

Modeling and Diagnosis of the Engineering Process and Projects in Mining Company: A BPMN-XP Experience

Elizabeth Vidal Duarte, Magister¹

¹Universidad La Salle, Perú, evidal@ulasalle.edu.pe

I.

Abstract- Many organizations manage and control their business processes to gain a competitive advantage. A business process can involve multiple participants, whose coordination can be complex, and difficult to manage and control. Thus, BPMN graphical notations have become popular. Due to recurring delays and defaults on large engineering projects, a large Peruvian mining company began a modeling and process diagnostics initiative. This paper describes the BPMN model produced. The model combines cross-cutting characteristics of engineering projects with details specific to mining projects. The model was developed iterative with the active participation of the Document Control Manager of the Engineering and Projects Area and underwent a final validation by the Superintendent of Planning and Control. The model describes the existing processes in a clear, standard, and complete manner. The model allowed the diagnosis of inefficiencies, identifying bottlenecks caused by a) jobs with work overload, b) sub-processes that are too long and consist of too many tasks, and c) lack of warnings in some activities. While the successful experiences in the use of BPMN are many in the literature, the main objective of this paper is to describe the experience of the application of agile methodology eXtreme Programming (XP), applied in software projects, in developing our job.

Keywords— BPMN, Proceso de Negocio, extreme Programaning

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.023>

ISBN: 978-0-9822896-9-3

ISSN: 2414-6390

Modelado y Diagnóstico del Proceso de Ingeniería y Proyectos en una Empresa Minera: Una Experiencia BPMN-XP

Elizabeth Vidal Duarte, Magister¹

¹Universidad La Salle, Perú, evidal@ulasalle.edu.pe

Abstract - Muchas organizaciones gestionan y controlan sus procesos de negocios para lograr una ventaja competitiva. Un proceso de negocio puede involucrar múltiples participantes, cuya coordinación puede ser compleja, difícil de administrar y de controlar, por lo que notaciones gráficas como BPMN se han popularizado. Una empresa peruana de gran minería debido a problemas de atrasos e incumplimientos recurrentes en grandes proyectos de ingeniería inició una iniciativa de modelado y diagnóstico de su proceso. Este artículo describe el modelo BPMN producido y su posterior diagnóstico, que combina características transversales de proyectos de ingeniería con especificidades propias de los proyectos mineros. El modelo fue elaborado en forma iterativa, con la participación activa del Administrador de Control Documentario del Área de Ingeniería y Proyectos y la validación final de la Superintendencia de Planeamiento y Control. El modelo describe los procesos existentes en forma clara, estándar y completa. El modelo permitió diagnosticar ineficiencias, identificando “cuellos de botella” causados por a) roles con sobrecarga de tareas, b) sub-procesos con exceso de tareas y largos tiempos, y c) falta de alertas en algunas actividades. Si bien las experiencias exitosas en el uso de BPMN son múltiples en la literatura, el objetivo principal de este trabajo es describir la experiencia de la aplicación de la metodología ágil eXtreme Programming (XP), propia de proyectos de software, en el desarrollo de nuestro trabajo.

Abstract- Many organizations manage and control their business processes to gain a competitive advantage. A business process can involve multiple participants, whose coordination can be complex, and difficult to manage and control. Thus, BPMN graphical notations have become popular. Due to recurring delays and defaults on large engineering projects, a large Peruvian mining company began a modeling and process diagnostics initiative. This paper describes the BPMN model produced. The model combines cross-cutting characteristics of engineering projects with details specific to mining projects. The model was developed iterative with the active participation of the Document Control Manager of the Engineering and Projects Area and underwent a final validation by the Superintendent of Planning and Control. The model describes the existing processes in a clear, standard, and complete manner. The model allowed the diagnosis of inefficiencies, identifying bottlenecks caused by a) jobs with work overload, b) sub-processes that are too long and consist of too many tasks, and c) lack of warnings in some activities. While the successful experiences in the use of BPMN are many in the literature, the main objective of this paper is to describe the experience of the application of agile methodology eXtreme Programming (XP), applied in software projects, in developing our job.

Keywords— BPMN, Proceso de Negocio, eXtreme Programming

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.022>

ISBN: 978-0-9822896-9-3

ISSN: 2414-6390

I. INTRODUCCION

Un Proceso de Negocio (BP, por sus siglas en inglés) es un conjunto estructurado y medible de tareas diseñadas para producir un producto de valor para una organización [1]. Un BP es ejecutado colaborativamente por un grupo de trabajadores de distintas especialidades y sistemas computacionales que automatizan este proceso. Con frecuencia, esta colaboración cruza las fronteras de un área y muchas veces de la misma organización [2]. Un BP puede ser visto a varios niveles de granularidad, por ejemplo, un BP puede ser parte de un BP mayor. Mientras más niveles de granularidad, mayor es la complejidad del BP. Por lo tanto, existe una mayor probabilidad de que surjan “cuellos de botella”, tareas ineficientes y problemas de comunicación entre los actores involucrados [3].

Business Process Modeling Notation (BPMN) es una notación gráfica estándar, sencilla y completa para especificar las complejidades inherentes de los BPs. BPMN hace que las organizaciones puedan comunicar sus procesos de negocios de una manera estándar, no solo al interior de la organización, sino también a los colaboradores de ésta. Comunicar procesos en una manera uniforme permite mejorar el control sobre la eficiencia [4].

Nuestro trabajo describe la aplicación de BPMN para el Modelado y Diagnóstico de los procesos del Área de Ingeniería y Proyectos (AIP) de una empresa de gran minería: Sociedad Minera Los Cobres (SMLC)¹. Si bien el uso e impacto de BPMN ha sido ya bastante discutido y validado en la literatura [5,6,7,8,9,10,11,12,13,14], este trabajo resalta el uso de la metodología ágil eXtreme Programming (XP) [15] como propuesta de trabajo. XP promueve el trabajo en equipo, propicia una retroalimentación continua entre los involucrados (clientes o usuarios interesados en el proyecto), prioriza la captura de información de forma rápida, clara y comprensiva en periodos cortos de tiempo [16,17]. La elección de XP como metodología de trabajo surge por las restricciones en las que se dió el proyecto de modelado y diagnóstico del proceso de Ingeniería y Proyectos. Intentamos dar un marco de referencia para proyectos que se encuentren

¹ Por motivos de confidencialidad, se ha cambiado el nombre de la empresa en este estudio.

con características similares. Hemos identificado en el trabajo de Ordoñez et al [18] la aplicación de BPMN para especificar solamente historias de usuario, propias de la metodología XP. A diferencia de su propuesta. Nosotros hacemos uso de XP como metodología de trabajo dadas las características y restricciones del modelado y diagnóstico del proceso de Ingeniería y Proyectos.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: la Sección 2 brevemente introduce los principios de BPMN y los elementos utilizados para lograr modelar el proceso del área de Ingeniería y Proyectos. La Sección 3 presenta una breve descripción de la compañía minera y del Área de Ingeniería y Proyectos. En esta sección se resaltan parte del modelo BPMN producido. La Sección 4 explica las características de eXtreme Programming. La Sección 5 explica analiza si el Proyecto puede ser desarrollado utilizando XP. La Sección 6 muestra los resultados obtenidos. Finalmente presentamos nuestras conclusiones.

II. BPMN

Business Process Model and Notation (BPMN), mantenido por *Object Management Group* OMG², es una notación gráfica que permite modelar los procesos de una manera unificada y estandarizada para una clara comprensión a todas las personas de una organización. BPMN permite crear diagramas de flujos de tareas de manera sencilla, permitiendo manejar la complejidad inherente a estos procesos de negocio. Si bien BPMN presenta una gran variedad de símbolos que permiten gran expresividad [19,20,21], en este trabajo sólo se trabajó con un reducido número de ellos.

A. Elementos Core

La Tabla 1 resume cuatro tipos de elementos que describen el comportamiento del proceso: *Tareas*, *Eventos*, *Compuertas* y *Subprocesos*. Las *Tareas* representan una actividad que se realiza en un punto del proceso. El subproceso es una tarea compuesta de un conjunto de subtareas. El Evento permite identificar el inicio y fin de un proceso. La compuerta representan elementos de decisión. Indican un punto de división en el flujo del proceso [19].

B. Elementos Avanzados

BPMN nos permite modelar con un mayor nivel de detalle y precisión si es requerido. Si bien BPMN brinda otras categorías [21], en este artículo solo nos referimos a las que fueron utilizadas en nuestro caso de aplicación.

Especialización de eventos. La Tabla 2 muestra que los eventos se dividen en tres categorías: Inicio, Intermedio y Fin.

Así mismo, es posible indicar en el proceso si es que el evento es un Mensaje, un Timer o una Regla de Negocio.

Especialización de compuertas. La Tabla 3 muestra los diferentes tipos de compuertas que nos permiten modelar diferentes flujos de decisión que pueden darse en un proceso.

Tabla 1: Elementos básicos de BPMN

	Tarea
	Evento
	Compuerta
	Subproceso

Tabla 2: Especialización de Eventos.

	Inicio	Intermedio	Fin
			
Tipo de Evento			
Mensaje			
Timer			
Regla del Negocio			

Tabla 3: Especializaciones de compuertas.

	Decisión Exclusiva (XOR)
	Decisión Inclusiva (OR)
	Decisión Paralela (AND)

Representación de Roles. En los modelos de BPMN la mayoría de tareas puede ser realizada por un recurso individual o por un Rol. Definir roles nos permite tener tareas realizadas por recursos sin la necesidad de especificar el nombre del ejecutor.

² OMG: Object Management Group: www.omg.org

Modelado de Datos y Documentos. BPMN nos permite modelar los datos y documentos que actúan como entradas y salidas entre las tareas.

III. SOCIEDAD MINERA LOS COBRES (SMLC)

Esta sección muestra el impacto de la aplicación de BPMN en el Área de Ingeniería y Proyectos de SMLC. Primero, se hace una breve reseña de la empresa y del área en estudio. Luego, se explica el BP modelado.

A. Reseña SMLC

SMLC está ubicada en el Perú. SMLC opera sobre una mina a tajo abierto de donde se extrae principalmente cobre. El proceso productivo comienza con la exploración y explotación de sus yacimientos mineros. Este proceso termina hasta la flotación y lixiviación, concentración, fundición y refinación del mineral para la venta.

Es común medir el tamaño de una empresa por su nivel de producción. SMLC produjo 688 millones de libras de cobre, generando más de US \$2.400 millones de ingresos en el 2010 en sus operaciones mineras. SMLC es uno de los principales productores de cobre del Perú, teniendo aproximadamente 2.000 empleados y 1.800 contratistas. Como la mayoría de las grandes empresas, SMLC posee certificaciones ISO 9001:2008 [22], ISO 14001:2004 [23] e OSHA 18001:2007 [24].

B. Área de Ingeniería y Proyectos (AIP)

AIP tiene como misión contribuir al crecimiento de las operaciones de SMLC, gestionando proyectos de ingeniería y construcción. AIP administra las etapas de ingeniería conceptual, ingeniería básica, ingeniería de detalle, construcción y cierre del proyecto. SMLC maneja un aproximado de 50 proyectos al año (proyectos desde misceláneos hasta gran envergadura). Hasta el año 2011 tenía asignado 10 jefes de proyectos. Cada uno manejaba entre 5 y 7 proyectos de forma simultánea.

A partir del año 2012 surge un proyecto de gran envergadura, estimado en US \$4,600 millones con un incremento proyectado en la producción anual de aproximadamente 600 millones de libras de concentrado de cobre y 15 millones de libras de molibdeno. Dicho proyecto incrementó 2,500 empleados y contratistas para trabajar las operaciones de expansión. AIP empezó a mostrar problemas de atrasos e incumplimientos recurrentes.

Cada proyecto maneja muchos documentos, tales como: Plan de Ejecución, Listas de Contactos, Bases Técnicas, Minuta de

Reunión, Acta de Inicio, Plan de Comunicaciones, Lista de Entregables, Memorias de Cálculos, Criterios de Diseño, Hojas de Datos, Hoja de Ruteo, Matriz de Distribución y Responsabilidad, procedimientos de seguridad, modelos, Reportes, Informes, Cronogramas, diferentes versiones de planos por cada disciplina. Cada proyecto también implica la coordinación con uno o varios contratistas y el flujo de los documentos mencionados previamente.

C. Modelo BPMN Área de Ingeniería y Proyectos

De la descripción anterior se puede apreciar que el proceso de AIP es complejo. Involucra múltiples participantes tanto internos como externos (contratistas). La coordinación se vuelve compleja mientras crece el número de proyectos, volviéndose difícil de administrar y controlar, más aún si es que existe una gran cantidad de documentación asociada. La comprensión clara, estándar y completa del BP asociado a esta área se convierte en un elemento clave para lograr eficiencia.

La figura 1 muestra el modelo BPMN el Proceso de Ingeniería a un nivel macro. Como se puede observar éste está compuesto de 4 subprocesos principales: *Inicio de Ingeniería*, *Ejecución*, *Cierre de Ingeniería* y *Transferencia a Construcción*. Si bien el trabajo realizado fue bastante extenso, por motivos de espacio y confidencialidad sólo nos centraremos en dos subprocesos: *Inicio de Ingeniería* y *Ejecución*

El subproceso *Inicio de Ingeniería* (figura 2), es iniciado por el encargado de Control Documentario con la apertura del libro de proyectos. Luego el administrador del proyecto crea la *Matriz de Distribución y Responsabilidad (MDR Creada)*, la cual es enviada al jefe de proyectos para su revisión. La *MDR Revisada* es enviada a el encargado de Control Documentario para su distribución. Control Documentario crea la estructura del proyecto en el sistema Panagon. El administrador del proyecto elabora el organigrama de funciones y responsabilidades del personal asignado al proyecto, así como el plan de ejecución del proyecto y el listado de entregables técnicos y de gestión del Proyecto.

En la figura 2 se puede observar que además de la descripción de la secuencia de tareas también se detalla quien es el responsable asignado (rol). Así mismo se aprecia los documentos que fluyen entre una actividad y otra: *MDR Creada* y *MDR Revisada*. En la figura 3 presentamos una vista alternativa del subproceso *Inicio de Ingeniería*. Esta vista es denominada *Function Flow* en donde se pueda apreciar el flujo de tareas por roles. El subproceso de *Ejecución*, mostrado en la figura 4, inicia con el subproceso *Kick Off Meeting*, que agrupa las tareas referidas a las reuniones de coordinación con los contratistas.



Figura 1. Proceso de Ingeniería (Elaboración Propia)

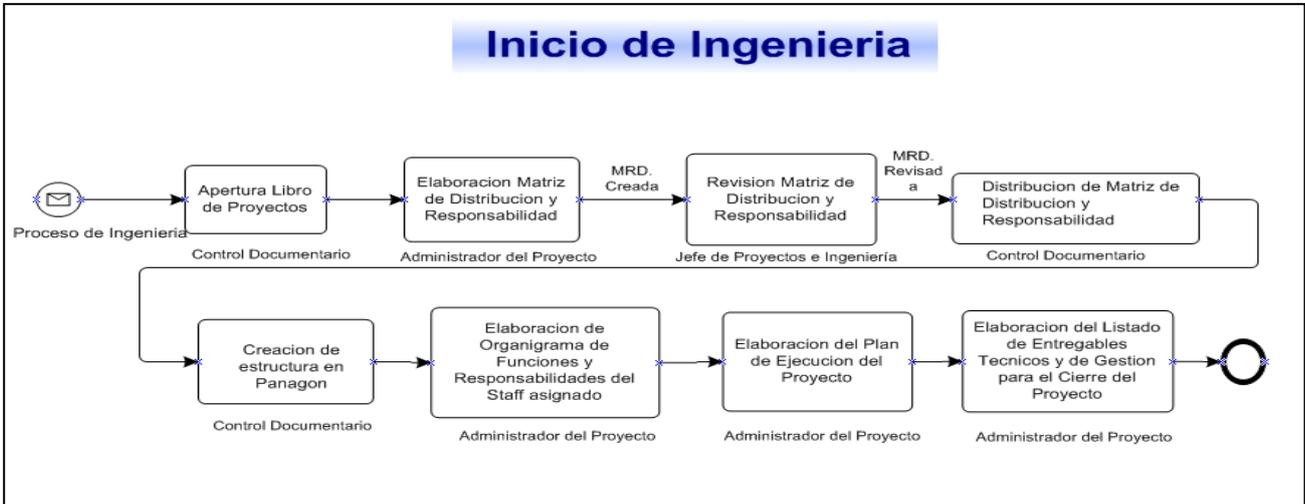


Figura 2. Subproceso Inicio de Ingeniería (pertenece a Proceso de Ingeniería) (Elaboración Propia).

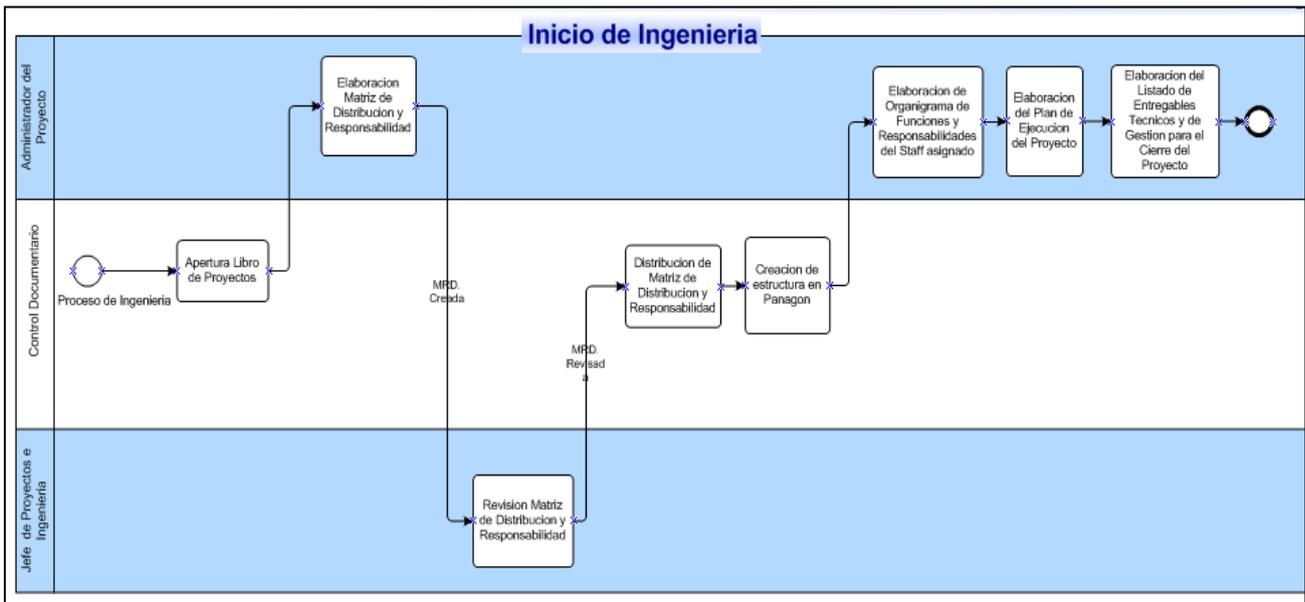


Figura 3. Subproceso Inicio de Ingeniería – vista Function Flow (Elaboración Propia)

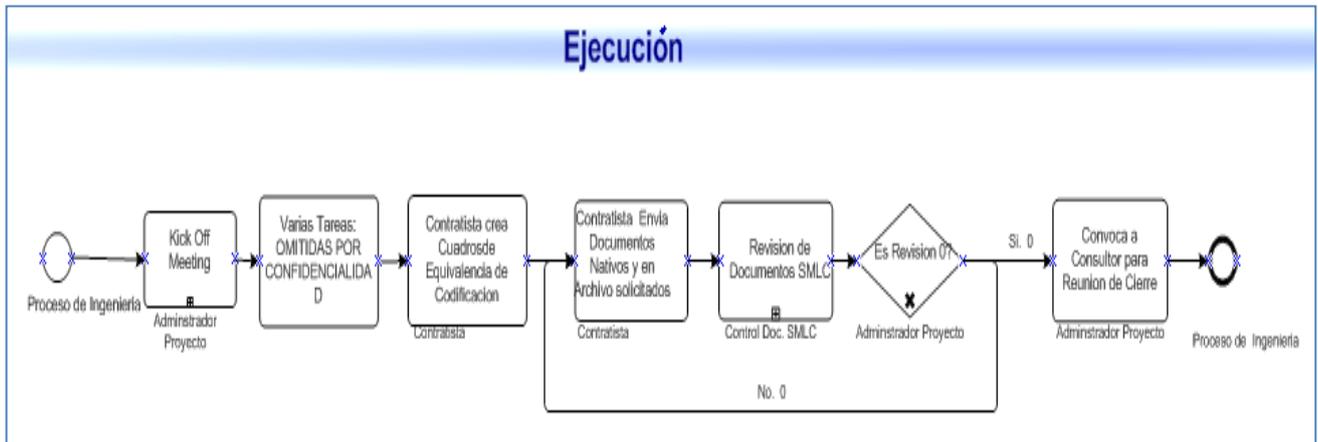


Figura 4: Subproceso Ejecución (pertenece al Proceso de Ingeniería). (Elaboración Propia)

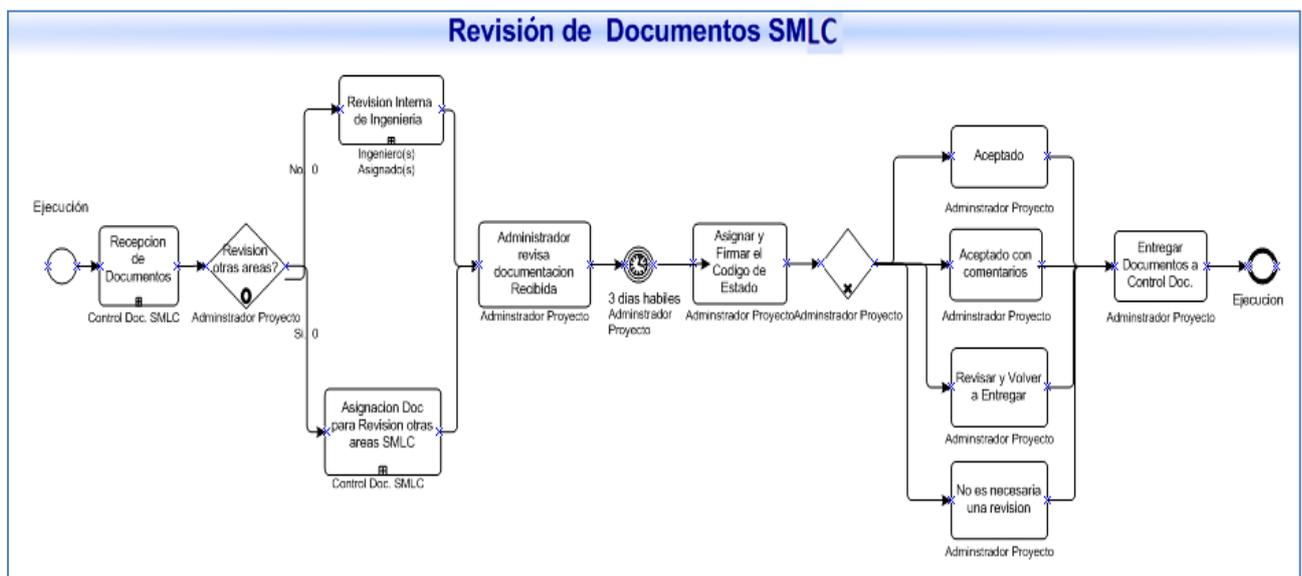


Figura 5: Subproceso Revisión de Documentos SMLC (pertenece al subproceso de Ejecución). (Elaboración Propia)

El contratista crea el cuadro de equivalencias de codificación para su documentación y envía los documentos solicitados de acuerdo a los formatos requerido en SMLC. Dichos documentos ingresan al subproceso de Revisión de Documentos SMLC.

Los documentos pasan múltiples revisiones hasta llegar a la denominada “Revisión 0”. Cuando se logra la “Revisión 0”, el contratista es convocado para la reunión de cierre. En la figura 4 se puede observar que además de la descripción de la secuencia de tareas también se especifican los roles. En la figura 5, presentamos el detalle del subproceso *Revisión de Documentos*. Este subproceso tiene 7 tareas y a su vez 3 subprocesos: *Recepción de Documentos*, *Revisión Interna de Ingeniería* y *Asignación Doc para Revisión otras Áreas SMLC*.

En este subproceso, Control Documentario de SMLC recibe los documentos entregados por el contratista. El administrador del proyecto, dependiendo de la envergadura del proyecto, determina la revisión de los documentos por los propios ingenieros de AIP o por otras áreas según corresponda. Una vez recibida nuevamente la documentación, el administrador del proyecto cuenta con 3 días hábiles para asignar y firmar el código de estado de la documentación: Aceptado, Aceptado con Comentario, Revisar y Volver a Entregar, No es Necesaria una Revisión). Dicha documentación es remitida a Control Documentario por el administrador del proyecto. En la figura 5, también se aprecia además del uso de roles, el uso de un Timer para modelar el tiempo máximo en que se debía asignar el estado de la documentación.

IV. EXTREME PROGRAMMING

En esta sección se describen las principales características de XP y se explora su aplicabilidad al proyecto.

A. Definición

eXtreme Programming (XP) es un método de ingeniería del software basado en el desarrollo iterativo e incremental, donde los requisitos y soluciones evolucionan mediante la colaboración de grupos auto organizados y multidisciplinarios. XP ha sido pensado para proyectos en donde los plazos son reducidos, los requisitos son volátiles y/o basados en nuevas tecnologías. XP enfatiza las comunicaciones cara a cara en vez de la documentación. También enfatiza que el software funcional es la primera medida del progreso [25].

XP minimiza los riesgos desarrollando software en lapsos cortos. El software desarrollado en una unidad de tiempo es llamado una iteración. Una iteración no debe agregar demasiada funcionalidad para justificar el lanzamiento del producto al “mercado”, sino que la meta es tener una «demo» (sin errores) al final de cada iteración. Al final de cada iteración el equipo vuelve a evaluar las prioridades del proyecto [25].

B. Modelo XP

XP define cuatro variables para cualquier proyecto de software: **costo, tiempo, calidad y alcance**. Además, se especifica que, de estas cuatro variables, sólo tres de ellas podrán ser fijadas arbitrariamente por actores externos al grupo de desarrolladores (clientes). El valor de la variable restante podrá ser establecido por el equipo de desarrollo, en función de los valores de las otras tres. Este mecanismo indica que, por ejemplo, si el cliente establece el alcance y la calidad, y el jefe de proyecto el precio, el grupo de desarrollo tendrá libertad para determinar el tiempo que durará el proyecto [26].

C. Fases

El ciclo de vida de un proyecto XP se divide en 4 fases [26,27]:

Fase de exploración: Es en la que se define el alcance general del proyecto. El cliente define lo que necesita mediante la redacción de sencillas “historias de usuarios”. Los programadores estiman los tiempos de desarrollo en base a esta información. Debe quedar claro que las estimaciones realizadas en esta fase son primarias (ya que estarán basadas en datos de muy alto nivel), y podrían variar cuando se analicen más en detalle en cada iteración.

Fase de planificación: La planificación es una fase corta, en la que el cliente, los gerentes y el grupo de desarrolladores acuerdan el orden en que deberán implementarse las historias de usuario, y, asociadas a éstas, las entregas. Típicamente esta

fase consiste en una o varias reuniones grupales de planificación. El resultado de esta fase es un Plan de Entregas. El Plan de Entregas establece el cronograma de qué historias de usuario serán agrupadas para conformar una entrega, y el orden de las mismas según sus prioridades.

Fase de iteraciones: Esta es la fase principal en el ciclo de desarrollo de XP. Las funcionalidades son desarrolladas en esta fase, generando al final de cada una un entregable funcional que implementa las historias de usuario asignadas a la iteración. Como las historias de usuario no tienen suficiente detalle como para permitir su análisis y desarrollo, al principio de cada iteración se realizan las tareas necesarias de análisis, recabando con el cliente todos los datos que sean necesarios. El cliente, por lo tanto, también debe participar activamente durante esta fase del ciclo. Las iteraciones son también utilizadas para medir el progreso del proyecto.

Fase de puesta en producción: Si bien al final de cada iteración se entregan módulos funcionales y sin errores, puede ser deseable por parte del cliente no poner el sistema en producción hasta tanto no se tenga la funcionalidad completa. En esta fase no se realizan más desarrollos funcionales, pero pueden ser necesarias tareas de ajuste.

D. Manifiesto Ágil

XP se basa en el manifiesto ágil que consta de 12 principios [15], mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4: Manifiesto Ágil

1	Satisfacer al cliente a través de entregas continuas y tempranas es la mayor prioridad.
2	Los cambios a los requerimientos son bienvenidos, aún en fases tardías del desarrollo.
3	Entregar frecuentemente software que funciona, desde un par de semanas a un par de meses, prefiriendo los periodos más cortos.
4	Desarrolladores, gerentes y clientes deben trabajar juntos diariamente, a lo largo del proyecto.
5	Construir proyectos alrededor de personas motivadas, dándoles el entorno y soporte que necesitan, y confiando en que realizarán el trabajo.
6	El método más eficiente y efectivo de transmitir información entre un equipo de desarrolladores es la conversación frontal (cara a cara).
7	Tener software que funciona es la medida primaria del progreso.
8	El proceso ágil promueve el desarrollo sostenible. Los sponsors, desarrolladores y usuarios deben ser capaces de mantener un ritmo de trabajo constante en forma permanente a lo largo del proyecto.

9	La atención continua a la excelencia técnica y el buen diseño mejoran la agilidad.
10	Simplicidad
11	Las mejores arquitecturas, requerimientos y diseños surgen de los equipos auto-organizados.
12	A intervalos regulares, el equipo debe reflexionar sobre como ser más efectivos, y ajustar su comportamiento de acuerdo a ello.

V. SE ADAPTA XP ?

En esta sección presentamos un análisis empírico sobre la adaptabilidad de XP como metodología de trabajo.

A. Generalidades : aplica XP?

El modelado y diagnóstico del proceso de AIP en BPMN fue el primero de su tipo dentro de SMLC. El tiempo de duración fue de 30 días. Para este trabajo SMLC solicitó explícitamente el uso de BPMN, con la idea de poder realizar una extensión a BPM en una segunda etapa.

De la gama de herramientas para modelar BPMN se realizó un breve análisis de las diferentes opciones del mercado. Se optó por el modelador BPMN de Interfacing³, herramienta que instala sobre Microsoft® Visio®. La decisión se debió a que el área de AIP estaba ya familiarizado con Microsoft® Visio®.

Reflexión 1: De acuerdo a las características y la definición de XP dada en la sección anterior se tenía un proyecto de modelado en BPMN con plazos reducidos, basados en nuevas tecnologías y con un fuerte énfasis de comunicación cara a cara (pero soportado también con mucha documentación). Empíricamente podemos decir que si aplica XP.

B. Aplica el Modelo XP?

De las 4 variables **costo**, **tiempo**, **calidad** y **alcance**, 3 de ellas fueron definidas por SMLC. a) El alcance, definido por el modelamiento de solamente AIP, b) El tiempo, que fue 30 días calendario y c) El costo, definido por la empresa en términos del mercado.

Esto dejó al consultor, en este caso el primer autor la variable **calidad**. La cual estuvo referida a la elección de la herramienta a utilizar, considerando su facilidad de uso.

Reflexión 2: El proyecto de modelado y diagnóstico realizado encaja en el Modelo XP. Se tuvieron tres variables restringidas por SMLC y una manejada por el desarrollador.

³ Interfacing: www.interfacing.org

C. Fases

En cuanto a las fases podemos decir que:

Fase de exploración: El alcance fue definido por el Encargado de la Superintendencia de Planeamiento y Control y, el Administrador de Control Documentario. El alcance se restringe al Area de Ingeniería y Proyectos. Dado que el requerimiento de SMLC fue que el proyecto terminara en 30 días (variable fija), no se tuvo un proceso de estimación de tiempos.

Fase de planificación: Esta fase estuvo dada por 2 reuniones en donde se definió el Plan de Entregas. El Plan de Entregas definido por SMLC se traduce en la Figura 1, respetando el mismo orden del Proceso de AIP: *Inicio de Ingeniería, Ejecución, Cierre de Ingeniería y Transferencia a Construcción*. Así mismo existe una entrega final en donde se presenta la vista general de todo el proceso de AIP con todo los actores involucrados denominado **Function Flow** y la entrega de un documento impreso con todo el detalle del trabajo.

Fase de iteraciones: De acuerdo a XP las funcionalidades del software son desarrolladas en esta fase, siendo asignada cada una de ellas a cada iteración. Para nosotros la funcionalidad está dada por cada proceso, subproceso o sub-subproceso.

En cada iteración se realizan las tareas necesarias de análisis, recabando con el cliente todos los datos que sean necesarios. El cliente, por lo tanto, también debe participar activamente durante esta fase del ciclo.

Todas las reuniones fueron realizadas con el Administrador de Control Documentario, con quien se hizo un modelo BPMN inicial, en donde se identificaron los cuatro principales subprocesos del Proceso de Ingeniería (figura 1). Las reuniones fueron interdiarias por un periodo de 20 días. Se tuvieron un total de 9 iteraciones.

El refinamiento del modelo fue iterativo e incremental. El estilo fue mixto, si bien inicialmente se buscaba el enfoque top-down, muchas veces se veía la necesidad de agrupar tareas en nuevos subprocesos para lograr mayor claridad en la descripción de algún subproceso.

Fase de puesta en producción: Si bien al final de cada iteración se entregan procesos, subprocesos y/o sub-subprocesos completos según el criterio de SMLC, parte del requerimiento fue mostrar la funcionalidad completa en donde se podían ver la relación entre todas las áreas involucradas, el flujo de documentos y los actores involucrados. Esta fase también incluyó la entrega de un documento impreso.

Reflexión 3: El Proyecto realizado se adapta a las cuatro fases del Modelo XP. El problema identificado en esta fase es que en XP si se tiene una medida en cuanto a la funcionalidad en cada iteración determinada por las llamadas “historias de

usuario". En el Proyecto una iteración puede estar dada por un solo sub-subproceso (figura 4) o por un subproceso que a su vez está conformado por varios sub-subprocesos (figura 5).

D. Manifiesto Ágil y BPMN

Para poder mapear el Manifiesto Ágil es necesario realizar una similitud en la terminología. Cuando en XP se refiere a software, nosotros consideramos un proceso, subproceso o sub-subproceso. No hacemos distinción en cuanto a la granularidad. El mapeo se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5: Mapeo Manifiesto Ágil

	Principios Agukes	Relación con el Proyecto de SMLC
1	Satisfacer al cliente a través de entregas continuas y tempranas es la mayor prioridad.	Dadas por cada uno de los subproceso identificados y modelados. Se tuvieron un total de 9 iteraciones. Por ejemplo los sub-subprocesos mostrados en las Figuras 4 y 5.
2	Los cambios a los requerimientos son bienvenidos, aún en fases tardías del desarrollo.	Dados por los ajustes realizados en la Vista Function Flow, cuando se tiene el panorama del modelo completo y de la interacción de todos los involucrados.
3	Entregar frecuentemente software que funciona, desde un par de semanas a un par de meses, prefiriendo los periodos más cortos.	Dado por cada uno de los subprocesos que se entregaban. Por ejemplo Inicio de Ingeniería, Ejecución, Cierre de Ingeniería (Figura 1)
4	Desarrolladores, gerentes y clientes deben trabajar juntos diariamente, a lo largo del proyecto.	Dado por las reuniones interdiarias entre el primer autor, el Encargado de la Superintendencia de Planeamiento y Control y el Administrador de Control Documentario.
5	Construir proyectos alrededor de personas motivadas, dándoles el entorno y soporte que necesitan, y confiando en que realizarán el trabajo.	Dado por la las reuniones con el equipo de trabajo y la facilidad de acceso a toda la información requerida tanto a nivel física como accesos al Sistema Panagon.
6	El método más eficiente y efectivo de transmitir información entre un equipo de desarrolladores es la conversación frontal (cara a cara).	Dado por las reuniones interdiarias entre el primer autor, el Encargado de la Superintendencia de Planeamiento y Control y el Administrador de Control Documentario.
7	Tener software que funciona es la medida primaria del progreso.	Medido por cada uno de los sub-subprocesos (Figuras 4 y 5) y subprocesos que se iban entregando de manera incremental (Figura 1)
8	El proceso ágil promueve el desarrollo sostenible. Los sponsors, desarrolladores y usuarios deben ser capaces de mantener un ritmo de trabajo constante en forma permanente a lo largo del proyecto.	Dado por el compromiso de las reuniones interdiarias con el equipo de trabajo.

9	La atención continua a la excelencia técnica y el buen diseño mejoran la agilidad.	No aplicado
10	Simplicidad	Presentado a través del Mecanismo de subprocesos de BPMN
11	Las mejores arquitecturas, requerimientos y diseños surgen de los equipos auto-organizados.	No Aplicado
12	A intervalos regulares, el equipo debe reflexionar sobre cómo ser más efectivos, y ajustar su comportamiento de acuerdo a ello.	No aplicado

Reflexión 4: De los doce principios del Manifiesto Ágil, se han mapeado 9. Este mapeo refuerza la aplicabilidad de XP como metodología de trabajo dadas las características y restricciones de este proyecto.

VI. DIAGNÓSTICO SMLC

Luego de tener el Modelo BPMN del proceso actual del área de Ingeniería y Proyectos, se realizó un análisis cualitativo utilizando la técnica de análisis de valor y un análisis cuantitativo mediante la técnica de simulación. Los principales resultados se detallan a continuación.

a) Subprocesos con exceso de tarea. El modelo BPMN del *Proceso de Ingeniería y Proyectos* permitió identificar un total de 79 tareas, 10 subprocesos, 32 tipos de documentos y 5 recursos (representados como roles). La distribución se resume en la tabla 6. El modelo BPMN permitió identificar que la mayor carga de trabajo se produce en el subproceso de Ejecución. De las 79 tareas, 61 tareas se realizan en dicho subproceso.

b) Tiempo. La simulación de nuestro modelo permitió hacer un análisis de cuánto tiempo tomaba realizar cada tarea, el tiempo total del proceso y los tiempos de espera. Dicho análisis permitió identificar algunos tiempos excesivos para tareas muy sencillas. El subproceso *Revisión de Documentos* (figura 5), se redujo de 2 días a 1 día.

c) Ausencia de Alertas. El modelo permitió identificar que una fuente importante de los "cuellos de botella" era la ausencia de alertas que indicaran que un documento había cumplido su plazo máximo antes de ingresar a la siguiente tarea. Por ejemplo, la figura 5 muestra que mediante un Timer, el tiempo máximo que tiene el Administrador Proyecto para Asignar y Firmar el Código de Estado de un documento es de 3 días hábiles. En la práctica, podía excederse muchos días, causando un retraso significativo y afectando a la eficiencia general de todo el proceso.

Tabla 6 Resumen subprocesos, actividades, tareas y compuertas Proceso de Ingeniería y Proyectos.

Sub-procesos PRINCIPALES	Tareas	Compuertas	Sub-procesos					
Inicio Ingeniería	8	0	0					
Ejecución	9	4		Tareas	Comp	Sub-procesos		
			Kick Meeting of	10	0		Tareas	Comp
						Reunión Coordinación Control SMLC y Contratista	7	0
			Revisión Documentos	11	2	Recepción Documentos	11	2
						Revisión Interna de Ingeniería	6	1
						Asignación Documentos para revisión otras áreas SMLC	3	0
Cierre	6	1	0					
Transferencia	8	2	0					

d) **Roles con Sobrecarga de Tareas.** De los cinco roles identificados, cuatro pertenecen a SMLC y uno es externo a la empresa: contratista. La asignación de tareas versus roles se presenta en la tabla 7. De los cinco roles dos presentan sobrecarga de tareas: Control Documentario de SMLC con 32 tareas y Administrador Proyecto con 25 tareas.

Es importante notar que en SMLC se manejan hasta siete proyectos de manera simultánea, lo que agrava aún más la carga de dichos roles.

Tabla 7: Asignación de Tareas vs. Roles.

Rol	Tareas
Ingeniero Asignado (según disciplina)	6
Jefe de Proyectos	8
Administrador de Proyecto	25
Control Doc. SMLC	32
Contratista	8

VII. CONCLUSIONES

Este trabajo describió nuestra experiencia en el modelado y diagnóstico del proceso de Ingeniería y Proyectos de una empresa minera. El modelo fue elaborado en forma iterativa e incremental utilizando BPMN. Nuestra experiencia destaca como aporte la aplicación de la metodología ágil eXtreme Programming (XP), propia de proyectos de software.

El uso de BPMN logró describir los procesos existentes en forma clara, estándar y completa según lo referido por los principales stakeholder. Durante la iteraciones con el stakeholder principal se observó la facilidad que tenía para leer el modelo y sugerir los detalles de refinamiento propios del proceso (el stakeholder no tenía conocimiento previo de BPMN).

Si bien BPMN brinda un extenso conjunto de símbolos, en este trabajo, se utilizó un pequeño subconjunto: tareas, eventos, compuertas y sub-procesos. En algunos casos se optó por utilizar eventos especializados, como un Timer.

Al tener un modelo claro y con la aplicación de técnicas de análisis cualitativo y cuantitativo fue sencillo para SMLC identificar las causas de los continuos retrasos e incumplimientos en el proceso de Ingeniería y Proyectos: roles con sobrecarga de tareas, subprocesos con exceso de tareas, tareas que tomaban demasiado tiempo y la ausencia de alertas con respecto a plazos cumplidos para el envío de documentación.

REFERENCIAS

- [1] L. D. Turner and A. B. Weickgenannt, "Accounting Information Systems: The Controls and Processes". 2nd Ed. Wiley. 2013.
- [2] T. H. Davenport. "Process innovation: reengineering work through information technology". Boston, Mass: Harvard Business School Press, 1993.
- [3] H. J. Harrington. "Business process improvement: The breakthrough strategy for total quality, productivity, and competitiveness" (Vol. 1). New York: McGraw-Hill. 1991.
- [4] S. A. White and D. Miers. "BPMN Modeling and Reference Guide: Understanding and Using BPMN". Future Strategies Book Division. 2008.
- [5] M. Z. Muehlen and D. T. Ho. "Service process innovation: a case study of BPMN in practice". In Hawaii IEEE international conference on system sciences, proceedings of the 41st annual (pp. 372-372). 2008.
- [6] J. Recker, J. Indulska, M. Rosemann and P. Green. "How good is BPMN really? Insights from theory and practice", in Ljungberg, J. and Andersson, M. (Eds), paper presented at the 14th European Conference on Information Systems, Association for Information Systems, Goeteborg, 2006.
- [7] D. Simmonds and R. W. Collins. "eBPMN for Process Modeling: A design science/HIPS evaluation". In CONF-IRM 2010 Proceedings. Paper (Vol. 39), 2010.
- [8] J. Recker. "Opportunities and constraints: the current struggle with BPMN". Business Process Management Journal, 16(1), 181-201, 2010.

- [9] J. Recker “BPMN modeling – who, where, how and why”, BPTrends, Vol. 5 No. 5, pp. 1-8. , 2008.
- [10] N. Genon, P. Heymans and D. Amyot. “Analysing the cognitive effectiveness of the BPMN 2.0 visual notation”. In Software Language Engineering (pp. 377-396). Springer Berlin Heidelberg, 2011.
- [11] B. S. Barn, and S. Oussena, “BPMN, toolsets, and methodology: a case study of business process management in higher education”. In Information Systems Development (pp. 685-693). Springer US, 2010
- [12] J. Recker, M. Muehlen, K. Siau, J. Erickson, and M. Indulska, “Measuring method complexity: UML versus BPMN,” in Proceedings of the Americas Conference on Information Systems (AMCIS '09), pp. 1–12, AIS, 2009.
- [13] C. Wolter and A. Schaad, “Modeling of task-based authorization constraints in BPMN”. In Business Process Management (pp. 64-79). Springer Berlin Heidelberg, 2007
- [14] J.L de la Vara, J Sánchez, and O. Pastor. Business process modelling and purpose analysis for requirements analysis of information systems. In Advanced Information Systems Engineering (pp. 213-227). Springer Berlin Heidelberg, January- 2008.
- [15] B. Jos Warmer, G. Anneke. Manifiesto for Agile Software Development. Kleppe. <http://www.agilemanifesto.org/>
- [16] eXtreme Programming Organizatoion. <http://www.extremeprogramming.org/>, Consulta Agosto 2005.
- [17] S. Verma, “A closer look at extreme programming (XP) with an onsite-offshore model to develop software projects using XP methodology,” Bus. Inf. Process., vol. 16, pp. 166–180, 2009.
- [18] H. Ordoñez, A. Escobar, D Velandia and C. Cobos, “Business Processes as a Strategy to Improve Re-quirements Elicitation in Extreme Programming (XP)”. Memorias del VII Congreso de Telematica CITA 2015, Colombia.
- [19] B. Hitpass, J. Freud and B. Ruecke. “BPMN 2.0 Manual de Referencia y Guía Práctica”, Tercera Edicion 2013, Publisher: BPM Center, Editor: BHH Ltda.
- [20] IBM Corporation. “White Introduction to BPMN. http://www.omg.org/bpmn/Documents/Introduction_to_BPMN.pdf. Fecha de Consulta: 2 de abril de 2014.
- [21] Object Management Group. “Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0”. <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF/>. Fecha de Consulta: 29 de abril de 2015.
- [22] International Standards Organization. “ISO 9001:2008, Quality Management Systems Requirements.” http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso_9000.htm. Fecha de Consulta: 10 de Abril del 2014
- [23] International Standards Organization. “ISO 14001:2004 - Environmental management systems – Requirements with guidance for use” <http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso14000.htm>. Fecha de Consulta: 10 de Abril del 2014
- [24] OHSAS 18001, Evaluación de Higiene y Seguridad Ocupacional, <http://www.ohsas-18001-occupational-health-and-safety.com>. Fecha de Consulta 29 de abril del 2015
- [25] S. Vermna “A Guide to agile development of interactive software with a User Objectives – driven methodology. Sci. Computer Program, vol 78 pp 2268 – 2281, 2013.
- [26] K. Beck. “Extreme Programming Explained: Embrace Change”, 2 Ed, MA. : Addison Wesley Longman, Inc., 2000.
- [27] I. Joskowicz and C. MIngus. “Reglas y Prácticas en eXtreme Programming” Universidad de Vigo, 2008.

Modelado y Diagnóstico del Proceso de Ingeniería y Proyectos en una Empresa Minera: Una Experiencia BPMN-XP

Elizabeth Vidal Duarte, Magister¹

¹Universidad La Salle, Perú, evidal@ulasalle.edu.pe

Abstract - Muchas organizaciones gestionan y controlan sus procesos de negocios para lograr una ventaja competitiva. Un proceso de negocio puede involucrar múltiples participantes, cuya coordinación puede ser compleja, difícil de administrar y de controlar, por lo que notaciones gráficas como BPMN se han popularizado. Una empresa peruana de gran minería debido a problemas de atrasos e incumplimientos recurrentes en grandes proyectos de ingeniería inició una iniciativa de modelado y diagnóstico de su proceso. Este artículo describe el modelo BPMN producido y su posterior diagnóstico, que combina características transversales de proyectos de ingeniería con especificidades propias de los proyectos mineros. El modelo fue elaborado en forma iterativa, con la participación activa del Administrador de Control Documentario del Área de Ingeniería y Proyectos y la validación final de la Superintendencia de Planeamiento y Control. El modelo describe los procesos existentes en forma clara, estándar y completa. El modelo permitió diagnosticar ineficiencias, identificando “cuellos de botella” causados por a) roles con sobrecarga de tareas, b) sub-procesos con exceso de tareas y largos tiempos, y c) falta de alertas en algunas actividades. Si bien las experiencias exitosas en el uso de BPMN son múltiples en la literatura, el objetivo principal de este trabajo es describir la experiencia de la aplicación de la metodología ágil eXtreme Programming (XP), propia de proyectos de software, en el desarrollo de nuestro trabajo.

Abstract- Many organizations manage and control their business processes to gain a competitive advantage. A business process can involve multiple participants, whose coordination can be complex, and difficult to manage and control. Thus, BPMN graphical notations have become popular. Due to recurring delays and defaults on large engineering projects, a large Peruvian mining company began a modeling and process diagnostics initiative. This paper describes the BPMN model produced. The model combines cross-cutting characteristics of engineering projects with details specific to mining projects. The model was developed iterative with the active participation of the Document Control Manager of the Engineering and Projects Area and underwent a final validation by the Superintendent of Planning and Control. The model describes the existing processes in a clear, standard, and complete manner. The model allowed the diagnosis of inefficiencies, identifying bottlenecks caused by a) jobs with work overload, b) sub-processes that are too long and consist of too many tasks, and c) lack of warnings in some activities. While the successful experiences in the use of BPMN are many in the literature, the main objective of this paper is to describe the experience of the application of agile methodology eXtreme Programming (XP), applied in software projects, in developing our job.

Keywords— BPMN, Proceso de Negocio, eXtreme Programming

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.023>
ISBN: 978-0-9822896-9-3
ISSN: 2414-6390

I. INTRODUCCION

Un Proceso de Negocio (BP, por sus siglas en inglés) es un conjunto estructurado y medible de tareas diseñadas para producir un producto de valor para una organización [1]. Un BP es ejecutado colaborativamente por un grupo de trabajadores de distintas especialidades y sistemas computacionales que automatizan este proceso. Con frecuencia, esta colaboración cruza las fronteras de un área y muchas veces de la misma organización [2]. Un BP puede ser visto a varios niveles de granularidad, por ejemplo, un BP puede ser parte de un BP mayor. Mientras más niveles de granularidad, mayor es la complejidad del BP. Por lo tanto, existe una mayor probabilidad de que surjan “cuellos de botella”, tareas ineficientes y problemas de comunicación entre los actores involucrados [3].

Business Process Modeling Notation (BPMN) es una notación gráfica estándar, sencilla y completa para especificar las complejidades inherentes de los BPs. BPMN hace que las organizaciones puedan comunicar sus procesos de negocios de una manera estándar, no solo al interior de la organización, sino también a los colaboradores de ésta. Comunicar procesos en una manera uniforme permite mejorar el control sobre la eficiencia [4].

Nuestro trabajo describe la aplicación de BPMN para el Modelado y Diagnóstico de los procesos del Área de Ingeniería y Proyectos (AIP) de una empresa de gran minería: Sociedad Minera Los Cobres (SMLC)¹. Si bien el uso e impacto de BPMN ha sido ya bastante discutido y validado en la literatura [5,6,7,8,9,10,11,12,13,14], este trabajo resalta el uso de la metodología ágil eXtreme Programming (XP) [15] como propuesta de trabajo. XP promueve el trabajo en equipo, propicia una retroalimentación continua entre los involucrados (clientes o usuarios interesados en el proyecto), prioriza la captura de información de forma rápida, clara y comprensiva en periodos cortos de tiempo [16,17]. La elección de XP como metodología de trabajo surge por las restricciones en las que se dió el proyecto de modelado y diagnóstico del proceso de Ingeniería y Proyectos. Intentamos dar un marco de referencia para proyectos que se encuentren

¹ Por motivos de confidencialidad, se ha cambiado el nombre de la empresa en este estudio.

con características similares. Hemos identificado en el trabajo de Ordoñez et al [18] la aplicación de BPMN para especificar solamente historias de usuario, propias de la metodología XP. A diferencia de su propuesta. Nosotros hacemos uso de XP como metodología de trabajo dadas las características y restricciones del modelado y diagnóstico del proceso de Ingeniería y Proyectos.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: la Sección 2 brevemente introduce los principios de BPMN y los elementos utilizados para lograr modelar el proceso del área de Ingeniería y Proyectos. La Sección 3 presenta una breve descripción de la compañía minera y del Área de Ingeniería y Proyectos. En esta sección se resaltan parte del modelo BPMN producido. La Sección 4 explica las características de eXtreme Programming. La Sección 5 explica analiza si el Proyecto puede ser desarrollado utilizando XP. La Sección 6 muestra los resultados obtenidos. Finalmente presentamos nuestras conclusiones.

II. BPMN

Business Process Model and Notation (BPMN), mantenido por *Object Management Group* OMG², es una notación gráfica que permite modelar los procesos de una manera unificada y estandarizada para una clara comprensión a todas las personas de una organización. BPMN permite crear diagramas de flujos de tareas de manera sencilla, permitiendo manejar la complejidad inherente a estos procesos de negocio. Si bien BPMN presenta una gran variedad de símbolos que permiten gran expresividad [19,20,21], en este trabajo sólo se trabajó con un reducido número de ellos.

A. Elementos Core

La Tabla 1 resume cuatro tipos de elementos que describen el comportamiento del proceso: *Tareas*, *Eventos*, *Compuertas* y *Subprocesos*. Las *Tareas* representan una actividad que se realiza en un punto del proceso. El subproceso es una tarea compuesta de un conjunto de subtareas. El Evento permite identificar el inicio y fin de un proceso. La compuerta representan elementos de decisión. Indican un punto de división en el flujo del proceso [19].

B. Elementos Avanzados

BPMN nos permite modelar con un mayor nivel de detalle y precisión si es requerido. Si bien BPMN brinda otras categorías [21], en este artículo solo nos referimos a las que fueron utilizadas en nuestro caso de aplicación.

Especialización de eventos. La Tabla 2 muestra que los eventos se dividen en tres categorías: Inicio, Intermedio y Fin.

Así mismo, es posible indicar en el proceso si es que el evento es un Mensaje, un Timer o una Regla de Negocio.

Especialización de compuertas. La Tabla 3 muestra los diferentes tipos de compuertas que nos permiten modelar diferentes flujos de decisión que pueden darse en un proceso.

Tabla 1: Elementos básicos de BPMN

	Tarea
	Evento
	Compuerta
	Subproceso

Tabla 2: Especialización de Eventos.

	Inicio	Intermedio	Fin
			
Tipo de Evento			
Mensaje			
Timer			
Regla del Negocio			

Tabla 3: Especializaciones de compuertas.

	Decisión Exclusiva (XOR)
	Decisión Inclusiva (OR)
	Decisión Paralela (AND)

Representación de Roles. En los modelos de BPMN la mayoría de tareas puede ser realizada por un recurso individual o por un Rol. Definir roles nos permite tener tareas realizadas por recursos sin la necesidad de especificar el nombre del ejecutor.

² OMG: Object Management Group: www.omg.org

Modelado de Datos y Documentos. BPMN nos permite modelar los datos y documentos que actúan como entradas y salidas entre las tareas.

III. SOCIEDAD MINERA LOS COBRES (SMLC)

Esta sección muestra el impacto de la aplicación de BPMN en el Área de Ingeniería y Proyectos de SMLC. Primero, se hace una breve reseña de la empresa y del área en estudio. Luego, se explica el BP modelado.

A. Reseña SMLC

SMLC está ubicada en el Perú. SMLC opera sobre una mina a tajo abierto de donde se extrae principalmente cobre. El proceso productivo comienza con la exploración y explotación de sus yacimientos mineros. Este proceso termina hasta la flotación y lixiviación, concentración, fundición y refinación del mineral para la venta.

Es común medir el tamaño de una empresa por su nivel de producción. SMLC produjo 688 millones de libras de cobre, generando más de US \$2.400 millones de ingresos en el 2010 en sus operaciones mineras. SMLC es uno de los principales productores de cobre del Perú, teniendo aproximadamente 2.000 empleados y 1,800 contratistas. Como la mayoría de las grandes empresas, SMLC posee certificaciones ISO 9001:2008 [22], ISO 14001:2004 [23] e OSHA 18001:2007 [24].

B. Área de Ingeniería y Proyectos (AIP)

AIP tiene como misión contribuir al crecimiento de las operaciones de SMLC, gestionando proyectos de ingeniería y construcción. AIP administra las etapas de ingeniería conceptual, ingeniería básica, ingeniería de detalle, construcción y cierre del proyecto. SMLC maneja un aproximado de 50 proyectos al año (proyectos desde misceláneos hasta gran envergadura). Hasta el año 2011 tenía asignado 10 jefes de proyectos. Cada uno manejaba entre 5 y 7 proyectos de forma simultánea.

A partir del año 2012 surge un proyecto de gran envergadura, estimado en US \$4,600 millones con un incremento proyectado en la producción anual de aproximadamente 600 millones de libras de concentrado de cobre y 15 millones de libras de molibdeno. Dicho proyecto incrementó 2,500 empleados y contratistas para trabajar las operaciones de expansión. AIP empezó a mostrar problemas de atrasos e incumplimientos recurrentes.

Cada proyecto maneja muchos documentos, tales como: Plan de Ejecución, Listas de Contactos, Bases Técnicas, Minuta de

Reunión, Acta de Inicio, Plan de Comunicaciones, Lista de Entregables, Memorias de Cálculos, Criterios de Diseño, Hojas de Datos, Hoja de Ruteo, Matriz de Distribución y Responsabilidad, procedimientos de seguridad, modelos, Reportes, Informes, Cronogramas, diferentes versiones de planos por cada disciplina. Cada proyecto también implica la coordinación con uno o varios contratistas y el flujo de los documentos mencionados previamente.

C. Modelo BPMN Área de Ingeniería y Proyectos

De la descripción anterior se puede apreciar que el proceso de AIP es complejo. Involucra múltiples participantes tanto internos como externos (contratistas). La coordinación se vuelve compleja mientras crece el número de proyectos, volviéndose difícil de administrar y controlar, más aún si es que existe una gran cantidad de documentación asociada. La comprensión clara, estándar y completa del BP asociado a esta área se convierte en un elemento clave para lograr eficiencia.

La figura 1 muestra el modelo BPMN el Proceso de Ingeniería a un nivel macro. Como se puede observar éste está compuesto de 4 subprocesos principales: *Inicio de Ingeniería*, *Ejecución*, *Cierre de Ingeniería* y *Transferencia a Construcción*. Si bien el trabajo realizado fue bastante extenso, por motivos de espacio y confidencialidad sólo nos centraremos en dos subprocesos: *Inicio de Ingeniería* y *Ejecución*

El subproceso *Inicio de Ingeniería* (figura 2), es iniciado por el encargado de Control Documentario con la apertura del libro de proyectos. Luego el administrador del proyecto crea la *Matriz de Distribución y Responsabilidad (MDR Creada)*, la cual es enviada al jefe de proyectos para su revisión. La *MDR Revisada* es enviada a el encargado de Control Documentario para su distribución. Control Documentario crea la estructura del proyecto en el sistema Panagon. El administrador del proyecto elabora el organigrama de funciones y responsabilidades del personal asignado al proyecto, así como el plan de ejecución del proyecto y el listado de entregables técnicos y de gestión del Proyecto.

En la figura 2 se puede observar que además de la descripción de la secuencia de tareas también se detalla quien es el responsable asignado (rol). Así mismo se aprecia los documentos que fluyen entre una actividad y otra: *MDR Creada* y *MDR Revisada*. En la figura 3 presentamos una vista alternativa del subproceso *Inicio de Ingeniería*. Esta vista es denominada *Function Flow* en donde se pueda apreciar el flujo de tareas por roles. El subproceso de *Ejecución*, mostrado en la figura 4, inicia con el subproceso *Kick Off Meeting*, que agrupa las tareas referidas a las reuniones de coordinación con los contratistas.



Figura 1. Proceso de Ingeniería (Elaboración Propia)

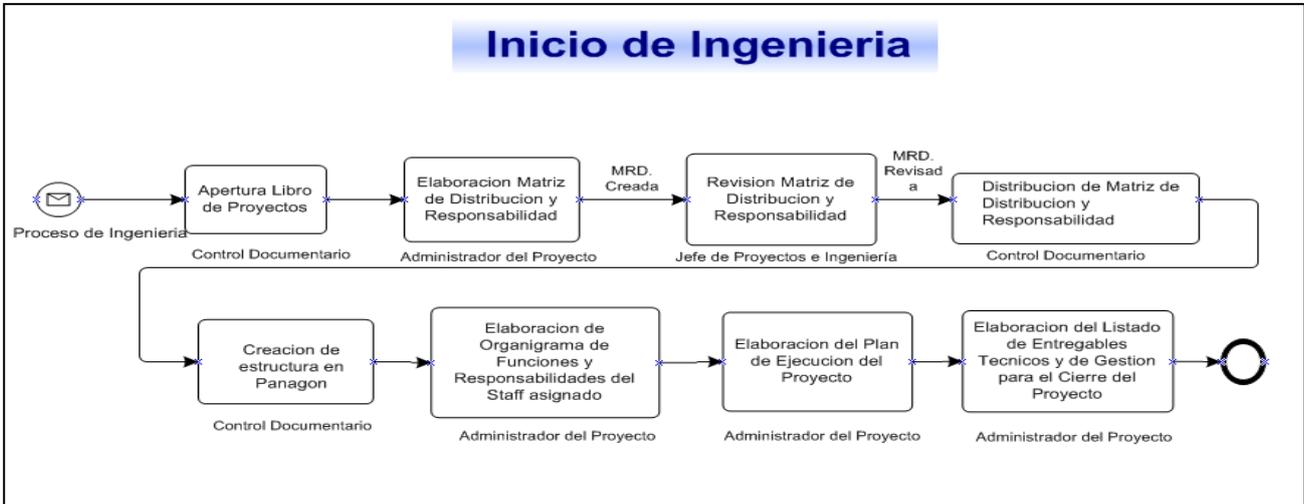


Figura 2. Subproceso Inicio de Ingeniería (pertenece a Proceso de Ingeniería) (Elaboración Propia).

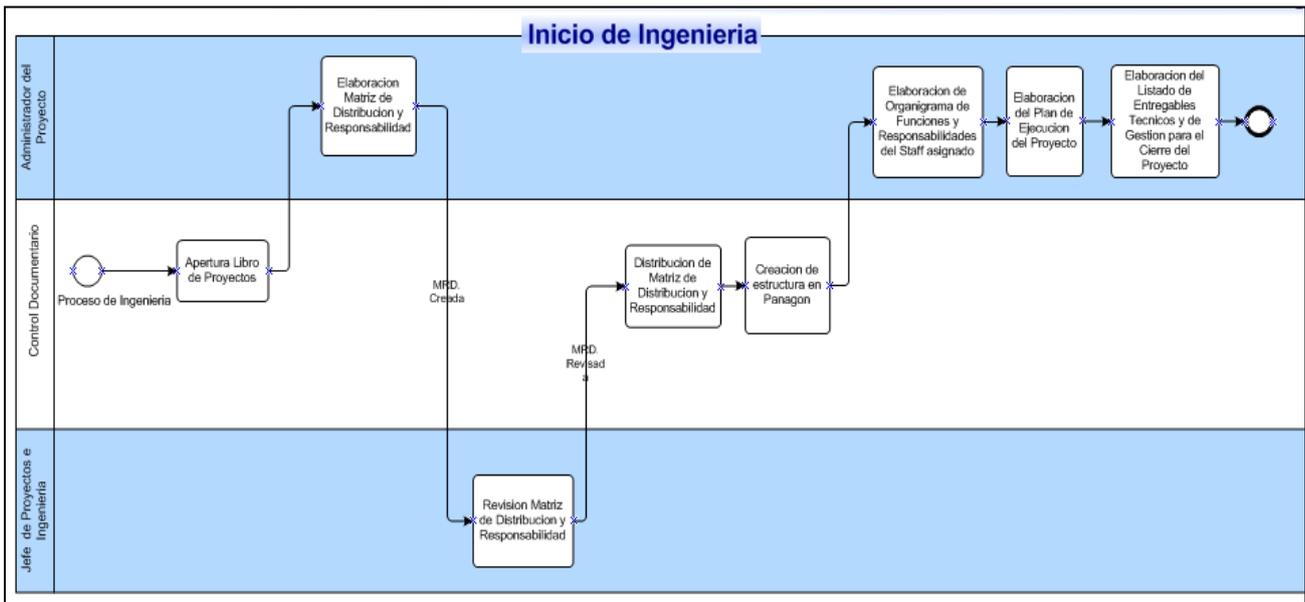


Figura 3. Subproceso Inicio de Ingeniería – vista Function Flow (Elaboración Propia)

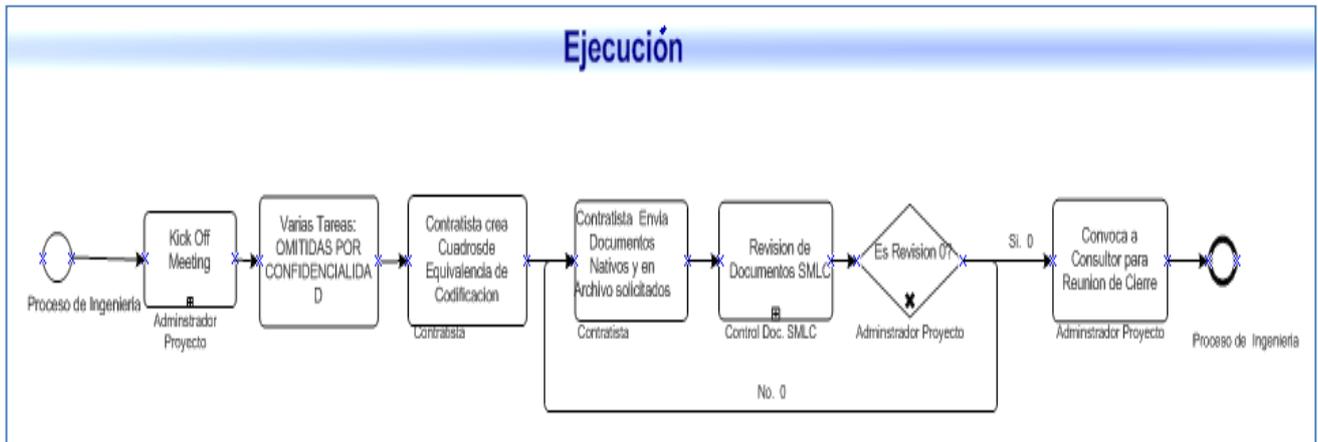


Figura 4: Subproceso Ejecución (pertenece al Proceso de Ingeniería). (Elaboración Propia)

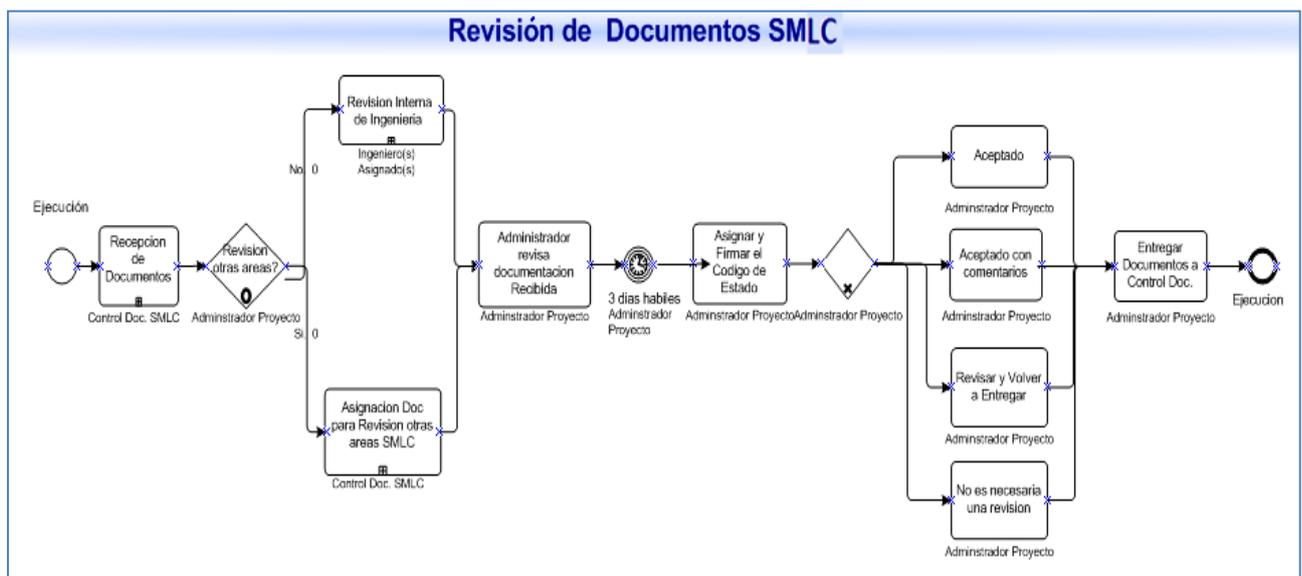


Figura 5: Subproceso Revisión de Documentos SMLC (pertenece al subproceso de Ejecución). (Elaboración Propia)

El contratista crea el cuadro de equivalencias de codificación para su documentación y envía los documentos solicitados de acuerdo a los formatos requerido en SMLC. Dichos documentos ingresan al subproceso de Revisión de Documentos SMLC.

Los documentos pasan múltiples revisiones hasta llegar a la enominada “Revisión 0”. Cuando se logra la “Revisión 0”, el contratista es convocado para la reunión de cierre. En la figura 4 se puede observar que además de la descripción de la secuencia de tareas también se especifican los roles. En la figura 5, presentamos el detalle del subproceso *Revisión de Documentos*. Este subproceso tiene 7 tareas y a su vez 3 subprocesos: *Recepción de Documentos*, *Revisión Interna de Ingeniería* y *Asignación Doc para Revisión otras Áreas SMLC*.

En este subproceso, Control Documentario de SMLC recibe los documentos entregados por el contratista. El administrador del proyecto, dependiendo de la envergadura del proyecto, determina la revisión de los documentos por los propios ingenieros de AIP o por otras áreas según corresponda. Una vez recibida nuevamente la documentación, el administrador del proyecto cuenta con 3 días hábiles para asignar y firmar el código de estado de la documentación: Aceptado, Aceptado con Comentario, Revisar y Volver a Entregar, No es Necesaria una Revisión). Dicha documentación es remitida a Control Documentario por el administrador del proyecto. En la figura 5, también se aprecia además del uso de roles, el uso de un Timer para modelar el tiempo máximo en que se debía asignar el estado de la documentación.

IV. EXTREME PROGRAMMING

En esta sección se describen las principales características de XP y se explora su aplicabilidad al proyecto.

A. Definición

eXtreme Programming (XP) es un método de ingeniería del software basado en el desarrollo iterativo e incremental, donde los requisitos y soluciones evolucionan mediante la colaboración de grupos auto organizados y multidisciplinarios. XP ha sido pensado para proyectos en donde los plazos son reducidos, los requisitos son volátiles y/o basados en nuevas tecnologías. XP enfatiza las comunicaciones cara a cara en vez de la documentación. También enfatiza que el software funcional es la primera medida del progreso [25].

XP minimiza los riesgos desarrollando software en lapsos cortos. El software desarrollado en una unidad de tiempo es llamado una iteración. Una iteración no debe agregar demasiada funcionalidad para justificar el lanzamiento del producto al “mercado”, sino que la meta es tener una «demo» (sin errores) al final de cada iteración. Al final de cada iteración el equipo vuelve a evaluar las prioridades del proyecto [25].

B. Modelo XP

XP define cuatro variables para cualquier proyecto de software: **costo, tiempo, calidad y alcance**. Además, se especifica que, de estas cuatro variables, sólo tres de ellas podrán ser fijadas arbitrariamente por actores externos al grupo de desarrolladores (clientes). El valor de la variable restante podrá ser establecido por el equipo de desarrollo, en función de los valores de las otras tres. Este mecanismo indica que, por ejemplo, si el cliente establece el alcance y la calidad, y el jefe de proyecto el precio, el grupo de desarrollo tendrá libertad para determinar el tiempo que durará el proyecto [26].

C. Fases

El ciclo de vida de un proyecto XP se divide en 4 fases [26,27]:

Fase de exploración: Es en la que se define el alcance general del proyecto. El cliente define lo que necesita mediante la redacción de sencillas “historias de usuarios”. Los programadores estiman los tiempos de desarrollo en base a esta información. Debe quedar claro que las estimaciones realizadas en esta fase son primarias (ya que estarán basadas en datos de muy alto nivel), y podrían variar cuando se analicen más en detalle en cada iteración.

Fase de planificación: La planificación es una fase corta, en la que el cliente, los gerentes y el grupo de desarrolladores acuerdan el orden en que deberán implementarse las historias de usuario, y, asociadas a éstas, las entregas. Típicamente esta

fase consiste en una o varias reuniones grupales de planificación. El resultado de esta fase es un Plan de Entregas. El Plan de Entregas establece el cronograma de qué historias de usuario serán agrupadas para conformar una entrega, y el orden de las mismas según sus prioridades.

Fase de iteraciones: Esta es la fase principal en el ciclo de desarrollo de XP. Las funcionalidades son desarrolladas en esta fase, generando al final de cada una un entregable funcional que implementa las historias de usuario asignadas a la iteración. Como las historias de usuario no tienen suficiente detalle como para permitir su análisis y desarrollo, al principio de cada iteración se realizan las tareas necesarias de análisis, recabando con el cliente todos los datos que sean necesarios. El cliente, por lo tanto, también debe participar activamente durante esta fase del ciclo. Las iteraciones son también utilizadas para medir el progreso del proyecto.

Fase de puesta en producción: Si bien al final de cada iteración se entregan módulos funcionales y sin errores, puede ser deseable por parte del cliente no poner el sistema en producción hasta tanto no se tenga la funcionalidad completa. En esta fase no se realizan más desarrollos funcionales, pero pueden ser necesarias tareas de ajuste.

D. Manifiesto Ágil

XP se basa en el manifiesto ágil que consta de 12 principios [15], mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4: Manifiesto Ágil

1	Satisfacer al cliente a través de entregas continuas y tempranas es la mayor prioridad.
2	Los cambios a los requerimientos son bienvenidos, aún en fases tardías del desarrollo.
3	Entregar frecuentemente software que funciona, desde un par de semanas a un par de meses, prefiriendo los periodos más cortos.
4	Desarrolladores, gerentes y clientes deben trabajar juntos diariamente, a lo largo del proyecto.
5	Construir proyectos alrededor de personas motivadas, dándoles el entorno y soporte que necesitan, y confiando en que realizarán el trabajo.
6	El método más eficiente y efectivo de transmitir información entre un equipo de desarrolladores es la conversación frontal (cara a cara).
7	Tener software que funciona es la medida primaria del progreso.
8	El proceso ágil promueve el desarrollo sostenible. Los sponsors, desarrolladores y usuarios deben ser capaces de mantener un ritmo de trabajo constante en forma permanente a lo largo del proyecto.

9	La atención continua a la excelencia técnica y el buen diseño mejoran la agilidad.
10	Simplicidad
11	Las mejores arquitecturas, requerimientos y diseños surgen de los equipos auto-organizados.
12	A intervalos regulares, el equipo debe reflexionar sobre como ser más efectivos, y ajustar su comportamiento de acuerdo a ello.

V. SE ADAPTA XP ?

En esta sección presentamos un análisis empírico sobre la adaptabilidad de XP como metodología de trabajo.

A. Generalidades : aplica XP?

El modelado y diagnóstico del proceso de AIP en BPMN fue el primero de su tipo dentro de SMLC. El tiempo de duración fue de 30 días. Para este trabajo SMLC solicitó explícitamente el uso de BPMN, con la idea de poder realizar una extensión a BPM en una segunda etapa.

De la gama de herramientas para modelar BPMN se realizó un breve análisis de las diferentes opciones del mercado. Se optó por el modelador BPMN de Interfacing³, herramienta que instala sobre Microsoft® Visio®. La decisión se debió a que el área de AIP estaba ya familiarizado con Microsoft® Visio®.

Reflexión 1: De acuerdo a las características y la definición de XP dada en la sección anterior se tenía un proyecto de modelado en BPMN con plazos reducidos, basados en nuevas tecnologías y con un fuerte énfasis de comunicación cara a cara (pero soportado también con mucha documentación). Empíricamente podemos decir que si aplica XP.

B. Aplica el Modelo XP?

De las 4 variables **costo**, **tiempo**, **calidad** y **alcance**, 3 de ellas fueron definidas por SMLC. a) El alcance, definido por el modelamiento de solamente AIP, b) El tiempo, que fue 30 días calendario y c) El costo, definido por la empresa en términos del mercado.

Esto dejó al consultor, en este caso el primer autor la variable **calidad**. La cual estuvo referida a la elección de la herramienta a utilizar, considerando su facilidad de uso.

Reflexión 2: El proyecto de modelado y diagnóstico realizado encaja en el Modelo XP. Se tuvieron tres variables restringidas por SMLC y una manejada por el desarrollador.

³ Interfacing: www.interfacing.org

C. Fases

En cuanto a las fases podemos decir que:

Fase de exploración: El alcance fue definido por el Encargado de la Superintendencia de Planeamiento y Control y, el Administrador de Control Documentario. El alcance se restringe al Area de Ingeniería y Proyectos. Dado que el requerimiento de SMLC fue que el proyecto terminara en 30 días (variable fija), no se tuvo un proceso de estimación de tiempos.

Fase de planificación: Esta fase estuvo dada por 2 reuniones en donde se definió el Plan de Entregas. El Plan de Entregas definido por SMLC se traduce en la Figura 1, respetando el mismo orden del Proceso de AIP: *Inicio de Ingeniería, Ejecución, Cierre de Ingeniería y Transferencia a Construcción*. Así mismo existe una entrega final en donde se presenta la vista general de todo el proceso de AIP con todo los actores involucrados denominado **Function Flow** y la entrega de un documento impreso con todo el detalle del trabajo.

Fase de iteraciones: De acuerdo a XP las funcionalidades del software son desarrolladas en esta fase, siendo asignada cada una de ellas a cada iteración. Para nosotros la funcionalidad está dada por cada proceso, subproceso o sub-subproceso.

En cada iteración se realizan las tareas necesarias de análisis, recabando con el cliente todos los datos que sean necesarios. El cliente, por lo tanto, también debe participar activamente durante esta fase del ciclo.

Todas las reuniones fueron realizadas con el Administrador de Control Documentario, con quien se hizo un modelo BPMN inicial, en donde se identificaron los cuatro principales subprocesos del Proceso de Ingeniería (figura 1). Las reuniones fueron interdiarias por un periodo de 20 días. Se tuvieron un total de 9 iteraciones.

El refinamiento del modelo fue iterativo e incremental. El estilo fue mixto, si bien inicialmente se buscaba el enfoque top-down, muchas veces se veía la necesidad de agrupar tareas en nuevos subprocesos para lograr mayor claridad en la descripción de algún subproceso.

Fase de puesta en producción: Si bien al final de cada iteración se entregan procesos, subprocesos y/o sub-subprocesos completos según el criterio de SMLC, parte del requerimiento fue mostrar la funcionalidad completa en donde se podían ver la relación entre todas las áreas involucradas, el flujo de documentos y los actores involucrados. Esta fase también incluyó la entrega de un documento impreso.

Reflexión 3: El Proyecto realizado se adapta a las cuatro fases del Modelo XP. El problema identificado en esta fase es que en XP si se tiene una medida en cuanto a la funcionalidad en cada iteración determinada por las llamadas “historias de

usuario". En el Proyecto una iteración puede estar dada por un solo sub-subproceso (figura 4) o por un subproceso que a su vez está conformado por varios sub-subprocesos (figura 5).

D. Manifiesto Ágil y BPMN

Para poder mapear el Manifiesto Ágil es necesario realizar una similitud en la terminología. Cuando en XP se refiere a software, nosotros consideramos un proceso, subproceso o sub-subproceso. No hacemos distinción en cuanto a la granularidad. El mapeo se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5: Mapeo Manifiesto Ágil

	Principios Agukes	Relación con el Proyecto de SMLC
1	Satisfacer al cliente a través de entregas continuas y tempranas es la mayor prioridad.	Dadas por cada uno de los subproceso identificados y modelados. Se tuvieron un total de 9 iteraciones. Por ejemplo los sub-subprocesos mostrados en las Figuras 4 y 5.
2	Los cambios a los requerimientos son bienvenidos, aún en fases tardías del desarrollo.	Dados por los ajustes realizados en la Vista Function Flow, cuando se tiene el panorama del modelo completo y de la interacción de todos los involucrados.
3	Entregar frecuentemente software que funciona, desde un par de semanas a un par de meses, prefiriendo los periodos más cortos.	Dado por cada uno de los subprocesos que se entregaban. Por ejemplo Inicio de Ingeniería, Ejecución, Cierre de Ingeniería (Figura 1)
4	Desarrolladores, gerentes y clientes deben trabajar juntos diariamente, a lo largo del proyecto.	Dado por las reuniones interdiarias entre el primer autor, el Encargado de la Superintendencia de Planeamiento y Control y el Administrador de Control Documentario.
5	Construir proyectos alrededor de personas motivadas, dándoles el entorno y soporte que necesitan, y confiando en que realizarán el trabajo.	Dado por la las reuniones con el equipo de trabajo y la facilidad de acceso a toda la información requerida tanto a nivel física como accesos al Sistema Panagon.
6	El método más eficiente y efectivo de transmitir información entre un equipo de desarrolladores es la conversación frontal (cara a cara).	Dado por las reuniones interdiarias entre el primer autor, el Encargado de la Superintendencia de Planeamiento y Control y el Administrador de Control Documentario.
7	Tener software que funciona es la medida primaria del progreso.	Medido por cada uno de los sub-subprocesos (Figuras 4 y 5) y subprocesos que se iban entregando de manera incremental (Figura 1)
8	El proceso ágil promueve el desarrollo sostenible. Los sponsors, desarrolladores y usuarios deben ser capaces de mantener un ritmo de trabajo constante en forma permanente a lo largo del proyecto.	Dado por el compromiso de las reuniones interdiarias con el equipo de trabajo.

9	La atención continua a la excelencia técnica y el buen diseño mejoran la agilidad.	No aplicado
10	Simplicidad	Presentado a través del Mecanismo de subprocesos de BPMN
11	Las mejores arquitecturas, requerimientos y diseños surgen de los equipos auto-organizados.	No Aplicado
12	A intervalos regulares, el equipo debe reflexionar sobre cómo ser más efectivos, y ajustar su comportamiento de acuerdo a ello.	No aplicado

Reflexión 4: De los doce principios del Manifiesto Ágil, se han mapeado 9. Este mapeo refuerza la aplicabilidad de XP como metodología de trabajo dadas las características y restricciones de este proyecto.

VI. DIAGNÓSTICO SMLC

Luego de tener el Modelo BPMN del proceso actual del área de Ingeniería y Proyectos, se realizó un análisis cualitativo utilizando la técnica de análisis de valor y un análisis cuantitativo mediante la técnica de simulación. Los principales resultados se detallan a continuación.

a) Subprocesos con exceso de tarea. El modelo BPMN del *Proceso de Ingeniería y Proyectos* permitió identificar un total de 79 tareas, 10 subprocesos, 32 tipos de documentos y 5 recursos (representados como roles). La distribución se resume en la tabla 6. El modelo BPMN permitió identificar que la mayor carga de trabajo se produce en el subproceso de Ejecución. De las 79 tareas, 61 tareas se realizan en dicho subproceso.

b) Tiempo. La simulación de nuestro modelo permitió hacer un análisis de cuánto tiempo tomaba realizar cada tarea, el tiempo total del proceso y los tiempos de espera. Dicho análisis permitió identificar algunos tiempos excesivos para tareas muy sencillas. El subproceso *Revisión de Documentos* (figura 5), se redujo de 2 días a 1 día.

c) Ausencia de Alertas. El modelo permitió identificar que una fuente importante de los "cuellos de botella" era la ausencia de alertas que indicaran que un documento había cumplido su plazo máximo antes de ingresar a la siguiente tarea. Por ejemplo, la figura 5 muestra que mediante un Timer, el tiempo máximo que tiene el Administrador Proyecto para Asignar y Firmar el Código de Estado de un documento es de 3 días hábiles. En la práctica, podía excederse muchos días, causando un retraso significativo y afectando a la eficiencia general de todo el proceso.

Tabla 6 Resumen subprocesos, actividades, tareas y compuertas Proceso de Ingeniería y Proyectos.

Sub-procesos PRINCIPALES	Tareas	Compuertas	Sub-procesos					
Inicio Ingeniería	8	0	0					
Ejecución	9	4		Tareas	Comp	Sub-procesos		
			Kick Meeting of	10	0		Tareas	Comp
						Reunión Coordinación Control SMLC y Contratista	7	0
			Revisión Documentos	11	2	Recepción Documentos	11	2
						Revisión Interna de Ingeniería	6	1
						Asignación Documentos para revisión otras áreas SMLC	3	0
Cierre	6	1	0					
Transferencia	8	2	0					

d) **Roles con Sobrecarga de Tareas.** De los cinco roles identificados, cuatro pertenecen a SMLC y uno es externo a la empresa: contratista. La asignación de tareas versus roles se presenta en la tabla 7. De los cinco roles dos presentan sobrecarga de tareas: Control Documentario de SMLC con 32 tareas y Administrador Proyecto con 25 tareas.

Es importante notar que en SMLC se manejan hasta siete proyectos de manera simultánea, lo que agrava aún más la carga de dichos roles.

Tabla 7: Asignación de Tareas vs. Roles.

Rol	Tareas
Ingeniero Asignado (según disciplina)	6
Jefe de Proyectos	8
Administrador de Proyecto	25
Control Doc. SMLC	32
Contratista	8

VII. CONCLUSIONES

Este trabajo describió nuestra experiencia en el modelado y diagnóstico del proceso de Ingeniería y Proyectos de una empresa minera. El modelo fue elaborado en forma iterativa e incremental utilizando BPMN. Nuestra experiencia destaca como aporte la aplicación de la metodología ágil eXtreme Programming (XP), propia de proyectos de software.

El uso de BPMN logró describir los procesos existentes en forma clara, estándar y completa según lo referido por los principales stakeholder. Durante la iteraciones con el stakeholder principal se observó la facilidad que tenía para leer el modelo y sugerir los detalles de refinamiento propios del proceso (el stakeholder no tenía conocimiento previo de BPMN).

Si bien BPMN brinda un extenso conjunto de símbolos, en este trabajo, se utilizó un pequeño subconjunto: tareas, eventos, compuertas y sub-procesos. En algunos casos se optó por utilizar eventos especializados, como un Timer.

Al tener un modelo claro y con la aplicación de técnicas de análisis cualitativo y cuantitativo fue sencillo para SMLC identificar las causas de los continuos retrasos e incumplimientos en el proceso de Ingeniería y Proyectos: roles con sobrecarga de tareas, subprocesos con exceso de tareas, tareas que tomaban demasiado tiempo y la ausencia de alertas con respecto a plazos cumplidos para el envío de documentación.

REFERENCIAS

- [1] L. D. Turner and A. B. Weickgenannt, "Accounting Information Systems: The Controls and Processes". 2nd Ed. Wiley. 2013.
- [2] T. H. Davenport. "Process innovation: reengineering work through information technology". Boston, Mass: Harvard Business School Press, 1993.
- [3] H. J. Harrington. "Business process improvement: The breakthrough strategy for total quality, productivity, and competitiveness" (Vol. 1). New York: McGraw-Hill. 1991.
- [4] S. A. White and D. Miers. "BPMN Modeling and Reference Guide: Understanding and Using BPMN". Future Strategies Book Division. 2008.
- [5] M. Z. Muehlen and D. T. Ho. "Service process innovation: a case study of BPMN in practice". In Hawaii IEEE international conference on system sciences, proceedings of the 41st annual (pp. 372-372). 2008.
- [6] J. Recker, J. Indulska, M. Rosemann and P. Green. "How good is BPMN really? Insights from theory and practice", in Ljungberg, J. and Andersson, M. (Eds), paper presented at the 14th European Conference on Information Systems, Association for Information Systems, Goeteborg, 2006.
- [7] D. Simmonds and R. W. Collins. "eBPMN for Process Modeling: A design science/HIPS evaluation". In CONF-IRM 2010 Proceedings. Paper (Vol. 39), 2010.
- [8] J. Recker. "Opportunities and constraints: the current struggle with BPMN". Business Process Management Journal, 16(1), 181-201, 2010.

- [9] J. Recker “BPMN modeling – who, where, how and why”, BPTrends, Vol. 5 No. 5, pp. 1-8. , 2008.
- [10] N. Genon, P. Heymans and D. Amyot. “Analysing the cognitive effectiveness of the BPMN 2.0 visual notation”. In Software Language Engineering (pp. 377-396). Springer Berlin Heidelberg, 2011.
- [11] B. S. Barn, and S. Oussena, “BPMN, toolsets, and methodology: a case study of business process management in higher education”. In Information Systems Development (pp. 685-693). Springer US, 2010
- [12] J. Recker, M. Muehlen, K. Siau, J. Erickson, and M. Indulska, “Measuring method complexity: UML versus BPMN,” in Proceedings of the Americas Conference on Information Systems (AMCIS '09), pp. 1–12, AIS, 2009.
- [13] C. Wolter and A. Schaad, “Modeling of task-based authorization constraints in BPMN”. In Business Process Management (pp. 64-79). Springer Berlin Heidelberg, 2007
- [14] J.L de la Vara, J Sánchez, and O. Pastor. Business process modelling and purpose analysis for requirements analysis of information systems. In Advanced Information Systems Engineering (pp. 213-227). Springer Berlin Heidelberg, January- 2008.
- [15] B. Jos Warmer, G. Anneke. Manifiesto for Agile Software Development. Kleppe. <http://www.agilemanifesto.org/>
- [16] eXtreme Programming Organizatoion. <http://www.extremeprogramming.org/>, Consulta Agosto 2005.
- [17] S. Verma, “A closer look at extreme programming (XP) with an onsite-offshore model to develop software projects using XP methodology,” Bus. Inf. Process., vol. 16, pp. 166–180, 2009.
- [18] H. Ordoñez, A. Escobar, D Velandia and C. Cobos, “Business Processes as a Strategy to Improve Re-quirements Elicitation in Extreme Programming (XP)”. Memorias del VII Congreso de Telematica CITA 2015, Colombia.
- [19] B. Hitpass, J. Freud and B. Ruecke. “BPMN 2.0 Manual de Referencia y Guía Práctica”, Tercera Edicion 2013, Publisher: BPM Center, Editor: BHH Ltda.
- [20] IBM Corporation. “White Introduction to BPMN. http://www.omg.org/bpmn/Documents/Introduction_to_BPMN.pdf. Fecha de Consulta: 2 de abril de 2014.
- [21] Object Management Group. “Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0”. <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF/>. Fecha de Consulta: 29 de abril de 2015.
- [22] International Standards Organization. “ISO 9001:2008, Quality Management Systems Requirements.” http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso_9000.htm. Fecha de Consulta: 10 de Abril del 2014
- [23] International Standards Organization. “ISO 14001:2004 - Environmental management systems – Requirements with guidance for use” <http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso14000.htm>. Fecha de Consulta: 10 de Abril del 2014
- [24] OHSAS 18001, Evaluación de Higiene y Seguridad Ocupacional, <http://www.ohsas-18001-occupational-health-and-safety.com>. Fecha de Consulta 29 de abril del 2015
- [25] S. Vermna “A Guide to agile development of interactive software with a User Objectives – driven methodology. Sci. Computer Program, vol 78 pp 2268 – 2281, 2013.
- [26] K. Beck. “Extreme Programming Explained: Embrace Change”, 2 Ed, MA. : Addison Wesley Longman, Inc., 2000.
- [27] I. Joskowicz and C. MIngus. “Reglas y Prácticas en eXtreme Programming” Universidad de Vigo, 2008.