagos de las ventas (cheque, efectivo o crédito)	
	Infraestructura (zonas de carga y descarga, guardia)	Apoyar Reparto	Informes y datos asociados al cálculo de indicadores	
	Fleteros	Gestionar Retorno	Mermas y derrames	
	Ropa de seguridad	Liquidar camión		
	Folio de DTE			

b) Correlación de descubrimiento

Considerando al PD como un macro proceso, dividido en las fases identificadas con el SIPOC, en la Figura 4-1 se listan las actividades o subprocesos que lo componen.

Se observa que la Preventa comienza con el registro de la Nota de Venta y termina con la impresión de la documentación a ser usada a lo largo del PD. El Picking se inicia con la entrega de los documentos impresos y finaliza con la carga del camión. La Salida comienza con el segundo control de la carga y termina con la autorización que permite la salida del camión desde el CD. El Reparto solamente considera el apoyo durante el reparto porque este proceso está tercerizado en las ETC. El Retorno corresponde a la recepción de la carga con que retorna el fletero. La Liquidación se divide en más de una decena de actividades, que por motivos de simplificación son agrupados en el subproceso "Liquidar camión".

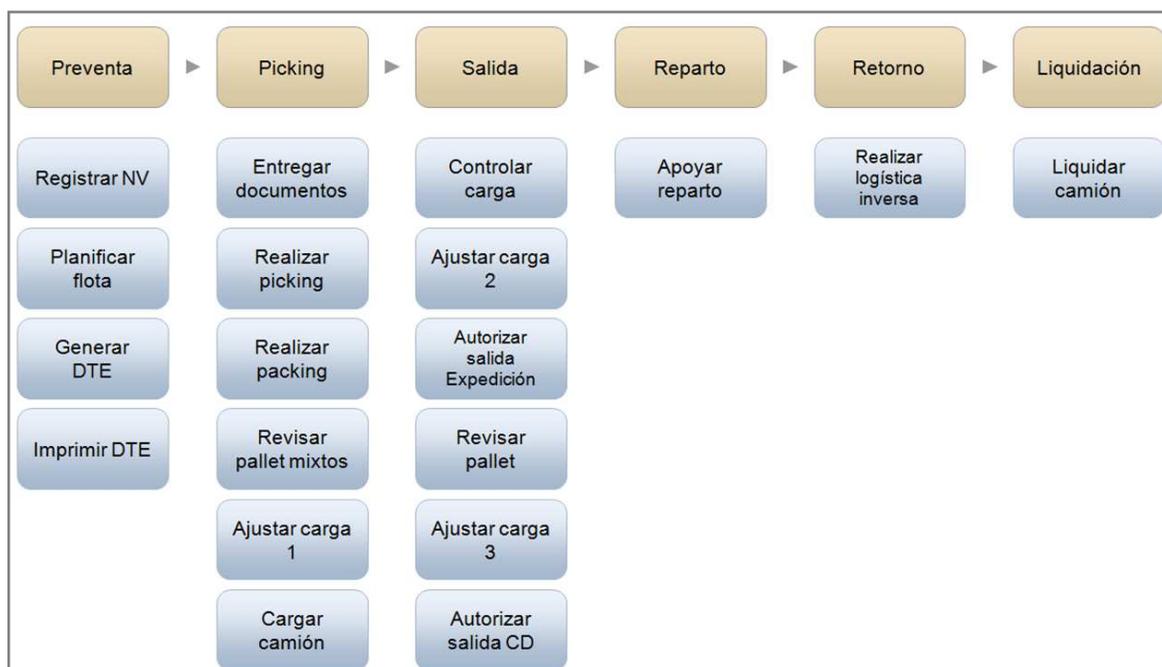


Figura 4-1: Correlación de descubrimiento del Proceso de Distribución

c) Ejecutor, Responsable, Consultado e Informado

El Descubrimiento mediante RECI implica realizar una matriz de asignación de roles y responsabilidades, que permite clarificar los ejecutores, los tomadores de decisiones y quién debe saber qué de las distintas actividades que se realizan a lo largo del proceso. La sigla RECI viene de RACI, en inglés, que corresponde a la primera letra de:

- **Ejecutor (Responsible):** Es responsable por la correcta ejecución y resultados del proceso.
- **Responsable (Accountable):** Es quien tiene la autoridad máxima sobre el proceso, aunque no interactúa directamente sobre él. Un rol puede ser responsable y ejecutor.
- **Consultado (Consulted):** Corresponde a quien es consultado, dado que tiene información y conocimientos que sirven de entradas para el proceso.
- **Informado (Informed):** Corresponde a quien es informado de los resultados del proceso de manera unidireccional.

El resultado de este análisis se encuentra en la Tabla C-2 de Anexos, en ella se aprecia que las responsabilidades están claramente asignadas por área. Además, cada cargo tiene identificadas explícitamente sus funciones mediante la descripción de cargos y perfiles.

d) Modelo de procesos ideal

Entenderemos como modelo de proceso ideal al modelo As Is que se espera se cumpla por parte de la organización, el cual puede diferir del modelo de proceso real, que se obtiene al realizar descubrimiento con técnicas de Minería de Procesos utilizando un log de eventos. El modelo de proceso ideal descubierto con BPM y representado con el estándar BPMN se encuentra en Figura E-1 del Anexo y se describe a continuación.

i. Preventa

El proceso se inicia cuando se ingresa un pedido de productos, el que es llamado Nota de Venta (NV). Las órdenes pueden ser ingresadas a través de varias vías:

- Un sistema para grandes clientes, al que pueden acceder supermercados y mayoristas.
- Una página Web, donde un cliente ingresa directamente su pedido.
- Un *call center*, al que un cliente llama para que el pedido sea ingresado por un telefonista.
- Una Hand Held (HH), mediante un preventista (vendedor o fletero que ingresa la preventa) que realiza el ingreso de la orden.
- Una solicitud por un evento especial (venta normal o consignación), cuando un cliente se dirige personalmente a las dependencias de la EBNA.

Independiente de la interfaz de venta a través de la que se ingresen los pedidos, todas las órdenes son transferidas a la misma base de datos.

Posteriormente, el Área de Planificación y Control de Flota realiza la planificación de la ruta y la carga mediante sistemas de planeación de ruta y carga, respectivamente; revisa las NV y comunica a ventas cuando se cancela un pedido; genera la información que contienen las facturas; genera e imprime los *ticket pallet*.

Luego de terminada la planeación, el Área de Sistemas genera los DTE (Factura, NC, ND y GD), siguiendo el procedimiento solicitado por el SII, mediante el uso de un sistema de emisión de documentos tributarios electrónicos, el cual fue descrito con anterioridad. La descripción de los documentos se encuentra en la Tabla B-1 de Anexos. Esta actividad suele ser externalizada a consultoras de tecnologías, pero para la empresa estudiada operan dentro de la misma organización con las tecnologías de la misma, por lo que por simplicidad se consideran en el mismo pool.

Durante el turno de noche, el Área de Liquidación Ventas imprime los DTE.

ii. Picking

El Área de Distribución recibe los DTE a ser repartidos a los fleteros.

Los pickeadores realizan el *Picking* de los artículos a cargar en los camiones. Posteriormente, realizan el *Packing*, montan las cajas (usan cajas montables que se encajan) y paquetes de artículos sobre un *pallet*, las envuelven con plástico, cuando es necesario, y pegan el *ticket pallet*.

Una vez concluido el *Picking* y *Packing*, un revisor del Área de Expedición supervisa que se hayan realizado según lo planificado. Si no hay inconvenientes, los pickeadores cargan el camión por bahía (división del camión que se ocupa para ubicar los pallet al interior de éste), sino el revisor ajusta la carga, la que puede requerir anotar cambios en la guía de despacho complementaria.

iii. Salida

Después de cargado el camión, un expedicionario del Área de Expedición revisa las bahías del camión, según lo establecido en la planificación. Si la carga del camión fue realizada de forma correcta autoriza la salida desde Expedición, sino se realizan los ajustes necesarios.

Existe una tercera revisión, la cual es realizada por un guardia de Seguridad en la puerta de salida del CD, quien revisa que la cantidad de pallet coincida con lo planificado. Si está correcta la carga, el camión puede comenzar el reparto, sino, el guardia llama al revisor para que se realicen los ajustes necesarios.

iv. Reparto

Durante el reparto, el Área de Distribución realiza la función de apoyar a los fleteros a través de una línea telefónica. Como esta labor está externalizada en las ETC y no se registran las actividades de reparto que realizan, no fue modelada. Sin embargo, se sabe que el fletero debe dirigirse a la dirección de cada cliente, siguiendo la ruta que le fue entregada. Una vez en el lugar, debe respetar el procedimiento establecido para entregar el producto, solicitar la firma de la Nota de Entrega (NE), retirar el dinero y los envases. En caso de que ocurran inconvenientes informará llamando a la línea telefónica y solicitará ayuda, cuando corresponda.

v. Retorno

Cuando el fletero retorna al CD, después de terminar de visitar a los clientes, un expedicionario del Área de Expedición cuenta lo retornado y emite la Guía de Retorno. Los pickeadores descargan y apilan la carga, los envases y los *pallet* para ser retornados a las bodegas con posterioridad.

Se itera la carga del camión, la salida, el reparto y el retorno según lo planificado.

vi. Liquidación

Cuando el fletero retorna por última vez, se realiza la liquidación del camión. El ideal es que regrese durante el mismo día que salió desde el CD, pero pueden ocurrir distintas situaciones que lo impidan, en cuyo caso, el procedimiento considera el retorno al día siguiente.

Para conocer el flujo de trabajo de este subproceso ver la Figura E-2 de Anexos y la descripción que se encuentra a continuación.

En primer lugar, si existe diferencia de carga entre lo que fue registrado en la documentación entregada al fletero antes de salir y la carga real del camión, en el Área de Expedición se registra el reclamo ingresado por el fletero por la diferencia de carga existente.

Si ocurrió un asalto, éste se registra en el Área de Distribución al ser solicitado por el fletero.

Si un fletero manifiesta que un cliente rechazó un pedido y presenta el respaldo respectivo, se autoriza el rechazo del pedido por parte del Área de Distribución.

Al llegar el fletero a la Caja, el cajero registra los valores entregados.

Cuando el fletero llega al Área de Liquidación Ventas con la documentación que le fue entregada en Expedición, Distribución y Caja, se inician, en paralelo, la revisión de la documentación recibida (NE, Facturas, respaldos de NC, entre otras), el registro de los movimientos de envases (préstamos y/o devoluciones) y la emisión de las NC que correspondan. Cuando se genera una NC se avisa al Área Comercial.

Posteriormente, el Área de Liquidación Ventas emite el Informe de Liquidación, que implica verificar diferencias, juntar los reclamos de carga con la carga original, generar e imprimir el informe.

Si existen diferencias en dinero o existencias, el Área de Liquidación Ventas retiene el camión, sino autoriza la salida del camión al día siguiente. Retener un camión implica que no puede salir a repartir al día siguiente.

El Área de Liquidación Ventas informa el listado de los camiones retenidos mediante la generación, impresión y envío de un Informe de Camiones Retenidos.

Luego, el Área de Liquidación Ventas verifica la correcta liquidación del camión y verifica las NC. Si existen cargas pendientes del camión, gestiona la regularización de las mismas. Por otra parte, si no corresponde contabilizar una NC, emite la ND respectiva.

A continuación, el Área de Liquidación Ventas cierra la liquidación.

Finalmente, el Área de Liquidación Ventas cobra a la ETC si existe una diferencia.

4.2.2 Objetivos y preguntas

En la Industria se busca constantemente mejorar la satisfacción del cliente, siendo el uso de adecuadas métricas una de sus inquietudes actuales. En la empresa analizada ocupan Fill Rate y Pedido Perfecto, para mayor detalle de los indicadores de servicio del proceso ver "Métricas" en el capítulo 2. Sin embargo, existe desconfianza respecto al cálculo de los indicadores de servicio, que permiten controlar el PD, y respecto a los sistemas, los cuales apoyan el proceso y registran los datos que son el insumo para dicho cálculo. Por lo tanto, se busca transparentar el PD mediante técnicas de Descubrimiento y diversas Perspectivas.

Además, se ve la necesidad de mejorar el sistema de control actual, para ello se propone complementar los indicadores con controles efectuados usando MP. De lo anterior

surge la siguiente pregunta: ¿Cómo generar un log de eventos que permita aplicar MP considerando las tecnologías usadas y las actividades realizadas actualmente al PD? Es la pregunta a la que se espera dar respuesta en este capítulo.

4.2.3 Generación del log de eventos sintético

Se generaron log de eventos sintéticos mediante la implementación de un *software* que crea un archivo de salida, correspondiente a una planilla con los registros de los casos. El log generado tiene los siguientes campos:

- ID caso: se asigna desde 1 hasta 1000, es decir, se generan 1000 casos.
- Nombre Actividad: se asigna cada una de las actividades del proceso.
- Inicio: se asigna el *timestamp* de inicio de la actividad, compuesto por día, mes, año, hora, minutos y segundos, con el siguiente formato: "dd-mm-yyyy hh:mm:ss".
- Fin: se asigna el *timestamp* de salida de la actividad, compuesto por día, mes, año, hora, minutos y segundos, con el siguiente formato: "dd-mm-yyyy hh:mm:ss".
- Ejecutor: se asigna el nombre de quien ejecuta la actividad.

Se puede ver en la Tabla 4-2 un ejemplo de un registro generado.

Tabla 4-2: Log de eventos de la aplicación

ID caso	Nombre Actividad	Inicio	Fin	Ejecutor
1	Registrar NV	18-04-2013 9:05:00	18-04-2013 10:30:11	Isabel

En el programa, la marca de tiempo, o *timestamp*, con que se inicializa es el 16 de abril de 2013 a las 09:00:00. Los tiempos de espera entre actividades y de ejecución de cada actividad son asignados de forma aleatoria por el *software* dentro de un rango. Las asignaciones de los rangos de tiempo son estimadas y fijados según la información recolectada en las entrevistas y el estudio de campo.

Se asigna el rol a cada actividad según la Tabla C-2 del Anexo. La asignación de ejecutores la realiza de forma aleatoria el software entre los recursos disponibles (ver Tabla C-3 del Anexo).

4.3 Descubrimiento y análisis de conformidad

A continuación, se analiza el log de eventos, se dan a conocer los modelos de control de flujo obtenidos mediante aplicación de MP y los resultados del análisis de conformidad.

a) Análisis del log de eventos

Se realiza análisis del log de eventos con Disco para obtener una visualización de la situación actual, considerando solamente los datos que pudieran estar disponibles en los sistemas de información de la empresa, una vez superados los desafíos relacionados con la extracción de datos. Es decir, suponiendo que se guardan de forma sistemática y completa los datos históricos que se generan actualmente y que corresponden a la Tabla 4-2, sin sobre escribirlos, agregarlos, ni eliminarlos. Además, se considera la extracción desde el sistema de correos electrónico institucional, ya que existe intercambio de mensajes entre áreas que avisan el inicio o fin de algunas actividades.

Mediante el uso de Disco se generan las siguientes estadísticas globales del log (ver Figura E-3 en Anexos):

- Ocurren 15.093 eventos en los 1.000 casos
- Son 15 actividades ejecutadas por 16 recursos
- Se consideran dos atributos (start y complete)
- El log se inicia el 16.04.2013 a las 09:00:00 y termina el 11.05.2013 a las 16:30:00

Al respecto, se puede señalar que en el proceso participan más ejecutores que los 16 que se encuentran en el log (ver Tabla C-3 en Anexos). Además, el proceso está compuesto por 35 actividades en total (ver Tabla C-2 en Anexos), de las cuales solamente 15 componen el log. Esto ocurre debido a que el log está incompleto, aún cuando se está bajo el supuesto de la existencia de datos históricos de calidad, debido a que hay *timestamp* y ejecutores que no se registran.

Se puede conocer la duración de un conjunto de casos, lo que permite analizar el tiempo que tarda el proceso. Considerando las fechas de inicio y término del log, se tiene que los 1.000 casos concluyen en un tiempo máximo de 25 días con 7 horas y media. Este valor es correcto siempre y cuando estén el primer y último evento en el log.

Se genera un mapa de frecuencia absoluta con el 100% de los *path*, que muestra las ocurrencias de cada una de las actividades y las transiciones entre ellas (ver Figura E-4 en Anexos). Se aprecia la ocurrencia de los mil casos para todas las actividades anteriores a "Controlar carga", sin embargo, esta actividad ocurre 2.441 veces, lo que se explica porque 1.010 veces vuelven a salir camiones, lo que se constata en el valor del arco, sumado a las 431 veces que se debe volver a controlar la carga, seguramente porque se detectaron diferencias en ella. En 286 ocasiones se registraron reclamos de carga. En este diagrama se observan dos caminos que no deberían ocurrir en los casos: se detectan 3 ocurrencias en que "Emitir ND" lleva al estado final, lo que es un error respecto al procedimiento, y 19 casos en que luego de la "Logística inversa" la secuencia es "Emitir informe de liquidación" y "Cerrar liquidación", lo que hace pensar que en estos casos ocurrió un asalto.

Se genera un mapa de *performance, mean duration* (ver Figura E-5 en Anexos) filtrado al 50% de las rutas, para mostrar solamente los flujos con mayores ocurrencias. Este mapa permite transparentar mediante visualización la secuencia del proceso y los tiempos de ejecución y espera. Sin embargo, varias de las actividades no tienen los *timestamp* Inicio o Fin en el log porque en la empresa no se guardan dichos datos, lo que implica que al generar el modelo estas actividades aparezcan como instantáneas (*instant*, en inglés). También se observan tiempos de espera entre actividades que son mayores a los reales debido a que hay actividades de las que no se tienen registros de inicio y/o fin. Por ejemplo, entre "Registrar NV" y "Planificar flota" entrega un tiempo promedio de espera de 4,8 hrs, ello es porque no se registra el *timestamp* de inicio de "Planificar flota".

Las estadísticas de frecuencia de actividades calculadas por la herramienta se pueden ver en la Figura E-6 de Anexos. La frecuencia mínima es 209 y corresponde a "Emitir ND". La frecuencia máxima es 2.441 y corresponde a "Controlar carga", seguida de una frecuencia de 2.010 en "Realizar logística inversa", lo que se explica porque un mismo camión puede cargar y descargar más de una vez. La frecuencia media es de 1.006,2 y la desviación estándar es de 587,77.

En la Figura E-5 se destaca la actividad "Cobrar deuda", debido a que es la actividad con mayor duración, toma varios días, tal como se ve en la Figura E-6.

Además, en la Figura E-6 se tiene el listado de las 15 actividades de las que se tiene registros.

Se realiza análisis organizacional y se observa que hay actividades que no tienen roles asignados (ver Figura E-7 de Anexos), lo que ocurre con una frecuencia de 1.000 (6,63% de frecuencia relativa), debido a que no se guardan los usuarios que realizan determinadas transacciones. Además, se detecta que hay roles que sí realizan actividades, pero se muestra que no ocupan tiempo en ello. Esto se debe a que ejecutan las actividades instantáneas.

Respecto a las estadísticas de frecuencia organizacional, la frecuencia media es 943,31 y la desviación estándar es 616,56. La frecuencia mínima es 321, correspondiente a Hugo, le sigue Juan con 339 y Rina con 340, los tres son Informáticos del Área de Sistemas, por lo que solamente ejecutan las actividades relacionadas con la emisión de DTE. La frecuencia máxima es 1.870, correspondiente a Alex, le sigue María con 1.784 y Ana con 1.721, los tres son Analista del Área de Liquidación y Ventas, por lo que realizan la mayor parte de las actividades de la Liquidación.

Se detectaron 162 variantes del proceso, las que se pueden analizar mediante análisis de casos. Por ejemplo, la variante que tiene más ocurrencias se da en 88 casos y corresponde a la secuencia de la Figura E-8 del Anexo. En ella se controla la carga y se realiza logística inversa dos veces, es decir, se realiza reparto en dos ocasiones, y se efectúa emisión de NC.

b) Descubrimiento y análisis de conformidad con ProM

El log de eventos se importa a ProM en el formato MXML generado con Disco, visualizándose en el Dashboard datos claves similares a los entregados por Disco (ver Figura E-9 del Anexo), existiendo algunas diferencias:

- En ProM se detectaron 32.186 eventos en vez de los 15.093 eventos encontrados con Disco.
- Los eventos por caso van desde 18 hasta 42, siendo la media 32.
- Detecta 17 ejecutores, al considerar "End" como un recurso más.

Se entregan las ocurrencias absolutas y relativas de las actividades (ver Figura E-10 de Anexos), los porcentajes de ocurrencias son equivalentes a las frecuencias observadas

con Disco, si consideramos que se agregan los eventos "End+start" y "End+complete" y para cada actividad ahora se considera "start" y "complete". Las ocurrencias máximas corresponden a "Controlar carga+complete" y "Controlar carga+start" con 2.441 ocurrencias (7,584%). Las ocurrencias mínimas corresponden a "Emitir ND+start" y "Emitir ND+complete" con 209 ocurrencias (0,649%).

Debido a que los eventos relacionados con la actividad "Controlar carga" tienen las mayores ocurrencias, una disminución en los tiempos de ejecución de ésta produciría un impacto significativo en el proceso y los indicadores de servicio. Mientras que la baja ocurrencia de los eventos asociados a la actividad "Emitir ND" es esperable y positiva, ya que se lleva a cabo cuando se debe realizar una modificación por diferencias en la Factura.

Se tiene que "Registrar NV+start" es el evento inicial para la totalidad de los casos, lo que es correcto dado que "Registrar NV" es la actividad inicial del proceso. En cambio, existen dos estados finales: "End+complete" en 997 casos (99,7%) y "Cerrar liquidación+complete" en 3 casos (0,3%).

Respecto a la ocurrencia de los recursos (ver Figura E-11 en Anexos), el 6,214% de los eventos está como "INVALID", al no tener un recurso asignado; el valor es inferior a Disco porque se genera el recurso "End". El orden en la carga de trabajo de los roles es la misma a la detectada con Disco. Las ocurrencias máximas corresponden a Alex con 3.740 ocurrencias (11,62%), María con 3.568 ocurrencias (11,086%) y Ana con 3.442 ocurrencias (10,694%), los tres son Analista de Liquidación y Ventas, por lo que realizan gran parte de las actividades de la Liquidación. Las ocurrencias mínimas corresponden a Hugo con 642 ocurrencias (1,995%), Juan con 678 (2,107%) y Rina con 680 ocurrencias (2,113%), los tres son Informáticos del Área de Sistemas, por lo que ejecutan solamente las actividades relacionadas con emitir DTE.

El estado inicial es realizado por Isabel o Diego en porcentajes similares (50,6% y 49,4%, respectivamente), ya que al ser vendedores del Área Comercial realizan la actividad "Registrar NV", que es la actividad inicial. El estado final es realizado por End (recurso ficticio), Ana (0,2%) o Alex (0,1%); éstos dos últimos son Analista de Liquidación y Ventas, por lo que realizan "Cerrar liquidación", que es la actividad final.

Se realiza descubrimiento de la Red de Petri usando algoritmo Alpha con ProM 5.2 para luego realizar Conformance Checking, el modelo obtenido está en la Figura E-12 de

Anexos, el cual tiene *fitness* insuficiente e igual a 0,734, precisión igual a 1 y tamaño del grafo igual a 1. También se genera la Red de Petri con ProM 6.2 y se realiza análisis de conformidad mediante alineamiento y ETConformance, pero no encuentran resultados fiables.

Para obtener una representación simplificada se reducen los eventos a la mitad aplicando filtro para eliminar los estados "start", usando Simple Heuristics de ProM 6.2. Se obtiene la Red de Petri de la Figura E-13 de Anexos, la que está desconectada y no es representativa del proceso.

Se aplica Heuristics Miner al log filtrado y se obtiene la Heuristics Net de la Figura E-14 de Anexos, la que entrega una representación incompleta, al omitir algunas transiciones, lo anterior se reafirma con el *fitness* igual a 0,921 obtenido. Se vuelve a aplicar Heuristics Miner, pero para Causal Net, la red obtenida se puede ver en la Figura E-15 de Anexos, ésta destaca a "Registrar NV" como actividad inicial y a "Cerrar liquidación" y "End" como finales. Causal Net entrega un modelo más general, con dos flujos que no corresponden: "Realizar logística inversa" a "Emitir informe liquidación" y "Emitir informe liquidación" a "Cerrar liquidación".

Usando Genetic Miner se obtiene la Heuristics Net de la Figura E-16 de Anexos. En este caso se obtiene un *fitness* de 0,942, mejor a lo obtenido anteriormente y en un tiempo de 20,651 segundos. Sin embargo, hay cuatro flujos que no corresponden y falta el ciclo de "Controlar carga", que corresponde a la iteración luego de los ajustes.

Se aplica Fuzzy Miner, obteniéndose el modelo de la Figura E-17, el cual es cercano al esperado, aunque más generalizado (tiene dos flujos de más).

Se aplica Transition System (ver Figura E-18 en Anexos), el modelo tiene cuatro flujos que no corresponden.

4.4 Integración de modelos

Se integran otras perspectivas al modelo de control de flujo obtenido en el paso anterior.

4.4.1 Análisis organizacional

Para el análisis organizacional se usa ProM 6.2.

Usando Handover of Work (ver Figura E-19 en Anexos) se identifican recursos que realizan el mismo traspaso de trabajo, coincidiendo con los roles que desempeñan. Estos se listan de mayor a menor participación en el traspaso de trabajo: Analistas de Liquidación y Ventas (Ana, María y Alex), Expedicionarios (Sofía, Ester e Iván), Cajeros (Paula y Felipe), Analistas de Planificación (Paco y Luis), Informáticos (Juan, Rina y Hugo) y Vendedores (Diego e Isabel). Además, los roles se dividen en dos grupos, existiendo traspaso de trabajo únicamente a través de INVALID, que representa a roles desconocidos, porque no se tiene registro de ellos.

Al aplicar Similar Task (ver Figura E-20 en Anexos) se observa que se identifican perfectamente los roles de cada área que están en el log: Analistas del Área Liquidación Ventas (Ana, María y Alex), Expedicionarios del Área de Expedición (Sofía, Ester e Iván), Vendedores del Área Comercial (Diego e Isabel), Cajeros de la Caja (Felipe y Paula), Analistas del Área de Planificación (Luis y Paco), Informáticos del Área de Sistemas (Rina, Juan y Hugo).

Se ocupa Working Together (ver Figura E-22 en Anexos) y se observa que todos los ejecutores trabajan juntos, lo que efectivamente así ocurre, ya que se está bajo el supuesto que todos están en el mismo CD.

Mediante Reassignment (ver Figura E-23 en Anexos) se aprecia que no existe reasignación de trabajo y con Subcontracting (ver Figura E-21 en Anexos) que no hay subcontratación. Puede que sí existan este tipo de relaciones, pero no se detectan porque faltan registros de algunos recursos y actividades.

Los Pickeadores del Área de Picking, los Revisores del Área de Expedición, los Analistas del Área de Distribución y los Guardias de Seguridad no son detectados debido a que no son registrados por los sistemas, por lo que no se encuentran en el log de eventos.

4.4.2 Análisis de tiempo

Usando Performance Analysis con Petri Net de ProM 5.2 se realiza el análisis desde la Perspectiva de Tiempo. Se obtienen los mismos tiempos con que se construye el modelo de *performance* de Disco.

Como resultado se tienen tres estados candidatos a cuellos de botella. El estado de "Registrar NV" tiene un tiempo promedio de espera y permanencia de 569,47 minutos,

considerado un alto tiempo de espera por la herramienta (ver Figura E-24 en Anexos). Además, corresponde al tiempo de ejecución asociado al evento "Registrar NV+complete" (ver Figura E-25 en Anexos) y, por lo tanto, es el tiempo promedio de ejecución de la actividad "Registrar NV".

El estado entre "Registrar NV" y "Planificar flota" tiene un tiempo promedio de espera y permanencia de 287,23 minutos, considerado un alto tiempo de espera por la herramienta (ver Figura E-26 en Anexos). El estado entre "Planificar flota" y "Generar DTE" tiene un tiempo promedio de espera y permanencia de 92,1 minutos, considerado un tiempo de espera medio por la herramienta (ver Figura E-27 en Anexos).

Los tres estados están relacionados con las actividades "Registrar NV" o "Planificar flota", y ocurren antes de "Generar DTE", lo que permite suponer que estas actividades son críticas y pueden generar cuellos de botella.

4.5 Diagnóstico y rediseño

A continuación, se da a conocer el rediseño propuesto (To Be) mediante MP y los principales resultados obtenidos.

Para complementar los indicadores actuales del PD y mejorar el sistema de control se plantea incorporar el uso de un sistema BPM o un Workflow que permita hacer *tracking*, para que el cliente pueda conocer en línea el estado de entrega de su pedido y la organización cuente con datos históricos de las transacciones de mejor calidad a los actuales. Además, varias de estas tecnologías facilitan la simulación de procesos, lo que apoyaría la mejora continua.

También, se sugiere incorporar el uso de Radio Frequency Identification (RFID) activo en los *pallet* para generar la información necesaria que permita hacer el seguimiento de las cargas completas. El ideal sería realizar la incorporación de RFID en los artículos para poder realizar trazabilidad de productos, pero se descarta porque no es factible técnica ni económicamente, ya que el uso de RFID activos puede llegar a igualar y superar el precio de los artículos, además de tener una vida útil de 3 años, costo que no retornaría en el caso de los envases desechables. Por otro lado, tanto el líquido como las latas causa interferencia en la señal y la velocidad con que se necesita realizar el movimiento en el

momento del *picking* puede dificultar la lectura, que en el caso de los RFID pasivo debe ser a corta distancia.

Siguiendo la idea de contar con la tecnología que permita realizar trazabilidad de los productos se sugiere cambiar el código de barra lineal (EAN-13), que actualmente se coloca en los bebestibles, por código bidimensional, como QR, de esta forma se puede contar con mayor información respecto a cada producto, ya que tienen mayor capacidad de almacenamiento. Además, entregaría beneficios adicionales como poder realizar venta en supermercados mediante *smartphones* y disponer en forma inmediata del descuento en góndola.

Finalmente, se sugiere la incorporación de portales RFID activo en la entrada y salida de cada CD y zonas de carga y descarga, para tener información fidedigna respecto al ingreso y salida de los camiones. Sería ideal que los grandes clientes también contaran con esta tecnología para conocer el momento exacto en que un flete llega a destino. Para favorecer la lectura se sugiere usar desniveles en el suelo frente a cada portal, para disminuir la velocidad de los camiones y facilitar la lectura.

Mediante estas mejoras se puede obtener un log más completo para realizar MP. Considerando la propuesta descrita se genera un log de eventos sintético con 1000 casos, se realiza descubrimiento e integración.

4.5.1 Descubrimiento y análisis de conformidad

A continuación, se analiza el log de eventos To Be, se dan a conocer los modelos de control de flujo obtenidos mediante aplicación de MP y los resultados del análisis de conformidad.

a) Análisis del log de eventos

Se realiza análisis del log de eventos con Disco para obtener una visualización de las mejoras sugeridas, suponiendo que se guardan de forma sistemática y completa todos los datos históricos necesarios de cada una de las principales actividades que componen el PD, con excepción de "Realizar *packing*". Esto último se debe a que se considera junto con el *picking*, para no incorporar una actividad de registro que aumenta los tiempos del proceso sin generar mayores beneficios.

Mediante el uso de Disco se generan las siguientes estadísticas globales del log (ver Figura F-1 en Anexos):

- Ocurren 34.100 eventos en los 1.000 casos
- Son 34 actividades ejecutadas por 20 recursos
- Se consideran dos atributos (start y complete)
- El log se inicia el 24.03.2013 a las 16:54:06 y termina el 12.05.2013 a las 23:27:51

Se identifica la totalidad de actividades y ejecutores del log, 19 actividades más que las detectadas en As Is y 4 ejecutores más que los detectados en As Is. Se obtienen más del doble de los eventos encontrados en As Is.

El tiempo de inicio no corresponde al día a analizar, el cual es el 16.04.2013. Si se observa el gráfico de la Figura F-1 se aprecia que son pocos casos que comienzan antes.

Se genera un mapa de frecuencia absoluta con todas las rutas (ver Figura F-2 en Anexos). Hay algunas secuencias que no concuerdan con el modelo esperado. Por ejemplo, se observa en el paralelo entre "Revisar documentos", "Emitir NC" y "Registrar envases" que permite ciclos entre dichas actividades. En la Figura 4-2 se observa que el flujo va desde "Imprimir DTE" hasta "Ajustar carga1" 78 veces y va hasta "Revisar pallet mixtos" en 88 casos, sin embargo, en el modelo BPMN se vio que después de imprimir los DTE se cierra el paralelo y se entregan los documentos.

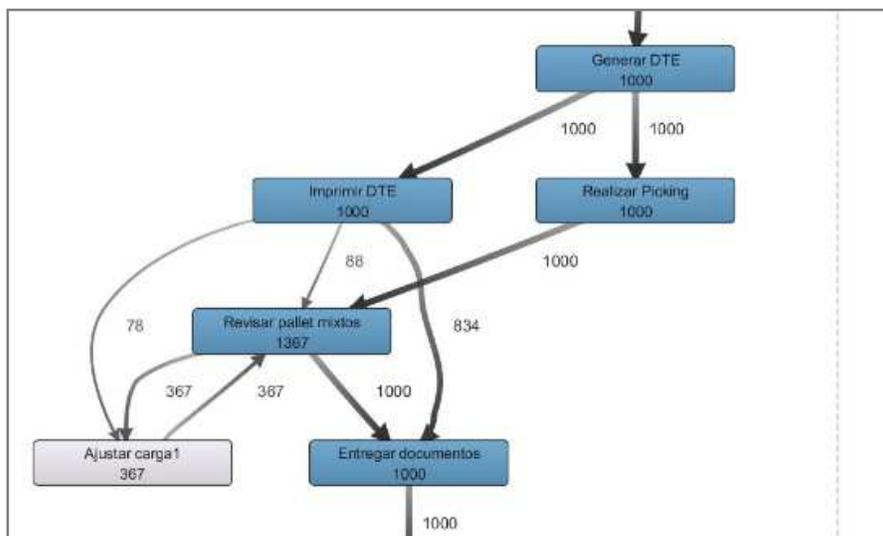


Figura 4-2: Frecuencia absoluta To Be, AND-XOR Picking

Una situación similar se observa en el paralelo entre "Verificar NC" y "Verificar liquidación" (ver Figura 4-3).

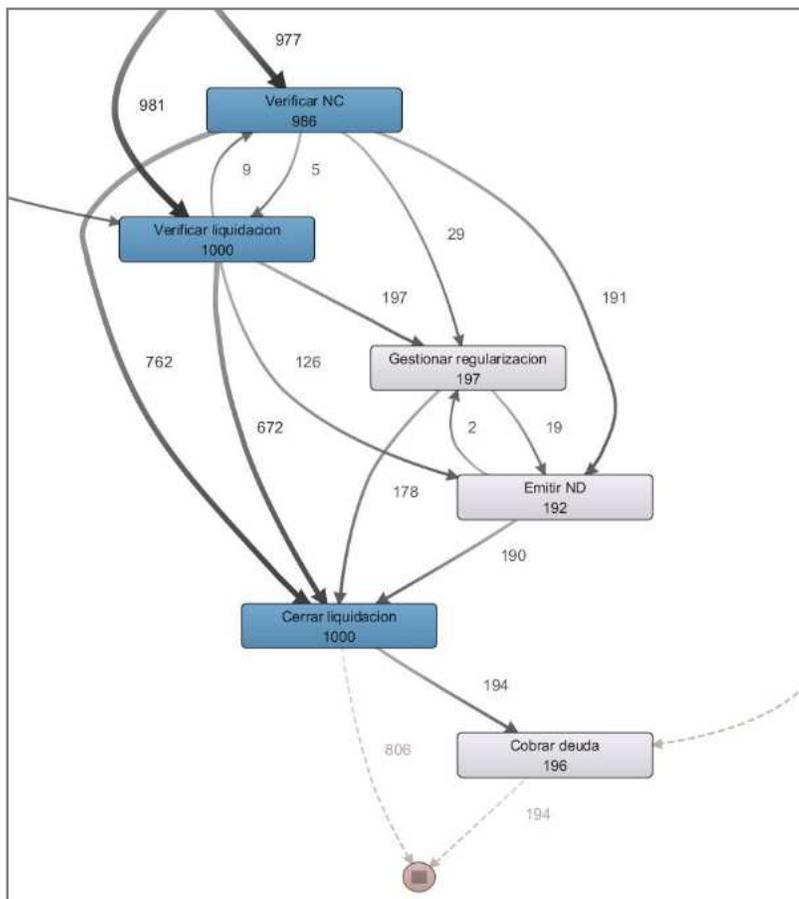


Figura 4-3: Frecuencia absoluta To Be, AND-XOR Liquidación

En ambas secuencias hay una o más decisiones que llevan a actividades que pueden ocurrir en paralelo con otras actividades. Por lo tanto, la herramienta Disco puede tener problemas en identificar el flujo cuando un XOR está dentro de un AND.

El *loop* que se genera entre "Cargar camión" y "Realizar logística inversa" (ver Figura 4-4) no se visualizaba con el modelo As Is, porque no se contaba con registros. Lo mismo ocurre para varias actividades más, por ejemplo, se observa que 188 casos sufrieron asalto, ya que están los registros de la actividad "Registrar asalto".

Se genera un mapa de *performance, mean duration* filtrado a 0% de *path* (ver Figura F-3 en Anexos), para mostrar solamente los flujos con mayores ocurrencias, se

obtienen correctamente los tiempos de ejecución y espera promedio dentro de los rangos que se establecieron para el log, al tener los *timestamp* de inicio y término para todas las actividades.

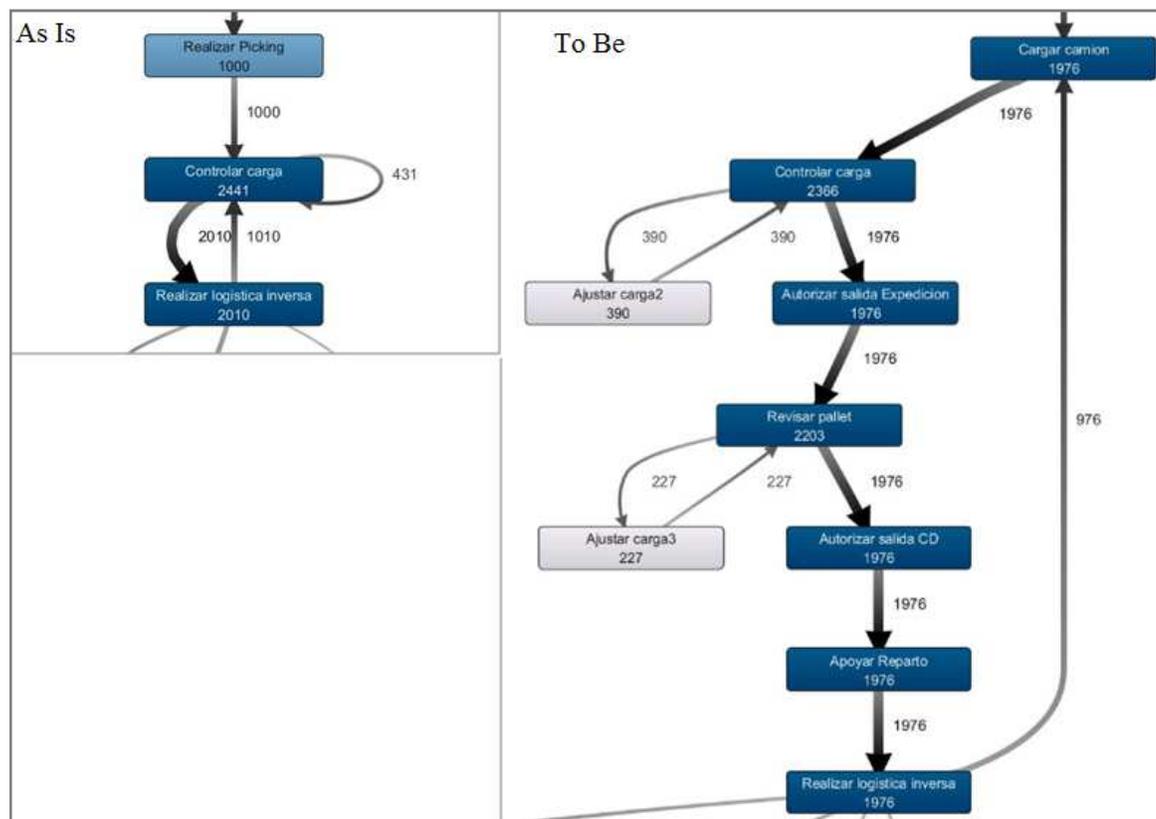


Figura 4-4: Frecuencia absoluta To Be, Cargar camión - Realizar logística inversa

Las estadísticas de frecuencia de actividades calculadas por la herramienta se pueden ver en la Figura F-4 de Anexos. La frecuencia mínima es 188 y corresponde a "Registrar asalto", lo que implica que el 18,8% de los casos sufren de asalto durante la distribución; este valor difiere del obtenido en As Is porque no se guardan actualmente registros de inicio y fin de esta actividad. Nuevamente la frecuencia máxima corresponde a "Controlar carga", con una frecuencia de 2.366; por lo tanto, realizar una mejora en esta actividad implicaría disminuir notoriamente los tiempos del proceso, además, hay que tener presente que 390 de esas ocurrencias se producen debido a que hay que realizar ajustes a la carga, es decir, se detectaron diferencias respecto al pedido. La frecuencia media es de 1.002,94, similar a la obtenida en As Is. La desviación estándar es de 645,04,

mayor a la obtenida con anterioridad, algo que era esperable dado que el modelo resulta de mayor complejidad al tener el log más actividades y que éstas tienen frecuencias más diversas. La actividad con mayor duración detectada sigue siendo "Cobrar deuda".

Al comparar el listado de actividades de la Figura E-6 con la Figura F-4, se identifican las 19 actividades que no habían sido detectadas por no encontrarse en el log de eventos debido a que no se cuenta con registros. Estas actividades son: "Imprimir DTE", "Entregar documentos", "Revisar pallet mixtos", "Ajustar carga1", "Cargar camión", "Ajustar carga2", "Autorizar salida Expedición", "Revisar pallet", "Ajustar carga3", "Autorizar salida CD", "Apoyar Reparto", "Registrar asalto", "Autorizar rechazo pedido", "Revisar documentación", "Autorizar salida", "Retener camión", "Verificar liquidación", "Verificar NC" y "Gestionar regularización".

Se realiza análisis organizacional y se observa que todos los recursos del log fueron detectados (ver Figura F-5 de Anexos), no existiendo actividades sin ejecutor asociado. La frecuencia mínima es 479 correspondiente a Paula, quien cumple el rol de Cajera, por lo que tiene baja participación en el proceso al realizar el registro de valores solamente. La frecuencia media es 1.705. La frecuencia máxima es 4.179 correspondiente a José, Guardia de Seguridad. La desviación estándar es 1.220,14.

La actividad inicial es realizada por los Analistas del Área de Liquidación y Ventas, María y Alex, y por los Vendedores del Área Comercial, Diego e Isabel. Los Analistas del Área de Liquidación y Ventas mencionados realizan la actividad "Cobrar deuda" en los tres casos que presentan un error al tenerla como actividad inicial. La actividad final es ejecutada por María, Alex y Ana, quienes son Analistas del Área de Liquidación y Ventas.

Se detectaron 909 variantes del proceso, que son 5,611 veces más variantes que las obtenidas en As Is. Lo que deja de manifiesto nuevamente que la complejidad del log y el modelo aumentó considerablemente al tener registros de inicio, fin y ejecutores para todas las actividades. Lo anterior permite ver las distintas variaciones que se pueden dar en el proceso y tomar medidas correctivas frente a desviaciones no deseadas. La variante que tiene más ocurrencias se da en sólo 7 casos y corresponde a la secuencia de la Figura F-6 del Anexo. Además, al analizar los 3 casos que comienzan antes, se aprecia que corresponden a un error en el *timestamp* de inicio de la actividad "Cobrar deuda", lo que se evidencia al realizar la animación del mapa del proceso.

b) Descubrimiento y análisis de conformidad con ProM

En el Dashboard de ProM se verifican datos claves similares a los entregados por Disco (ver Figura F-7 del Anexo).

- En ProM se detectaron 72.200 eventos en vez de los 34.100 eventos encontrados con Disco.
- Los eventos por caso van desde 44 hasta 104, siendo la media 72.
- Detecta 22 ejecutores, al considerar "End" y "Start" como un recurso más.

Respecto a las ocurrencias absolutas y relativas de las actividades (ver Tabla F-1 de Anexos), son equivalentes a las frecuencias observadas con Disco, si consideramos que se agregan los eventos ficticios "Start+start", "Start+complete", "End+start" y "End+complete" (ver Figura F-8) y para cada actividad ahora se considera "start" y "complete".

Los eventos con mayores ocurrencias son "Controlar carga+start" y "Controlar carga+complete" con 2.366 ocurrencias (3,277%) y "Revisar pallet+start" y "Revisar pallet+complete" con 2.203 ocurrencias (3,051%). Los eventos con menores ocurrencias son "Emitir ND+start" y "Emitir ND+complete" con 192 ocurrencias (0,266%) y "Registrar asalto+complete" y "Registrar asalto+start" con 188 ocurrencias (0,26%).

En la Figura F-9 se ve que para todos los casos el evento inicial es "Start+start" y los finales son "End+complete" con 998 ocurrencias (99,8%) y "Cobrar deuda+complete" con 2 ocurrencias (0,2%).

Respecto a los recursos, los resultados son similares a los obtenidos con Disco. Paula, correspondiente al rol de Cajera, es quien tiene una ocurrencia relativa menor con 1,327%, mientras la mayor corresponde a José, Guardia de Seguridad, con 11,576% (ver Figura F-9 en Anexos).

Se realiza descubrimiento de la Red de Petri usando algoritmo Alpha con ProM 5.2, el modelo obtenido se puede ver en Figura F-10. Se aplica Conformance Checking obteniendo un *fitness* superior a As Is e igual a 0,902, precisión inferior a As Is e igual a 0,563 y tamaño del grafo igual a 1. También se genera la Red de Petri con ProM 6.2 y se realiza análisis de conformidad mediante alineamiento y ETConformance, pero no encuentran resultados fiables.

Se aplica filtro con ProM 6.2 obteniéndose la Red de Petri sin estados "start", ver la Figura F-11.

Se aplica Heuristics Miner al log filtrado y se obtiene la Heuristics Net de la Figura F-12 de Anexos, con un *fitness* de 0,930, una centésima superior a la obtenida en As Is. Se aplica Heuristics Miner para Causal Net, el modelo obtenido se puede ver en la Figura F-13 de Anexos. Se destaca "Start" como actividad inicial y "End" como actividad final.

Usando Genetic Miner se obtiene la Heuristics Net de la Figura F-14 de Anexos con un *fitness* insuficiente, inferior al obtenido en As Is e igual a 0,759, y en 40 minutos, que es un tiempo alto considerando la relevancia que tiene la obtención de rápidos resultados para el PD de la Industria.

Se aplica Fuzzy Miner, obteniéndose el modelo de la Figura F-15 de Anexos, éste se presenta con clúster para facilitar la visualización. Se aplica Transition System, obteniéndose el modelo de la Figura F-16 de Anexos, el cual entrega una representación que dificulta la visualización.

4.5.2 Integración de modelos

Se integran otras perspectivas al modelo de control de flujo obtenido para el rediseño.

a) Análisis organizacional

Usando Handover of Work (ver Figura F-17 en Anexos) se aprecia que realizan el mismo traspaso de trabajo, en orden descendente de participación, los siguientes recursos: Analistas del Área de Liquidación y Ventas (María y Alex), Analistas del Área de Distribución (Jorge y Albin), Pickeadores del Área de Picking (Daniel, Pablo y Eric), Cajeros (Felipe y Paula), Expedicionarios del Área de Expedición (Sofía y Ester) y Analistas del Área de Planificación y Control (Luis y Paco). Los traspasos de trabajo identificados son correctos, ya que coinciden con la interacción que se da entre las áreas y roles de la organización.

Al aplicar Similar Task (ver Figura F-18 en Anexos) se observa que se encuentran agrupados correctamente en tareas similares Cajeros (Felipe y Paula), Expedicionarios del Área de Expedición (Sofía y Ester), Analistas del Área de Liquidación y Ventas (Alex y

María), Analistas del Área de Planificación y Control (Luis y Paco), Analistas del Área de Distribución (Jorge y Albin), Pickeadores del Área de Picking (Daniel, Eric y Pablo) y Vendedores del Área Comercial (Isabel y Diego).

Respecto a Subcontracting (ver Figura F-19 en Anexos), a diferencia de As Is, sí se identifican relaciones de subcontratación. Se observan traspasos desde los Pickeadores (Pablo, Daniel, y Eric) a Ana, quien es Analista de Liquidación y Ventas. Desde Nicole, quien es Revisora, a Ana. Se ven traspasos entre María y Alex, quienes son Analistas de Liquidación y Ventas.

Mediante Working Together (ver Figura F-20 en Anexos) se observa que todos los ejecutores trabajan juntos, igual a lo obtenido en As Is, ya que pertenecen al mismo CD.

Con Reassignment (ver Figura F-21 en Anexos) nuevamente se aprecia que no existe reasignación de trabajo.

Se puede inferir que Ana no realiza las mismas actividades que María y Alex, aún cuando tienen el mismo rol. También, se puede concluir que Iván no realiza las mismas actividades que Ester y Sofía, aunque tienen el mismo rol. Ambas situaciones se dan porque los roles tienen diferentes turnos.

Se identifican roles que no estaban en As Is, como los Pickeadores (Daniel, Eric y Pablo), la Revisora (Nicole), los Analistas de Distribución (Jorge y Albin) y José, quien es Guardia.

b) Análisis de tiempo

Usando Performance Analysis con Petri Net de ProM 5.2 se realiza el análisis desde la perspectiva de tiempo. Se obtienen los mismos tiempos del modelo de *performance* de Disco.

Los candidatos a cuello de botella son más que los encontrados en As Is, ello debido a que antes no existían registros completos. En To Be existen 5 estados con alto tiempo de espera y 5 con tiempo medio de espera (ver Figura F-22 y Figura F-23 de Anexos).

Los estados que tienen altos tiempos promedio de espera y permanencia, según la herramienta, siendo candidatos a cuellos de botella, son: el estado de "Registrar NV" con 570,41, el estado de "Planificar flota" con 269,78, el estado de "Imprimir DTE" con

208,66, el estado de "Generar DTE" con 75,06 y el estado de "Realizar Picking" con 73,01. Este último tiene una desviación estándar de 25,76, que está por sobre el resto de las actividades, debido a un tiempo mínimo de 30,03 y máximo de 119,95. Esta situación se puede explicar porque el *picking* está automatizado para *pallet* completos y se hace manualmente para *pallet* mixtos, además, existen variaciones en los tiempos de desplazamiento de la grúa horquilla al interior de las bodegas y zonas de carga.

Por lo tanto, las actividades que toman más tiempo son: "Registrar NV", "Planificar flota", "Generar DTE", "Imprimir DTE" y "Realizar Picking". Las cuales corresponden a las actividades previas a la realización del *packing* y la salida del camión y, en conjunto, requieren más de un día. También hay que considerar que "Registrar NV", "Planificar flota" y "Generar DTE" son secuenciales, constituyendo un camino crítico. Aquí existe una posibilidad de mejora, ya que al disminuir los tiempos de cualquiera de estas actividades se puede producir un impacto en el servicio entregado al cliente.

Los 5 estados con tiempos medios de espera coinciden con estados entre actividades. Uno está entre "Generar DTE" y "Realizar Picking". Dos ocurren antes de "Revisar *pallet* mixtos" y uno después de esta misma actividad. El último está entre "Revisar *pallet* mixtos" y "Entregar documentos". Por lo tanto, se puede observar que los mayores tiempos de espera se concentran entre "Realizar Picking" y "Entregar documentos", donde se realiza la revisión de *pallet* mixtos.

4.6 Resultados

A continuación, se dan a conocer los principales resultados obtenidos en la aplicación del método, respecto a los hallazgos en el proceso y la identificación de posibles mejoras, y al comportamiento de las técnicas y herramientas.

4.6.1 Hallazgos e identificación de posibles mejoras del proceso

Como resultado de los análisis del presente capítulo, se responde cómo generar un log de eventos que permita aplicar MP considerando las tecnologías usadas y las actividades realizadas actualmente, lo que pasa por mejorar la calidad de los datos de los sistemas existentes e implementar nuevas tecnologías que permitan registrar otros eventos.

Aún cuando no se tengan datos de inicio y término de cada actividad, basta con que los datos actuales sean de calidad para poder realizar un análisis preliminar. La calidad de los datos almacenados es determinante para definir los alcances de un proyecto de MP e incluso, puede ser categórico respecto a la factibilidad del mismo.

En As Is se analiza el proceso bajo el supuesto de una mejora en la calidad de los datos. Mediante análisis preliminares de As Is fue posible detectar que la actividad con mayor duración es "Cobrar deuda", lo que está dentro de lo esperado en el proceso. También, se detectó que la frecuencia máxima sucede con "Controlar carga", seguida de "Realizar logística inversa", lo que se explica porque la carga y descarga de un camión pueden ocurrir más de una vez. Se detecta que "Emitir ND" tiene la menor ocurrencia, situación que es deseable para el proceso, ya que se realiza cuando hay diferencias con respecto a la Factura. Además, se detecta que los Informáticos tienen la menor participación al tener la frecuencia mínima y que los Analistas de Liquidación y Ventas son los que tienen la mayor frecuencia, por lo tanto, tienen la mayor carga de trabajo respecto al PD. Como se puede ver, se logran identificar las principales características del proceso, aún cuando no se cuenta con registros completos.

Se observa que la completitud de un log de eventos no solamente está determinado por la cantidad de actividades registradas, sino también, y en gran parte, por la existencia de registros completos para cada actividad. La incorporación de tecnología que permita registrar el inicio y término de cada actividad relevante del proceso como datos históricos, con un usuario asociado a cada transacción, permite mejorar el control del PD siguiendo el método propuesto, al entregar información complementaria a los indicadores actuales.

Al analizar las frecuencias, mediante la visualización de ocurrencias, se pueden identificar las actividades que tienen mayor efecto en el tiempo final de un ciclo debido a que se ejecutan mayor cantidad de veces. En el PD la mayor frecuencia detectada en As Is y To Be sucede en "Controlar carga" y "Realizar logística inversa". Con To Be también se identifican "Revisar pallet", "Cargar camión", "Autorizar salida Expedición", "Autorizar salida CD" y "Apoyar reparto". Es decir, todas las actividades principales que corresponden a la salida y regreso del camión. Por lo tanto, realizar mejoras en estas actividades disminuiría notoriamente los tiempos del proceso.

Hay que considerar que las actividades de control "Revisar pallet mixtos", "Controlar carga" y "Revisar pallet" aumentan su ocurrencia cada vez que se deben iterar, porque se realiza un ajuste de carga después de la revisión respectiva. Además, mediante la animación del mapa del proceso (ver Figura F-24 en Anexo) se observó que esta situación genera tacos en la salida de Expedición y del CD. Por lo tanto, disminuir los tiempos en los controles y disminuir los ajustes en la carga, realizando mejores planificaciones, puede generar un impacto significativo en el PD.

También, se pueden detectar las frecuencias mínimas, que permiten verificar la ocurrencia de casos excepcionales y variaciones al proceso. Las frecuencias mínimas corresponden a "Emitir ND", que fue detectada en As Is y To Be, y "Registrar asalto", que forma parte del log To Be solamente, con un 18,8% de ocurrencia. Aquí identificamos una posibilidad de mejora, ya que la cantidad de asaltos es alta, aún cuando su ocurrencia está dentro de las frecuencias mínimas.

El Descubrimiento permite transparentar el proceso y verificar si se cumple con los procedimientos establecidos. Se observa que los procedimientos del PD estudiado están bien definidos. Se confirma que el PD es semiestructurado, tiene una clara secuencia de actividades, existiendo variaciones debido a las decisiones que se van tomando a lo largo del proceso. Por lo tanto, se puede realizar análisis de tiempo, organizacional y de casos.

Al transparentar la secuencia de actividades, mediante el descubrimiento del flujo de actividades, se facilita la labor de identificar caminos críticos, donde el retraso de una actividad implica el retraso de la entrega de pedidos. En el PD estudiado "Registrar NV" y "Planificar flota" son actividades secuenciales que conforman un camino crítico.

Si se tiene información de los *timestamp* de inicio y fin de cada actividad a lo largo del PD, es suficiente para determinar si un caso cumple con la entrega a tiempo. Además, el análisis de *performance* mediante MP permite identificar los tiempos de espera y ejecución, y de esta forma, determinar cuándo se sobrepasan los tiempos previstos, ello puede permitir encontrar dónde y cuándo se originó el retraso, y tomar medidas correctivas.

La disminución en los tiempos de espera o ejecución del proceso podría generar mejoras significativas en el servicio entregado, dado que se debe cumplir con los pedidos en plazos cortos de tiempo y las planificaciones se suelen realizar de un día para otro. Por

lo que un análisis de *performance* resulta de ayuda para la mejora continua del PD, al permitir identificar candidatos a cuello de botella y actividades que están relacionadas a tiempos mayores de ejecución o espera.

Se detectaron varias actividades que presentan posibilidades de mejora con el fin de disminuir los tiempos de ejecución o espera. En As Is se detecta que los candidatos a cuellos de botella están relacionados con "Registrar NV", "Planificar flota" y "Generar DTE". Con To Be se visualiza que toman mayor tiempo de ejecución "Registrar NV", "Planificar flota", "Generar DTE", "Imprimir DTE" y "Realizar Picking", es decir, la mayoría de las actividades previas a la entrega de documentos y salida del camión. Mientras que los mayores tiempos de espera se relacionan con "Realizar Picking" y "Entregar documentos".

El análisis organizacional permite verificar si el comportamiento de los roles y las áreas de la organización corresponden a lo esperado o descrito en la descripción de cargos y si existen roles o recursos que tienen sobre carga de trabajo en el proceso.

Se detecta que existe un 6,63% de frecuencia relativa de roles no asignados, lo que implica que los sistemas no registran sus interacciones con los sistemas.

Con As Is y To Be los Analistas de Liquidación y Ventas están dentro de las mayores frecuencias detectadas en el PD, siendo relevante verificar si ello implica sobre carga de trabajo para este rol. Además, con To Be la frecuencia máxima corresponde a uno de los Guardias. Con As Is se visualiza que la frecuencia mínima corresponde a los Informáticos y con To Be a los Cajeros, ambos roles realizan determinadas actividades, por lo que es un resultado esperable.

Mediante el análisis organizacional se identifica el comportamiento de los roles en el traspaso de trabajo y la realización de tareas similares, obteniéndose que la empresa estudiada tiene bien definidos los cargos. Se visualiza que todos los roles trabajan en un mismo CD, que la subcontratación es casi inexistente y no se realiza reasignación.

Respecto al análisis de los casos, la variante más frecuente en As Is y To Be implican que el camión realiza dos veces reparto y se realiza la emisión de la NC, esto último es un punto a mejorar ya que implica que este tipo de diferencia respecto a la Factura emitida es frecuente. Mientras que en To Be se detectaron 5,611 veces más variantes que en As Is, debido a que la complejidad del log aumentó considerablemente al

incorporar nuevas tecnologías que permiten el registro de más datos históricos. ésta situación permite conocer cuáles son las variantes que se pueden dar en el proceso, analizar riesgos y tomar medidas correctivas frente a desviaciones no deseadas.

4.6.2 Comportamiento de las técnicas y herramientas

El Dashboard de ProM y Disco entregan datos claves equivalentes.

Realizar análisis preliminar permite detectar errores respecto al procedimiento y los tiempos, por ejemplo las 3 ocurrencias en que "Emitir ND" lleva al estado final en As Is y los casos que tienen errores en los tiempos de "Cobrar deuda" en To Be.

Con Disco se obtienen correctamente los tiempos de ejecución y espera, las frecuencias y todos los recursos que sí están en el log, para As Is y To Be. Sin embargo, presenta dificultades para identificar secuencias de actividades que se realizan en paralelo o cuando combinan OR con AND.

Se comprueba que Alpha Miner de ProM 5.2 no entrega buenos resultados cuando el log está incompleto. Se usa Conformance Checker de ProM 5.2, que entrega el *fitness*, el *advanced behavioral appropriateness* y el *advanced structural appropriateness*. En As Is se cuenta con un log incompleto, obteniéndose una red que no representa la secuencia de actividades y el *fitness* es inferior al valor establecido como aceptable. En cambio, en To Be se tiene un log más completo que en As Is, como consecuencia, mejora el *fitness* y se observa una red más representativa. Por el contrario, la precisión es mayor para As Is, lo que se explica porque To Be tiene más variantes. Es decir, en As Is se tiene un modelo sobre-ajustado y en To Be un modelo más sub-ajustado. La simplicidad se mantiene alta para ambos modelos. Se aplican otros *plug-in* de chequeo de conformidad con ProM 6.2, pero no encuentran resultados fiables.

Con Heuristics Miner se pueden generar distintos tipos de redes en ProM 6.2. Heuristics Net entrega una representación incompleta para As Is, mientras que con Causal Net se tiene un modelo generalizado. Causal Net no entrega métricas, como *fitness*, aunque la representación es más intuitiva que la Heuristics Net.

Genetic Miner de ProM 6.2 se demora 20,651 segundos en generar la Heuristics Net de As Is y tarda 40 minutos para el log de To Be. Por lo tanto, mientras más completo el log y mayor cantidad de registros, más tiempo se demora en entregar una red, sin

implicar la obtención de mejores resultados. Si consideramos que en el PD y en la Industria resulta crítico el tiempo, se manejan plazos cortos de entrega y un alto número de casos diarios, entonces no es una de las técnicas indicadas para su uso.

Con Fuzzy Miner de ProM 6.2 se obtiene un modelo generalizado. Con Transition System de ProM 6.2 no se obtienen buenos resultados.

Por lo tanto, al realizar Descubrimiento las técnicas que resultan más adecuadas durante la aplicación son las que se identifican en el método, Fuzzy Miner y Heuristic Miner, ya que se obtienen modelos con un adecuado balance entre sub-ajuste y sobre-ajuste respecto al log, y el *fitness* de Heuristics Miner está dentro de un rango aceptable, superior a 0,9. Además, se obtienen los modelos prácticamente de forma inmediata, lo que agiliza la obtención de resultados.

Respecto al análisis organizacional, con Handover of Work se identifican correctamente los trasposos de trabajo, tanto para As Is como para To Be. Los trasposos coinciden con la interacción que se da entre las áreas y los roles de la organización. Con Similar Task se agrupan correctamente los recursos que realizan tareas similares en As Is y en To Be, según los roles que desempeñan. Con Working Together se tienen las interacciones entre los ejecutores, observándose que todos trabajan juntos en el mismo CD, incluso considerando turnos, tanto en As Is como en To Be.

La creación del recurso INVALID, que representa a los recursos que no están en el log de eventos, permite conocer el porcentaje de registros que no tienen el ejecutor.

Mediante el análisis de tiempo con Performance Analysis con Petri Net de ProM 5.2 se tienen los mismos valores del modelo de *performance* de Disco para As Is y To Be. Con la diferencia que Disco genera los resultados en horas y el *plug-in* de ProM permite seleccionar la unidad de tiempo (en la aplicación se usan minutos).

5. CONCLUSIÓN

En este capítulo se describen las principales conclusiones del trabajo realizado, se revisa el logro de los objetivos, los principales aportes y dificultades, los trabajos futuros y las reflexiones finales.

5.1 Logro de objetivos

Es importante conocer si la hipótesis y los objetivos que motivaron la presente tesis se cumplieron, con este fin, se lista cada uno de los objetivos específicos, el objetivo general y la hipótesis, seguidos de una breve descripción de los pasos realizados, que permiten asegurar el logro de cada uno.

Objetivos específicos

1. *Proponer un método que permita aplicar Minería de Procesos a la Distribución de Bebestibles no Alcohólicos en el contexto nacional actual.*

Se propone un método que permite aplicar Minería de Procesos al Proceso de Distribución de bebestibles no alcohólicos, según la situación actual de la Industria en Chile, para mejorar la calidad de servicio al visibilizar el proceso. Considerando el Modelo de ciclo de vida L* y un conjunto de herramientas y técnicas existentes en las Perspectivas de Control de Flujo, de Tiempo, Organizacional y de Casos. Este método permite reducir costos de aplicar MP, disminuir la dificultad de aplicar MP y guiar su aplicación de forma disciplinada, mediante un conjunto de pasos, buenas prácticas y recomendaciones.

2. *Aplicar el método propuesto a un Proceso de Distribución de la Industria de Embotellado de Bebestibles no Alcohólicos en el contexto nacional actual.*

Para realizar una adecuada planificación del proyecto, se realiza un análisis de la situación actual de la Industria de Embotellado de Bebestibles no Alcohólicos en el contexto nacional, caracterizando el mercado, la Industria y el PD. Se dan a conocer los desafíos que presenta actualmente la extracción de datos para el proceso estudiado.

Se llega a un modelo BPMN, que representa el PD de una empresa del rubro, con el descubrimiento del proceso mediante BPM, usando SIPOC, Correlación de descubrimiento y RECI.

Se genera un log de eventos sintético para mostrar la situación actual del proceso bajo el supuesto de la existencia de datos con la calidad necesaria para el análisis.

Para el descubrimiento con MP, se analiza el log con Disco y se usan diversos algoritmos de descubrimiento bajo la Perspectiva de Control de Flujo usando ProM. Se realiza chequeo de conformidad, obteniéndose las métricas de calidad de los modelos generados. Se integran las perspectivas de Tiempo, Organizacional y de Casos al modelo.

Se genera un log de eventos sintético para presentar el resultado que se podría obtener mediante el rediseño propuesto para el PD, el cual busca que los sistemas de información generen los datos que permitan un mejor análisis con MP. Se vuelve a realizar descubrimiento, análisis de conformidad e integración de modelos, pero esta vez considerando el log del rediseño.

3. Identificar posibilidades de mejora de la calidad de servicio del Proceso de Distribución del caso estudiado.

Se analizan los resultados obtenidos después de aplicar el método propuesto. Se realizan hallazgos que permiten conocer las características del PD de la empresa, gracias a la visualización del flujo de trabajo, el análisis del comportamiento organizacional, el análisis de *performance* y la identificación de variantes. Lográndose identificar varias posibilidades de mejora del proceso que implicarían mejorar la calidad del servicio del caso estudiado.

Objetivo general

Gracias al cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos se logra el objetivo general, que es *"Proponer un método que permita aplicar Minería de Procesos para mejorar la calidad de servicio de un Proceso de Distribución de bebestibles no alcohólicos en el contexto nacional actual"*.

Mediante el logro del primer objetivo específico se propone un método para aplicar MP considerando el contexto nacional actual del Proceso de Distribución de bebestibles no alcohólicos. Con el logro del segundo objetivo específico se muestra la aplicación del

método a un caso de una empresa real, se describen las dificultades encontradas y como se han solucionado. Con el tercer objetivo específico se logran identificar posibilidades de mejora que pueden afectar positivamente la calidad del servicio entregado del caso en estudio.

Hipótesis

Luego del logro de cada uno de los objetivos planteados, se puede asegurar que *"Es posible mejorar la calidad de servicio de un Proceso de Distribución de bebestibles no alcohólicos en el contexto nacional actual si se sigue un método que permita aplicar Minería de Procesos"*, que es la hipótesis de este trabajo.

Lo primero que es necesario determinar es, si se puede aplicar Minería de Procesos a un Proceso de Distribución de bebestibles no alcohólicos en Chile. Con la realización de este trabajo se concluye que sí, siempre que se siga un método adecuado, como el propuesto, y se consideren las recomendaciones y buenas prácticas descritas.

Luego, es necesario demostrar que se cumple que al aplicar MP es posible mejorar la calidad de servicio del PD. Gracias al caso analizado se verifica que la MP permite visualizar el proceso e identificar posibilidades de mejora con el fin de mejorar la calidad del servicio entregada a los clientes. Por lo tanto, la hipótesis es comprobada como cierta.

5.2 Principales aportes

El principal aporte de este trabajo es el método propuesto, que permite la aplicación de gran parte del conocimiento que se ha generado hasta hoy en MP. Mediante un enfoque disciplinado se obtiene un completo análisis, gracias a la realización de los tres tipos de MP bajo distintas perspectivas y siguiendo el Modelo de ciclo de vida L*. Además, provee de un conjunto de buenas prácticas y recomendaciones a tener en cuenta para facilitar la aplicación y disminuir los costos asociados.

La aplicación a un PD en el contexto nacional verifica el método. El caso analizado resulta desafiante debido a que los datos son transformados por distintas tecnologías de información, siendo un problema complejo dar unicidad a los casos. Al hacerse el estudio enfocado a la Industria de Embotellado de Bebestibles No Alcohólicos se genera mayor complejidad debido al gran volumen de datos que se deben manejar diariamente y a los

altos estándares de calidad exigidos por los clientes, que implican responder rápidamente a sus requerimientos, y, por lo tanto, generar propuestas que estén acorde a este contexto.

Se combina MP con BPM en la aplicación del método, lo que responde al desafío actual en Minería de Procesos de combinarla con otros análisis.

Tanto el método propuesto como su aplicación constituyen una guía que ayuda a mejorar el entendimiento de MP por parte de los no expertos.

5.3 Desafíos y trabajos futuros

En la actualidad, la Minería de Procesos tiene como desafío mejorar la usabilidad y el entendimiento para los no expertos, respecto a ello se puede concluir que ProM no es recomendable para personas que no tienen conocimientos de las técnicas y algoritmos de MP. Frente a ello Disco presenta una buena alternativa, ya que concentra las mejores técnicas, bajo una interfaz de usuario atractiva e intuitiva. Por lo que es claro que enfocar los esfuerzos en la generación de herramientas más robustas y amigables, como ocurre cuando existe un enfoque comercial, pueden acercar la MP a la Industria y a personas no expertas.

Resulta de utilidad usar más de un algoritmo o técnica de MP para tener una visión complementaria y poder contrastar los resultados obtenidos, siendo de gran apoyo el cálculo de métricas de calidad, como el *fitness*. Debido a lo anterior, es necesario que se sigan dedicando esfuerzos para mejorar las métricas existentes e incorporarlas a aquellos *plug-in* de ProM que aún no las poseen.

Se podría generar mayor valor a la Industria mediante la mejora en la eficiencia del proceso al perfeccionar las técnicas de soporte operacional. A futuro, se podrían agregar otras perspectivas y técnicas al método, según como evolucione la maduración de la MP. Por ejemplo, Disco no cuenta con herramientas que permitan realizar soporte operacional en el PD de la Industria, como predicción u otros análisis, éste resultaría de gran utilidad para poder predecir cuando un caso no llegará a término en el tiempo deseado, lo que podría permitir tomar las medidas correctivas antes que afecten los indicadores de cumplimiento al cliente y, por consiguiente, la calidad del servicio entregado. Por otro lado, el *plug-in* Transition System Analyzer de ProM aún necesita perfeccionarse.

Sería de gran utilidad realizar el mismo análisis efectuado en la presente aplicación para comparar los comportamientos de los distintos CD, para detectar y replicar las buenas prácticas que pudieran resultar en un proceso más eficiente. Además, se podría estudiar el movimiento de carga que se realiza entre Centros de Distribución. También, sería un buen aporte aplicar MP para comparar casos que ocurren en distintas épocas del año o en igual época de distintos años, para ver en qué puntos del PD inciden los periodos de mayor o menor demanda.

Sería interesante aplicar el método al PD de otras industrias, ya que la secuencia de actividades identificada, o parte de ella, se podrían generalizar más allá de la industria estudiada y, por consiguiente, se podría generalizar el método.

El mayor desafío radica en la incorporación de buenas prácticas en las empresas, que permitan tener datos de calidad y que se encuentren disponibles para realizar MP, además de que los sistemas faciliten la extracción de los datos para disminuir los costos en horas hombre de este tipo de estudios.

5.4 Reflexiones finales

En un estudio como éste es importante considerar las características particulares de la industria y el proceso analizado; antes de aplicar MP hay que identificar sus principales problemas, objetivos y métricas. Ello resulta fundamental para conocer qué espera obtener la organización del análisis y seleccionar las técnicas adecuadas al cumplimiento del propósito, para enfocarse en lo que genera valor desde el punto de vista del negocio.

Es esencial determinar la cantidad, completitud y calidad de los datos disponibles, debido a que constituyen el principal insumo para cualquier análisis en MP. Las organizaciones tienden a creer que disponen de mayor información útil que la que realmente está alojada en sus sistemas, por ello, debe realizarse la etapa de planificación que incluya un estudio de factibilidad para determinar el real estado y disponibilidad de los datos históricos.

Los sistemas que permiten manipular directamente los datos históricos pueden resultar perjudiciales para la organización, al convertirse en malas prácticas habituales que generen desconfianza en el cálculo de los indicadores de los procesos, en las tecnologías usadas, entre los integrantes de la organización y los clientes. Frente a ello, la MP es una

buena alternativa para generar transparencia al proceso, mediante la visualización de los datos, a través de distintas representaciones y perspectivas que resultan en un medio que transforma los datos alojados en los sistemas en información tangible.

BIBLIOGRAFÍA

Adriansyah, A., Van Dongen, B., & Van der Aalst, W. (2011). Towards Robust Conformance Checking. En Zur Muehlen, M. & Su, J. (Eds.), *Business Process Management Workshops* (Vol. 66, p. 122-123). Berlín, Alemania: Springer. ISBN: 978-3-642-20510-1.

Alves, C. (2010). *Social Network Analysis for Business Process Discovery*. (Tesis de maestría). Instituto Superior Técnico - Universidad Técnica de Lisboa, Lisboa.

América Economía. (2013, 17 de mayo). *Qué hacen Chile, Argentina y México para dejar de liderar el consumo mundial de bebidas azucaradas*. Recuperado de <http://www.americaeconomia.com/politica-sociedad/politica/que-hacen-los-lideres-regionales-para-dejar-de-encabezar-el-consumo-de-be>.

Arriagada, I. (2009). *Minería de procesos aplicada a proceso de cobranza de una empresa de telecomunicaciones*. (Disertación titulación no publicada). Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.

Asociación Nacional de Bebidas Refrescantes. (s.f.). *Quiénes somos*. Recuperado de <http://www.anber.cl/inicio/index.php>.

Asociación Nacional de Bebidas Refrescantes. (2013). *Total Ventas en Volumen 2012*. Recuperado de <http://www.anber.cl/inicio/estadisticas.php>.

Bozkaya, M., Gabriels, J. & Van der Werf, J. (2009). Process Diagnostics: a Method Based on Process Mining. *International Conference on Information, Process, and Knowledge Management* (p. 22-27). doi: 10.1109/eKNOW.2009.29.

Bratosin, C., Sidorova, N. & Van der Aalst, W. (2010). *Distributed Genetic Process Mining*. Documento presentado en Congress on Evolutionary Computation (CEC), 2010 IEEE, Barcelona, España.

Coca-Cola Embonor S.A. (2013). *Embonor S.A.* Recuperado de <http://www.embonor.cl/wps/wcm/connect/embonor/Sitio/Home>.

Compañía Cervecerías Unidas S.A. (CCU) (2013). *Memoria-Anual-CCU-2012*. Recuperado de <http://www.ccu.cl/>.

De Medeiros, A., Weijters, A., & Van der Aalst, W. (2007). Genetic process mining: an experimental evaluation. *Data Mining and Knowledge Discovery, Vol 14* (No. 2), p. 245-304.

Decker, G., Grosskopf, A. & Wagner-Boysen, S. (s.f.). *Poster BPMN - 1.1*. Recuperado del sitio Web de Hasso-Plattner-Institute de Universität Potsdam: <http://bpt.hpi.uni-potsdam.de>.

Embotelladora Andina S.A. (EASA) (2013). *Memoria-Anual- Embotelladora Andina S.A -2012*. Recuperado de <http://www.andina.cl/>.

Euromonitor International (2012). *Country Report, Soft Drinks in Chile*. Recuperado de <http://www.euromonitor.com/>

Ferreira, D. & Alves, C. (2011). *Discovering User Communities in Large Event Logs*. Documento presentado en 7th International Workshop on Business Process Intelligence (BPI 2011), Clermont-Ferrand, Francia.

Fluxicon Process Laboratories (2012). *Disco*. Recuperado de <http://fluxicon.com/disco/>.

Günther, C. & Van der Aalst, W. (2007). Fuzzy Mining – Adaptive Process Simplification Based on Multi-perspective Metrics. En Alonso, G., Dadam, P. & Rosemann, M. (Eds.), *Business Process Management* (Vol. 4714, 2007, p. 328-343). Berlín, Alemania: Springer Berlin Heidelberg.

Hammer, M. & Champy, J. (1994). *Reingeniería. Olvide lo que usted sabe cómo debe funcionar una empresa ¡Casi todo está errado!* Bogotá, Colombia: Grupo Editorial Norma. ISBN: 958-04-2650-3.

Laudon, K. & Laudon, J. (2008). *Sistemas de información gerencial: Administración de la empresa digital*. México: Pearson Educación. ISBN: 978-970-26-1191-2.

Mans, R., Schonenberg, M., Song, M., Van der Aalst, W. & Bakker, P. (2009). Application of Process Mining in Healthcare – A Case Study in a Dutch Hospital. En Fred, A., Filipe, J. & Gamboa, H. (Eds.), *Biomedical Engineering Systems and Technologies* (Vol. 25 de Communications in Computer and Information Science, p. 425-438). Berlín, Alemania: Springer-Verlag. ISBN: 978-3-540-92218-6.

Martínez de la Fuente, J. (2013, 5 de enero). Camioneros confirman paralización total de la Ruta 5 desde Iquique a Chiloé para el 7 de enero. *El Mercurio*. Recuperado de <http://www.emol.com>.

Muñoz-Gama, J. & Carmona, J. (2010). A Fresh Look at Precision in Process Conformance. En *Business Process Management, 8th International Conference, BPM 2010*, Hoboken, NJ, USA, September (Vol. 6336, p. 211-226). Berlín, Alemania: Springer-Verlag. ISBN:978-3-642-15617-5.

Obregón, P. (2012, 14 de octubre). Transportistas pierden al año US\$ 240 millones por robos en carreteras y grandes ciudades. *El Mercurio*. Recuperado de <http://www.emol.com>.

Process Mining Group (2012). *ProM*. Recuperado de <http://www.processmining.org/prom/start>

Rozinat, A., & Van der Aalst, W. (2008). Conformance checking of processes based on monitoring real behavior. *Information Systems*, Vol. 33 (1), p. 64-95.

Servicio de Impuestos Internos (SII) (2013). *Factura electrónica. Documentación técnica del sistema*. Recuperado de http://www.sii.cl/factura_electronica/tecnica.htm.

Song, M. & Van der Aalst, W. (2008). Towards Comprehensive Support for Organizational Mining. *Decision Support Systems*, Vol. 46 (1), p. 300-317.

Tapia, M. (2013, 29 de enero). Restaurantes suben ventas en 2012, pese a efecto de nueva ley de alcoholes. *El Mercurio*. Recuperado de <http://www.emol.com>.

Tiwari, A. & Turner, C. (2008). A review of business process mining: state-of-the-art and future trends. *Business Process Management Journal*, Vol. 14(1), p. 5-22.

Van der Aalst, W. (2010). *Challenges in Business Process Mining* (BPM Center Report BPM-10-01). Recuperado de BPM Center: <http://bpmcenter.org/wp-content/uploads/reports/2010/BPM-10-01.pdf>.

Van der Aalst, W. (2011a). *Process Mining. Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes*. Heidelberg: Springer, ISBN 978-3-642-19344-6.

Van der Aalst, W. (2011b). Do Petri Nets Provide the Right Representational Bias for Process Mining?. En J. Desel & A. Yakovlev (Eds.), *Workshop Applications of Region Theory 2011 (ART 2011)* (Vol. 725, p. 85-94). Newcastle upon Tyne, UK: CEUR Workshop (CEUR-WS.org).

Van der Aalst, W., Adriansyah, A., De Medeiros, A., Arcieri, F., Baier, T., Blickle, T., ..., Wynn, M. (2011). Process Mining Manifesto. En F. Daniel, S. Dustdar & K. Barkaoui (Eds.), *BPM 2011 Workshops (Vol. 99, de Lecture Notes in Business Information, p. 169-194)*. Berlin, Alemania: Springer-Verlag.

Van der Aalst, W., Adriansyah, A., Van Dongen, B. (2011). Causal Nets: A Modeling Language Tailored Towards Process Discovery. En Katoen, J. & König, B. (Eds.), *CONCUR 2011 – Concurrency Theory, Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 6901, p. 28-42). Berlin, Alemania: Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-642-23217-6.

Van der Aalst, W., De Medeiros, A. & Weijters, A. (2005). Genetic Process Mining. En Ciardo, G. & Darondeau, P. (Eds.), *Applications and Theory of Petri Nets* (Vol. 3536 de Lecture Notes in Computer Science, p. 48-69). Berlin, Alemania: Springer-Verlag. doi: 10.1007/11494744_5.

Van der Aalst, W., Reijers, H. & Song, M. (2005). Discovering Social Networks from Event Logs. *Computer Supported Cooperative Work, Vol. 14* (6), p. 549-593.

Van der Aalst, W., Reijers, H., Weijters, A., Van Dongen, B., De Medeiros, A., Song, M. & Verbeek, H. (2007). Business process mining: An industrial application. *Information Systems, Vol. 32* (5), p. 713-732.

Van der Aalst, W., Schoenemberg, M. & Song, M. (2011). Time prediction based on process mining. *Information Systems, Vol. 36* (2), p. 450-475.

Van der Aalst, W. & Weijters, A. (2004). Process mining: a research agenda. *Computers in Industry, Vol. 53* (3), p. 231-244. doi: 10.1016/j.compind.2003.10.001.

Verner, L. (2004). *The Challenge of Process Discovery*. Recuperado de BPTrends: <http://www.bptrends.com/publicationfiles/05-04%20WP%20Process%20Discovery%20-%20Verner1.pdf>.

Weijters, A. & Ribeiro, J. (2011). Flexible Heuristics Miner (FHM). *Computational Intelligence and Data Mining (CIDM), 2011 IEEE Symposium on* (p.310-317). Paris, Francia.

Weijters, W., Van der Aalst, W. & De Medeiros, A. (2006). *Process Mining with the Heuristics Miner Algorithm*. (166). Recuperado de Eindhoven University of Technology, Eindhoven, BETA Working Papers Series: <http://beta.ieis.tue.nl/node/1254>.

ANEXOS

ANEXO A: GLOSARIO DE SIGLAS

A continuación, se presenta la descripción de cada sigla usada en el presente documento.

Tabla A-1: Glosario de siglas

N°	Sigla	Descripción	Pág.
1	ANBER	Asociación Nacional de Bebidas Refrescantes de Chile.	13
2	BPM	Business Process Management, Gestión de Procesos de Negocios.	31
3	BPMN	Business Process Model and Notation, Notación de Modelado de Procesos de Negocio.	7
4	CCU	Compañía Cervecerías Unidas.	1
5	CD	Centro de Distribución.	17
6	CNTC	Confederación Nacional de Transportes de Carga.	15
7	CRM	Customer Relationship Management, Gestión de Relaciones con Clientes.	17
8	DTE	Documento Tributario Electrónico.	18
9	EASA	Embotelladora Andina S.A.	2
10	EBNA	Empresas de Embotellado de Bebestibles No Alcohólicos.	2
11	ERP	Enterprise Resource Planning, Planificación de Recursos Empresariales.	19
12	ETC	Empresas de Transporte de Carga.	14
13	GD	Guía de Despacho.	18
14	HH	Hand Held, computador palmar portátil (se puede llevar en una mano).	37
15	IVA	Impuesto al Valor Agregado.	78
16	KPI	Key Performance Indicators, Indicadores Clave de Desempeño.	33
17	MP	Minería de Procesos.	1
18	NC	Nota de Crédito.	18
19	ND	Nota de Débito.	18
20	NE	Nota de Entrega.	39
21	NV	Nota de Venta.	37
22	PD	Proceso de Distribución de Empresas de Embotellado de Bebestibles No Alcohólicos.	1
23	RECI	Ejecutor, Responsable, Consultado e Informado. En inglés: Responsible, Accountable, Consulted, and Informed (RACI).	34
24	RFID	Radio Frequency Identification, Identificación por Radio Frecuencia	48

N°	Sigla	Descripción	Pág.
25	SII	Servicio de Impuestos Internos.	18
26	SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs, and Costumers. Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas y Clientes.	34
27	SKU	Stock-Keeping Unit, Unidad de Mantenimiento de Existencias (número de referencia).	14
28	TI	Tecnologías de Información.	2
29	TPS	Transaction Processing System, Sistemas de Procesamiento de Transacciones.	20
30	UC	Unit Cases, Cajas Unitarias.	16

ANEXO B: GLOSARIO DE DOCUMENTOS

En este anexo se definen los documentos que son usados en el PD de la aplicación.

Tabla B-1: Glosario de documentos

N°	Nombre del documento	Definición
1	Documento tributario electrónico	Es un documento tributario generado electrónicamente, que reemplaza al documento físico, el cual tiene idéntico valor legal y su emisión debe ser autorizada previamente por el SII.
2	Factura	Son documentos tributarios que los comerciantes envían usualmente a otro comerciante, con el detalle de la mercadería vendida, su precio unitario, el total del valor cancelable de la venta y, si correspondiera, la indicación del plazo y forma de pago del precio.
3	Formulario de asalto	Formulario para registrar asaltos a fleteros.
4	Guía de despacho	Es un documento exigido por el SII que contiene los ítems y el detalle de los productos vendidos para que sea ocupada en el traslado de productos. Se ocupa una guía original o madre, que es la generada en la planificación de flota, y una guía complementaria, que contiene las modificaciones que se tuvieron que hacer a la carga.
5	Guía de devolución (o retorno) de comercio	Es una actualización de la guía de despacho, que incluye los productos retornados.
6	Informe de camiones retenidos	Es un informe diario que contiene el listado de camiones que no pueden salir desde el CD por presentar deuda.
7	Informe de liquidación fletero	Es el informe diario de liquidación de camiones, que resumen el resultado del proceso.
8	Nota de crédito	Son documentos que deben emitir los vendedores y prestadores de servicios afectos al Impuesto al Valor Agregado (IVA), por descuentos o bonificaciones otorgados con posterioridad a la facturación a sus compradores o beneficiarios de servicios, así como también por las devoluciones de mercaderías o resciliaciones de contratos.

N°	Nombre del documento	Definición
9	Nota de débito	Son documentos que deben emitir los vendedores y prestadores de servicios afectos al Impuesto al Valor Agregado (IVA) por aumentos en el impuesto facturado.
10	Nota de entrega	Documento que contiene la misma información de la factura y que el cliente firma para aceptar el recibo de los productos entregados.
11	Nota de venta	Pedidos del cliente que son ingresados al sistema comercial.
12	Solicitud de reclamo por diferencia de carga o error en retorno	Formulario que es llenado con los datos de las diferencias de carga detectadas por el fletero.
13	Ticket pallet	Ticket adhesivo con código de barra que es pegado a la carga del camión para su identificación.

ANEXO C: ROLES Y ACTIVIDADES

En este anexo, se describen los roles considerados en el proceso, las actividades que realizan y el RECI, generado en la etapa de descubrimiento.

C.1 Descripción de roles

A modo de simplificar el análisis, en el modelo BPMN los roles son desempeñados por las áreas de la organización que participan en el proceso, es decir, corren por *lane* independientes, sin distinguir entre los cargos. En la Tabla C-1, se realiza una descripción de cada rol identificado según las funciones que desempeña en el PD.

Tabla C-1: Descripción de roles

N°	Rol	Descripción
1	Área Comercial	En este rol se consideran a los Pre-vendedores (fleteros, vendedores, operadores telefónicos, etc.). Quienes ofrecen los productos de la compañía e ingresan los datos de la pre-venta al sistema de venta (a través de la interfaz para grandes clientes, <i>call center</i> , Hand Held o consignación).
2	Área de Planificación y Control	La constituyen el Ingeniero de Operaciones y los Programadores. Quienes deben administrar la operación de pre-venta y asegurar el funcionamiento de dispositivos de venta para transmitir la información. Así como también, asegurar el despacho eficiente, en términos de tiempo y costo, para cumplir con el estándar de servicio, mediante la programación de rutas y proyección de la carga del camión, usando herramientas tecnológicas.
3	Área de Sistemas	Compuesta por Informáticos con distintas especializaciones. Quienes deben administrar y desarrollar los sistemas que dan apoyo a la toma de decisiones en la organización y gestionar la transferencia de datos entre sistemas.
4	Área de Liquidación Ventas	Constituida por el Jefe de Liquidación Ventas, los Jefes de Turno de Liquidación Ventas, los Analista de Liquidación Ventas, los Auxiliares Administrativos y los Asistentes Administrativos. Quienes deben supervisar, controlar y analizar la liquidación venta de fletes; administrar los documentos tributarios; emitir los de informes de cierre de liquidación; abastecer de formularios a los fleteros; y administrar y controlar las devoluciones y préstamos de envases.
5	Área de Picking	La constituyen los encargados de las distintas tareas del depósito, como el Supervisor de Operaciones de Bodega, los Operadores de

Actividades\ Roles	Área Comercial	Área de Planificación y Control	Área de Sistemas	Área de Liquidación Ventas	Área de Picking	Área de Expedición	Área de Distribución	Seguridad	Caja
Planificar flota	I	R/E							
Generar DTE			R/E	I					
Imprimir DTE				R/E					
Picking									
Entregar documentos							R/E		
Realizar Picking					R/E				
Realizar Packing					R/E				
Revisar pallet mixtos						R/E			
Ajustar carga1						R/E			
Cargar camión					R/E				
Salida									
Controlar carga						R/E			
Ajustar carga2						R/E			
Autorizar salida Expedición						R/E			
Revisar pallet								R/E	
Ajustar carga3						R/E		C - I	
Autorizar salida CD								R/E	
Reparto									
Apoyar Reparto				I			R/E		
Retorno									
Realizar logística inversa						R/E			
Liquidación									
Registrar reclamo carga						R/E			
Registrar asalto							R/E		
Autorizar rechazo pedido							R/E		
Registrar valores									R/E
Revisar documentos				R/E					
Emitir NC	I		E	R					

Actividades\ Roles	Área Comercial	Área de Planificación y Control	Área de Sistemas	Área de Liquidación Ventas	Área de Picking	Área de Expedición	Área de Distribución	Seguridad	Caja
Registrar envases				R/E			C		
Emitir informe liquidación				R/E					
Autorizar salida				R/E					
Retener camión				R/E					
Informar retenciones				R/E					
Verificar liquidación				R/E					
Verificar NC				R/E					
Gestionar regularización				R/E			C		
Emitir ND	I		E	R					
Cerrar liquidación				R/E					
Cobrar deuda				R/E					

C.3 Asignación de recursos a cada rol

En la Tabla C-3 se da a conocer la asignación de recursos que se realizó para cada rol en el log de eventos, los nombres corresponden a supuestos.

Tabla C-3: Roles y recursos humanos

N°	Área	Rol	Recurso 1	Recurso 2	Recurso 3
1	Área Comercial	Vendedor	Isabel	Diego	–
2	Área de Planificación y Control	Analista Planificación	Paco	Luis	–
3	Área de Sistemas	Informático	Juan	Hugo	Rina
4	Área de Liquidación Ventas	Analista Liquidación y Ventas, turno 1	Alex	María	–
5	Área de Liquidación Ventas	Analista Liquidación y Ventas, turno 2	Ana	–	–
6	Área de Picking	Pickeador	Daniel	Pablo	Eric
7	Área de Expedición	Revisor	Nicole	Tomás	Carol

N°	Área	Rol	Recurso 1	Recurso 2	Recurso 3
8	Área de Expedición	Expedicionario, turno 1	Iván	–	–
9	Área de Expedición	Expedicionario, turno 2	Ester	Sofía	–
10	Área de Distribución	Analista Distribución	Jorge	Albin	–
11	Seguridad	Guardia	José	Rosa	Jaime
12	Caja	Cajero	Felipe	Paula	–

ANEXO D: PÓSTER BPMN

En este Anexo se describen los principales elementos de la notación BPMN, en su versión 1.1, mediante un póster (ver Figura D-1).

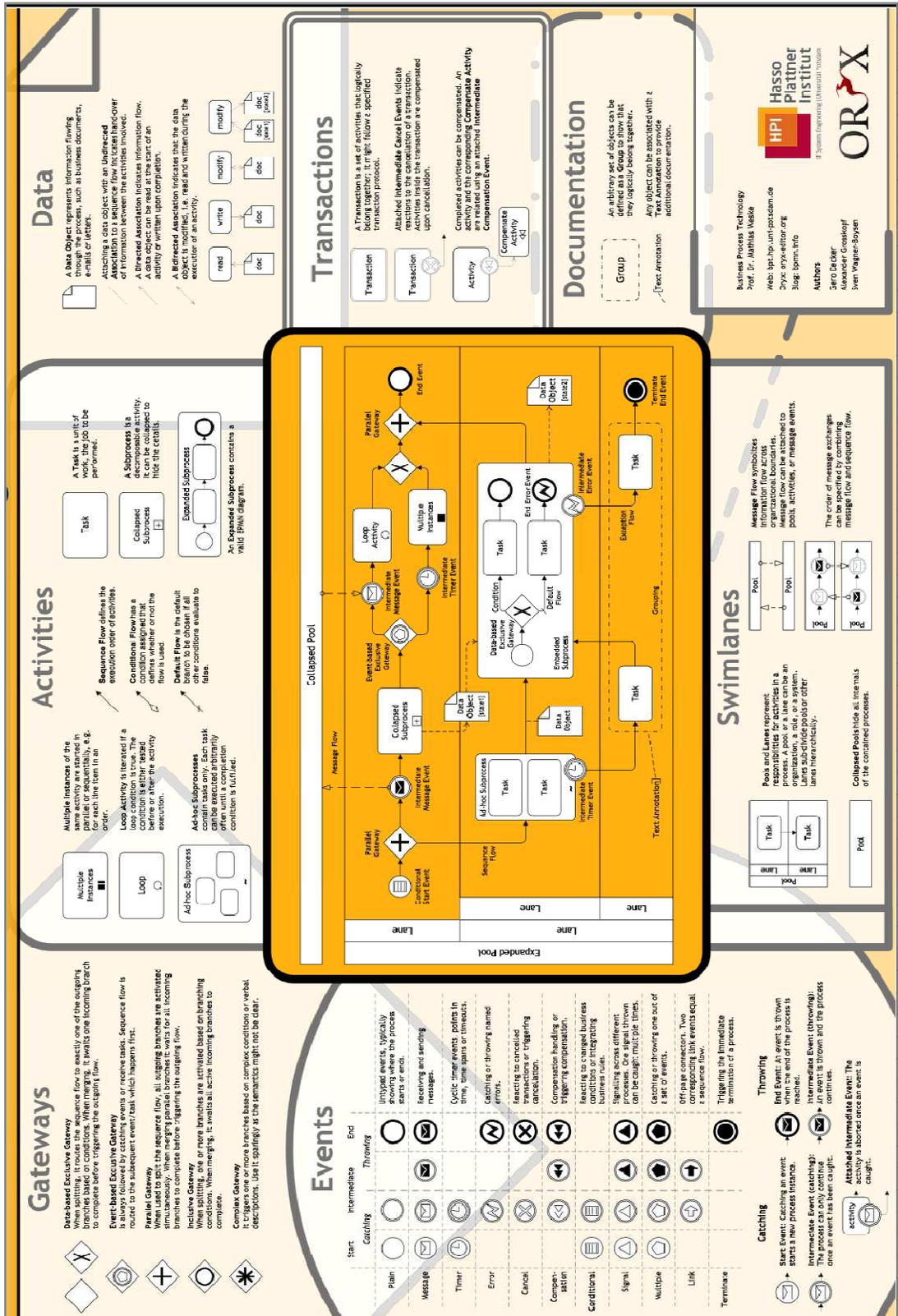


Figura D-1: Póster BPMN-1.1 (Decker, Grosskopf & Wagner-Boysen, s.f.)

ANEXO E: MODELOS AS IS

En este Anexo se muestran los distintos modelos As Is obtenidos mediante BPM y MP.

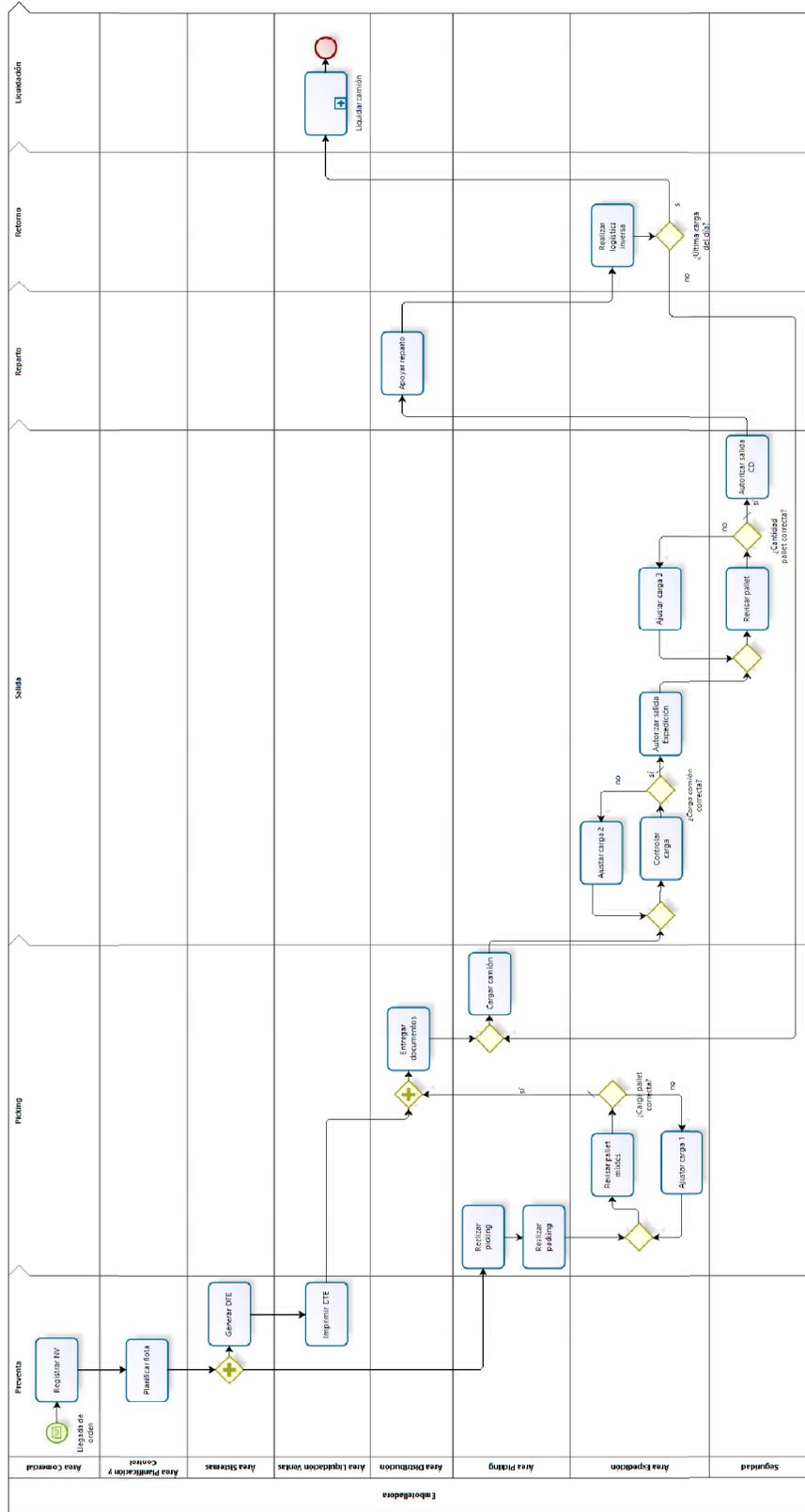


Figura E-1: Modelo de procesos As Is ideal

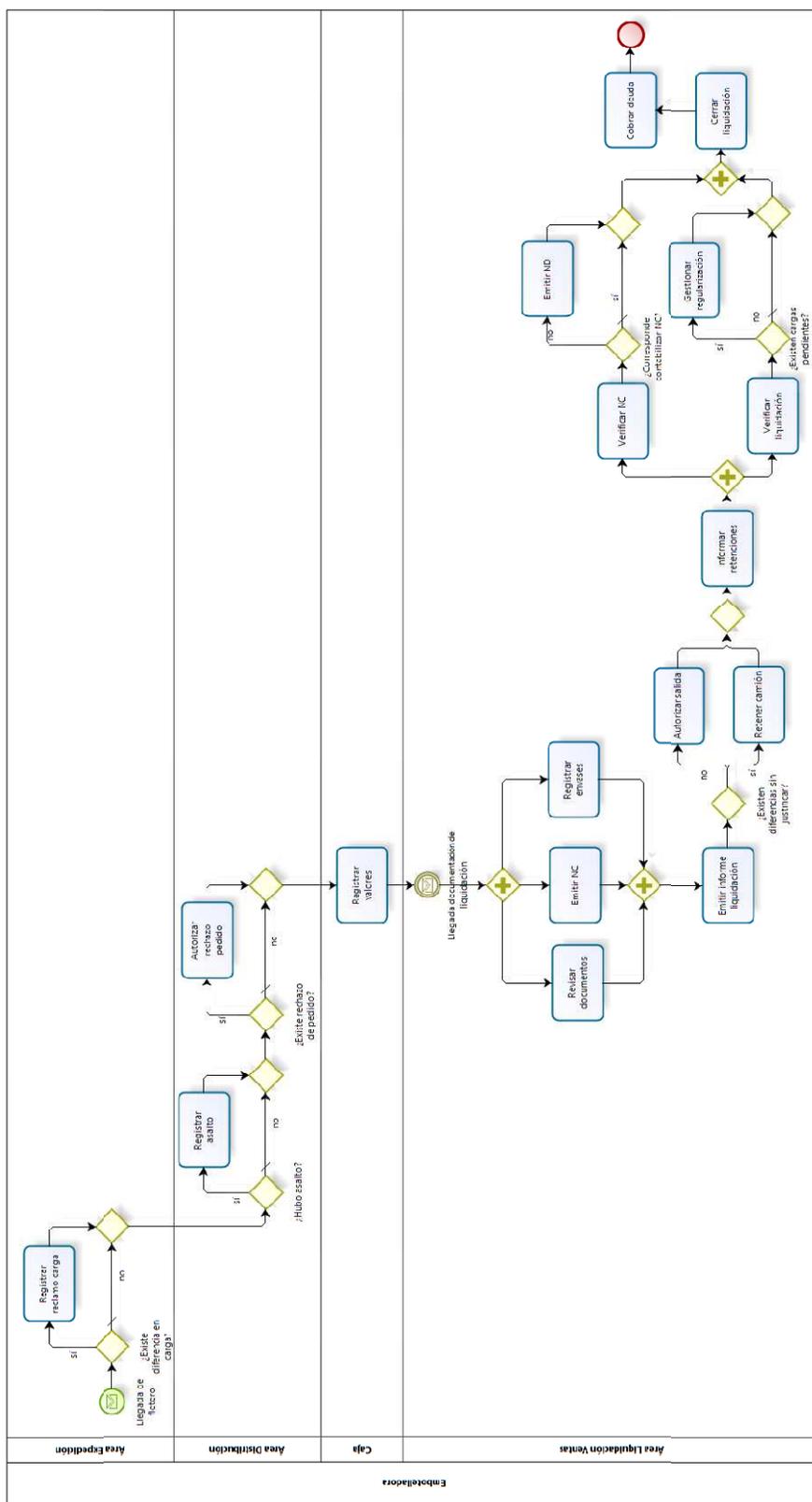


Figura E-2: Modelo As Is ideal de Liquidación



Figura E-3: Estadísticas globales Disco As Is

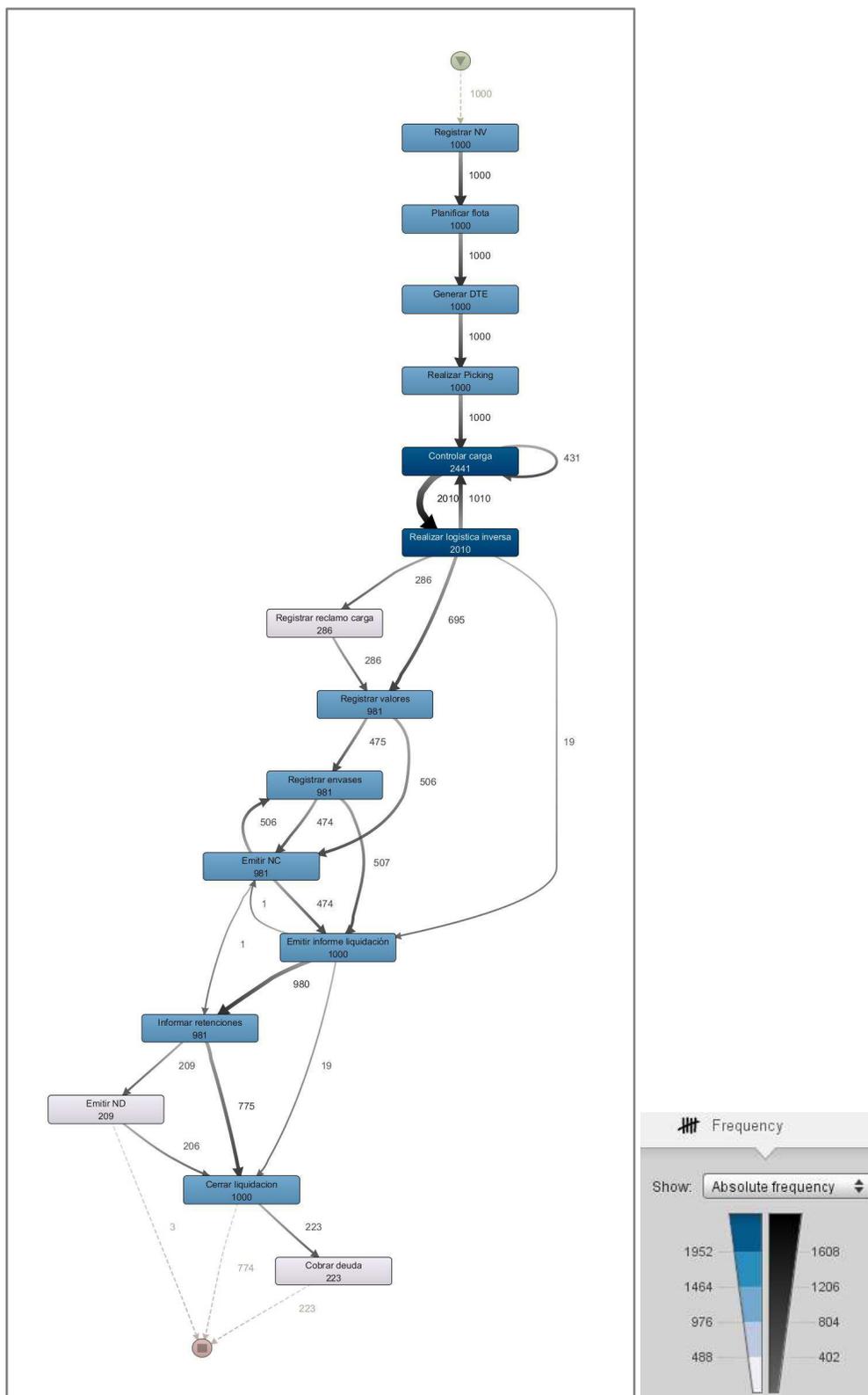


Figura E-4: Frecuencia absoluta Disco As Is

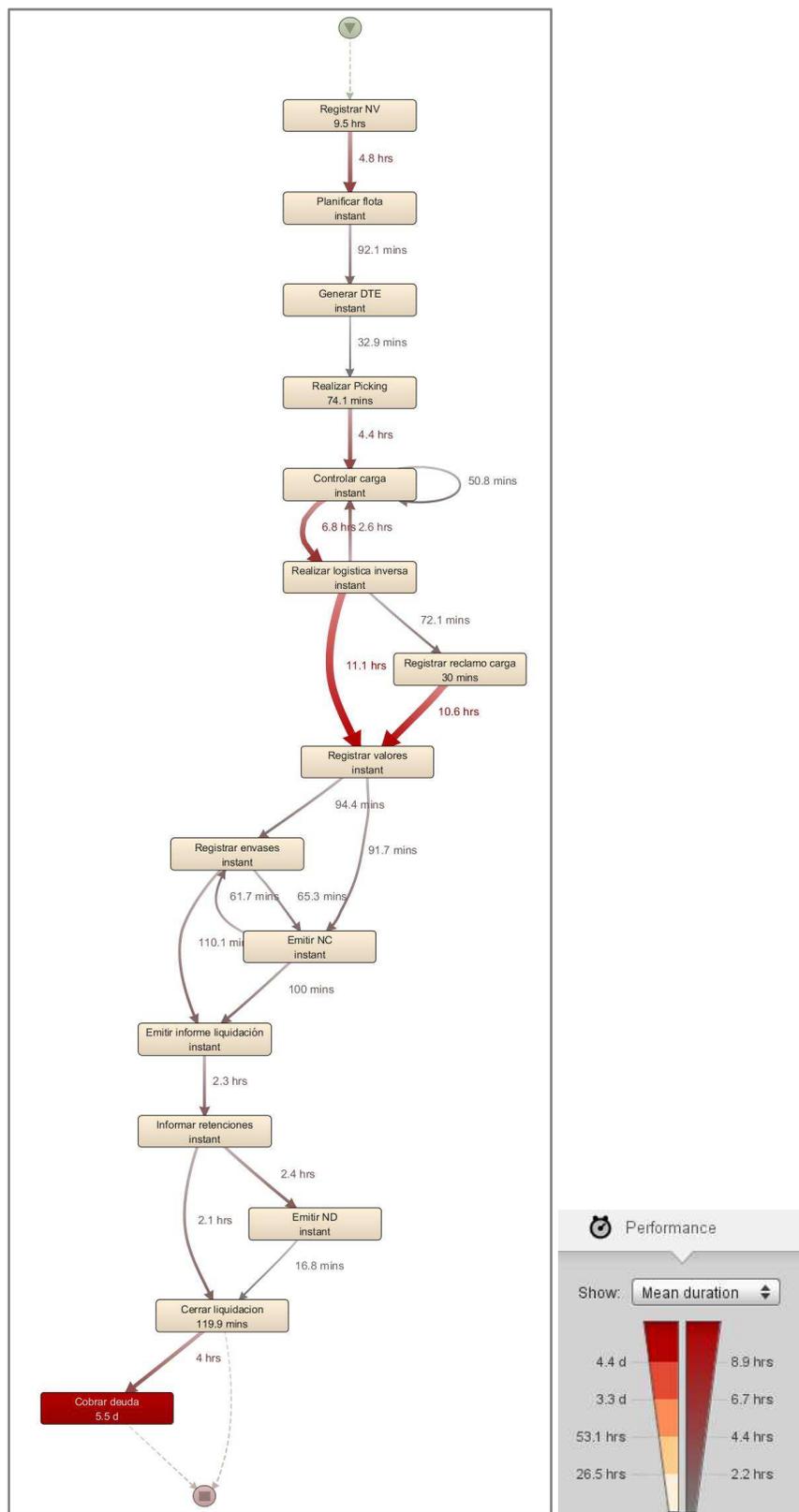


Figura E-5: Modelo de performance, mean duration, filtrado Disco As Is

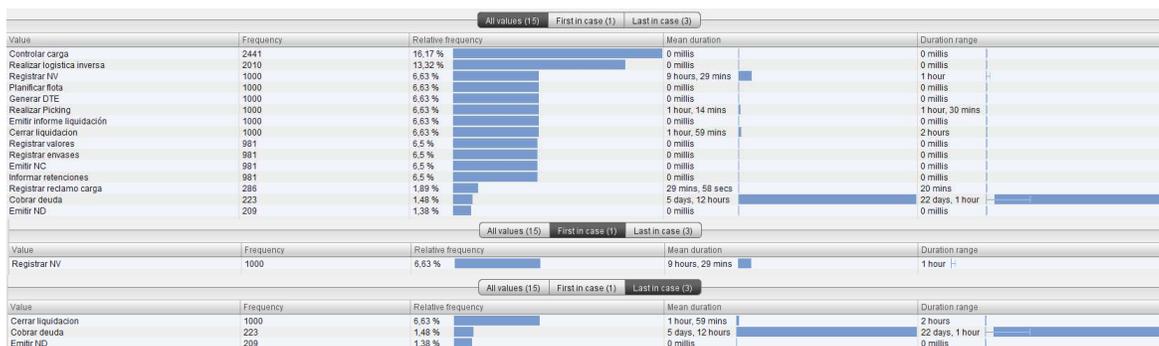


Figura E-6: Análisis de actividades Disco As Is

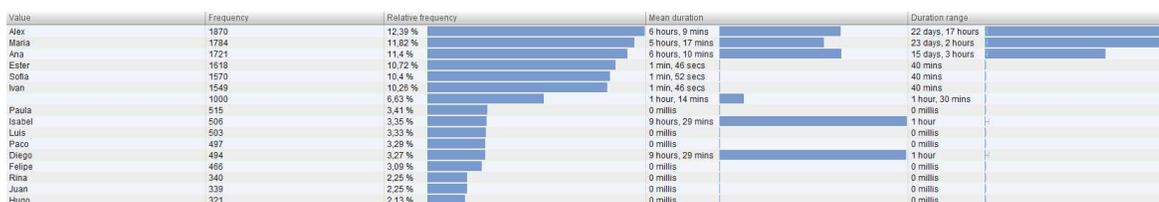


Figura E-7: Frecuencia de recursos Disco As Is

	Activity	Resource	Date	Time	Duration
1	Registrar NV	Isabel	16.04.2013	09:13:00	9 hours, 56 mins
2	Planificar flota	Luis	16.04.2013	23:20:00	0 millis
3	Generar DTE	Rina	17.04.2013	00:42:00	0 millis
4	Realizar Picking		17.04.2013	01:14:00	50 mins
5	Controlar carga	Sofía	17.04.2013	06:13:00	0 millis
6	Realizar logistica inversa	Ivan	17.04.2013	10:58:00	0 millis
7	Controlar carga	Ivan	17.04.2013	13:37:00	0 millis
8	Realizar logistica inversa	Sofía	17.04.2013	20:32:00	0 millis
9	Registrar valores	Felipe	17.04.2013	22:17:00	0 millis
10	Emitir NC	Ana	18.04.2013	00:33:00	0 millis
11	Registrar envases	Alex	18.04.2013	00:37:00	0 millis
12	Emitir informe liquidación	María	18.04.2013	01:08:00	0 millis
13	Informar retenciones	Ana	18.04.2013	03:30:00	0 millis
14	Cerrar liquidación	Alex	18.04.2013	04:39:00	1 hour, 12 mins

Figura E-8: Variante con más ocurrencias Disco As Is

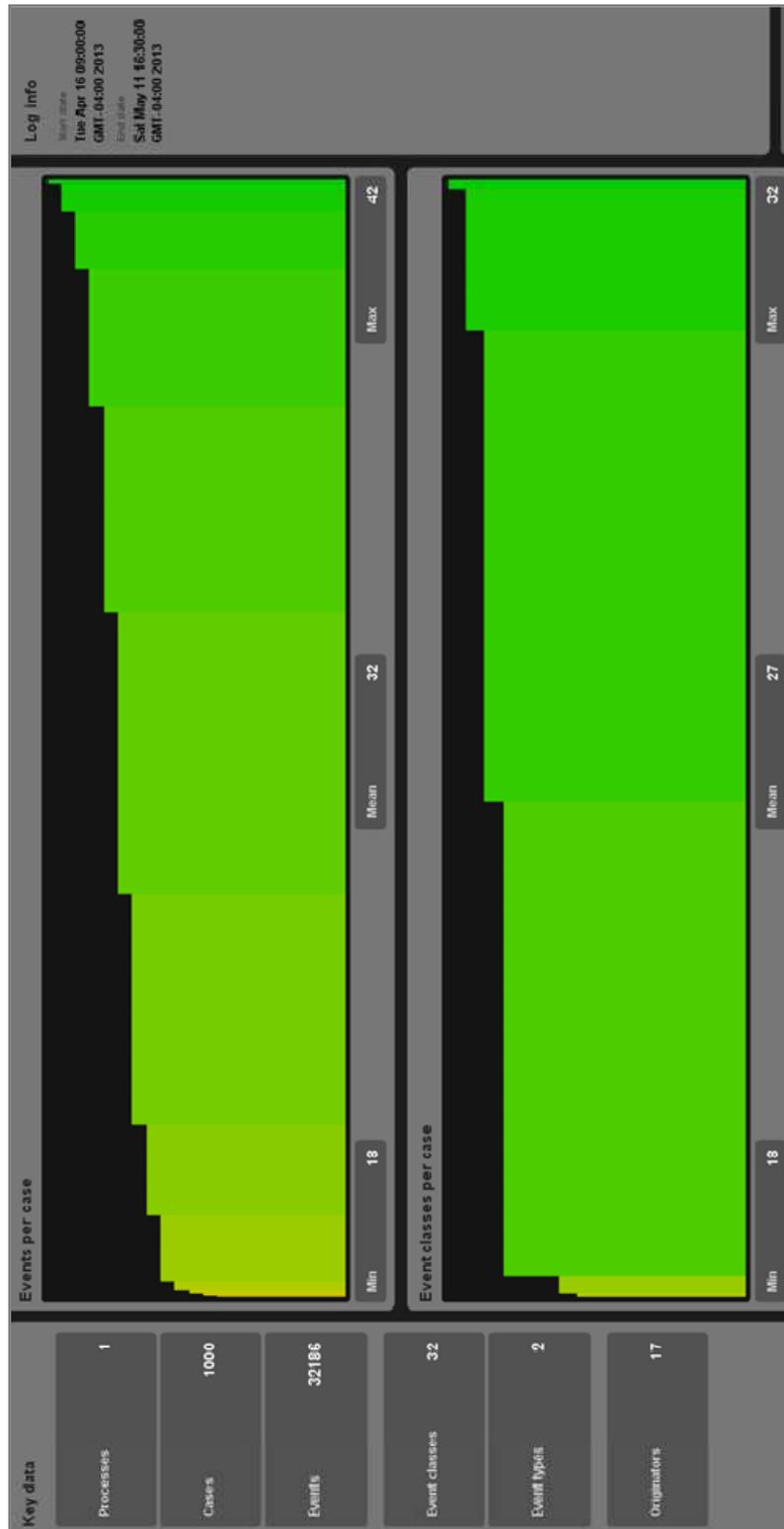


Figura E-9: Dashboard Prom As Is

Class	Occurrences (absolute)	Occurrences (relative)
Controlar carga+complete	2441	7,584%
Controlar carga+start	2441	7,584%
Realizar logistica inversa+complete	2010	6,245%
Realizar logistica inversa+start	2010	6,245%
Realizar Picking+complete	1000	3,107%
Planificar flota+start	1000	3,107%
Realizar Picking+start	1000	3,107%
Emitir informe liquidación+start	1000	3,107%
End+start	1000	3,107%
Generar DTE+complete	1000	3,107%
Cerrar liquidacion+complete	1000	3,107%
Generar DTE+start	1000	3,107%
Planificar flota+complete	1000	3,107%
Cerrar liquidacion+start	1000	3,107%
Registrar NV+start	1000	3,107%
Emitir informe liquidación+complete	1000	3,107%
End+complete	1000	3,107%
Registrar NV+complete	1000	3,107%
Informar retenciones+complete	961	3,048%
Registrar envases+complete	961	3,048%
Emitir NC+start	961	3,048%
Emitir NC+complete	961	3,048%
Registrar valores+complete	961	3,048%
Registrar envases+start	961	3,048%
Registrar valores+start	961	3,048%
Informar retenciones+start	961	3,048%
Registrar reclamo carga+complete	286	0,889%
Registrar reclamo carga+start	286	0,889%
Cobrar deuda+start	223	0,693%
Cobrar deuda+complete	223	0,693%
Emitir ND+complete	209	0,649%
Emitir ND+start	209	0,649%
Start events		
Total number of classes: 1		
Class	Occurrences (absolute)	Occurrences (relative)
Registrar NV+start	1000	100,0%
End events		
Total number of classes: 2		
Class	Occurrences (absolute)	Occurrences (relative)
End+complete	997	99,7%
Cerrar liquidacion+complete	3	0,3%

Figura E-10: Ocurrencia de clases ProM As Is

Event classes defined by Resource		
All events		
Total number of classes: 17		
Class	Occurrences (absolute)	Occurrences (relative)
Alex	3740	11,82%
Maria	3558	11,088%
Ana	3442	10,894%
Ester	3238	10,054%
Sofia	3140	9,758%
Ivan	3098	9,625%
End	2000	6,214%
__INVALID__	2000	6,214%
Paula	1030	3,2%
Isabel	1012	3,144%
Luis	1008	3,128%
Paco	994	3,088%
Diego	988	3,07%
Felipe	932	2,898%
Rina	880	2,713%
Juan	878	2,707%
Hugo	842	2,595%
Start events		
Total number of classes: 2		
Class	Occurrences (absolute)	Occurrences (relative)
Isabel	508	50,8%
Diego	484	48,4%
End events		
Total number of classes: 3		
Class	Occurrences (absolute)	Occurrences (relative)
End	997	99,7%
Ana	2	0,2%
Alex	1	0,1%

Figura E-11: Ocurrencia de recursos ProM As Is

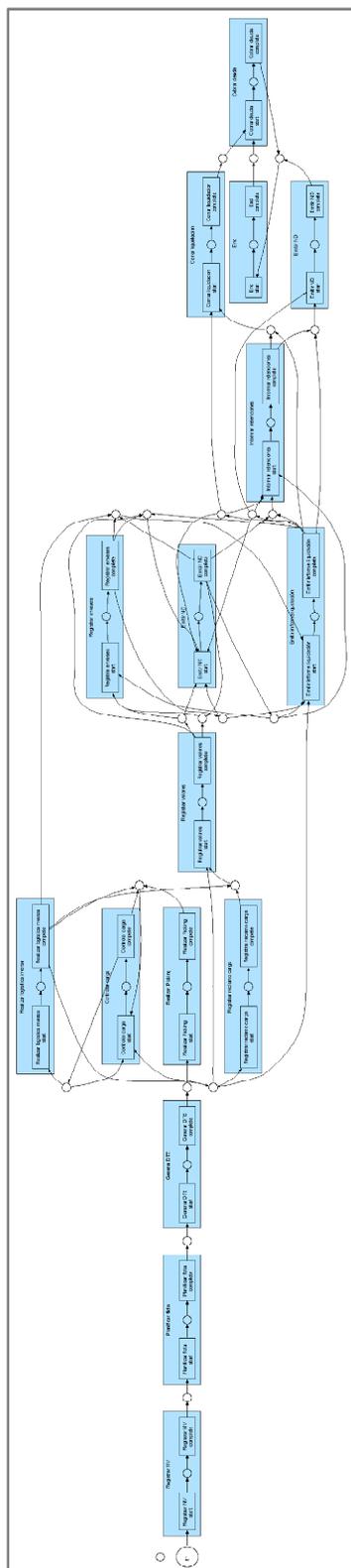


Figura E-12: Descubrimiento con Alpha Miner ProM 5.2 As Is

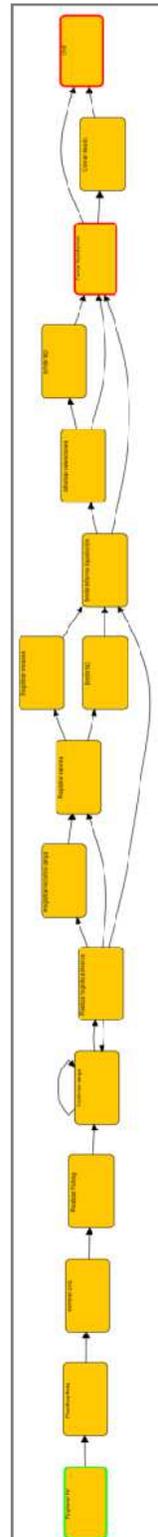


Figura E-15: Causal Net usando Heuristics Miner ProM 6.2 As Is

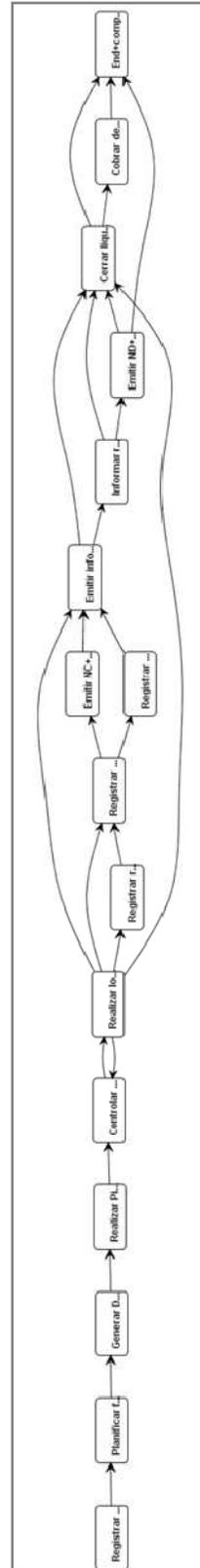


Figura E-16: Heuristics Net usando Genetic Miner ProM 6.2 As Is

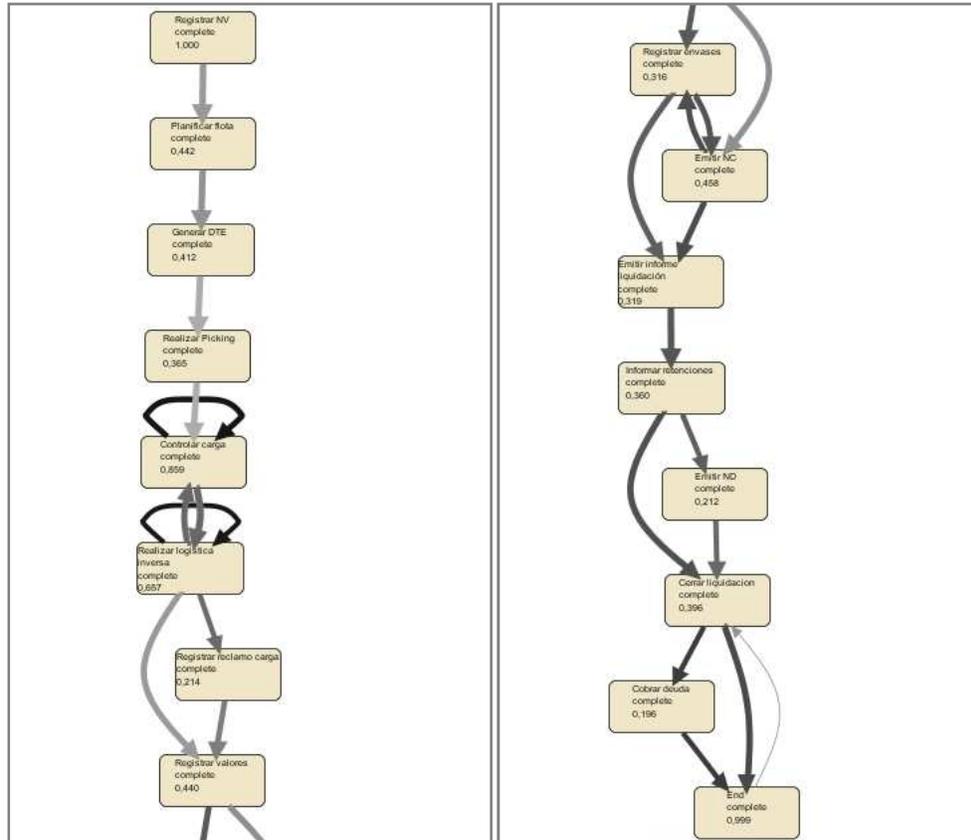


Figura E-17: Fuzzy Miner PromM 6.2 As Is

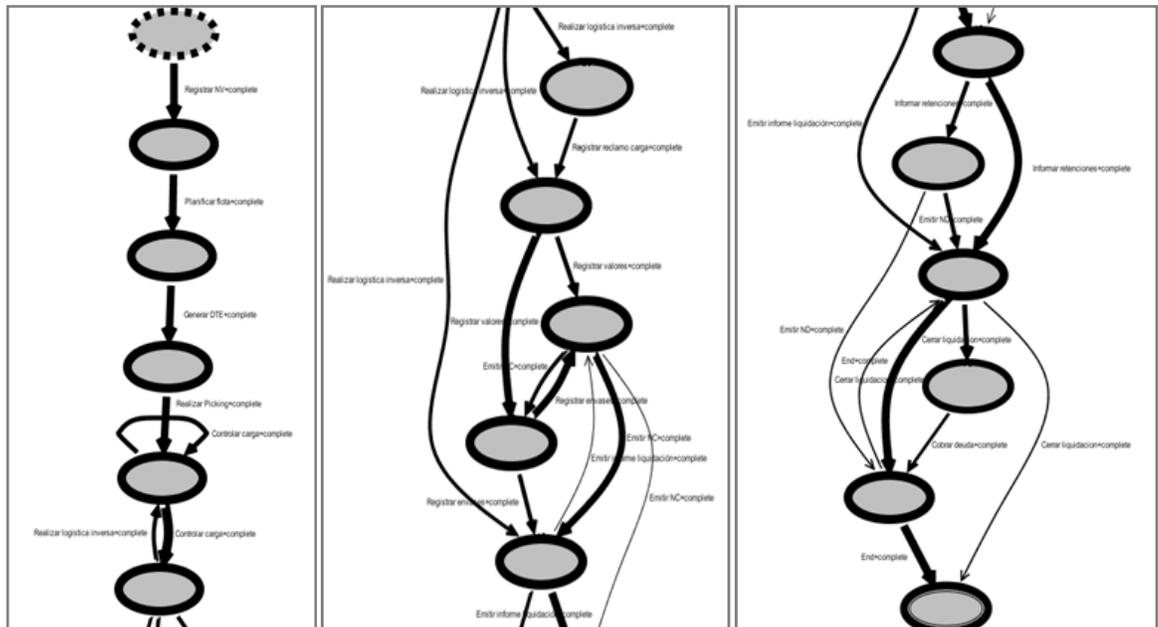


Figura E-18: Transition System PromM 6.2 As Is

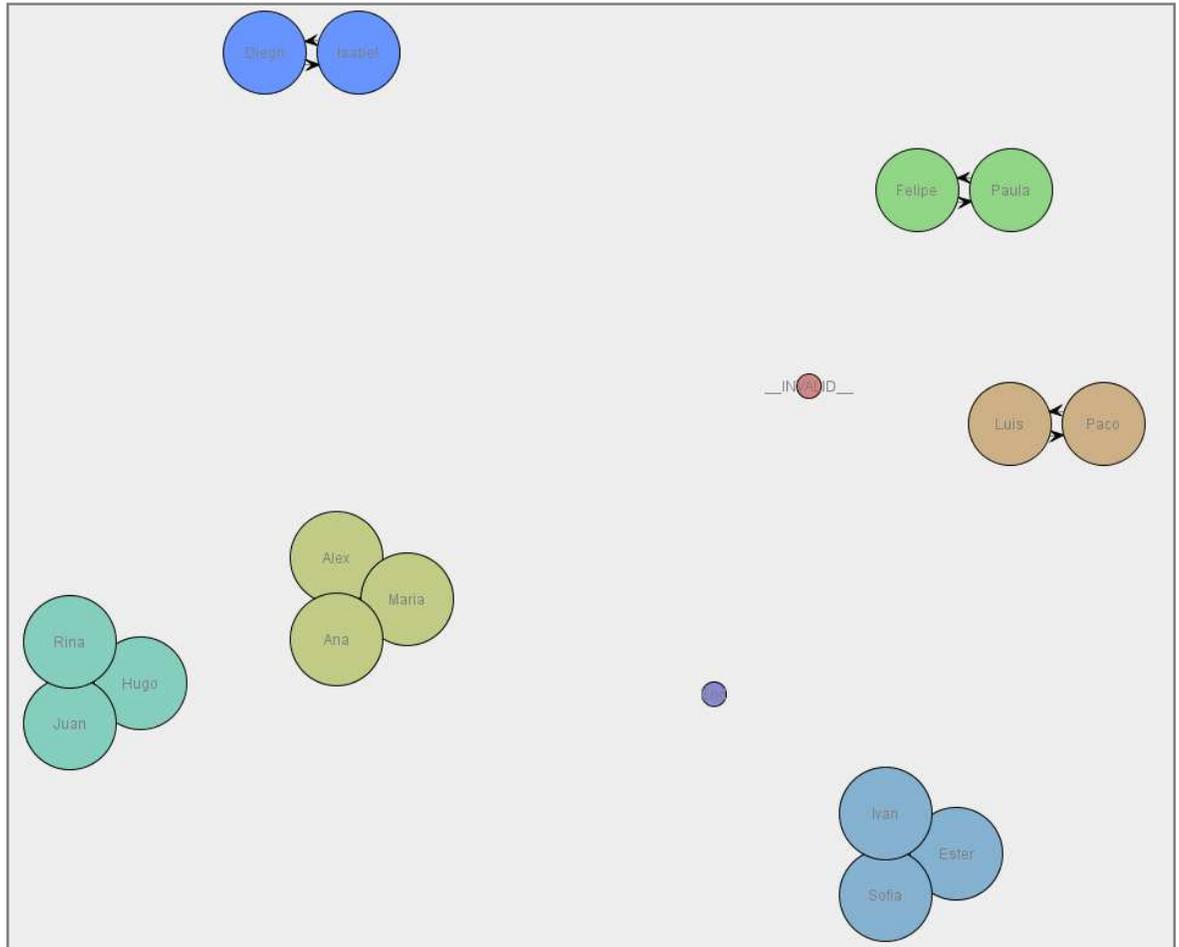


Figura E-20: Similar Task ProM 6.2 As Is

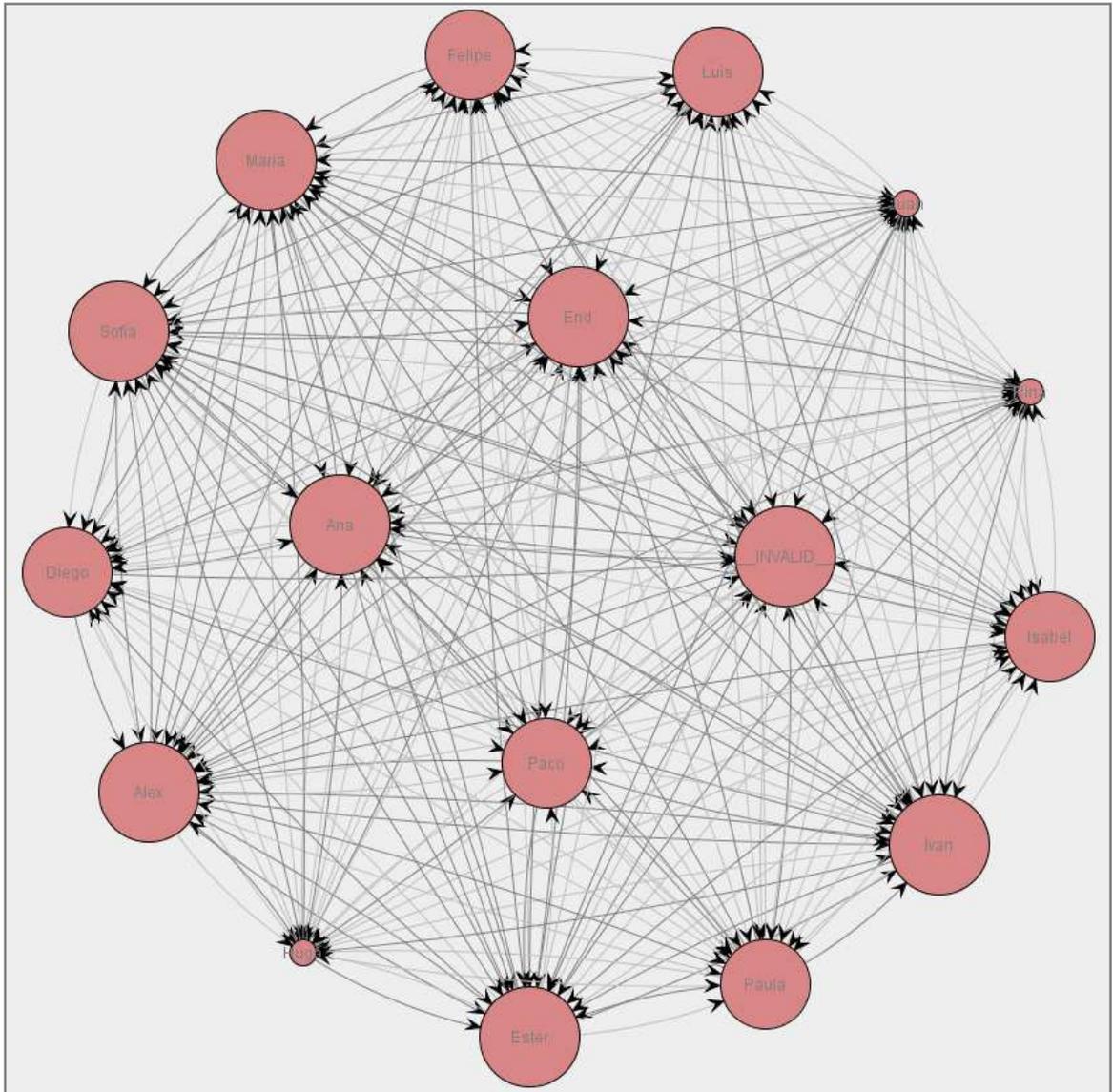


Figura E-22: Working Together ProM 6.2 As Is

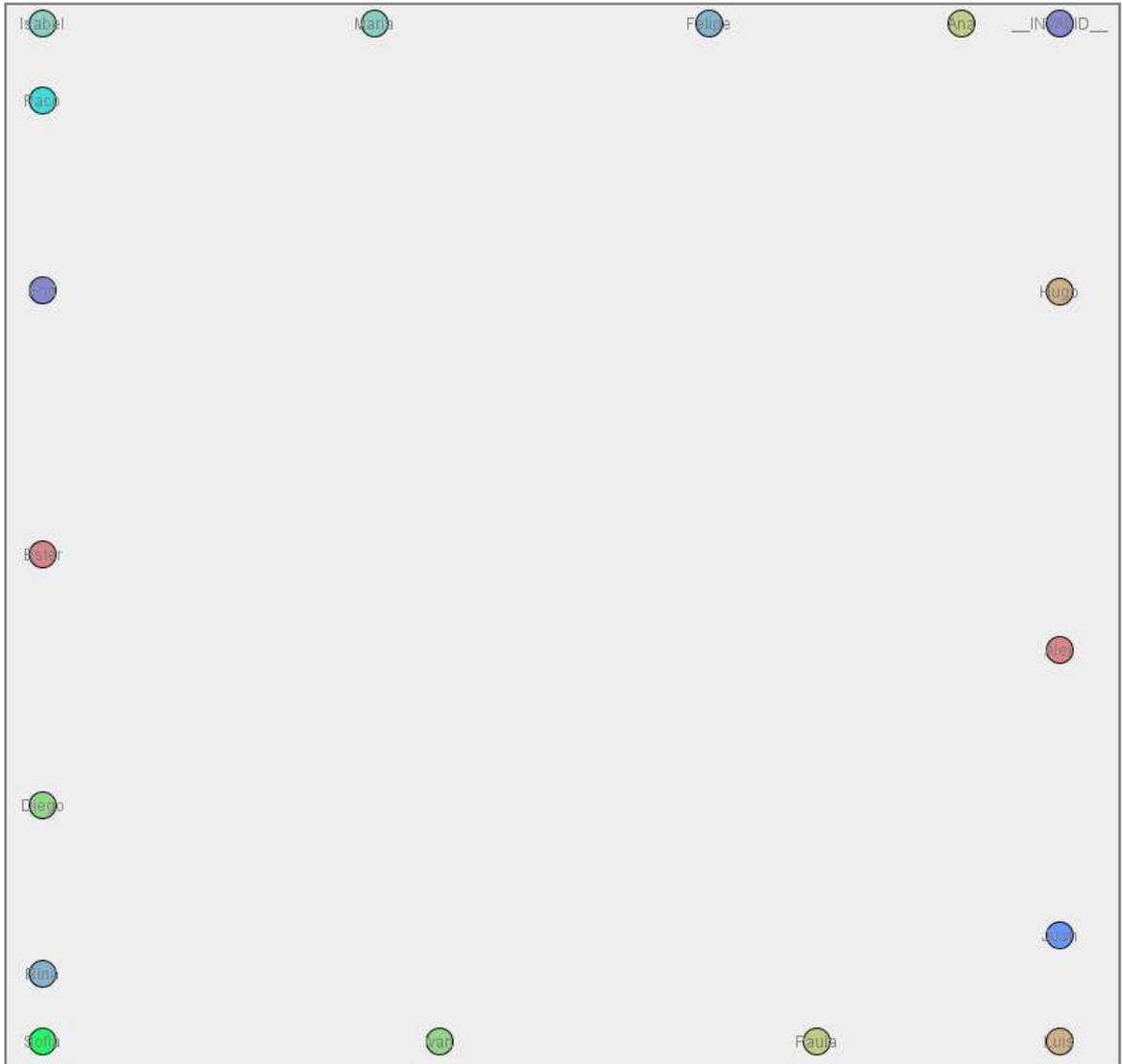


Figura E-23: Reassignment ProM 6.2 As Is

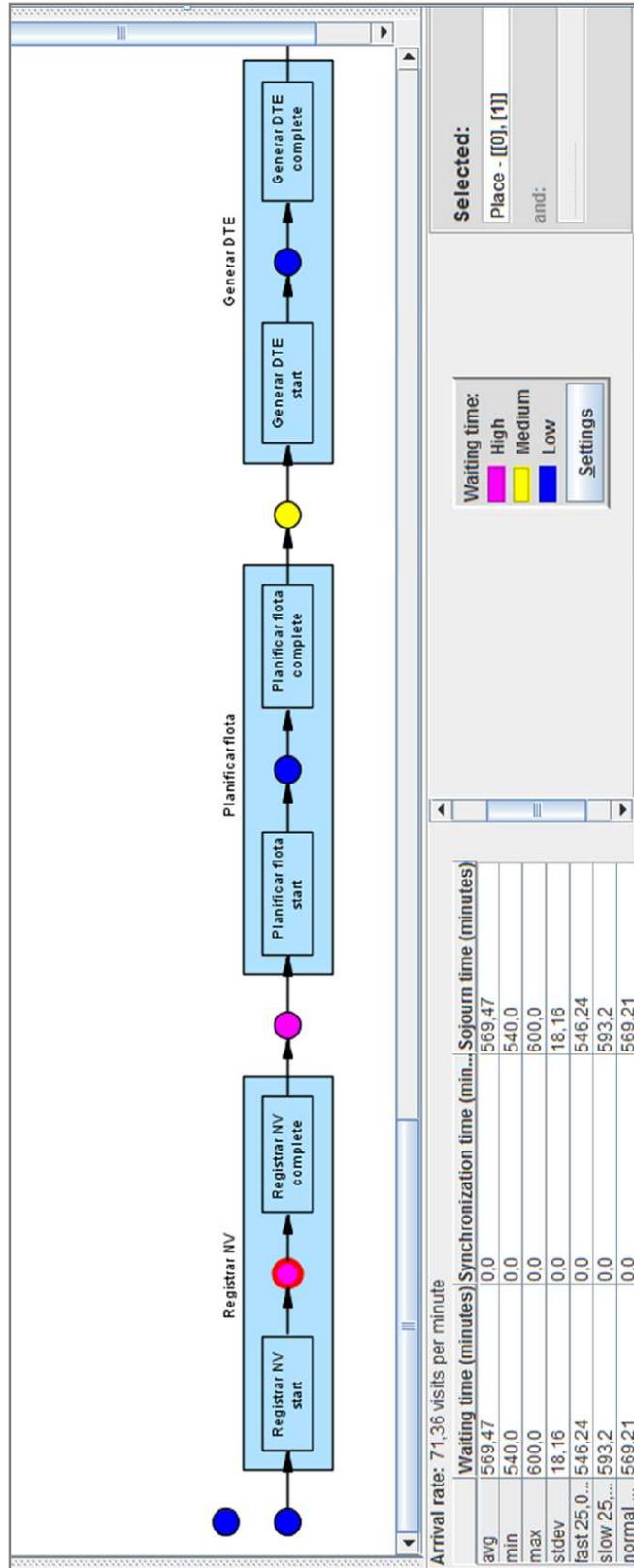


Figura E-24: Estado de Registrar NV Prom 5.2 As Is

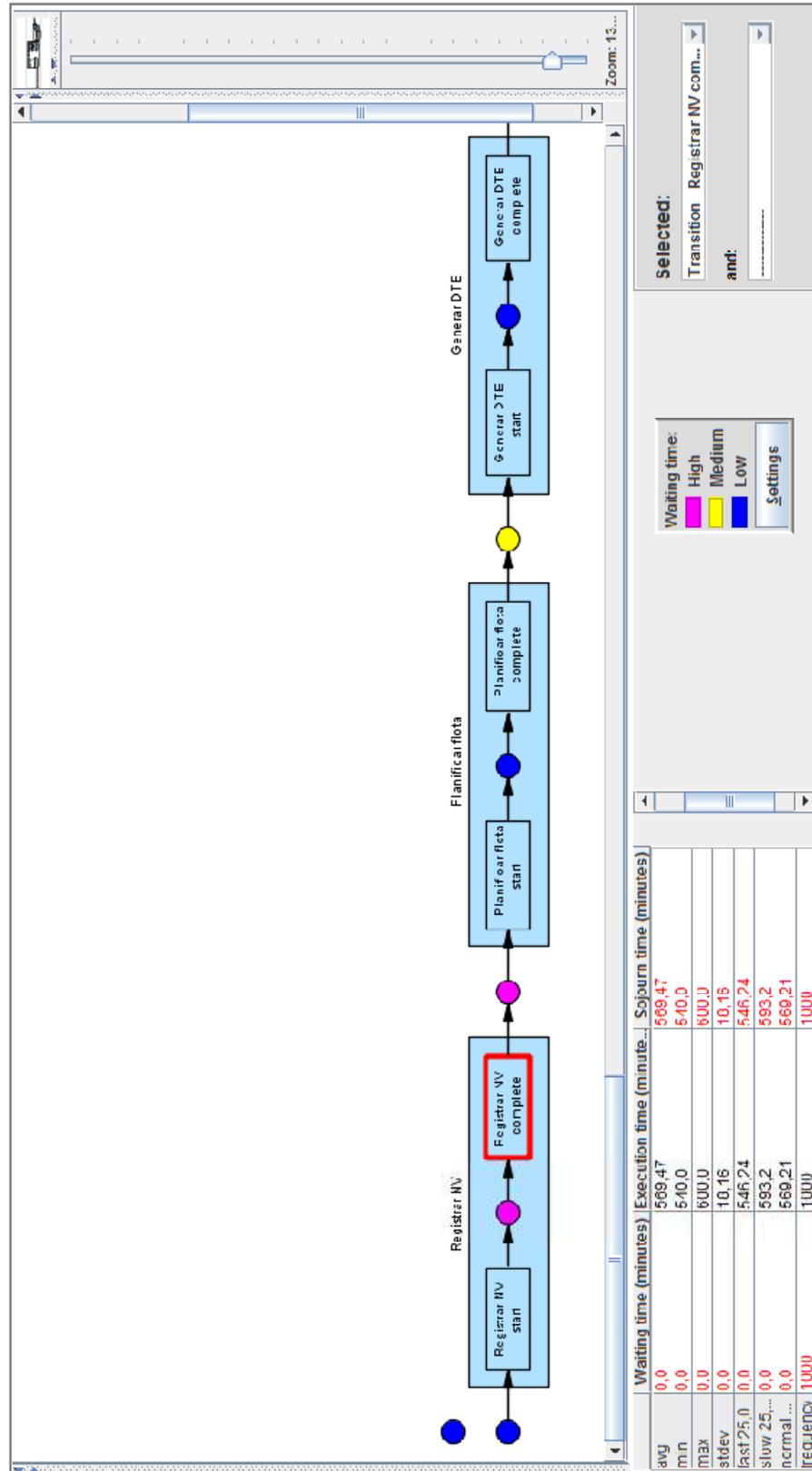


Figura E-25: Registrar NV complete Prom 5.2 As Is

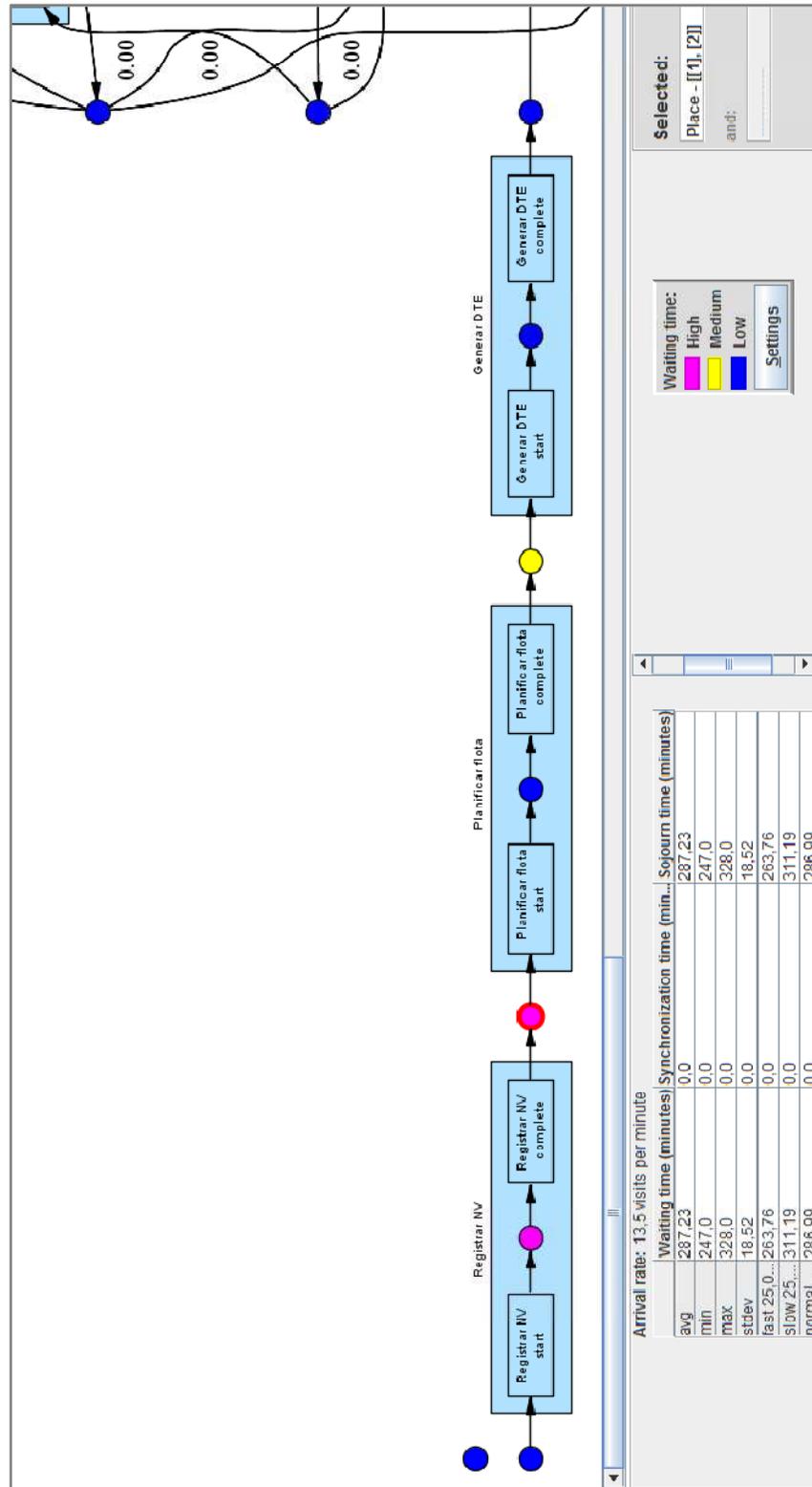


Figura E-26: Estado entre Registrar NV y Planificar flota ProM 5.2 As Is

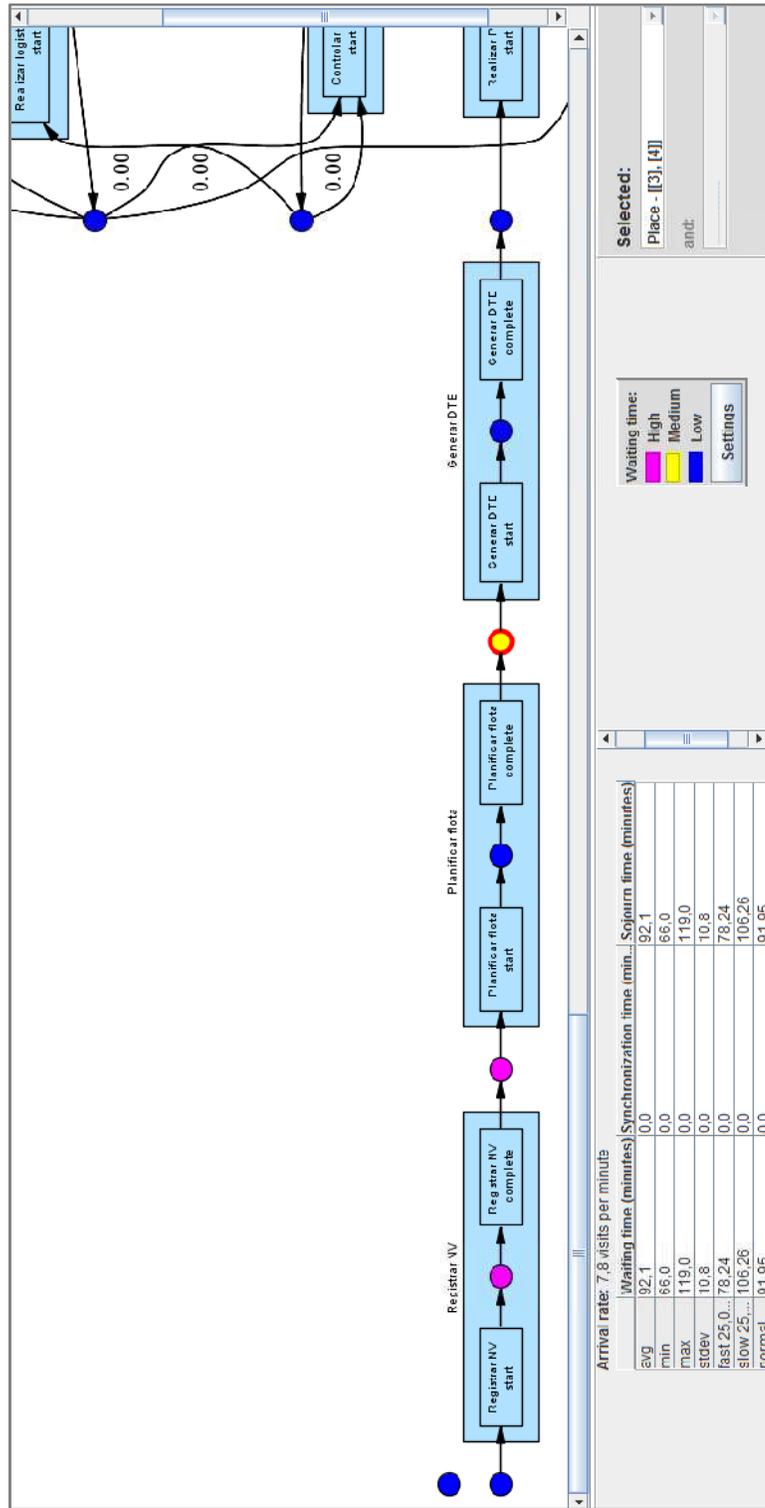


Figura E-27: Estado entre Planificar flota y Generar DTE ProM 5.2 As Is

ANEXO F: MODELOS TO BE

En este Anexo se muestran los distintos modelos To Be obtenidos mediante MP.

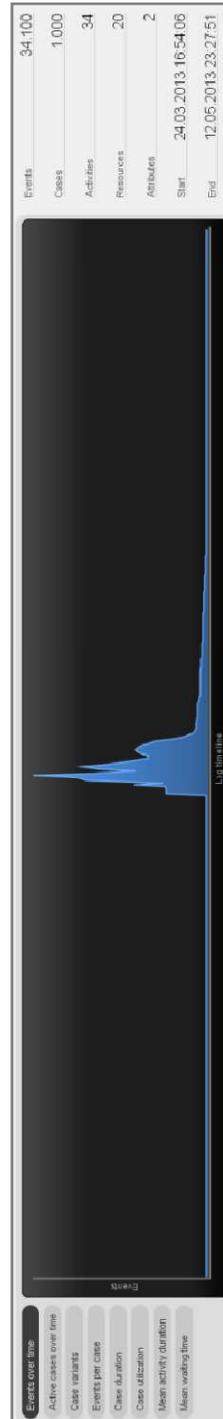


Figura F-1: Estadísticas globales Disco To Be

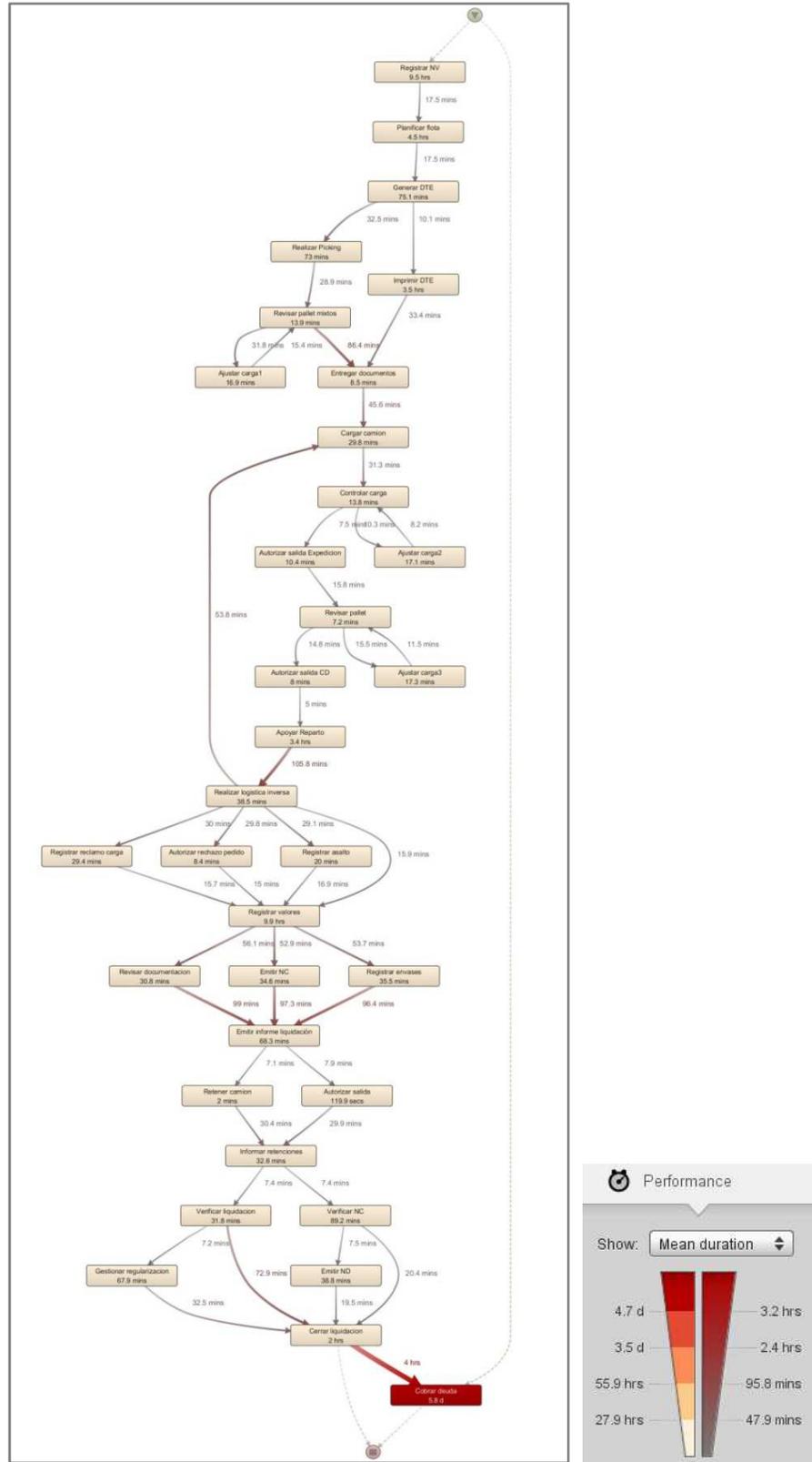


Figura F-3: Modelo de *performance*, mean duration, filtrado Disco To Be

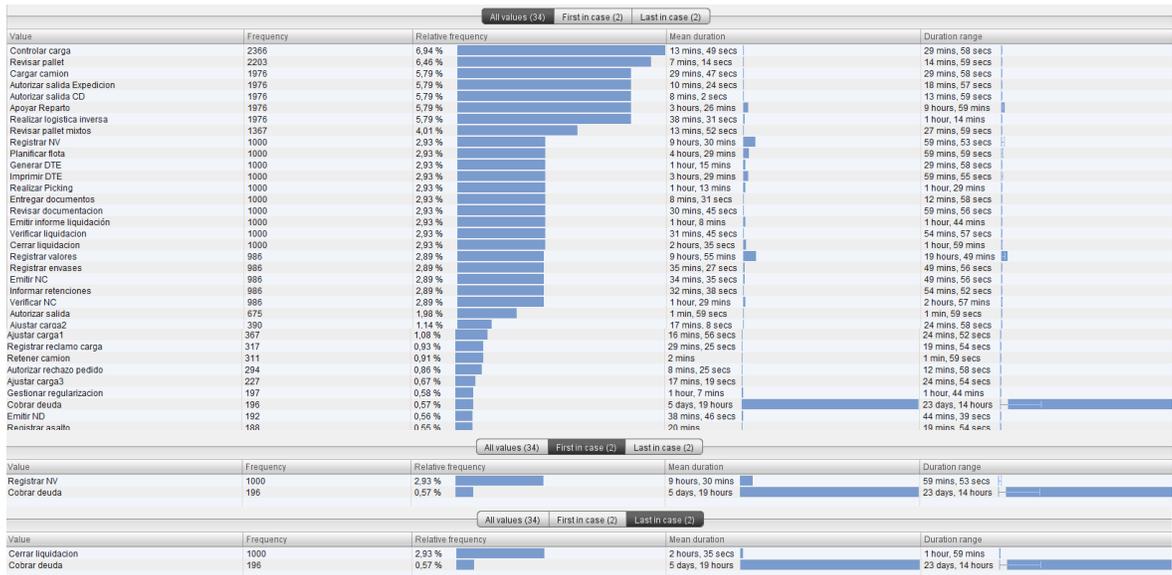


Figura F-4: Análisis de actividades Disco To Be

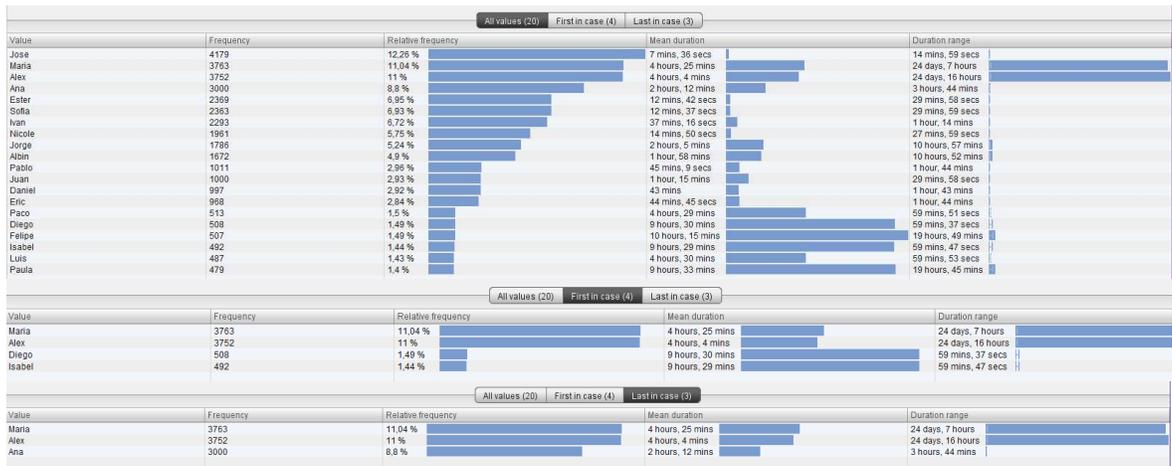


Figura F-5: Frecuencia de recursos Disco To Be

	Activity	Resource	Date	Time	Duration
1	Registrar NV	Isabel	16.04.2013	09:10:39	9 hours, 19 mins
2	Planificar flota	Luis	16.04.2013	18:49:53	4 hours, 52 mins
3	Generar DTE	Juan	16.04.2013	23:57:13	1 hour, 12 mins
4	Imprimir DTE	Ana	17.04.2013	01:22:52	3 hours, 38 mins
5	Realizar Picking	Daniel	17.04.2013	01:56:11	1 hour, 27 mins
6	Revisar pallet mixtos	Nicole	17.04.2013	04:16:24	15 mins, 2 secs
7	Entregar documentos	Albin	17.04.2013	05:33:40	6 mins, 23 secs
8	Cargar camion	Eric	17.04.2013	06:42:04	39 mins, 44 secs
9	Controlar carga	Ester	17.04.2013	08:05:07	19 mins, 39 secs
10	Ajustar carga2	Ester	17.04.2013	08:48:28	10 mins, 39 secs
11	Controlar carga	Ester	17.04.2013	09:10:05	6 mins, 18 secs
12	Autorizar salida Expedicion	Ester	17.04.2013	09:22:32	11 mins, 20 secs
13	Revisar pallet	Jose	17.04.2013	09:36:44	10 mins, 10 secs
14	Ajustar carga3	Nicole	17.04.2013	09:58:15	8 mins, 34 secs
15	Revisar pallet	Jose	17.04.2013	10:24:51	4 mins, 49 secs
16	Autorizar salida CD	Jose	17.04.2013	10:45:30	3 mins, 9 secs
17	Apoyar Reparto	Albin	17.04.2013	10:52:13	4 hours, 53 mins
18	Realizar logistica inversa	Ivan	17.04.2013	16:36:01	42 mins, 58 secs
19	Cargar camion	Daniel	17.04.2013	18:53:03	16 mins, 5 secs
20	Controlar carga	Sofia	17.04.2013	19:32:37	24 mins, 28 secs
21	Autorizar salida Expedicion	Sofia	17.04.2013	20:00:54	6 mins, 53 secs
22	Revisar pallet	Jose	17.04.2013	20:18:10	3 mins, 34 secs
23	Autorizar salida CD	Jose	17.04.2013	20:35:25	4 mins, 57 secs
24	Apoyar Reparto	Albin	17.04.2013	20:47:13	2 hours, 58 mins
25	Realizar logistica inversa	Ivan	18.04.2013	00:31:02	48 mins, 44 secs
26	Registrar valores	Paula	18.04.2013	01:33:55	14 hours, 36 mins
27	Registrar envases	Maria	18.04.2013	17:10:56	48 mins, 2 secs
28	Emitir NC	Maria	18.04.2013	17:11:27	59 mins, 56 secs
29	Revisar documentacion	Alex	18.04.2013	17:50:10	19 mins, 16 secs
30	Emitir informe liquidación	Ana	18.04.2013	21:06:28	1 hour, 52 mins
31	Autorizar salida	Alex	18.04.2013	23:00:17	2 mins, 48 secs
32	Informar retenciones	Alex	18.04.2013	23:50:08	14 mins, 38 secs
33	Verificar NC	Alex	19.04.2013	00:12:58	2 hours, 46 mins
34	Verificar liquidacion	Maria	19.04.2013	00:18:03	27 mins, 45 secs
35	Cerrar liquidacion	Ana	19.04.2013	03:10:35	1 hour, 54 mins

Figura F-6: Variante con más ocurrencias Disco To Be

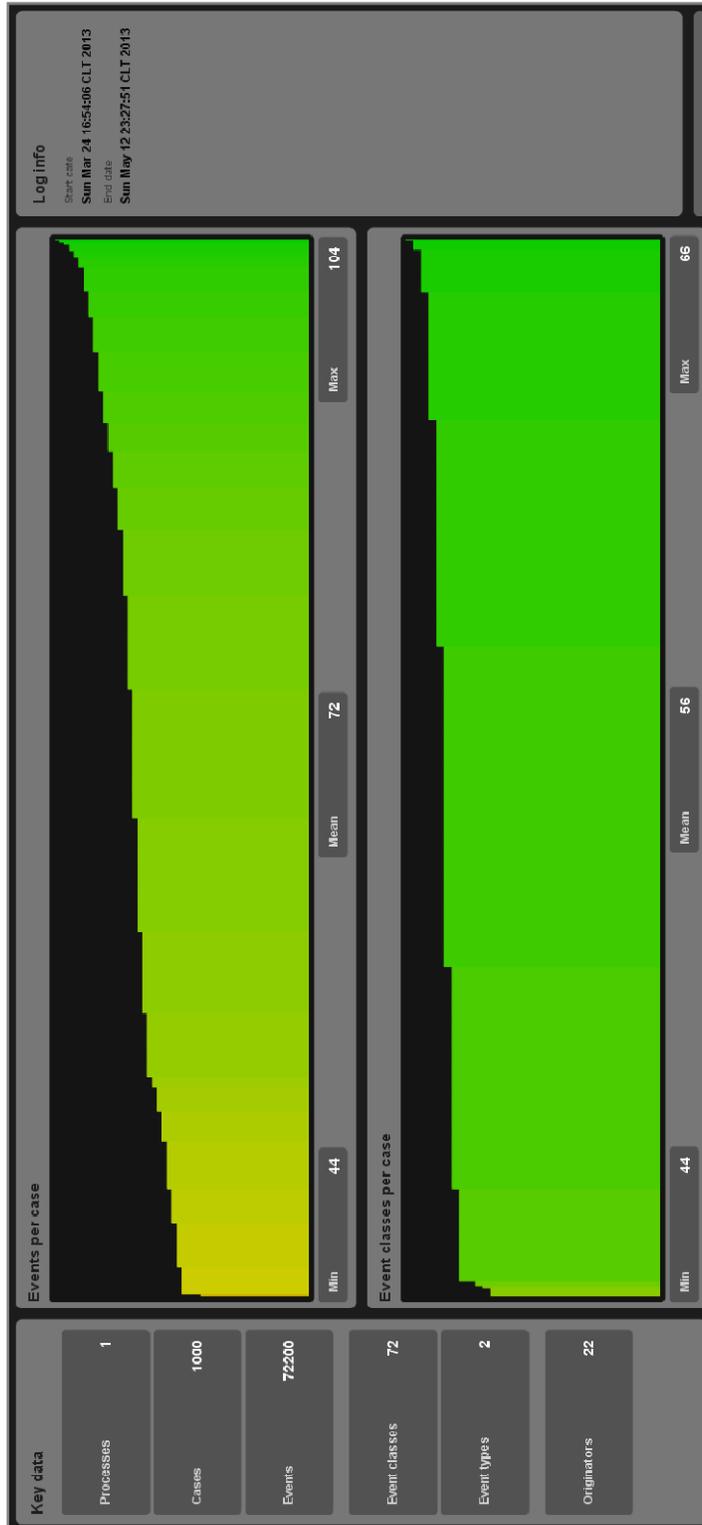


Figura F-7: Dashboard ProM To Be

Tabla F-1: Ocurrencia de clases ProM To Be

Class	Occurrences (absolute)	Occurrences (relative)
Controlar carga+start	2366	3,277%
Controlar carga+complete	2366	3,277%
Revisar pallet+start	2203	3,051%
Revisar pallet+complete	2203	3,051%
Apoyar Reparto+complete	1976	2,737%
Cargar camion+complete	1976	2,737%
Autorizar salida CD+complete	1976	2,737%
Autorizar salida Expedicion+complete	1976	2,737%
Autorizar salida Expedicion+start	1976	2,737%
Realizar logistica inversa+start	1976	2,737%
Autorizar salida CD+start	1976	2,737%
Apoyar Reparto+start	1976	2,737%
Cargar camion+start	1976	2,737%
Realizar logistica inversa+complete	1976	2,737%
Revisar pallet mixtos+start	1367	1,893%
Revisar pallet mixtos+complete	1367	1,893%
Realizar Picking+complete	1000	1,385%
Emitir informe liquidación+start	1000	1,385%
Imprimir DTE+start	1000	1,385%
Verificar liquidacion+start	1000	1,385%
End+start	1000	1,385%
Generar DTE+complete	1000	1,385%
Verificar liquidacion+complete	1000	1,385%
Start+complete	1000	1,385%
Planificar flota+complete	1000	1,385%
Registrar NV+start	1000	1,385%
End+complete	1000	1,385%
Revisar documentacion+complete	1000	1,385%
Imprimir DTE+complete	1000	1,385%
Registrar NV+complete	1000	1,385%
Planificar flota+start	1000	1,385%
Realizar Picking+start	1000	1,385%
Start+start	1000	1,385%
Cerrar liquidacion+complete	1000	1,385%
Generar DTE+start	1000	1,385%
Cerrar liquidacion+start	1000	1,385%

Class	Occurrences (absolute)	Occurrences (relative)
Emitir informe liquidación+complete	1000	1,385%
Revisar documentacion+start	1000	1,385%
Entregar documentos+complete	1000	1,385%
Entregar documentos+start	1000	1,385%
Verificar NC+complete	986	1,366%
Informar retenciones+complete	986	1,366%
Registrar envases+complete	986	1,366%
Emitir NC+start	986	1,366%
Emitir NC+complete	986	1,366%
Registrar valores+complete	986	1,366%
Registrar valores+start	986	1,366%
Informar retenciones+start	986	1,366%
Registrar envases+start	986	1,366%
Verificar NC+start	986	1,366%
Autorizar salida+complete	675	0,935%
Autorizar salida+start	675	0,935%
Ajustar carga2+complete	390	0,54%
Ajustar carga2+start	390	0,54%
Ajustar carga1+complete	367	0,508%
Ajustar carga1+start	367	0,508%
Registrar reclamo carga+complete	317	0,439%
Registrar reclamo carga+start	317	0,439%
Retener camion+start	311	0,431%
Retener camion+complete	311	0,431%
Autorizar rechazo pedido+complete	294	0,407%
Autorizar rechazo pedido+start	294	0,407%
Ajustar carga3+complete	227	0,314%
Ajustar carga3+start	227	0,314%
Gestionar regularizacion+start	197	0,273%
Gestionar regularizacion+complete	197	0,273%
Cobrar deuda+complete	196	0,271%
Cobrar deuda+start	196	0,271%
Emitir ND+start	192	0,266%
Emitir ND+complete	192	0,266%
Registrar asalto+complete	188	0,26%
Registrar asalto+start	188	0,26%

Start events		
Total number of classes: 1		
Class	Occurrences (absolute)	Occurrences (relative)
Start+start	1000	100,0%
End events		
Total number of classes: 2		
Class	Occurrences (absolute)	Occurrences (relative)
End+complete	998	99,8%
Cobrar deuda+complete	2	0,2%

Figura F-8: Ocurrencia de eventos de inicio y fin ProM To Be

Total number of classes: 22		
Class	Occurrences (absolute)	Occurrences (relative)
Jose	8358	11,576%
Maria	7526	10,424%
Alex	7504	10,393%
Ana	6000	8,31%
Ester	4738	6,562%
Sofia	4726	6,546%
Ivan	4586	6,352%
Nicole	3922	5,432%
Jorge	3572	4,947%
Albin	3344	4,632%
Pablo	2022	2,801%
End	2000	2,77%
Start	2000	2,77%
Juan	2000	2,77%
Daniel	1994	2,762%
Eric	1936	2,681%
Paco	1026	1,421%
Diego	1016	1,407%
Felipe	1014	1,404%
Isabel	984	1,363%
Luis	974	1,349%
Paula	958	1,327%
Start events		
Total number of classes: 1		
Class	Occurrences (absolute)	Occurrences (relative)
Start	1000	100,0%
End events		
Total number of classes: 3		
Class	Occurrences (absolute)	Occurrences (relative)
End	998	99,8%
Maria	1	0,1%
Alex	1	0,1%

Figura F-9: Ocurrencia de recursos ProM To Be

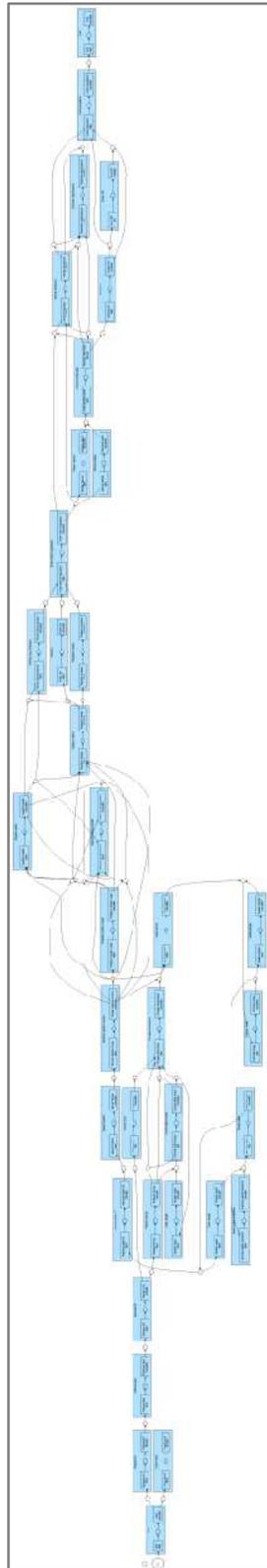


Figura F-10: Descubrimiento con Alpha Miner ProM 5.2 To Be

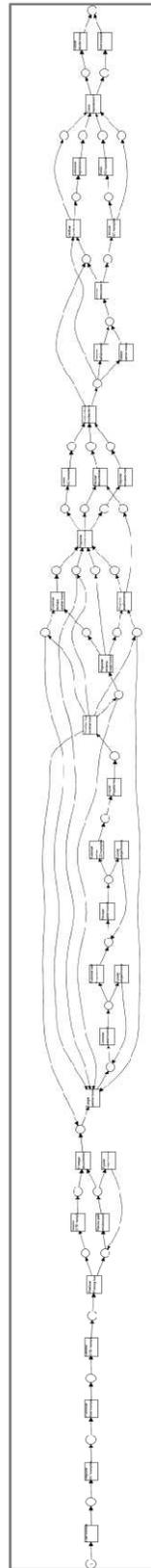


Figura F-11: Red de Petri filtrada ProM 6.2 To Be

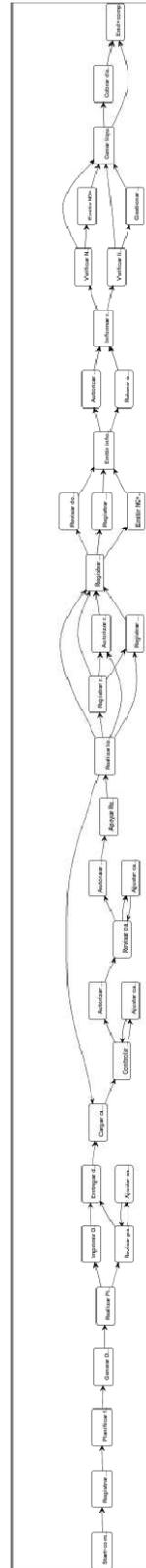


Figura F-12: Heuristics Net usando Heuristics Miner ProM 6.2 To Be

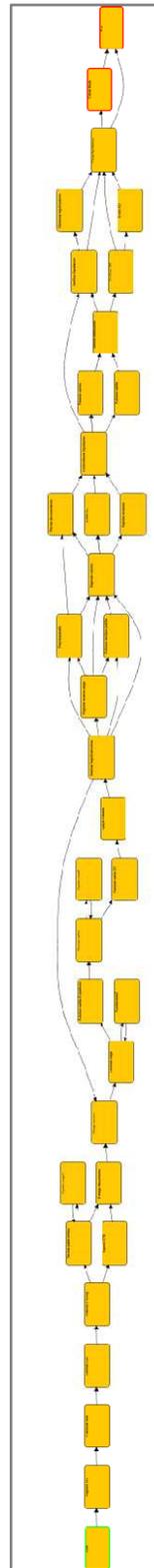


Figura F-13: Causal Net usando Heuristics Miner ProM 6.2 To Be

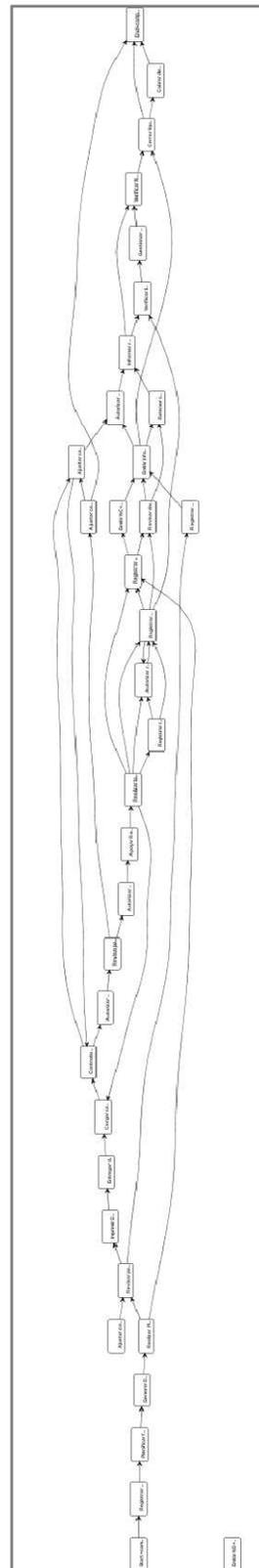


Figura F-14: Heuristics Net usando Genetic Miner Prom 6.2 To Be

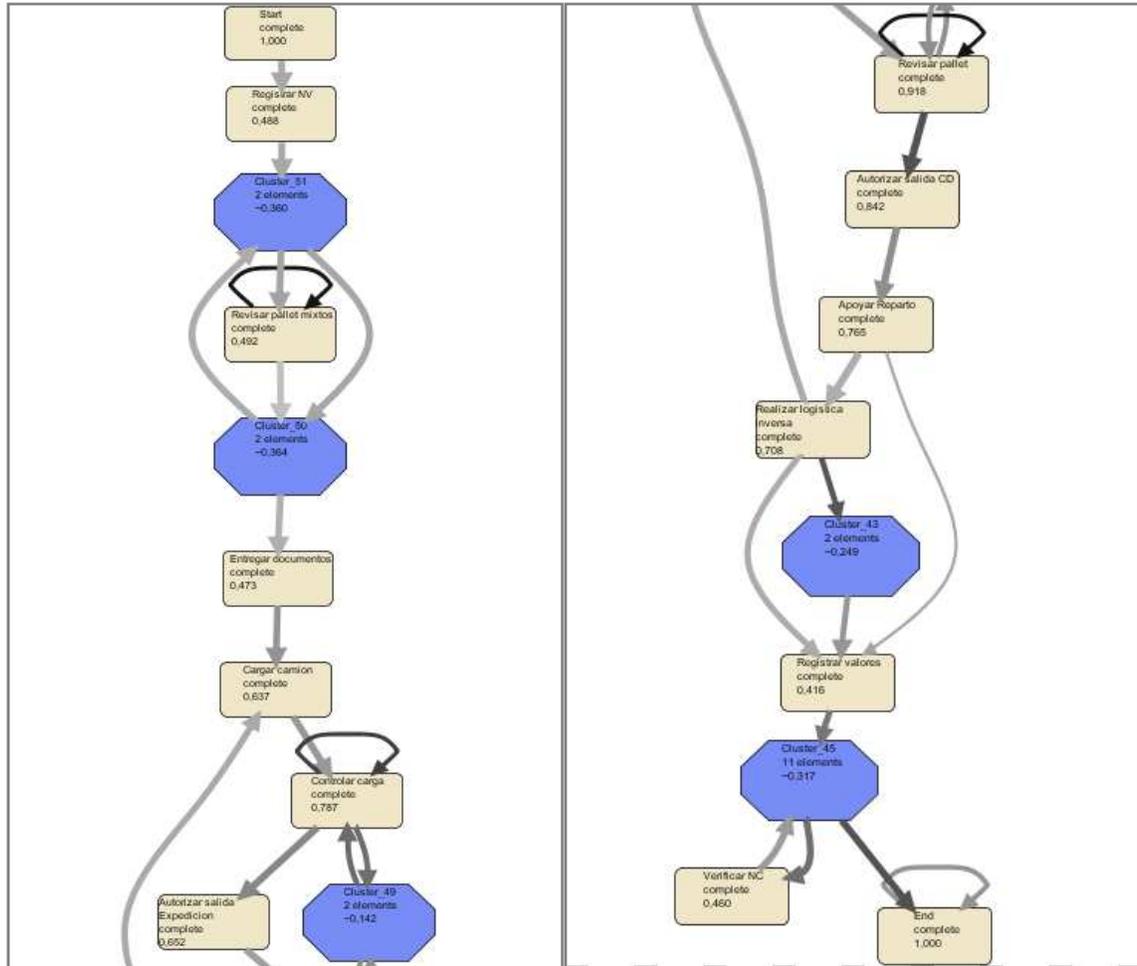


Figura F-15: Fuzzy Miner ProM 6.2 To Be

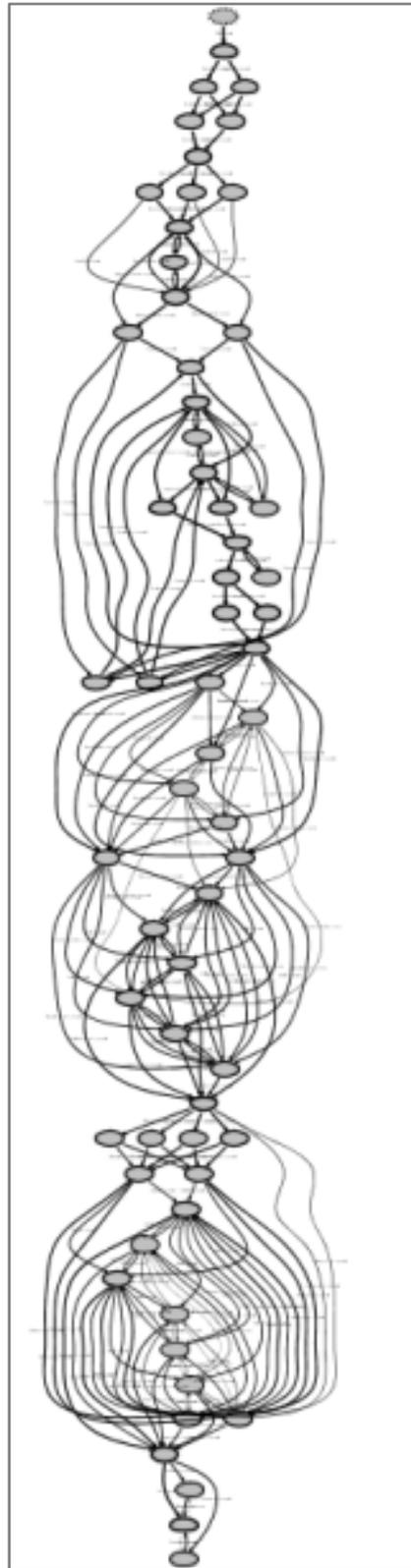


Figura F-16: Transition System ProM 6.2 To Be

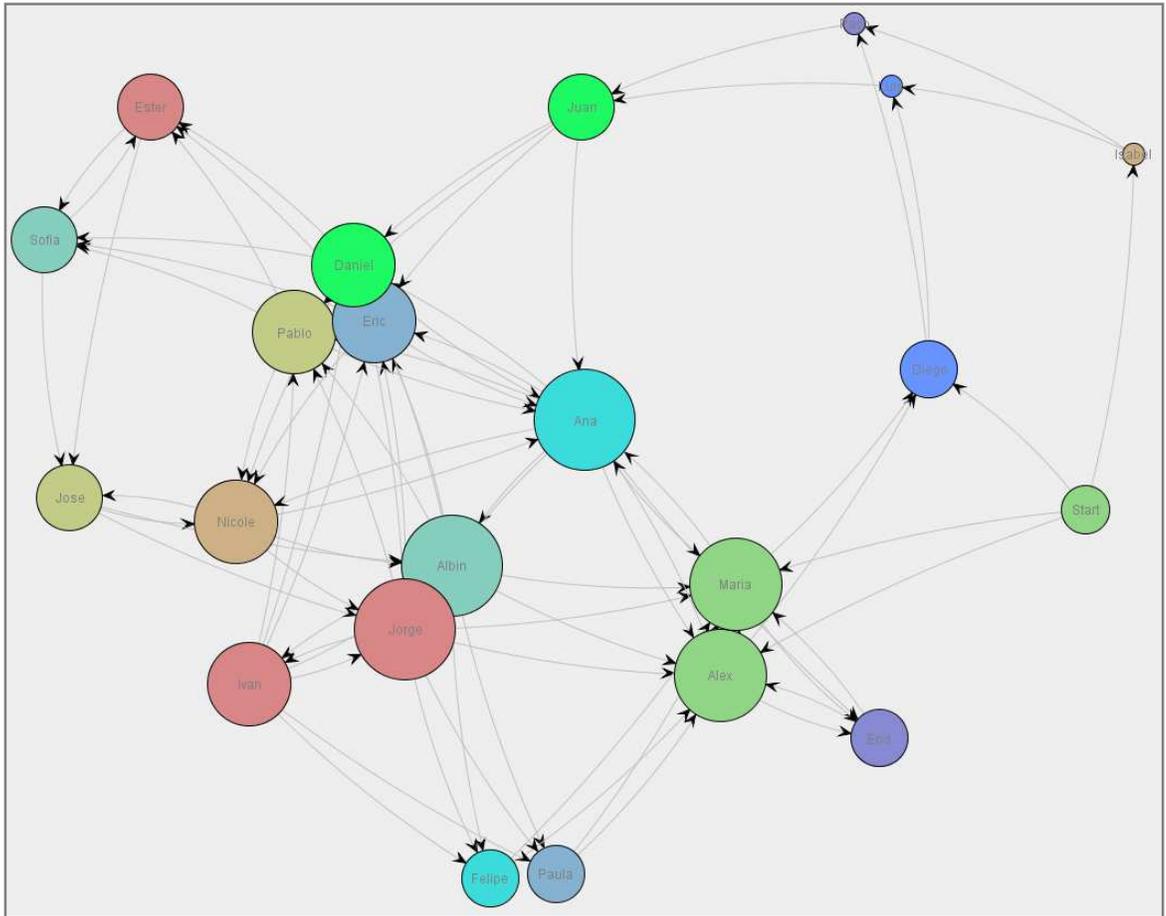


Figura F-17: Handover of Work ProM 6.2 To Be

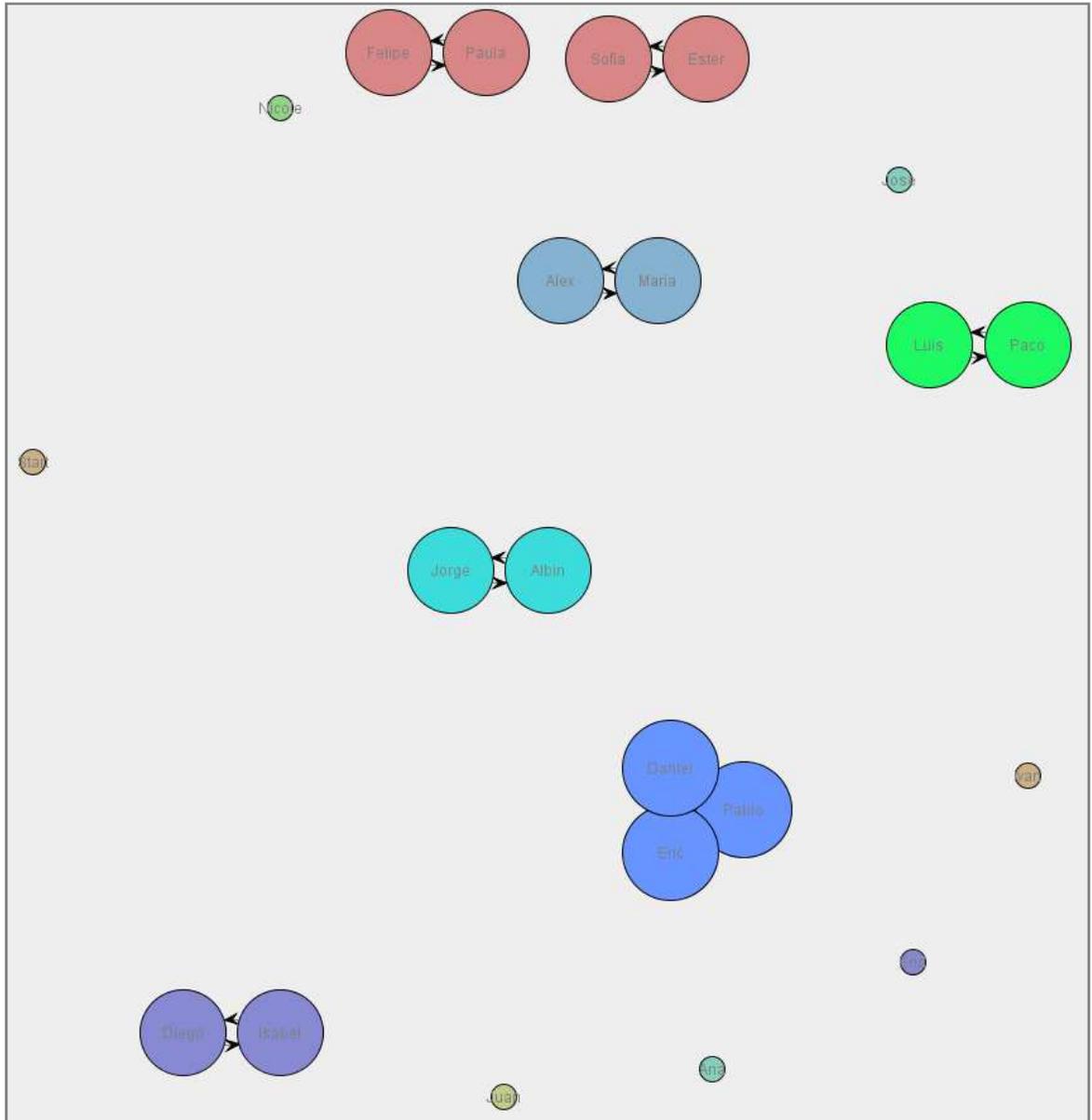


Figura F-18: Similar Task ProM 6.2 To Be

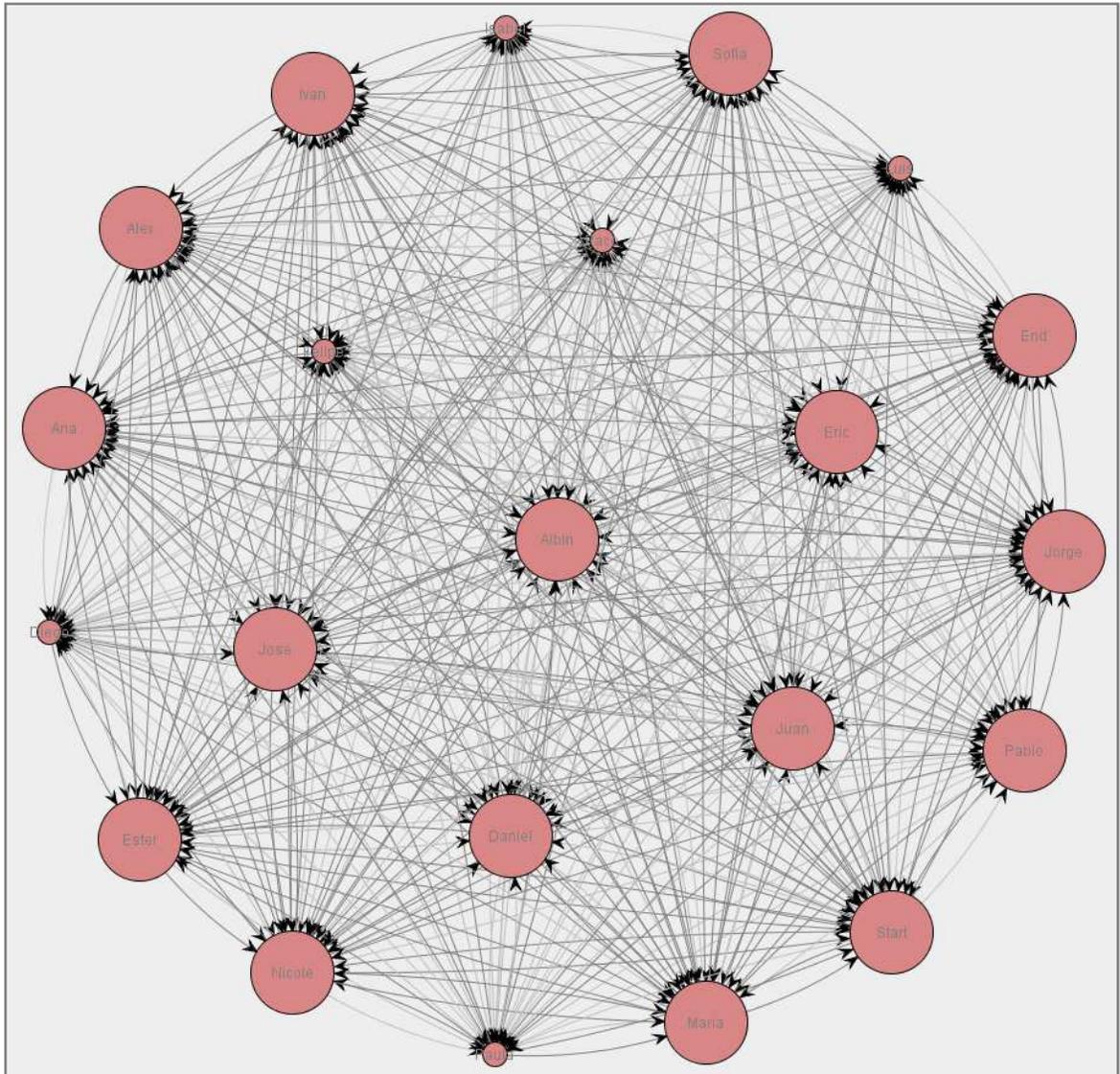


Figura F-20: Working Together ProM 6.2 To Be

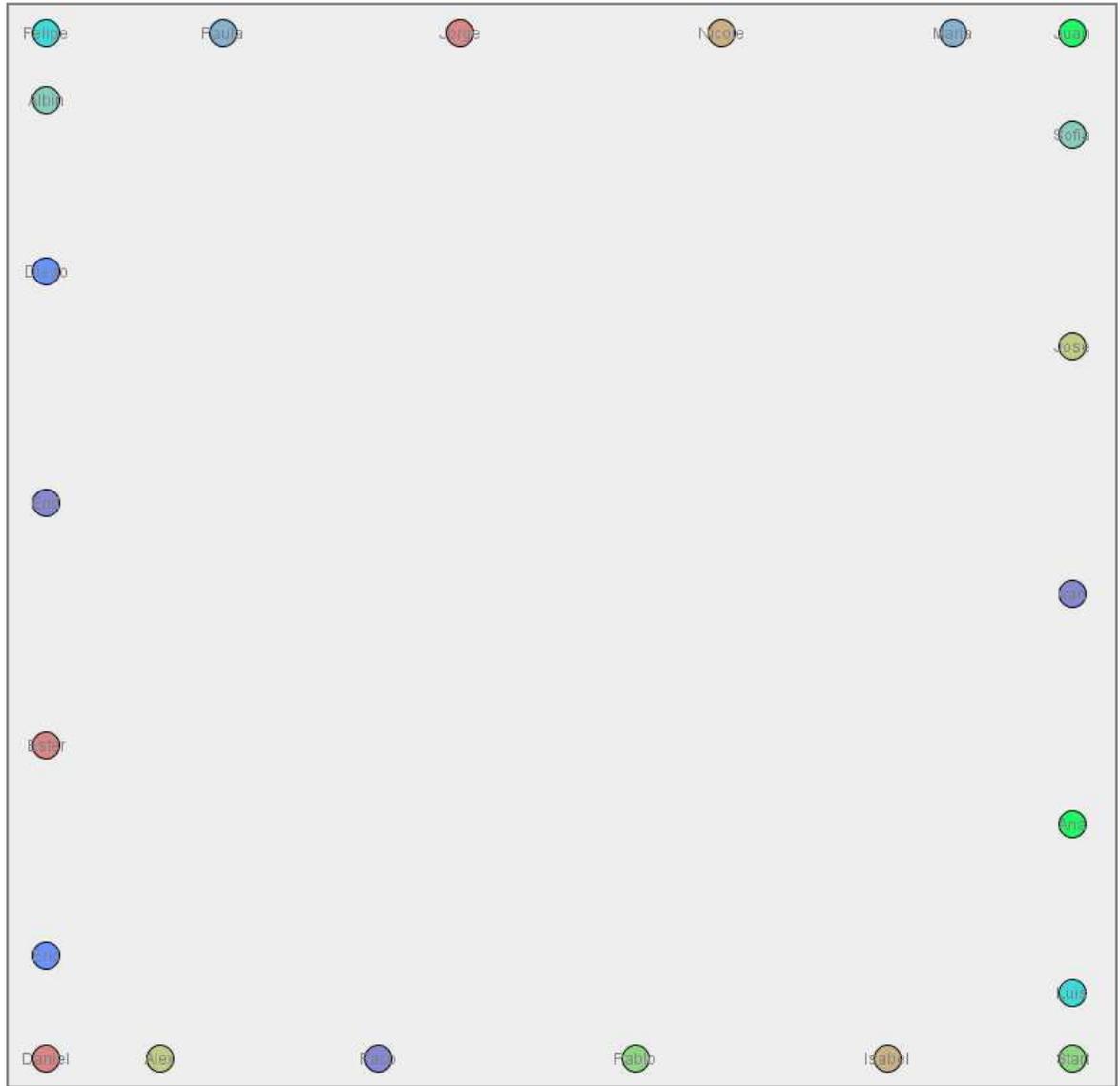


Figura F-21: Reassignment ProM 6.2 To Be

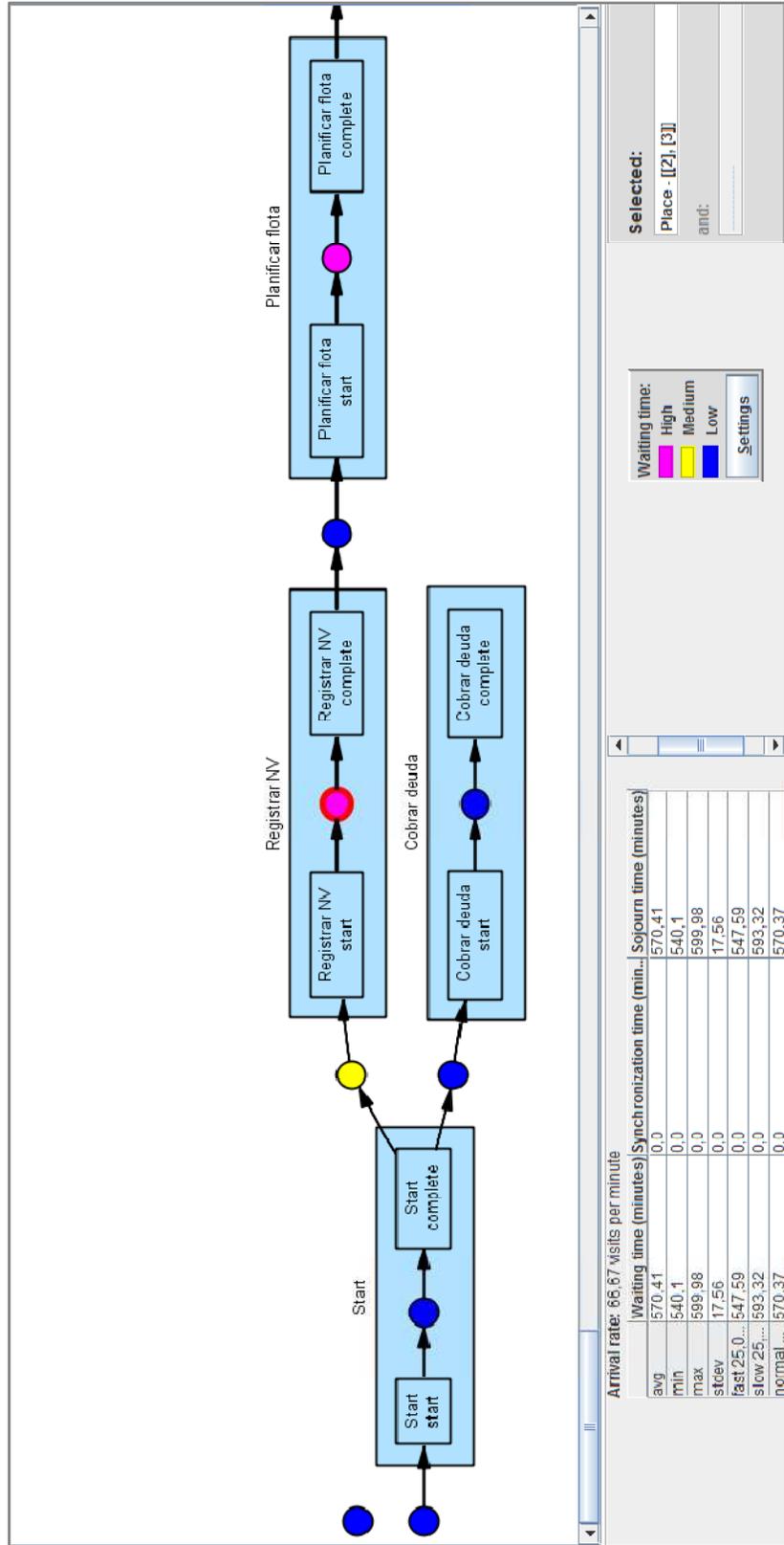


Figura F-22: Análisis de tiempo 1 ProM 5.2 To Be

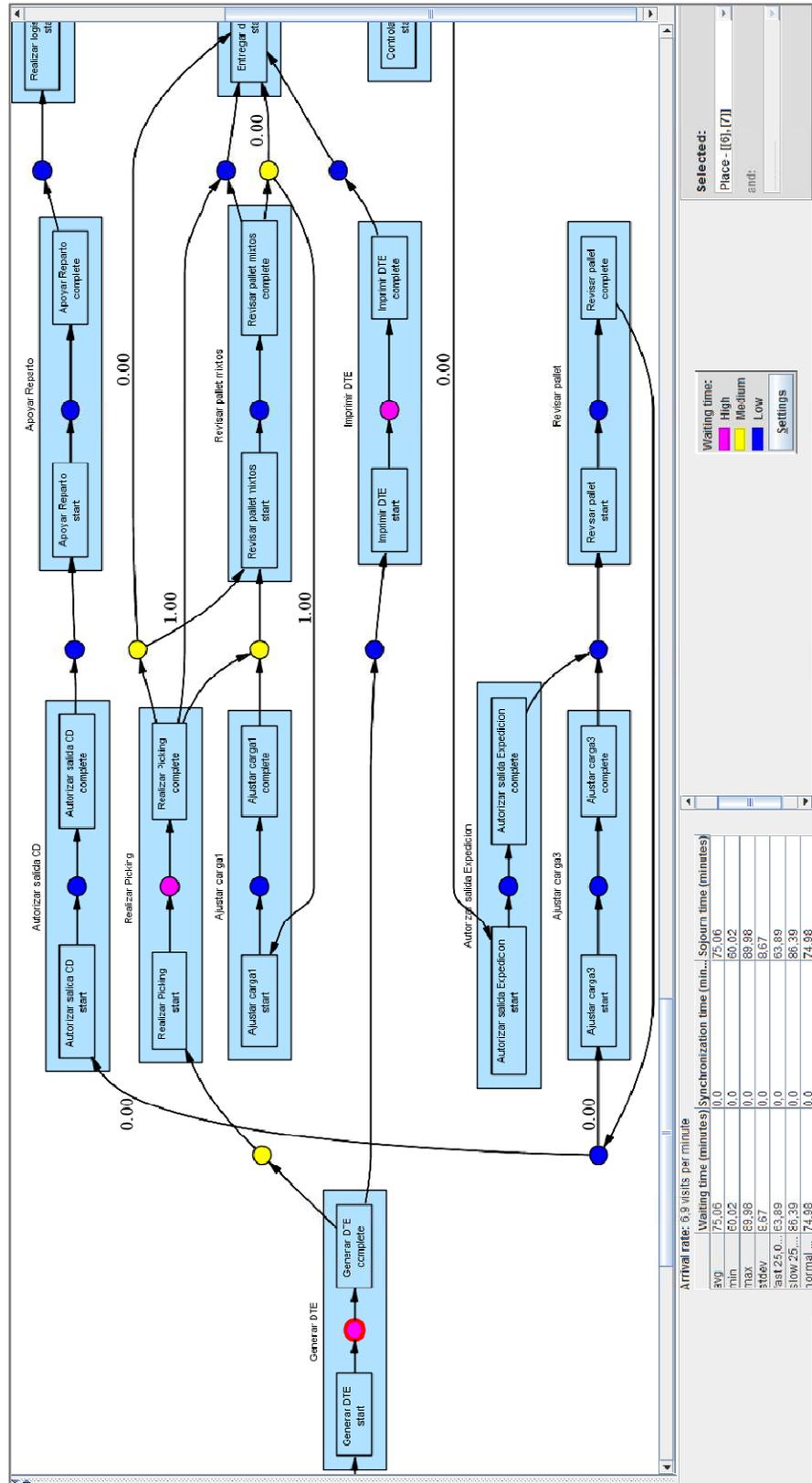


Figura F-23: Análisis de tiempo 2 ProM 5.2 To Be

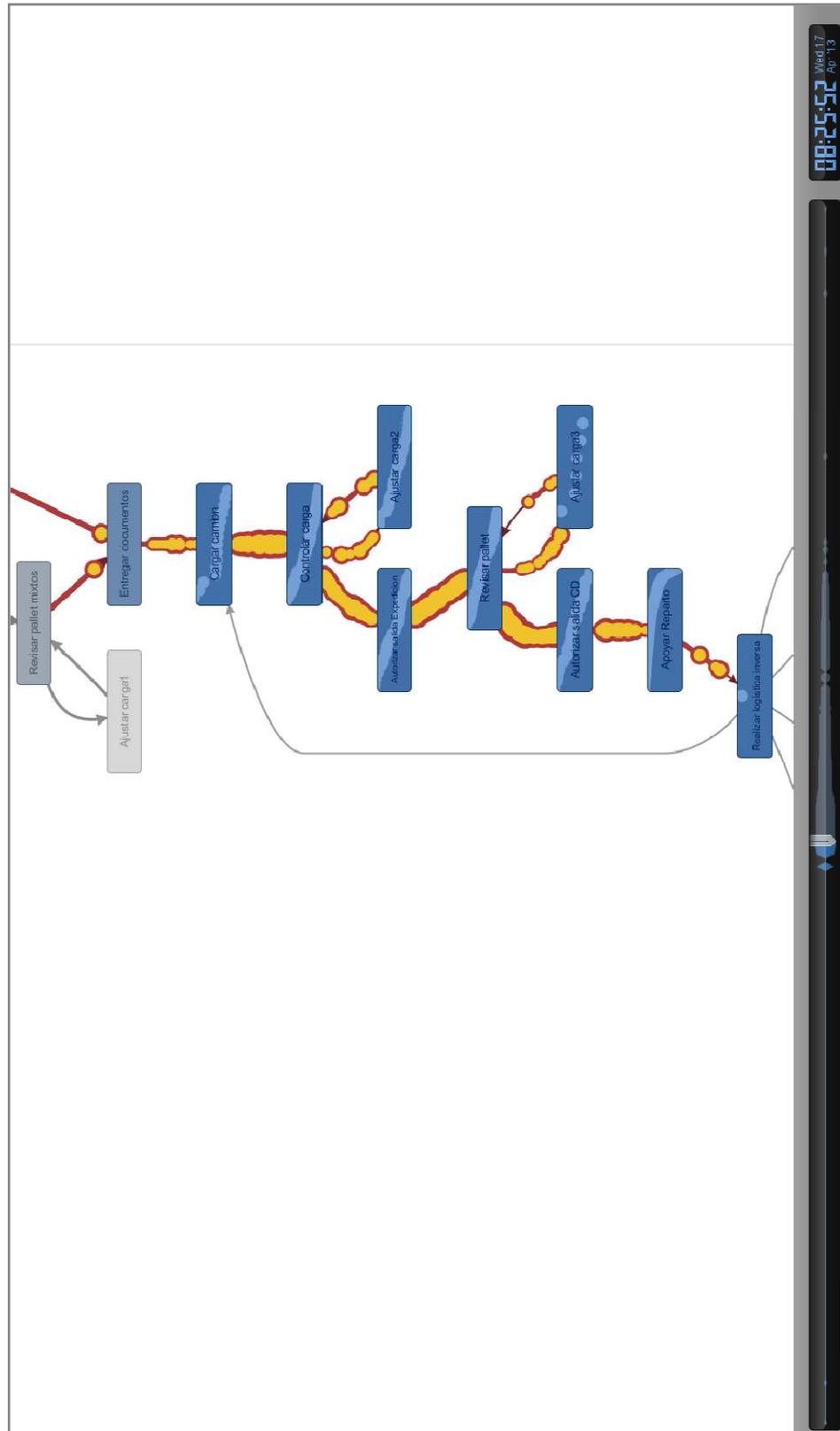


Figura F-24: Animación del mapa de procesos To Be con Disco