

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EVALUACIONES
FINANCIERAS Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE PROYECTOS
DE INVERSIÓN MINERA EN EL PERÚ**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Informático**, que presentan los bachilleres:

Miguel Angel Vega Gastañaga
Pedro Curich Gonzales

ASESORES: Isaac Yrigoyen
Jorge Berrocal

Lima, noviembre de 2014

Resumen

Los proyectos mineros en el Perú tienen un alto impacto en el ámbito político, económico y social del país. Por ende, las empresas mineras deben asegurar desde el comienzo la rentabilidad de los mismos a través de tasas calculadas a partir de una evaluación financiera. La misma debe recopilar y clasificar los ítems de inversión, costo e ingreso, proyectar su comportamiento en el futuro y realizar un análisis de sensibilidad sobre los elementos cuyo valor sea volátil en el tiempo.

De acuerdo a las entrevistas realizadas al exviceministro de Minas y usuario experto del sistema a desarrollar, Fernando Gala Soldevilla, las empresas mineras del Perú utilizan las hojas de cálculo como herramienta para realizar sus evaluaciones financieras y no cuentan con una solución integral alineada al contexto del país. Las mismas poseen desventajas inherentes frente a sistemas de información automatizados que dan accesibilidad a distintos usuarios y permiten la persistencia e integridad de los datos.

En consecuencia, se propone como solución la implementación de un sistema de información que permita a las empresas mineras peruanas realizar las evaluaciones financieras de sus proyectos de inversión con la posibilidad de efectuar un análisis de sensibilidad sobre distintas variables. Así mismo, debe facilitar la comparación de resultados de distintos proyectos para una mejor toma de decisiones desde un solo entorno centralizado y compartido que estará correctamente alineado al contexto de la industria y a las leyes del Perú.

El presente documento cuenta con cinco capítulos. El primero introduce la problemática que se desea resolver, los conceptos teóricos que la rodean, las soluciones disponibles en el mercado y los objetivos y resultados que se desean alcanzar. El segundo describe las metodologías que se utilizaron, tanto para la gestión del proyecto como para el desarrollo de la solución, y la planificación que se realizó. El tercer capítulo detalla el análisis, diseño y arquitectura de la solución. El cuarto resume el proceso de selección de herramientas de desarrollo, la fase de construcción de la herramienta y el plan de pruebas que se realizó. Finalmente, el quinto capítulo consiste en las conclusiones a las que se llegó y en recomendaciones y trabajos futuros que podrían mejorar la solución.

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO INFORMÁTICO

TÍTULO: Sistema de información para evaluaciones financieras y análisis de sensibilidad de proyectos de inversión minera en el Perú

ÁREA: Sistemas de información

PROPONENTES: Mag. Isaac Yrigoyen
Mag. Jorge Berrocal

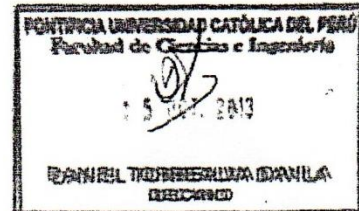
ASESORES: Mag. Isaac Yrigoyen
Mag. Jorge Berrocal

ALUMNOS: Miguel Angel Vega Gastañaga
Pedro Curich Gonzales

CÓDIGOS: 20080341
20062053

TEMA N°: 482

FECHA: San Miguel, 4 de julio de 2013



DESCRIPCIÓN

Los proyectos mineros en el Perú tienen un alto impacto en el ámbito político, económico y social del país. Por ende, las empresas mineras deben asegurar desde el comienzo la rentabilidad de los mismos y realizar una evaluación financiera que les permita recopilar y clasificar los ítems de inversión, costos e ingresos relacionados, así como los supuestos y las proyecciones de su comportamiento en el futuro. Los resultados deben ser valores o tasas medibles y comparables que le puedan indicar a la organización si, en efecto, conviene iniciar el proyecto.

De acuerdo a las entrevistas realizadas al ex Vice-Ministro de Minas y usuario experto del sistema a desarrollar, Fernando Gala Soldevilla, en la actualidad las empresas mineras medianas y pequeñas del Perú utilizan las hojas de cálculo como herramienta para realizar sus evaluaciones financieras, pues no cuentan con una solución integral y que además esté alineada al contexto del país. Sin embargo, estas hojas poseen desventajas inherentes frente a sistemas de información automatizados que dan accesibilidad a distintos usuarios y permiten la persistencia e integridad de los datos. El manejo de fórmulas, por ejemplo, es totalmente manual y la construcción del modelo no tiene una estructura determinada o estándar, lo que dificulta la revisión y el entendimiento de la evaluación y reduce las posibilidades de reutilización para otros proyectos. Por otro lado, las hojas de cálculo son guardados directamente en el sistema de archivos del sistema operativo y pueden ser fácilmente borradas, movidas y modificadas.

En consecuencia, el presente proyecto de fin de carrera propone como solución la implementación de un sistema de información que permita a las empresas mineras peruanas realizar las evaluaciones financieras de sus proyectos de inversión con la posibilidad de brindar análisis de sensibilidad sobre las variables críticas. Así mismo,

FACULTAD DE
**CIENCIAS E
 INGENIERÍA**
 ESPECIALIDAD DE
 INGENIERÍA INFORMÁTICA

 PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
 CATÓLICA**
 DEL PERÚ

debe facilitar la comparación de resultados de distintos proyectos para una mejor toma de decisiones desde un solo entorno centralizado y compartido que estará correctamente alineado al contexto de la industria y a las leyes del Perú.

OBJETIVO GENERAL

Proveer un sistema de información colaborativo y especializado para la evaluación de proyectos de inversión minera

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos son:

1. Consolidar un conjunto de variables que conformen distintas plantillas a ser utilizadas por las evaluaciones de los proyectos de inversión minera
2. Reducir la complejidad en el uso del análisis de sensibilidad en los proyectos de inversión minera
3. Ofrecer un entorno compartido para la construcción de evaluaciones financieras de proyectos de inversión minera
4. Permitir el almacenamiento, visualización y restauración de distintas versiones de la evaluación financiera de un proyecto de inversión minera
5. Permitir la automatización del control de la trazabilidad de las modificaciones realizadas a la evaluación financiera de un proyecto de inversión minera.
6. Permitir la automatización del control de accesos y permisos a las distintas evaluaciones financieras de los proyectos de inversión minera.

ALCANCE

En el presente proyecto de tesis se realizará el análisis, diseño e implementación de un sistema de información para realizar evaluaciones financieras y su análisis de sensibilidad de proyectos de inversión minera en el Perú, principalmente a empresas medianas o pequeñas que tienen a las hojas de cálculo como única herramienta de evaluación.

En primer lugar, se crearán plantillas configurables para los principales tipos de proyectos mineros, a las que se asociarán las distintas variables que intervienen en la evaluación financiera. Dichas plantillas serán la base sobre la cual se construirán las evaluaciones financieras, donde el usuario podrá ajustar los valores a su realidad y podrá obtener como resultado los indicadores de rentabilidad y flujo de caja del proyecto. Además, se podrá asignar diferentes distribuciones estadísticas a las variables que se consideren críticas para que se pueda realizar, a través del método de Monte Carlo, un análisis de sensibilidad que revele cómo los resultados de la evaluación financiera del proyecto podrían variar. Así mismo, se seguirán los lineamientos de la ISO 27002 para esquematizar la integridad de los datos y manejar de forma adecuada el acceso y trazabilidad a los mismos.

Debido a que el proyecto de tesis es conjunto, el tesista Miguel Vega se encargará del desarrollo de los módulos de plantillas, evaluaciones financieras y auditoría, mientras el tesista Pedro Curich de la implementación del método de simulación de Montecarlo y el módulo de seguridad del sistema.

Agradecimientos

Agradecemos a nuestros asesores, el Ing. Isaac Yrigoyen y el Ing. Jorge Berrocal, y al Ing. Fernando Gala por el apoyo brindado en la consolidación de este proyecto.



Índice

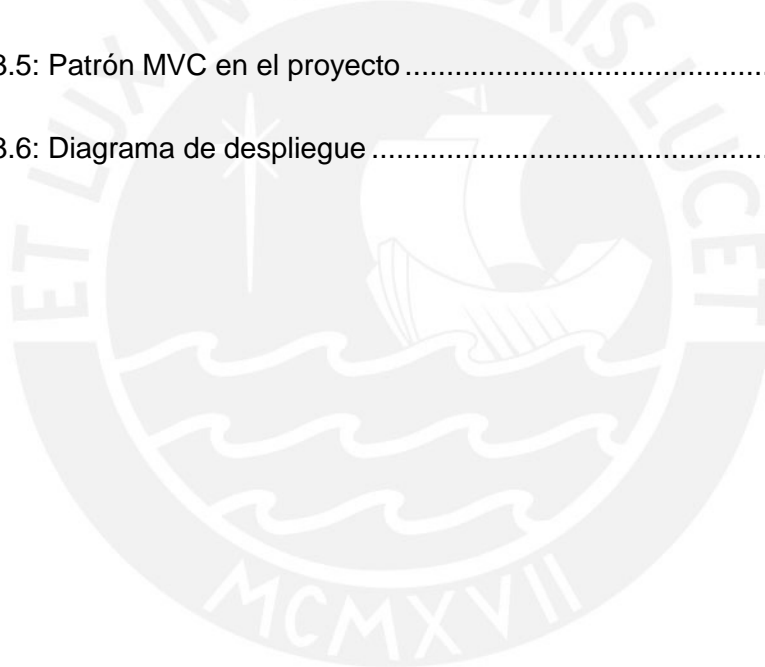
Capítulo I	1
1 Generalidades	1
1.1 Introducción	1
1.2 Objetivo general	2
1.3 Objetivos específicos.....	2
1.4 Resultados esperados.....	3
1.5 Problemática	3
1.6 Marco teórico.....	6
1.6.1 Marco conceptual	6
1.6.2 Análisis de riesgos e incertidumbre	13
1.6.3 Análisis de sensibilidad.....	18
1.6.3.1 Simulación de Monte Carlo	20
1.6.4 Marco regulatorio / legal	22
1.6.4.1 Regalías mineras.....	22
1.6.4.2 Impuesto especial a la minería.....	23
1.6.4.3 Gravamen especial minero	23
1.6.4.4 Impuesto a la renta en empresas mineras	24
1.7 Estado del arte	24
1.7.1 Hojas de Cálculo en Microsoft Excel.....	24
1.7.2 Crystall Ball de Oracle	25
1.7.3 GoldSim	25
1.7.4 Netlogo.....	26
1.7.5 AnyLogic.....	26
1.7.6 Simulink.....	27

1.7.7	IC-MinEval.....	27
1.7.8	EvalAs	28
1.7.9	EasyPlanEx	28
1.8	Conclusiones sobre el estado del arte	29
1.9	Alcance y limitaciones	29
1.10	Viabilidad y justificativa	30
1.10.1	Viabilidad.....	30
1.10.1.1	Viabilidad técnica.....	30
1.10.1.2	Viabilidad temporal	30
1.10.1.3	Viabilidad económica.....	30
1.10.2	Justificativa.....	31
Capítulo II	32
2	Metodologías y planificación.....	32
2.1	Métodos, metodología y procedimientos.....	32
2.1.1	Metodologías para la gestión del proyecto.....	32
2.1.1.1	PMBOK.....	32
2.1.1.2	Scrum	33
2.1.2	Metodologías para el desarrollo de la solución	33
2.1.2.1	Extreme Programming (XP)	35
2.1.2.2	ISO 27002.....	35
2.2	Planificación del proyecto	37
2.2.1	Diagrama EDT.....	37
2.2.2	Matriz de riesgos	37

Capítulo III	38
3 Análisis y diseño	38
3.1 Visión del producto	38
3.2 Historias de usuario	38
3.3 Diagrama de clases de análisis	38
3.4 Diagrama de clases de diseño	41
3.5 Patrón de diseño y persistencia	44
3.6 Arquitectura de despliegue	45
Capítulo IV	47
4 Construcción y pruebas	47
4.1 Justificativa tecnológica	47
4.1.1 Entorno de desarrollo	48
4.1.2 Lenguajes de programación y frameworks	48
4.1.3 Motor de base de datos	48
4.2 Definición de Iteraciones	49
4.2.1 Iteración 1: Usuarios y perfiles del sistema	49
4.2.2 Iteración 2: Proyectos de inversión y plantillas	50
4.2.3 Iteración 3: Análisis de sensibilidad	52
4.2.4 Iteración 4: Comparación de proyectos	53
Capítulo V	54
5 Conclusiones y trabajos futuros	54
5.1 Conclusiones	54
5.2 Trabajos futuros	56
Bibliografía	58

Índice de figuras

Figura 1.1: Inversión en proyectos mineros en 2012 el Perú	4
Figura 1.2: Etapas de un proyecto minero	7
Figura 2.1: Diagrama EDT	37
Figura 3.1: Vista del proyecto del diagrama de clases	40
Figura 3.2: Vista del análisis sensibilidad del diagrama de clases	42
Figura 3.3: Primera propuesta de vista de Proyectos.....	43
Figura 3.4: Propuesta final de vista de Proyectos	44
Figura 3.5: Patrón MVC en el proyecto	46
Figura 3.6: Diagrama de despliegue	46

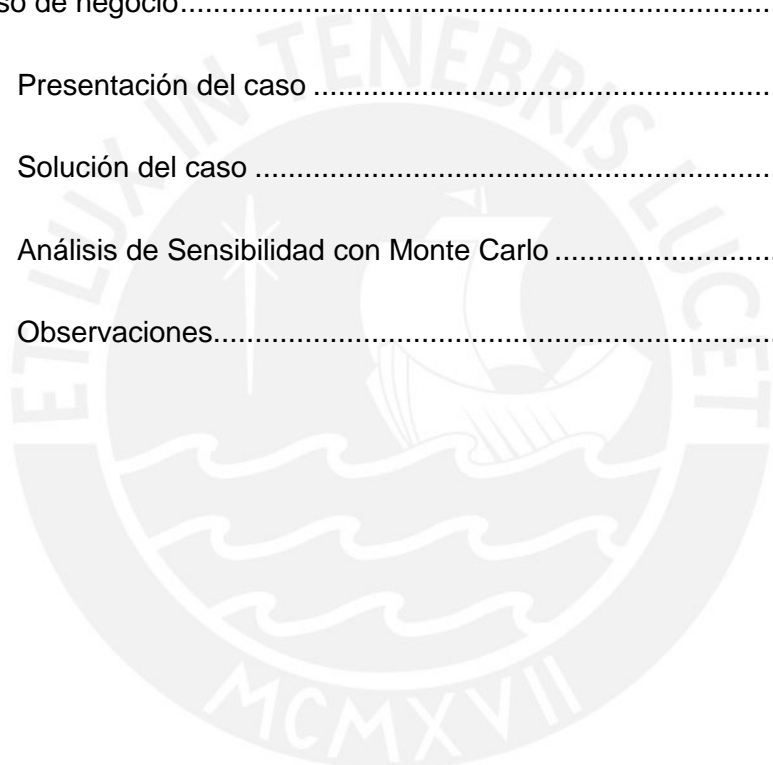


Índice de tablas

Tabla 1-1: Activos fijos.....	8
Tabla 1-2: Activos intangibles	9
Tabla 1-3: Ingresos proyectados.....	10
Tabla 1-4: Conceptos negociables.....	11
Tabla 1-5: Fuentes de financiamiento	11
Tabla 1-6: Fases de la utilidad	12
Tabla 1-7: Principales impuestos y participaciones.....	13
Tabla 1-8: Indicadores de rentabilidad de un proyecto.....	14
Tabla 1-9: Relaciones de VAN para escenarios probables	16
Tabla 1-10: Resumen del valor esperado para cada proyecto.	17
Tabla 1-11: Cálculo del equivalente de certeza	18
Tabla 1-12: Distribución de probabilidades	21
Tabla 2-1: Aplicación de las áreas de conocimiento de PMBOK.....	34
Tabla 2-2: Roles del proyecto	35
Tabla 2-4: Matriz de riesgos	36
Tabla 3-1: Visión del producto	39
Tabla 3-2: Historias de usuario	41
Tabla 3-3: Capas del modelo MVC	45

Índice de anexos

1	Cronograma de actividades	3
2	Pruebas unitarias.....	5
2.1	Iteración 2.....	5
2.2	Iteración 3.....	15
2.3	Iteración 4.....	23
3	Caso de negocio.....	26
3.1	Presentación del caso	26
3.2	Solución del caso	28
3.3	Análisis de Sensibilidad con Monte Carlo	40
3.4	Observaciones.....	46



Capítulo I

1 Generalidades

En este capítulo se describen los conceptos necesarios para el entendimiento del problema que se desea resolver en el proyecto y las soluciones alternativas que existen en el mercado. Además, se definen los objetivos y los resultados esperados, así como las metodologías que se siguieron para la consecución de los mismos. Finalmente, se presenta el alcance, las limitaciones y la viabilidad del proyecto.

1.1 Introducción

Los proyectos mineros en el Perú tienen un alto impacto en el ámbito político, económico y social del país. Por ende, las empresas mineras deben asegurar desde el comienzo la rentabilidad de los mismos y realizar una evaluación financiera que les permita recopilar y clasificar los ítems de inversión, costos e ingresos relacionados, así como los supuestos y las proyecciones de su comportamiento en el futuro. Los resultados deben ser valores o tasas medibles y comparables que le puedan indicar a la organización si, en efecto, conviene iniciar el proyecto y deben tomar en cuenta los distintos escenarios en los que las variables más importantes puedan incurrir.

De acuerdo a las entrevistas realizadas al exviceministro de Minas y usuario experto del sistema a desarrollar, Fernando Gala Soldevilla, en la actualidad las empresas mineras del Perú utilizan las hojas de cálculo como herramienta para realizar sus evaluaciones financieras, pues no cuentan con una solución integral y que además esté alineada al contexto del país. Sin embargo, las mismas poseen desventajas inherentes frente a sistemas de información automatizados que dan accesibilidad a distintos usuarios y permiten la persistencia e integridad de los

datos. El manejo de fórmulas, por ejemplo, es manual y la construcción del modelo no tiene una estructura determinada o estándar, lo que dificulta la revisión y el entendimiento de la evaluación y reduce las posibilidades de reutilización para otros proyectos. Por otro lado, los archivos son guardados directamente en el sistema de archivos del sistema operativo y pueden ser fácilmente borrados, movidos o modificados.

En consecuencia, el presente proyecto de fin de carrera propone como solución la implementación de un sistema de información que permita a las empresas mineras peruanas realizar las evaluaciones financieras de sus proyectos de inversión con la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad sobre las variables críticas. Así mismo, debe facilitar la comparación de resultados de distintos proyectos para una mejor toma de decisiones desde un solo entorno centralizado y compartido que estará correctamente alineado al contexto de la industria y a las leyes del Perú.

1.2 Objetivo general

El objetivo general del proyecto de fin de carrera es el siguiente:

Proveer de un sistema de información colaborativo y especializado para la evaluación de proyectos de inversión minera

1.3 Objetivos específicos

Los objetivos específicos en los que se disgrega el objetivo general son los siguientes:

1. Consolidar un conjunto de variables que conformen distintas plantillas a ser utilizadas por las evaluaciones de los proyectos de inversión minera
2. Reducir la complejidad en el uso del análisis de sensibilidad en los proyectos de inversión minera
3. Ofrecer un entorno compartido para la construcción de evaluaciones financieras de proyectos de inversión minera
4. Permitir el almacenamiento, visualización y restauración de distintas versiones de una evaluación financiera de un proyecto de inversión minera
5. Automatizar el control de la trazabilidad de las modificaciones realizadas a la evaluación financiera de un proyecto de inversión minera

6. Automatizar el control de accesos y permisos a las distintas evaluaciones financieras de proyectos de inversión minera

1.4 Resultados esperados

Los resultados esperados de los objetivos específicos son los siguientes:

1. Resultado para el objetivo 1: Módulo de creación y mantenimiento de plantillas predefinidas de proyectos de inversión minera
2. Resultado para el objetivo 2: Simulador que permita automatizar la realización del análisis de sensibilidad sobre una evaluación financiera y que reduzca la complejidad en uso
3. Resultado para el objetivo 3: Prototipo que permite la construcción y compartición de evaluaciones financieras de proyectos de inversión minera
4. Resultado para el objetivo 4: Módulo de control y restauración de versiones de evaluaciones financieras de proyectos de inversión minera
5. Resultado para los objetivos 5 y 6: Módulo de acceso al sistema y auditoría a usuarios

1.5 Problemática

Los proyectos son la búsqueda de soluciones inteligentes al planteamiento de un problema que se pretende resolver (Sapag & Sapag, 2003). Como ejemplos de proyectos en el sector minero, se pueden citar el estudio y exploración geológica de un terreno, la apertura de una nueva operación minera, la reactivación de una mina paralizada, el aumento de la capacidad de producción, el reemplazo de equipos de producción o el cierre de minas que responden, básicamente, a la necesidad de las empresas de generar valor y obtener utilidades (Gala, 2012).

Según se observa en la Figura 1.1, en el transcurso del año 2012, el capital destinado a los proyectos de la industria minera en el Perú asciende a 53,423 millones de dólares, de los cuales un 16.16% corresponde a ampliaciones en ejecución, un 45.47% a la realización de exploraciones y el resto a proyectos cuyos estudios de impacto ambiental (EIA) ya han sido presentados o aprobados (Ministerio de Energía y Minas, 2012a).

Desde el punto de vista de la evaluación financiera, los proyectos giran en torno a su rentabilidad, lo que conlleva a una comparación de los costos incurridos e

ingresos a ser generados. Estas evaluaciones deben permitir comparar los gastos y costos, para posteriormente puedan ser optimizados. Los principales objetivos de los proyectos de inversión son ordenar y sistematizar la información (Sapag & Sapag, 2003); en otras palabras, recopilar y clasificar los ítems de inversión, costos e ingresos relacionados, así como los supuestos y las proyecciones de su comportamiento en el futuro. Los resultados son valores o tasas medibles y comparables que le puedan indicar a la organización si, en efecto, conviene iniciar el proyecto y deben tomar en cuenta los distintos escenarios en los que las variables más importantes puedan incurrir a través de un análisis de sensibilidad. (Yrigoyen, Berrocal, & Vega, 2012).

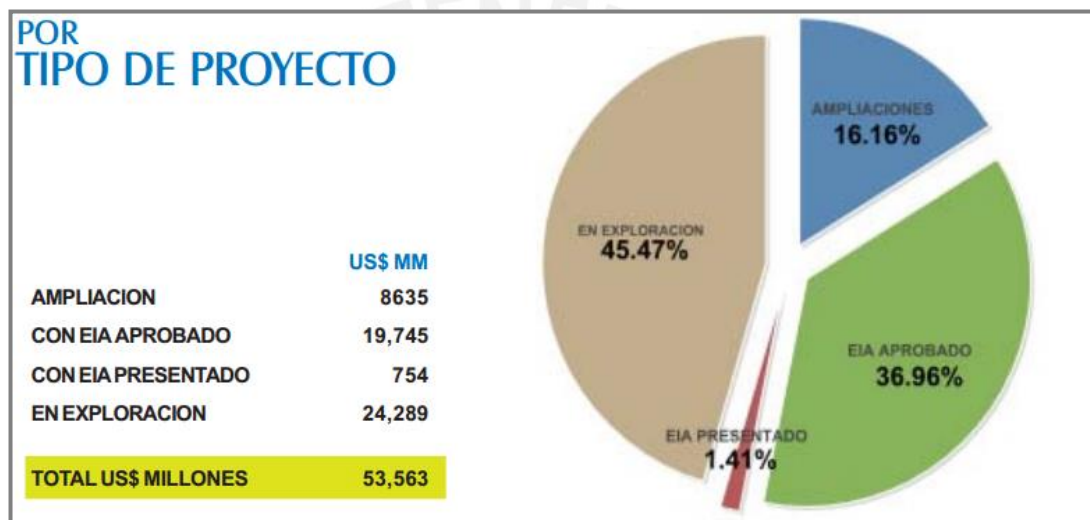


Figura 1.1: Inversión en proyectos mineros en 2012 el Perú
Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2012a)

Así mismo, el proyecto tendrá un impacto directo en la valorización contable y de mercado de las organizaciones mineras que lo proponen (Gala, 2012), así como un impacto en el ecosistema y en la economía del lugar donde se ejecutará. Por ejemplo, la participación de los productos mineros en las exportaciones del Perú de enero a mayo del 2012 fue de 57.93% (Ministerio de Energía y Minas, 2012a); sin embargo, hasta el 3 de setiembre del 2012, existen en el Perú 7576 Pasivos Ambientales Mineros (PAM) activos (Ministerio de Energía y Minas, 2012b).

Según lo expresado, cabe resaltar la importancia intrínseca de las evaluaciones financieras y su correspondiente análisis de sensibilidad para cualquier proyecto: la reducción de la incertidumbre de las variables sujetas a desviaciones y la medición de las posibles consecuencias que dichas variaciones puedan tener sobre la rentabilidad y viabilidad financiera del proyecto. Particularmente, en el ámbito minero, la cotización internacional de los metales es muy volátil, por lo que las

empresas deben poder conocer de antemano las posibles consecuencias que esto pueda generar sobre la rentabilidad de sus proyectos y asegurar, con números, al inversionista que dichos proyectos seguirán siendo atractivos en los distintos escenarios que puedan incurrir.

De acuerdo a las entrevistas realizadas al exviceministro de Minas, Fernando Gala Soldevilla, actualmente, las empresas mineras con proyectos en Perú no cuentan con soluciones informáticas especializadas que les permita llevar de forma estandarizada y automática sus evaluaciones financieras para proyectos de inversión. Sin embargo, en el contexto mundial si existen soluciones sistémicas pero no se encuentran alineadas con el funcionamiento de la industria y leyes del Perú o son componentes complementarios a las hojas de cálculo que, por transitividad, heredan sus problemas. (Vega, Curich, Yrigoyen, & Berrocal, 2012).

En esta línea, es importante mencionar que las hojas de cálculo tienen desventajas inherentes frente a sistemas de información automatizados que dan accesibilidad a distintos usuarios y permiten la persistencia e integridad de los datos con el uso de base de datos relacionales. El manejo de fórmulas, además, es manual y la construcción del modelo no tiene una estructura determinada o estándar, lo que dificulta la revisión y el entendimiento de la evaluación y reduce las posibilidades de reutilizar la misma hoja de cálculo para otros proyectos. Por otro lado, los archivos son guardados directamente en el sistema de archivos del sistema operativo y pueden ser fácilmente borrados, movidos o modificados, lo que aumenta las posibilidades de alteración o pérdida de la información. Además, el intercambio y difusión de los archivos está restringido al envío de correo electrónico o a carpetas compartidas, lo que limita al manejo de versiones al nombre del documento (Eppen, 2000).

Por otra parte, como el capital de inversión es escaso para las organizaciones, también es importante poder elegir acertadamente qué proyectos se deben poner en marcha y priorizarlos (Blank & Tarquin, 2006). Los escenarios de indecisión pueden estar dados por la incertidumbre del entorno, por la necesidad de inversión en contingencias o para el crecimiento o corrección de un proyecto en marcha (Calle & Tamayo, 2009). En las hojas de cálculo, para realizar la comparación entre distintos proyectos, se tiene que crear un nuevo archivo y enlazarlo a la información desde los otros archivos por nombre, lo que incrementa las posibles fuentes de

error, dado que dicho nombre se debe mantener, complicando aún más la administración de las versiones y la compartición del consolidado.

En adición, las evaluaciones financieras de proyectos utilizan proyecciones hacia el futuro generadas a partir de datos presentes. Estas tienen como dificultad que puedan ser susceptibles a variaciones de acuerdo a factores del entorno social, económico o político (Vega, Curich, Yrigoyen, & Berrocal, 2012). Para tratar estas variaciones, se deben estimar los riesgos o límites aceptables en los que puedan incidir. Con ellos, se podrán realizar simulaciones de los distintos escenarios en los que el proyecto podría incurrir (Barreto, 2006). En consecuencia, se tendrá una evaluación más completa y proactiva que reduzca el riesgo de tener que repetir el estudio.

Dado este panorama, el proyecto de fin de carrera pretende solucionar dicho vacío y reemplazar a las hojas de cálculo con un sistema de información que le permita a las empresas mineras peruanas realizar las evaluaciones financieras de sus proyectos de inversión con la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad a las variables críticas de manera sencilla y casi transparente. Así mismo, facilitará la comparación de resultados de distintos proyectos para una mejor toma de decisiones desde un solo entorno centralizado y compartido que estará correctamente alineado al contexto de la industria y a leyes del Perú.

1.6 Marco teórico

En esta sección, se describirán los conceptos necesarios para entender el proceso de una evaluación financiera de un proyecto minero, así como la solución que se propondrá a la problemática del proyecto.

1.6.1 Marco conceptual

La minería es el sector económico en el que se realizan las actividades que van desde la exploración hasta la producción de elementos puros y de compuestos de origen mineral o de productos intermedios (Millán, 1998). A continuación, se describen los proyectos mineros y las variables que intervienen en su evaluación financiera.

Los proyectos mineros requieren, en sus apreciaciones técnicas, conocimientos muy diversos. Dar forma a un proyecto minero requiere de un esfuerzo

multidisciplinario, pues participan geólogos, geofísicos, ingenieros, analistas de sistemas y financieros, abogados y expertos en control ambiental (Millán, 1998).

Entre los principales proyectos ejecutados en el sector minero, se puede encontrar la apertura de una nueva operación minera, la reactivación una mina paralizada, el aumento la capacidad de producción, el incremento del valor del mineral, la realización de una adquisición de activos, el reemplazo de equipos de producción, la reducción costos de operación, la evaluación de alternativas de ubicación y diseño (relaves, desmontes, etc.) y el cierre de una mina (Gala, 2012). Las etapas por las que un proyecto minero pasa son la de exploración, estudio de factibilidad, construcción, operación, comercialización, cierre y post-cierre y se pueden apreciar en la Figura 1.2.

La primera fase de un proyecto minero es la exploración, donde se realizan distintos exámenes geológicos y un delineamiento del yacimiento (Yrigoyen, Berrocal, & Vega, 2012). A continuación, se da la evaluación del proyecto, que es la cuantificación y el modelamiento del mismo, donde se realiza el estudio de factibilidad (Yrigoyen, Berrocal, & Vega, 2012), que incluye el estudio de impacto ambiental, social y de mercado, las tácticas geológicas que se van a aplicar y estimación de los recursos a utilizar (Millán, 1998).

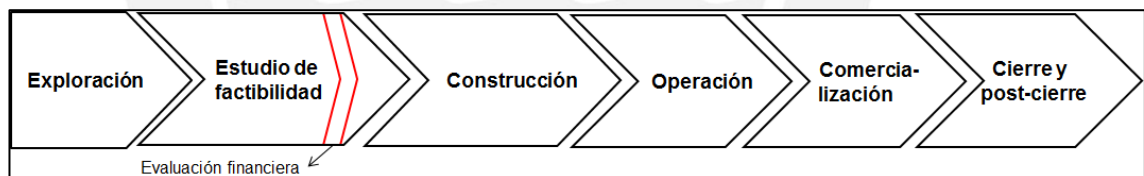


Figura 1.2: Etapas de un proyecto minero
Fuente: Elaboración propia basada en (Gala, 2012)

El último paso de esta etapa, es, precisamente, la evaluación financiera del proyecto (Yrigoyen, Berrocal, & Vega, 2012), que se realiza para determinar la rentabilidad de la inversión a efectuar, su valor presente neto en un período dado, el tiempo de recuperación y la rentabilidad anual de la inversión propuesta (Duarte, Elias Jimenez, & Ruiz, 2007).

Sin embargo, una evaluación financiera se puede dar en cualquier etapa del proyecto. Conforme esta vaya avanzando, las variables y datos a evaluar estarán cada vez más alineados con la realidad y podrán dar resultados más exactos y acordes con la realidad (Millán, 1998).

Luego, comienza la etapa de construcción de las obras, montaje y compra de equipos. Finalmente, se llega a la etapa de operación, donde comienza la extracción del mineral y se realiza su comercialización. El último paso de esta etapa es el cierre y post-cierre de la mina, donde la organización tiene que asegurar a los grupos de interés que no va a dejar ningún pasivo ambiental. Por ejemplo, se deben taponar los socavones, realizados en la etapa de operación, para evitar cualquier tipo de filtraje y, así mismo, cubrir los gastos de mantenimientos futuros (Vega, Curich, Yrigoyen, & Berrocal, 2012).

Cabe resaltar, que en cada proyecto se define un horizonte y la longitud de sus períodos. Normalmente, la longitud del período está dada en años y el horizonte es de aproximadamente diez, aunque terminará dependiendo del tipo de proyecto, de las necesidades de la organización y del objetivo de la evaluación (Vega, Curich, Yrigoyen, & Berrocal, 2012).

A continuación, se explican los gastos de capital o costos de inversión, los ingresos proyectados, costos y gastos del proyecto y los indicadores de la rentabilidad de un proyecto.

Concepto	Definición
Maquinaria y equipo de mina	Equipos necesarios para el proceso productivo minero
Maquinaria y equipo de planta	Equipos necesarios para la planta de beneficio, como una refinería
Obras civiles de la planta	Instalaciones civiles donde estará la planta
Depósito de desmonte	Depósitos donde se acumulará el mineral recién extraído
Depósito de relaves	Depósitos donde se acumulará el mineral recién tratado
Pad de lixiviación	Lugar donde se tratará el mineral durante el proceso de lixiviación o lavado del mineral
Infraestructura de servicio	Servicios de luz, energía eléctrica, caminos, agua, comunicaciones, etc.

Tabla 1-1: Activos fijos

Fuente: Elaboración propia basada en (Vega, Curich, Yrigoyen, & Berrocal, 2012) y (Yrigoyen, Berrocal, & Vega, 2012)

Los gastos de capital o costos de inversión son los gastos iniciales necesarios para poner en marcha el negocio.

En primer lugar, se encuentran los activos fijos tangibles. Estos activos están sujetos a depreciación. La depreciación es la asignación sistemática del costo del activo durante su vida útil (Meigs, 2000). Generalmente, el método de depreciación a utilizar será el lineal; es decir, se repartirá en cada período el costo perteneciente al costo a inicio de proyecto del activo entre el número de períodos de vida útil del activo (Yrigoyen, Berrocal, & Vega, 2012). Los activos fijos tangibles constituyen aproximadamente el 60% de los costos de inversión (Vega, Curich, Yrigoyen, & Berrocal, 2012). Los principales se encuentran en la Tabla 1-1.

En segundo lugar, se encuentran los activos intangibles, que son los activos utilizados para la operación de negocio pero que no se manifiestan de forma sustancial o física, como los derechos de autor, las patentes o los gastos pre-operativos. Los activos intangibles están sujetos a amortización, que es la cancelación sistemática del activo durante su vida útil. Su comportamiento será análogo a la depreciación de los activos fijos tangibles (Meigs, 2000). Los activos intangibles constituyen aproximadamente el 30% de los costos de inversión (Vega, Curich, Yrigoyen, & Berrocal, 2012). Los principales se encuentran en la Tabla 1-2.

Concepto	Definición
Desarrollo de la mina	Acondicionamientos realizados para llegar al depósito. Por ejemplo, un túnel
Preparación de la mina	Acondicionamientos realizados dentro de los yacimientos
Valor de concesión minera	Valor del otorgamiento de la facultad de exploración y explotación de la mina por parte del estado
Gastos pre-operativos	Gastos de realización de pruebas de máquinas, calibraciones, acondicionamiento de planta, etc.
Ingeniería del proyecto	Gastos de organización y levantamiento de información para el proyecto

Tabla 1-2: Activos intangibles

Fuente: Elaboración propia basada en (Vega, Curich, Yrigoyen, & Berrocal, 2012) y (Yrigoyen, Berrocal, & Vega, 2012)

Si los períodos de la vida útil de los activos tangibles son mayores a los períodos de la vida útil del proyecto, se puede obtener, al final del proyecto, valores

residuales, que corresponden a la venta de dichos activos que no están totalmente depreciados (Vega, Curich, Yrigoyen, & Berrocal, 2012).

Concepto	Definición
Ley mineral	Grado de concentración de un metal en las rocas
Precio del mineral	Precio por unidad de peso que se le da a un metal. Normalmente se ingresa en el modelo un precio constante-conservador a lo largo del horizonte del proyecto
Recuperación metalúrgica	Porcentaje recuperable de la ley mineral
Capacidad de producción	Tamaño de planta o ritmo de producción en peso de metal por unidad de tiempo de la mina

Tabla 1-3: Ingresos proyectados

Fuente: Elaboración propia basada en (Vega, Curich, Yrigoyen, & Berrocal, 2012) y (Yrigoyen, Berrocal, & Vega, 2012)

Finalmente, cerca al 10% de los gastos restantes está dado por el capital de trabajo de los inversionistas y de la organización, que debe, normalmente, cubrir hasta 120 días de producción, y las inversiones de cierre y post-cierre, que cubren los costos de colocación y mantenimiento de instalaciones que eviten que se deje un pasivo ambiental o se manifieste uno en el futuro (Vega, Curich, Yrigoyen, & Berrocal, 2012).

Los ingresos proyectados, por otro lado, son los ingresos de dinero que se espera recibir del proyecto minero. Dichos ingresos están en función de las variables presentadas en la Tabla 1-3.

Idealmente, la valorización del metal sólo dependería de las variables antes presentadas; sin embargo, el proceso está sujeto a pérdidas que serán motivo de negociación con los compradores del metal en el momento de la comercialización. En el Perú, se acostumbra a vender concentrados metálicos o mezclas impuras y sin refinar, por lo que el adquirente será el que asume el costo de transformación final para obtener el producto puro y poder venderlo al precio establecido mundialmente como *commodity* (Vega, Curich, Yrigoyen, & Berrocal, 2012). Los principales conceptos negociables que le restan valor al metal se encuentran en la Tabla 1-4.

Concepto	Definición
Pérdidas metalúrgicas	Pérdidas irre recuperables del metal en los procesos de beneficio, como la refinación
Maquilas	Costos asumidos por el comprador para que el concentrado comprado sea puro. Es sujeto a una fuerte negociación con los compradores, por lo que las organizaciones mineras tienden a no revelarlos a la competencia
Penalidades	Pérdidas irre recuperables del metal que se dieron por contaminación de las rocas con otros elementos. Su valor es más estándar que las maquilas, por lo que no son motivo de recelo como las maquilas
Fletes	Costo de transporte del mineral. Puede ser CIF, que incluye el seguro y el flete, o FOB, que solamente incluye el flete

Tabla 1-4: Conceptos negociables

Fuente: Elaboración propia basada en (Vega, Curich, Yrigoyen, & Berrocal, 2012) y (Yrigoyen, Berrocal, & Vega, 2012)

En conclusión, se puede plasmar los ingresos con la siguiente fórmula:

Ingresos en ventas

$$= Ley\ mineral * Precio\ del\ metal * Recuperaciones\ metalúrgicas \\ * Capacidad\ de\ producción * (1 - Pérdida\ metalúrgica) - Maquilas \\ - Péñalidades - Fletes$$

Concepto	Definición
Tasa de interés	Tasa pactada para el pago de intereses por período
Montos de préstamo	Monto inicial de la deuda
Períodos de pago del préstamo	Número de períodos en los cuales se pagará el préstamo en su totalidad
Períodos de gracia del préstamo	Número de períodos al inicio del préstamo en los que no se pagará amortización
Amortización del préstamo	Monto de la deuda que se pagará en el período
Cuota anual del préstamo	Monto de la deuda más intereses que se pagarán en el período

Tabla 1-5: Fuentes de financiamiento

Fuente: Elaboración propia basada en (Blank & Tarquin, 2006)

Los proyectos tendrán, a su vez, costos de producción y gastos, así como los administrativos y de ventas.

En la minería, los costos de producción están divididos en dos grandes rubros: los costos de minado, que son aquellos incurridos en la construcción y aclimatación de la mina, y en los costos de beneficio, que aquellos incurridos en la construcción y aclimatación de las plantas donde se aumentará el valor a los minerales, como las refineras. Dichos costos, están subdivididos, como toda industria, en mano de obra, materiales e insumos y los costos indirectos de fabricación, que son los que corresponden a más de una línea de producción y tiene que ser asignado proporcionalmente a cada una (Vega, Curich, Yrigoyen, & Berrocal, 2012).

Los gastos administrativos son aquellos vinculados directamente con la administración y gestión. Por ejemplo, los salarios del personal administrativo y la depreciación de los equipos utilizados por el área administrativa (Cornejo, 2012).

Los gastos de venta son aquellos vinculados directamente con las operaciones de venta. Por ejemplo, los sueldos de los vendedores y los gastos en publicidad (Cornejo, 2012).

Concepto	Definición
Utilidad bruta	Son las ventas más los valores residuales menos los costos de producción, depreciación y amortización de intangibles
Utilidad operativa	Es la utilidad bruta menos los gastos administrativos y de ventas
Utilidad antes de impuestos y participaciones	Es la utilidad operativa menos los gastos financieras y otros gastos
Utilidad antes de impuestos	Es la utilidad antes de impuestos y participaciones menos las participaciones de los trabajadores
Utilidad neta	Es la utilidad antes de impuestos luego del impuesto a la renta

Tabla 1-6: Fases de la utilidad

Fuente: Elaboración propia basada en (Cornejo, 2012)

Los gastos financieros, por su lado, son los gastos ocasionados por los intereses de los recursos de financiamiento (Cornejo, 2012). Los principales datos necesarios para definir las fuentes de financiamiento se encuentran en la Tabla 1-5.

Además, pueden existir otros gastos, por ejemplo los gastos de exploración y responsabilidad social (Vega, Curich, Yrigoyen, & Berrocal, 2012).

A continuación, se encuentran los impuestos y las participaciones, las cuales se calcularán sobre las utilidades. Las distintas fases de las utilidades se encuentran en la Tabla 1-6 y los principales impuestos y participaciones ejercidas sobre ellas en la Tabla 1-7.

Finalmente, para evaluar financieramente el proyecto, se utilizan tasas de aceptación y de retorno o rentabilidad que indicarán, últimamente, si conviene o no llevar a cabo el proyecto. Los principales conceptos envueltos se encuentran en la Tabla 1-8.

Concepto	Definición
Regalía mineras	Impuesto por la extracción de un recurso no renovable y que se calcula sobre la utilidad operativa (VEGA et al, 2012b).
Impuesto especial a la minería	Impuesto que pagan las mineras sin contrato de estabilidad tributaria y es calcula sobre la utilidad operativa (VEGA et al, 2012b).
Gravamen minero	Impuesto que pagan las mineras con contrato de estabilidad tributaria y se calcula sobre la utilidad operativa (VEGA et al, 2012b).
Impuesto a la renta	Impuesto a la utilidad generada en el período y se calcula sobre la utilidad antes de impuestos (VEGA et al, 2012b).
Participación de trabajadores	Tasa sobre las utilidades antes del pago de impuesto a la renta y participaciones. En la industria minera es de aproximadamente 8% (VEGA et al, 2012a).

Tabla 1-7: Principales impuestos y participaciones

Fuente: Elaboración propia basada en (Vega, Curich, Yrigoyen, & Berrocal, 2012) y (Yrigoyen, Berrocal, & Vega, 2012)

1.6.2 Análisis de riesgos e incertidumbre

En la evaluación de proyectos, los conceptos de riesgos e incertidumbre se diferencian de la siguiente manera:

- Los riesgos consideran que los supuestos de las proyecciones se basan en probabilidades de ocurrencia que se pueden estimar, es decir, cuando los

posibles escenarios con sus resultados se conocen y poseen antecedentes para estimar su distribución de frecuencia (Sapag & Sapag, 2003)

- La incertidumbre se encarga de enfrentar un conjunto de eventos futuros a los cuales se les es imposible asignar una probabilidad, es decir, cuando los escenarios o distribución de frecuencia se desconocen (Sapag & Sapag, 2003)

Los análisis de probabilidad en los proyectos contribuyen a la generación de información que brinde soporte al proceso de toma de decisiones bajo supuestos escenarios. La incertidumbre presente podría reducirse si se posee mayor información del mercado o de las opiniones tecnológicas vigentes. (Sapag & Sapag, 2003)

Concepto	Definición
Tasa de descuento (TMAE)	La tasa de descuento o tasa mínima atractiva de retorno del proyecto se encuentra definida como la sumatoria de los siguientes acápite: <ul style="list-style-type: none"> • Costo libre de riesgo: Tasa de retorno libre de los riesgos inherentes del proyecto • Riesgo país: Riesgo estándar otorgado al país • Riesgo proyecto: Riesgo otorgado al proyecto en sí
Valor actual neto (VAN)	Es el valor presente de los beneficios netos de un proyecto que utiliza como tasa de rentabilidad el TMAE. Se pueden definir dos tipos. El VAN del proyecto y el VAN del accionista. El último no toma en cuenta los gastos financieros ni los pagos de amortizaciones de los préstamos del proyecto.
Tasa interna de retorno (TIR)	Es la tasa de recuperación del saldo no recuperable del proyecto. Es decir, es la tasa en la que el valor actual neto es cero. Se pueden definir dos tipos. El TIR del proyecto y el TIR del accionista. El último no toma en cuenta los gastos financieros ni los pagos de amortizaciones de los préstamos del proyecto. El proyecto será considerado atractivo si el valor actual neto es positivo o si la tasa interna de retorno es mayor a la tasa de descuento

Tabla 1-8: Indicadores de rentabilidad de un proyecto

Fuente: Elaboración propia basada en (Yrigoyen, Berrocal, & Vega, 2012) y (Blank & Tarquin, 2006)

Una de las definiciones más comunes de riesgos es la de “la variabilidad relativa del retorno esperado” o la desviación estándar respecto al promedio de retorno, es decir, a la magnitud de la variación. Mientras más alta sea la desviación estándar, mayor será la variabilidad del retorno y, en consecuencia, mayor será el riesgo (Sapag & Sapag, 2003).

Las probabilidades que no se pueden verificar en forma objetiva se denominan probabilidades subjetivas. Las más observadas en la práctica son las que suponen una distribución normal la cual, por propiedad, indica que en un 67.5 % de los casos los retornos caerán dentro de un rango que está entre el valor promedio del retorno \pm una desviación estándar (Sapag & Sapag, 2003).

El análisis de riesgos mediante la desviación estándar sigue procedimientos distintos según se trate de datos históricos o proyectados.

El procedimiento que se utiliza para calcular la desviación estándar en base a la información histórica se aplica a diferentes elementos del proyecto tales como el nivel de respuesta a la demanda de un proyecto que se amplía permanentemente a nuevos sectores geográficos, la rentabilidad a una inversión replicable, etc.

En estos casos se busca estimar la variabilidad del resultado sobre la base de los comportamientos históricos observados, para lo cual se utiliza la expresión:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_i - A_x)^2}{n - 1}}$$

Donde σ es la desviación estándar; A_i el rendimiento de cada observación i ; A_x el rendimiento promedio de las observaciones (Sapag & Sapag, 2003).

El procedimiento que se utiliza para calcular la desviación estándar a partir de datos proyectados es de naturaleza aleatoria, la distribución normal sirve para calcular la probabilidad de que el resultado se situé en un determinado intervalo.

Para realizar el cálculo de la variabilidad de los resultados de una inversión de acuerdo a posibles escenarios futuros los cuales se les puede asignar una probabilidad de ocurrencia, el procedimiento para calcular la desviación estándar es el siguiente:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{k=1}^n (A_k - A_y) * P(k)}$$

Donde σ es la desviación estándar; A_k es el resultado esperado de cada escenario k ; A_y el rendimiento promedio ponderado de los distintos escenarios respecto a la probabilidad $P(k)$ asignada a cada uno (Sapag & Sapag, 2003).

Por otro lado cuando se comparan proyectos tomando como consideración los riesgos, se tienen algunos criterios que permiten simplificar el proceso de selección los cuales son el de dominancia, nivel de aspiración, valor esperado, y equivalencia de certeza.

A continuación, se muestra un ejemplo en la Tabla 1-9 en la cual se muestra los posibles escenarios en que cada uno de los proyectos (1 – 4) puede incurrir, así mismo se aprecia que el VAN varía dependiendo del escenario en que un proyecto incurre.

El criterio de dominancia se aplica en todos los posibles escenarios en el que el resultado esperado de una alternativa es mejor que alguna otra, por ejemplo si la alternativa X es mejor que la alternativa Y, entonces se dice que la primera domina a la segunda y, por lo tanto, se descarta Y.

Como se puede observar en la Tabla 1-9 en todos los escenarios se puede observar que el proyecto 2 posee el valor del VAN mayor que el VAN del proyecto 1 para todos los escenarios posibles, por lo tanto este último se elimina por el criterio de dominancia. (Sapag & Sapag, 2003).

Escenario	Probabilidad	Proyectos			
		1	2	3	4
Recesivo	5%	-10,000	0	-15,000	-3,000
Pesimista	15%	-4,000	6,000	-8,000	5,000
Normal	40%	0	7,000	1,000	11,000
Optimista	25%	6,000	9,000	9,000	14,000
Expansivo	15%	9,000	10,000	18,000	17,000

Tabla 1-9: Relaciones de VAN para escenarios probables (Sapag & Sapag, 2003)

El criterio para comparar proyectos denominado nivel de aspiración se inicia cuando se establece un nivel de aspiración que se desea obtener ya sea por ejemplo no obtener pérdidas para ningún escenario o ganar siempre un porcentaje respecto al nivel de inversión, etc. Después se busca aquel proyecto que maximiza la probabilidad de alcanzarlo. Tomando como referencia la Tabla 1-9, con un criterio muy conservador se plantea elegir el proyecto más seguro (menores pérdidas) para lo cual el proyecto 2 sería el indicado por cumplir las expectativas. (Sapag & Sapag, 2003).

Por otro lado, el valor esperado se refiere al cálculo del valor esperado de cada proyecto en función de la probabilidad asignada a cada escenario (Tabla 1-9) y al resultado proyectado. Para calcular el valor esperado utilizamos la siguiente fórmula:

$$E[VAN_x] = \sum_{k=1}^n VAN_{xk} * P(k)$$

Donde $E[VAN_x]$ es el valor esperado del VAN de cada proyecto x y $P(k)$ la probabilidad de que ocurra el escenario k . (Sapag & Sapag, 2003).

Tomando como referencia la Tabla 1-9 se construye la Tabla 1-10 con el valor esperado de cada proyecto en los escenarios presentados.

Proyecto	E[VANx]
2	7,450
3	3,400
4	11,050

Tabla 1-10: Resumen del valor esperado para cada proyecto (Sapag & Sapag, 2003)
Nota: se excluye el proyecto 1 por haberse eliminado por el criterio de dominación.

De este modo, se elegiría el proyecto 4 por tener el mayor valor esperado de VAN.

Finalmente, la equivalencia de certeza es la corrección del resultado del valor esperado por un coeficiente α de aversión al riesgo, a través de la siguiente fórmula:

$$EC = E[VAN_x] - \alpha * \sigma[x] \quad 1$$

$$\sigma[x] = \sqrt{\sum(VAN_x)^2 * P(x) - (E[x])^2} \quad 2$$

Donde EC es el equivalente de certeza, α es el coeficiente de aversión al riesgo y $\sigma[x]$ la desviación estándar del resultado. (Sapag & Sapag, 2003).

Como ejemplo se supone un coeficiente de aversión $\alpha = 0.7$ y del cual se obtienen los siguientes factores de equivalencia de certeza de los 3 proyectos presentados en la Tabla 1-9.

En la Tabla 1-11 se presentan la equivalencia de certeza que se obtuvo de la Tabla 1-10.

Proyecto	E[VANx]	EC
2	7,450	2,017
3	3,400	-3,244
4	11,050	2,622

Tabla 1-11: Cálculo del equivalente de certeza

Según este criterio, el proyecto 4 sería elegido ya que presenta el mayor VAN en equivalencia de certeza.

1.6.3 Análisis de sensibilidad

Los resultados que se obtienen al aplicar los criterios de evaluación no miden exactamente la rentabilidad del proyecto, sino uno de los muchos escenarios que pueden ocurrir durante el desarrollo de un proyecto de inversión. Los cambios que se producirán en el comportamiento de las variables del entorno harán que sea prácticamente imposible esperar que la rentabilidad calculada sea la que efectivamente tenga el proyecto de inversión (Sapag & Sapag, 2003).

El principal problema de los modelos de riesgos para enfrentar las variaciones de un proyecto radica en que consideran información histórica para suponer, por ejemplo, la probabilidad de ocurrencia que se le podrán asignar a los flujos de caja proyectados. (Sapag & Sapag, 2003).

Los métodos utilizados para evaluar el riesgo son incompletos para realizar por sí solo una evaluación financiera. Es por esta razón que surgen los modelos de sensibilidad como alternativa a la cual se le puede agregar información que posibilite decidir más adecuadamente una inversión. (Sapag & Sapag, 2003).

El análisis de sensibilidad tiene por objetivo realizar un estudio de la situación futura del proyecto para encontrar el grado en que cada variable afecta a los resultados. Del mismo modo también se busca conocer el impacto que la ocurrencia de una hipótesis tiene sobre los resultados (Sapag & Sapag, 2003).

En este sentido el análisis de sensibilidad se puede dividir en dos clases. El análisis de Sensibilidad de valor es el que tiene por finalidad buscar el grado en que cada variable del modelo afecte las variables de resultados, para ello se hace variaciones a los valores de las variables y se mide el efecto en el resultado que arroja el modelo y con esto se determina cuáles son las variables determinantes del resultado (Gutierrez, 2011).

Por otro lado, el análisis de sensibilidad de hipótesis tiene por finalidad realizar dicho análisis es encontrar las consecuencias que se obtienen de los resultado para la ocurrencia de un situación particular en la cual se involucra un conjunto de variables propias del modelo. Otro nombre que recibe este análisis es el de análisis de escenarios ya que las variables que se ven involucradas se comportan de manera particular según ocurra algún suceso futuro (Gutierrez, 2011).

La simulación de resultados es una metodología para realizar experimentos de una situación a través de un modelo financiero, cuya finalidad es entender las relaciones entre las variables. Dependiendo de la forma en que se van a cuantificar las variables de los modelos financieros, se clasifican en modelos determinísticos y modelos probabilístico (Gutierrez, 2011).

Un modelo determinístico tiene como supuesto el que se conoce con certeza el valor de las variables y por lo tanto se les asigna valores subjetivos. Por otro lado los modelos probabilísticos no reconocen con certeza el valor de las variables de que se tomara en el futuro pero si se conocen los rangos entre los cuales se ubican (Gutierrez, 2011).

A continuación se presentan dos métodos comúnmente utilizados para la simulación de resultados y que algunas veces remplazan a los métodos orientados a riesgos mejorando la información que se le proporciona al inversionista del proyecto y todo esto con la finalidad de apoyarlo en su toma de decisiones. Estos muestran un grado de variabilidad que permita observar las proyecciones que se realizan sobre el flujo de caja. Esto permite identificar cuáles son las variables más críticas y los puntos más débiles sobre los que se debe concentrar la búsqueda de

más información para determinar las posibilidades de que se alcancen estos puntos críticos (Sapag & Sapag, 2003).

El Modelo de sensibilización de Hertz o análisis multidimensional (Sapag & Sapag, 2003) se encarga de analizar el comportamiento que se obtiene del VAR cuando se modifica el valor de una o más variables que se consideran susceptibles de cambiar durante el periodo de evaluación. Dicho procedimiento propone la construcción de tantos flujos de caja como posibles combinaciones se identifiquen entre las variables que lo conforman.

La simplicidad de este modelo conduce a elaborar una gran cantidad de simulaciones de flujo de caja que en vez de convertirse en una ayuda, constituye una limitación para el proceso de toma de decisión. Una simplificación de este modelo plantea que se debe sensibilizar el proyecto a solo dos escenarios: uno optimista y otro pesimista. La principal ventaja es que este modelo permite trabajar con cambios en más de una variable a la vez.

El Modelo de análisis Unidimensional (Sapag & Sapag, 2003) plantea una alternativa al observar lo que sucede con el VAN cuando se modifica el valor de una o más variables para que en su defecto se deba determinar la variación máxima que puede resistir el valor de una variable relevante para que el proyecto siga siendo atractivo para el inversionista.

Por ejemplo, si con la cantidad a producir y vender estimada en el flujo de caja original en el VAN del proyecto es positivo, la sensibilización estimará la cantidad mínima que haga que el proyecto siga siendo rentable. De este modo se permite determinar hasta qué nivel puede bajar la cantidad a producirse sin que el VAN se haga igual a cero.

1.6.3.1 Simulación de Monte Carlo

El modelo de Monte Carlo es clasificado como un modelo de bajo riesgo ya que las variables a la que se aplique solo pueden tomar valores en un determinado rango, por lo tanto no se conoce el valor de la solución, pero si se puede asignar la probabilidad de ocurrencia de cada variable dentro de un rango establecido y con esto construir una distribución de probabilidades con los resultados al final de la evaluación de proyectos (Gutierrez, 2011).

La asignación es en forma aleatoria para cada variable que pertenece al flujo de caja del proyecto. La selección de variables aleatorias da facilidad para poder aplicarse repetidamente a las variables críticas que conforman al proyecto, de este modo, se pueda obtener un número suficiente de pruebas para que se aproxime a la forma de distribución estimada que se desea alcanzar (Sapag & Sapag, 2003). Individualmente cada variable crítica asume valores aleatorios que concuerdan con una distribución de probabilidad propia para cada una de ellas.

Distribución	Descripción	Uso	Gráfico
Normal	Devuelve un valor a partir de una media y una desviación estándar	Análisis de valores de resultados de pruebas	
Triangular	Devuelve un valor a partir de valores optimistas, normal y pesimista	Cuando no se conoce la forma de la distribución pero se puede estimar los escenarios	
Uniforme	Devuelve un valor a partir valores mínimo y máximo	Cuando dentro de un rango conocido todos los valores tiene la misma posibilidad de ocurrir	
Poisson	Devuelve un valor a partir de una media	Describe el comportamiento que ocurrieron en un periodo de tiempo dado	

Tabla 1-12: Distribución de probabilidades

El modelo de simulación de Monte Carlo se diferencia del análisis de sensibilidad de Hertz en que este último establece escenarios optimistas y pesimista de manera susceptible, es decir, cada inversionista que establece los escenarios tiene una visión diferenciada de lo que es un escenarios pesimista u optimista en relación al criterio que puedan tener otros inversores. Por otro lado, en el método de Monte Carlo la asignación es en función a la distribución de probabilidad que se establece para cada una de las variables críticas y dentro de los intervalos (umbrales de

riesgos) que son establecidos por la persona que evalúa el proyecto de inversión (Sapag & Sapag, 2003).

La simulación de Monte Carlo permite realizar la experimentación con la finalidad de observar los resultados que va mostrando el VAN, especialmente cuando existe incertidumbre del comportamiento de más de una variable a la vez, pero no es un instrumento que busca su optimización.

El comportamiento que se desea observar para cada variable crítica puede tener formas diferentes de distribución de probabilidad. La aplicación de la metodología de Monte Carlo requiere la asignación de una distribución de probabilidad a cada una de las variables sensibles que se desea observar.

En la Tabla 1-12 se describirán las principales distribuciones de probabilidades que se aplican al estudio de proyectos de inversión (Sapag & Sapag, 2003).

1.6.4 Marco regulatorio / legal

Si bien las evaluaciones financieras de los proyectos de inversión son utilizadas sólo como medida de rentabilidad en el interior de la organización (Yrigoyen, Berrocal, & Vega, 2012), se toma en cuenta, también, el cálculo de los impuestos, gravámenes y regalías del país. Las leyes que intervienen en dichos cálculos son las siguientes:

- Ley N° 28258. Ley de regalía minera
- Ley N° 29788. Ley que modifica la Ley N° 28258
- Ley N° 29789. Ley que crea el Impuesto especial a la minería.
- Ley N° 29790. Ley que establece el marco legal del Gravamen especial a la minería.
- Ley del Canon
- Ley N° 774. Reglamento de la Ley de Impuesto a la renta.

A continuación se explica de manera general cómo las listadas leyes impactan en las evaluaciones y los impuestos, gravámenes y regalías a los que la minería está sometida en el Perú.

1.6.4.1 Regalías mineras

Según el Artículo N° 1 de la Ley 28258 (Congreso de la República, 2004), *“la regalía minera es la contraprestación económica que los titulares de las*

concesiones mineras pagan al Estado por la explotación de recursos minerales metálicos y no metálicos”.

La regalía minera nace al final de cada trimestre (enero-marzo, abril-junio, julio-setiembre, octubre-diciembre) y se calcula sobre la utilidad operativa del trimestre en cuestión (Congreso de la República, 2011a). La regalía pagada se calcula en función del margen operativo (resultado de dividir la utilidad operativa entre los Ingresos generados por las ventas redondeado a 2 decimales). Los rangos oscilan entre 1.00% y 12.00% (Congreso de la República, 2011a).

1.6.4.2 Impuesto especial a la minería

Según el Artículo N° 1 de la Ley 29789 (2011), se crea el Impuesto especial a la minería *“el cual grava la utilidad operativa obtenida por los sujetos de la actividad minera, proveniente de las ventas de los recursos minerales metálicos en el estado que se encuentren, así como la proveniente de los autoconsumos y retiros no justificados de los referidos bienes”.*

El Impuesto especial minero nace al final de cada trimestre (enero-marzo, abril-junio, julio-setiembre, octubre-diciembre) y se calcula sobre la utilidad operativa del trimestre en cuestión menos lo pagado por Regalía minera (Congreso de la República, 2011b). La impuesto pagado se calcula en función del margen operativo (resultado de dividir la utilidad operativa entre los Ingresos generados por las ventas redondeado a 2 decimales). Los rangos oscilan entre 2.00% y 8.40% (Congreso de la República, 2011b).

1.6.4.3 Gravamen especial minero

Según el Artículo N° 1 de la Ley 29790 (2011), *“el Gravamen es un recurso público originario proveniente de la explotación de recursos naturales no renovables que, de conformidad con la presente Ley, se hace aplicable a los sujetos de la actividad minera en mérito y a partir de suscripciones de convenios con el Estado”.*

Las organizaciones que pagan el Gravamen especial minero ya no tienen que pagar el Impuesto especial a la minería, pues es para organizaciones sin contrato de estabilidad tributaria (Yrigoyen, Berrocal, & Vega, 2012).

El Gravamen especial minero nace al final de cada trimestre (enero-marzo, abril-junio, julio-setiembre, octubre-diciembre) y se calcula sobre la utilidad operativa del

trimestre en cuestión menos lo pagado por Regalía minera (Congreso de la República, 2011c). El gravamen pagado se calcula en función del margen operativo (resultado de dividir la utilidad operativa entre los Ingresos generados por las ventas redondeado a 2 decimales). Los rangos oscilan entre 4.00% y 13.12% (Congreso de la República, 2011b).

1.6.4.4 Impuesto a la renta en empresas mineras

Es el pago que realizado por las todas las empresas del país que en el año registren utilidades. En el caso minero, solo pagan impuestos aquellas minas que están produciendo, pues de otra manera no generarían utilidad. El impuesto a la renta se paga luego de finalizado el año y corresponde al 30% de las utilidades (Congreso de la República, 1993). El 50% del Impuesto a la renta pagado será distribuido a los gobiernos locales y regionales según la Ley del Canon (Congreso de la República, 2003).

1.7 Estado del arte

En esta sección se presenta una breve descripción de los sistemas de información y simuladores para el análisis de sensibilidad y riesgos que brindan soluciones al problema de simular comportamientos en partir de varios métodos de simulación. Además, se realizará una comparación entre dichos productos indicando cuáles son sus características a favor y cuales en contra.

1.7.1 Hojas de Cálculo en Microsoft Excel

Existen desarrollos propios como soluciones que se utilizan para realizar evaluaciones financieras en empresas mineras, estas se basan en hojas de cálculo con formularios que se encuentran semi-automatizados con macros y formulas personalizadas. Estas han permitido la formulación de distintos tipos de modelos financieros para luego aplicarles un análisis que estime los diferentes resultados que se puede obtener bajo una alteración de sus variables.

Uno de los beneficios más destacables que trae consigo la utilización de las hojas de cálculo como plataforma para realizar estimaciones financieras es que ya es una herramienta que un usuario puede realizar y manipular con mucha facilidad pero este beneficio trae consigo algunos inconvenientes al querer realizar acciones que son limitaciones de la plataforma como por ejemplo comparar proyectos para un

análisis de beneficio o realizarles análisis de sensibilidad a las variables cuyo objetivo sea maximizar las utilidades.

Finalmente, una limitante de las hojas de cálculo como herramienta de apoyo a la realización de estimaciones financieras es el de no poseer una adecuada estandarización de los modelos para los diferentes tipos de proyectos de minería esto es debido a que para crear un proyecto se parte desde cero y se utiliza la experiencia que el usuario pueda tener para realizar dicho modelo y en cuyo caso varía dependiendo de quien realiza la estimación y dicho conocimiento se pierde en cuanto la persona sale de la empresa.

1.7.2 Crystall Ball de Oracle

Crystal Ball de Oracle es el conjunto de aplicaciones líder basado en hojas de cálculo cuya finalidad es elaborar modelos predictivos, previsión, simulación y optimización. Brinda una perspectiva de los factores críticos que pueden afectar a un modelo y generar riesgos. Crystal Ball puede tomar las decisiones tácticas, correctas para alcanzar los objetivos de cada modelo esto se realiza gracias al uso de diversos modelos matemáticos configurables para cada escenario posible. (Cristal ball Oracle)

1.7.3 GoldSim

GoldSim es un software de simulación que utiliza el método de Monte Carlo como solución para el modelado de sistemas complejos de forma dinámica, ya sea que se quiera aplicar a los negocios, la ingeniería o a las ciencias.

GoldSim realiza el análisis y apoya la decisión de riesgos a través de la simulación de rendimientos futuros, representa la incertidumbre y los riesgos inherentes a todos los sistemas complejos en una manera cuantitativa.

Organizaciones de todo el mundo utilizan el software GoldSim de simulación para evaluar y comparar alternativas de diseños, planes y políticas con el fin de minimizar los riesgos y tomar mejores decisiones en un mundo incierto. (GoldSim)

1.7.4 Netlogo

Netlogo es un entorno de programación que permite la simulación de fenómenos naturales y sociales. Fue creado por Uri Wilensky en 1999 y está en continuo desarrollo por el Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling.

Netlogo es particularmente útil para modelar sistemas complejos que evolucionan en el tiempo. Los implementadores de modelos pueden dar instrucciones a cientos o miles de agentes para que todos ellos operen de manera independiente, entre sí y con el entorno. Esto hace posible explorar la relación entre el comportamiento a bajo nivel de los individuos y los patrones macroscópicos que surgen a partir de la interacción de muchos individuos entre sí.

Netlogo permite a los usuarios abrir simulaciones y “jugar” con ellas, así como explorar su comportamiento bajo una serie de condiciones. Asimismo, permite al usuario la creación de sus propios modelos.

Además, Netlogo es lo suficientemente sencillo como para que los estudiantes y los profesores puedan ejecutar las simulaciones o incluso construir las suyas propias. Además, su grado de desarrollo actual es suficiente como para servir como una herramienta potente para investigadores en muchos ámbitos. (NetLogo)

1.7.5 AnyLogic

AnyLogic es una herramienta que soporta todas las metodologías de simulación más comunes hoy en día. Entre ellas, se tienen las siguientes:

- Dinámica de sistemas, la cual es una técnica que se emplea para el análisis del comportamiento de sistemas complejos a través de su evolución en el tiempo. Se basa en determinar los bucles de realimentación y los retrasos en la información.
- Sistemas de Eventos Discretos, se basa en la evolución de los estados que pueden ocurrir dentro de un sistema y que se dan en forma asíncrona en el tiempo.
- Simulación basada en agentes, es un tipo de modelo computacional que permite la simulación de acciones e interacciones de individuos autónomos dentro de un entorno, y permite determinar qué efectos producen en el conjunto del sistema. Combina elementos de teoría de juegos, sistemas

complejos, emergencia, sociología computacional, sistemas multi-agente, y programación evolutiva. Los modelos simulan las operaciones simultáneas de entidades múltiples (agentes), en un intento de recrear y predecir las acciones de fenómenos complejos. Es un proceso de emergencia desde el nivel más elemental (micro) al más elevado (macro). Supuestamente los agentes individuales actúan según lo que perciben como sus intereses propios, tales como reproducción, beneficio económico, o status social, y su conocimiento es limitado

La Interfaz gráfica cuenta con un conjunto herramientas que permiten tomar objetos de su biblioteca permitiendo modelar de manera rápida diversas áreas tales como la manufactura y logística, los procesos de negocio, recursos humanos, los consumidores o el comportamiento de un paciente.

El paradigma en el diseño de modelados orientado a objetos es prevé la construcción modular y jerárquica, e incremental de modelos grandes. (Any Logic)

1.7.6 Simulink

Simulink es un entorno de programación visual, que se desarrolla sobre el entorno de programación Matlab. Es un entorno de programación de más alto nivel de abstracción que el lenguaje interpretado Matlab.

Simulink viene a ser una herramienta que permite la simulación de modelos o sistemas, con cierto grado de abstracción de los fenómenos físicos involucrados en los mismos. Se resalta el análisis de sucesos, a través de la concepción de sistemas (cajas negras que realizan alguna operación).

Se emplea arduamente en Ingeniería Electrónica en temas relacionados con el procesamiento digital de señales (DSP), involucrando temas específicos de ingeniería biomédica, telecomunicaciones, entre otros. También es muy utilizado en Ingeniería de Control y Robótica. (Simulink)

1.7.7 IC-MinEval

IC-MinEval es un plugin para Excel que incorpora un conjunto de macros y pantallas que está especializado para la construcción de evaluaciones financieras de proyectos mineros (EduMine, 2007). Implementa el modelo incluyendo la

parametrización de impuestos, financiamiento y costos de producción. Así mismo, brinda métodos del análisis de sensibilidad multidimensional de la TIR y la VAN.

IC-MinEval soluciona los problemas de reutilización de modelos y análisis de sensibilidad que el proyecto de fin de carrera pretende atacar; sin embargo, al ser una extensión para una hoja de cálculo, hereda todos la problemática descrita para las mismas, incluyendo las brechas de seguridad y problemas en su compartición. (Edumine)

1.7.8 EvalAs

EvalAs es una aplicación de escritorio orientada al modelamiento de evaluaciones financieras para proyectos de inversión productivos (El Sitio Agrícola, 2011). Entre sus características se encuentra el ingreso de información (producción, inversiones, costos fijos, costos variables e impuestos), el cálculo del flujo de caja, la VAN, la TIR y el período de repago y la configuración de medios de financiamiento. Además, utiliza el método de Monte Carlo para el análisis de sensibilidad.

Esta solución es bastante aproximada a la que se quiere lograr en el proyecto de fin de carrera. No obstante, al ser una aplicación de escritorio exclusiva para Windows se pierde todo el valor colaborativo y se incurre en problemas de imposibilidad de compartición y necesidad de un despliegue empresarial para su uso. Así mismo, su ingreso de datos es muy general y no está orientado a ningún rubro empresarial ni ataca las particularidades de los proyectos mineros del Perú. (EVALas)

1.7.9 EasyPlanEx

EasyPlanEx es un *software* desarrollado por la empresa BoraSystems que permite evaluar y optimizar proyectos de inversión de capital (BoraSystems, 2013). Permite definir un diccionario de variables interrelacionadas a través de fórmulas. Utiliza también el método de Monte Carlo para la simulación de escenarios y análisis de sensibilidad. Agrega como funcionalidad, además, la importación y exportación de proyectos, lo que facilita el intercambio de información entre diferentes puntos de trabajo.

Este *software* es también una aplicación de escritorio exclusiva para Windows, por lo que sería necesario un despliegue para poder compartir un proyecto. Así mismo,

no estructura un módulo de usuarios y perfiles que soporten el trabajo colaborativo de un mismo proyecto por más de una persona.

1.8 Conclusiones sobre el estado del arte

El estado del arte nos ha permitido obtener un conocimiento de las diversas herramientas informáticas existentes en la actualidad que brindan apoyo a las evaluaciones financieras de proyectos y simulación de escenarios. Podemos rescatar que las soluciones existente brindan un apoyo en el proceso de formulación de los modelo de evaluaciones financieras a través de la agregación de complementos a la plataforma con la que se elaboran (como las hojas de cálculo), por lo que heredarán todos sus problemas ya descritos.

Los productos de evaluación minera que más se acercan al alcance del proyecto de fin de carrera carecen del carácter colaborativo del mismo al obligar la instalación de plugins o aplicaciones de escritorio, que obligarían a un despliegue entre todos los usuarios que deseen utilizar la herramienta y los limita en la elección de sus sistema operativo y en los lugares donde pueda acceder a sus modelos.

1.9 Alcance y limitaciones

En el presente proyecto de tesis se realizará el análisis, diseño e implementación de un sistema de información para realizar evaluaciones financieras y su análisis de sensibilidad de proyectos de inversión minera en el Perú, principalmente a empresas medianas o pequeñas que tienen a las hojas de cálculo como única herramienta de evaluación.

En primer lugar, se crearán plantillas configurables para los principales tipos de proyectos mineros, a las que se asociarán las distintas variables que intervienen en la evaluación financiera. Dichas plantillas serán la base sobre la cual se construirán las evaluaciones financieras, donde el usuario podrá ajustar los valores a su realidad y podrá obtener como resultado los indicadores de rentabilidad y flujo de caja del proyecto. Además, se podrá asignar diferentes distribuciones estadísticas a las variables que se consideren críticas para que se pueda realizar, a través del método de Monte Carlo, un análisis de sensibilidad que revele cómo los resultados de la evaluación financiera del proyecto podrían variar. Así mismo, se seguirán los lineamientos de la ISO 27002 para esquematizar la integridad de los datos y manejar de forma adecuada el acceso y trazabilidad a los mismos.

Debido a que el proyecto de tesis es conjunto, el tesista Miguel Angel Vega se encargará del desarrollo de los módulos de plantillas, evaluaciones financieras y auditoría, mientras el tesista Pedro Curich de la implementación del método de simulación de Montecarlo, comparación de proyectos y el módulo de seguridad del sistema.

Las limitación que se tiene en el proyecto son la poca documentación del tema, que restringe las fuentes de información sobre el tema y obliga a que se apoye la documentación sobre entrevistas con expertos. En consecuencia, existe, además, el riesgo de que el mismo deje de apoyar el proyecto y se tenga que buscar un usuario final nuevo.

1.10 Viabilidad y justificativa

En esta sección, se describirá la viabilidad y justificativa del proyecto.

1.10.1 Viabilidad

La viabilidad del presente proyecto de fin de carrera se basa en componentes técnicos, temporales y económicos de los cuales pasamos a detallar.

1.10.1.1 Viabilidad técnica

El producto que dará soporte a la solución del problema planteado posee una documentación actualizada con ayuda en foros dedicados a solucionar cualquier tipo de eventualidad que pueda aparecer durante la fase de construcción del producto, además la tecnología utilizada ya se encuentra en el mercado desde hace 3 años y se ha utilizado en cursos de la especialidad de ingeniería Informática

1.10.1.2 Viabilidad temporal

El tiempo disponible para la realización del proyecto de fin de carrera es de aproximadamente 6 meses, un tiempo considerablemente bueno para obtener un producto adecuado dedicándole un máximo de 4 horas diarias.

1.10.1.3 Viabilidad económica

El uso de las herramientas se encuentra disponible en versiones de muestras o gratuitas otorgadas por la universidad. Además, el costo de los recursos humanos

involucrados en el proyecto de fin de carrera serán consideradas como aportaciones voluntarias sin ningún tipo de retribución económica.

1.10.2 Justificativa

La realización del proyecto de fin de carrera es brindar un soporte para la toma de decisiones relacionada a la evaluación de proyectos de inversión minera. Esto se llevará a cabo de manera que pueda establecer un conjunto de posibles escenarios en los cuales pueda incurrir un proyecto. Adicionalmente, es establecerá un horizonte en el cual la rentabilidad de los proyectos pueda ser considerada como riesgo al realizarse alguna alteración en su flujo normal.

Los beneficios que se va a lograr con la construcción de la solución son los siguientes:

- Utilizar un catálogo para cada tipo de proyecto minero a los cuales se les asignaran variables propias de cada proyecto
- Simular escenarios (gracias a la simulación de Monte Carlo) en los cuales un proyecto puede desarrollarse
- Limitar los niveles de aceptación para escenarios de máxima rentabilidad y escenarios límites de aceptación
- Minimizar costos y tiempo para realizar evaluaciones de proyectos de inversión

Las personas beneficiarias para este proyecto de fin de carrera son aquellas que buscan realizar una valoración para sus proyectos financieros de minería o la simulación de posibles escenarios en los cuales pueden incurrir sus proyectos de inversión.

En conclusión, podemos resumir la justificativa del proyecto de fin de carrera en implicaciones prácticas, ya que permitirá obtener una evaluación y simulación de escenarios en un mismo entorno sin necesidad de adquirir un software especializado en simulación o portafolio de proyectos, así como asegurará el manejo y trazabilidad de la información contenida como activos de información sensible para los cuales se aplicarán políticas de acceso y seguridad a los usuarios.

Capítulo II

2 Metodologías y planificación

A continuación, se describirán las metodologías que se aplicaron al proyecto tanto para el manejo del proyecto y el desarrollo de la solución. Así mismo, se expondrán las principales actividades del plan de proyecto de proyecto sobre el que se trabajó.

2.1 Métodos, metodología y procedimientos

Los principios de las metodologías que se usaron en el proyecto de fin de carrera serán divididos en los utilizados para la gestión del proyecto y en los empleados en el desarrollo de la solución.

2.1.1 Metodologías para la gestión del proyecto

Como metodologías de gestión del proyecto, eligió utilizar de manera general PMBOK (Project Management Body of Knowledge) y Scrum. A continuación se explicarán los principios a utilizar y su aplicación en el proyecto de fin de carrera.

2.1.1.1 PMBOK

Dada la pequeña envergadura del proyecto, se eligió utilizar de manera general la metodología PMBOK, debido a que es un compendio de las buenas prácticas utilizadas en la gestión de los proyectos. Además, abarca un conjunto de procesos comunes para cualquier tipo de proyecto (Duncan, 1996). Dichos procesos que fueron utilizados en este proyecto de fin de carrera son los siguientes:

1. **Iniciación:** Se estudia la viabilidad del proyecto y se realiza un alcance preliminar.

2. Planificación: Se desarrolla el plan de proyecto y se define los rubros de costo, el alcance, la programación de actividades y la calidad del proyecto. Se identifican, también, los riesgos que pueden amenazar la evolución del proyecto.
3. Ejecución: Se realizan las actividades programadas del proyecto y se desarrolla el producto final.
4. Seguimiento y control: Se asegura que los objetivos del proyecto están cumpliéndose, mediante la supervisión de los progresos y la toma de acciones correctivas.
5. Cierre: Se finaliza formalmente el proyecto.

Adicionalmente, PMBOK incluye nueve áreas de conocimiento. En la Tabla 2-1 se explicará el uso que se les da.

2.1.1.2 Scrum

Scrum es un marco de trabajo ágil utilizado para el desarrollo y gestión de proyectos de sistemas de información (Spada, 2006). En primer lugar, se establecerá la visión del producto para definir la dirección del proyecto, así como el público objetivo, sus necesidades, las características de la solución y cómo esta genera valor.

En segundo lugar, la fase de ejecución (definida por PMBOK) se distribuyó en iteraciones o *sprints*. Cada uno tendrá una duración de, aproximadamente, dos a tres semanas y se llevará un *Sprint Backlog* para cada una.

En tercer lugar, se aplicaron los roles propuestos por Scrum. En la Tabla 2-2 se detallarán las responsabilidades de cada uno.

Finalmente, se utilizaron las reuniones diarias o *Daily Scrum* para la comunicación de los avances, interrupciones y trabas en los que el proyecto incurrió. Así mismo, al final de cada sprint se realizaron las reuniones de introspección para identificar en qué se falló y en qué se puede mejorar en el resto del proyecto.

2.1.2 Metodologías para el desarrollo de la solución

Como metodología desarrollo de la solución, se eligió utilizar los principios de Extreme Programming y ciertas secciones de la ISO 27002 orientados a la

seguridad. A continuación, se explicarán los principios empleados de cada una y su aplicación en el proyecto de fin de carrera.

Área de conocimiento	Aplicación al proyecto
1. Gestión de la integración del proyecto	Desarrollar el plan para la dirección del Proyecto Dirigir y gestionar la ejecución Monitorear y controlar las actividades Definir las políticas de control cambios Cierre del proyecto
2. Gestión del alcance del proyecto	Definir el Alcance Crear EDT (estructura de desglose de trabajo)
3. Gestión del Tiempo del proyecto	Definir las actividades Secuenciar las actividades Estimar los recursos de las actividades Estimar la duración de las actividades Desarrollar y controlar el cronograma de trabajo
4. Gestión del costo del proyecto	No se aplicará en el proyecto de fin de carrera por no involucrar recursos monetarios.
5. Gestión de la Calidad del proyecto	Realizar el aseguramiento de calidad Realizar el control de calidad
6. Gestión de la Recursos Humanos del proyecto	No se realizara en el proyecto de fin de carrera por ser solamente conformado por dos personas.
7. Gestión de las comunicaciones del proyecto	No se realizara en el proyecto de fin de carrera por ser solamente conformado por dos personas.
8. Gestión de riesgos del proyecto	Identificación de riesgos básicos
9. Gestión de las adquisiciones del proyecto	No se realizara en el proyecto de fin de carrera por no involucrar compras ni recursos monetarios.

Tabla 2-1: Aplicación de las áreas de conocimiento de PMBOK

Rol	Responsabilidades
Product Owner	Comunicación de los requerimientos del sistema
Scrum Master	Comunicación con Product Owner Distribución de los requerimientos en los sprints del proyecto Supervisión del cumplimiento de los sprints
Equipo técnico	Desarrollo de la solución

Tabla 2-2: Roles del proyecto

2.1.2.1 Extreme Programming (XP)

Extreme Programming o XP es una metodología de desarrollo de *software* que basa sus principios en la calidad, agilidad y simplicidad (Wells, 2009).

En primer lugar, para el análisis se utilizaron las historias de usuario. Estas son las necesidades del sistema escritas en lenguaje natural y en palabras de uno de los perfiles de usuario del sistema. Se complementó con el diagrama de clases UML.

Al principio de cada *sprint* o iteración, se ejecutó una reunión de planificación, donde se identificaban y priorizaban los principales requisitos necesarios tanto para el usuario como para la estabilización de la aplicación a partir de las historias de usuario. En consecuencia, se creó un *Sprint Backlog*, que estaba conformado por las historias de usuario que se iban a desarrollar en la iteración en cuestión, las tareas para la consecución de cada una y las pruebas unitarias asociadas.

En complemento, se asoció al sprint un plan de pruebas de integración para controlar y asegurar la calidad.

2.1.2.2 ISO 27002

La ISO 27002 provee las mejores prácticas y recomendaciones para la gestión de la seguridad de la información que pueden ser usadas tanto en la inicialización, implementación o mantenimiento de los sistemas de gestión de la seguridad de la información

Riesgo	Probabilidad	Impacto (1 – 5)	Estrategia
Incumplimiento de fechas de las iteraciones	Media	Medio	Prevenición: Revisar el estado de la iteración en los <i>daily scrum</i> y redistribución de tareas. Contingencia: Ajuste del cronograma en función al retraso incurrido. Realizar tareas de dos iteraciones de forma simultánea.
Comunicación deficiente en el equipo de desarrollo	Media	Medio	Prevenición: Realización de <i>daily scrum</i> y reuniones de retrospectión Contingencia: Convocación de reuniones extraordinarias para delimitación del alcance y aclaración de dudas
Insatisfacción de los usuarios con el producto	Media	Alto	Prevenición: Mantener comunicación fluida Mitigación: Revisión de las historias de usuario y realización de correcciones dentro del marco de tiempo de la situación
Incumplimiento de fechas de entregas a la facultad	Baja	Alto	Prevenición: Revisar el estado de la iteración en los <i>daily scrum</i> y redistribución de tareas. Contingencia: Aviso con anticipación a los asesores para buscar la mejor forma de lograr los objetivos mínimos de la presentación.
Pérdida de comunicación con usuarios	Media	Alto	Prevenición: Mantener una comunicación fluida Mitigación: Búsqueda de otro usuario experto en los contactos de los tesisistas y asesores

Tabla 2-3: Matriz de riesgos

La ISO 27002 consta de 15 principios y un total de 133 controles de los cuales se utilizó para el proyecto de fin de carrera únicamente el principio de Control de accesos con los siguientes controles:

1. Requisitos de negocio para el control de accesos
2. Gestión de accesos al usuario
3. Control de accesos a la aplicación

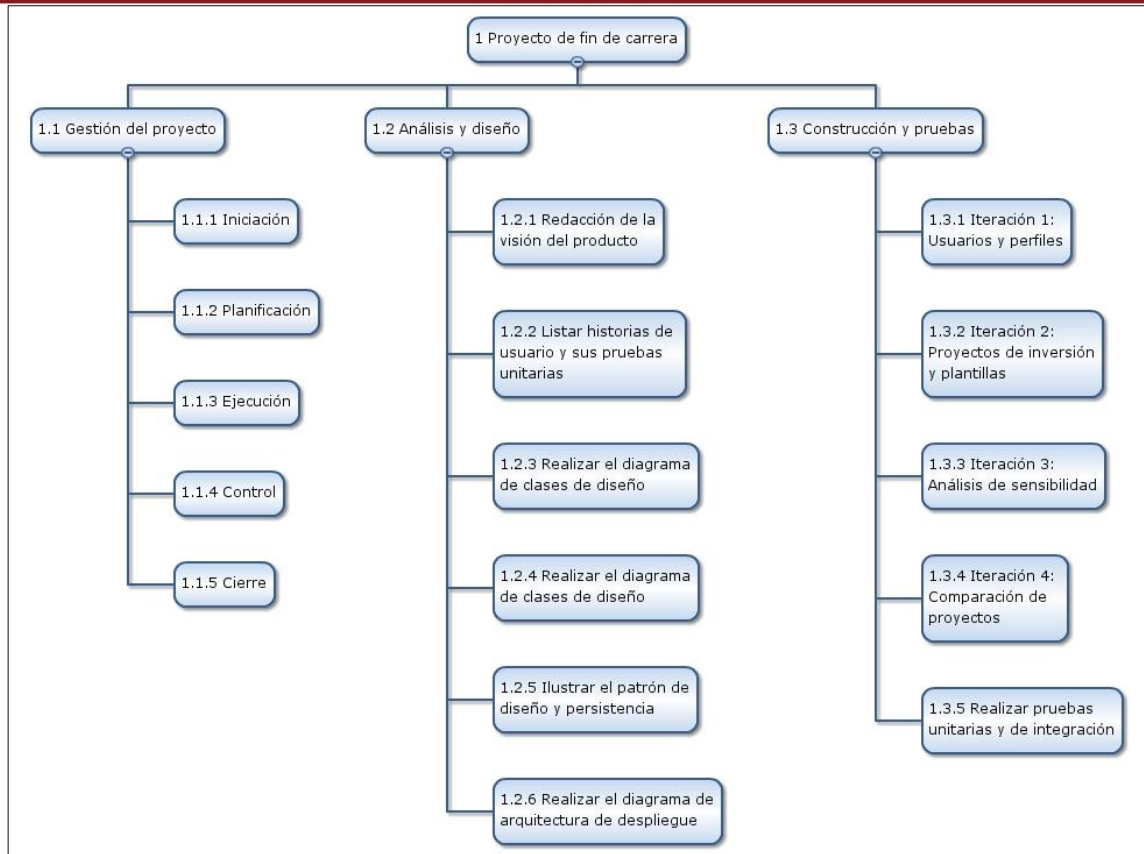


Figura 2.1: Diagrama EDT

2.2 Planificación del proyecto

En esta sección, se incluirá el diagrama de descomposición de trabajo propuesto por PMBOK, que plasmará la forma en la que se dividieron las tareas del proyecto. Además, en el Anexo 1 se detallará el cronograma de las principales actividades que se llevaron a cabo.

2.2.1 Diagrama EDT

En la Figura 2-1 se encuentra el diagrama EDT que describe cómo se disgregaron las actividades del proyecto.

2.2.2 Matriz de riesgos

En la Tabla 2-4 se listan los principales riesgos identificados en el proyecto, la probabilidad de ocurrencia, su impacto y las estrategias de prevención y contingencia a tomar por cada uno de ellos.

Capítulo III

3 Análisis y diseño

En esta sección se definirá la visión del producto, se establecerá la lista de requisitos y se incluirán las historias de usuario que describan las expectativas y necesidades de los usuarios de la solución. Así mismo, se incluirá el diagrama de clases, el patrón de diseño y la arquitectura del sistema.

3.1 Visión del producto

En la Tabla 3-1 se definirá la visión del producto, así como su público objetivo, las necesidades que atiende, sus características y cómo este genera valor.

3.2 Historias de usuario

De las entrevistas al usuario, se recogieron las siguientes historias que fueron de utilidad para la distribución de tareas y la construcción del *Sprint Backlog*. En la Tabla 3.2 se presentan las mencionadas historias.

3.3 Diagrama de clases de análisis

En la Figura 3.1 se presenta la vista del módulo de proyectos y plantillas del diagrama de clases. Como se puede observar, cada proyecto está compuesto de elementos, los cuales son la generalización de los distintos ítems que intervienen en una evaluación. Estos son los gastos, participaciones, financiamientos, etc. Esta decisión se tomó para facilitar el llamado a los mismos en la generación de los resultados del modelo (Estado de ganancias y pérdidas y flujo de caja) con el uso de la clase genérica, ya que se tienen los elementos debidamente tipificados.

<p>Visión</p> <p>Brindar a los encargados de las evaluaciones financieras en empresas mineras peruanas una herramienta de fácil uso que los asista en el modelamiento de un proyecto minero y en la determinación de la rentabilidad del mismo de manera centralizada, colaborativa y segura</p>	
<p>Público objetivo</p> <p>Encargados de la evaluación financiera de proyectos de pequeñas y medianas empresas mineras del Perú</p>	<p>Necesidades</p> <p>Entorno colaborativo</p> <p>Herramienta simple para la creación de modelos de proyectos para su evaluación financiera</p> <p>Realización del análisis de sensibilidad</p> <p>Integridad y seguridad de información</p>
<p>Características del producto</p> <p>Herramienta web colaborativa</p> <p>Permite creación de plantillas de modelos de evaluación financiera de proyectos mineros</p> <p>Permite la creación de modelos sobre las plantillas previamente definidas</p> <p>Contiene un simulador de análisis de sensibilidad que utiliza el método de Monte Carlo</p> <p>Implementa un control de accesos a distintos proyectos y secciones del sistema</p> <p>Contiene auditoría de las acciones realizadas sobre una evaluación</p> <p>Permite la comparación de indicadores de éxito entre distintos proyectos</p> <p>Manejo de versiones de evaluaciones</p>	<p>Generación de valor</p> <p>Ahorro de tiempo y recursos</p> <p>Integridad de datos</p> <p>Reutilización de plantillas</p> <p>Comunicación ágil</p>

Tabla 3-1: Visión del producto

En la Figura 3.2 se presenta la vista del análisis de sensibilidad del diagrama de clases, donde intervienen la selección de atributos sensibles y su asignación a una de las distribuciones disponibles. La conexión con la vista de la Figura 3.1 se da con las clases Elemento, Proyecto y los Parámetros de la operación.

A cada Elemento se le asignará opcionalmente una o varias distribuciones, las cuáles será utilizada por el método de Simulación de Monte Carlo para la realización del análisis de sensibilidad.

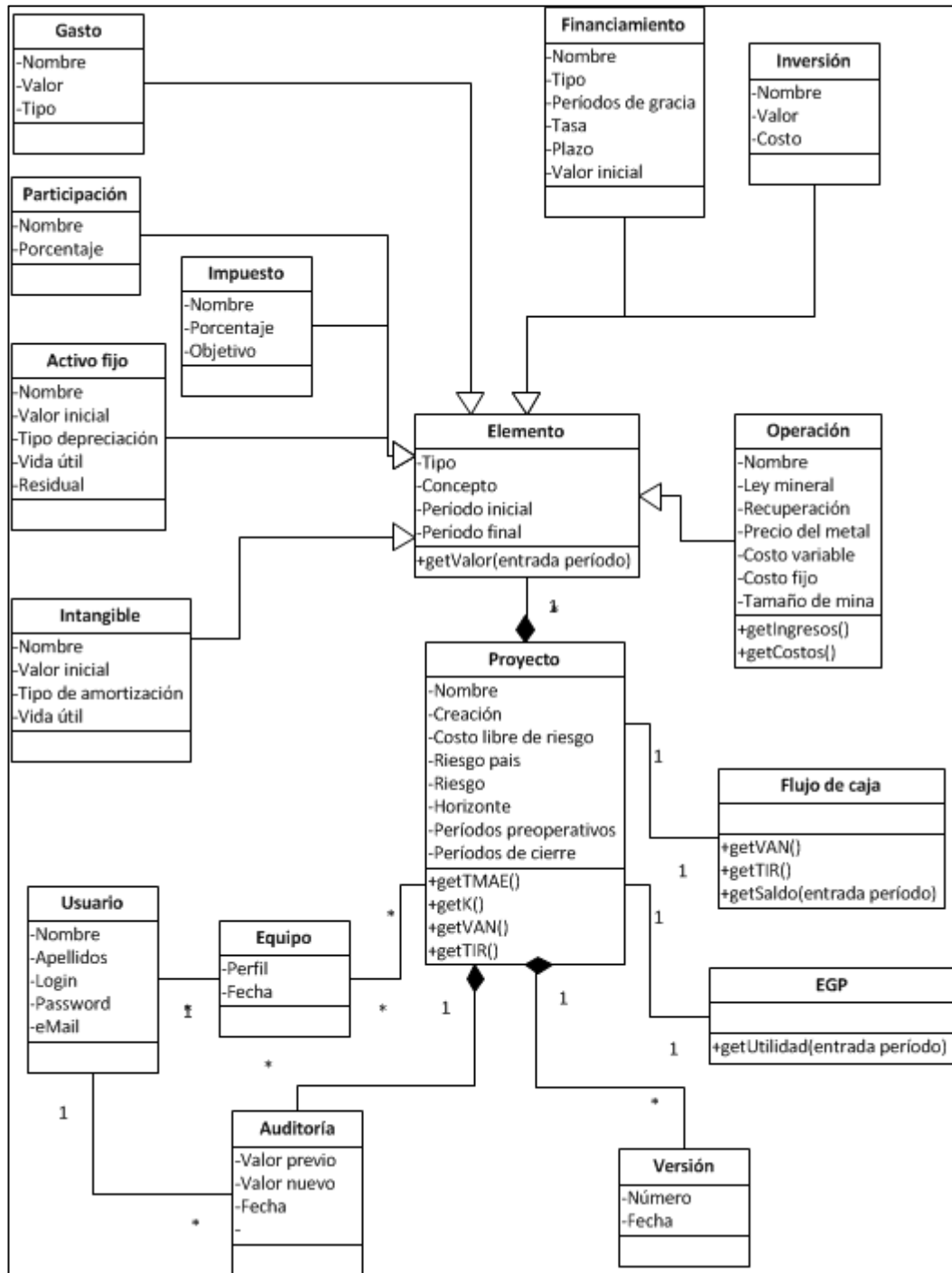


Figura 3.1: Vista del proyecto del diagrama de clases

Como creador de un proyecto, deseo:

- Poder crear un proyecto a partir de una plantilla que permita adecuar la evaluación a un modelo cuyos reportes hayan quedado previamente establecidos
- Poder modificar los atributos de los activos fijos, activos intangibles, medios de financiamiento, ingresos y costos de operación, impuestos y participaciones asociados al proyecto
- Visualizar el Estado de pérdidas y ganancias, el flujo de caja de la empresa y el flujo de caja del accionista de cada proyecto
- Visualizar los indicadores de costo de capital tanto para los bancos, como los accionistas y la empresa
- Visualizar los indicadores de rentabilidad, como el VAN y el TIR de un proyecto
- Poder comparar los indicadores de rentabilidad con otros proyectos registrados en el sistema
- Poder elegir qué variables presentes en el proyecto son sensibles, asignarles una distribución y poder correr una simulación que permita observar los distintos escenarios probables en los que el proyecto podría incurrir
- Poder compartir el modelo con otros usuarios del sistema, a quienes se les notifique y se les pueda definir niveles de acceso, como de modificación o sólo lectura
- Que se registren los cambios hechos en el modelo, con información del valor previo, el valor nuevo, el usuario que modificó y la hora del hecho
- Poder guardar versiones de la evaluación y tener la capacidad de restaurarla

Tabla 3-2: Historias de usuario

3.4 Diagrama de clases de diseño

Para la implementación de la vista del proyecto del diagrama de la Figura 3.1, se tuvieron que realizar varios cambios. Estos se debieron al gran número de clases que heredan de la clase Elemento. Así, se decidió optar por una clase genérica cuyos atributos sean dinámicos y, también, hereden de una clase genérica que se llame Parámetro. La clase Parámetro, por ejemplo, podrá representar el tamaño de mina de un Elemento que representa la operación de una mina, o el número de períodos de gracia de un préstamo. Como los valores de dichos atributos pueden variar de período a período (por ejemplo, el plan de producción podría incrementarse anualmente), se le asignará a cada Parámetro una lista con su respectivo valor por cada período. Dicho objeto que contiene tanto el valor como el período será llamado Celda.

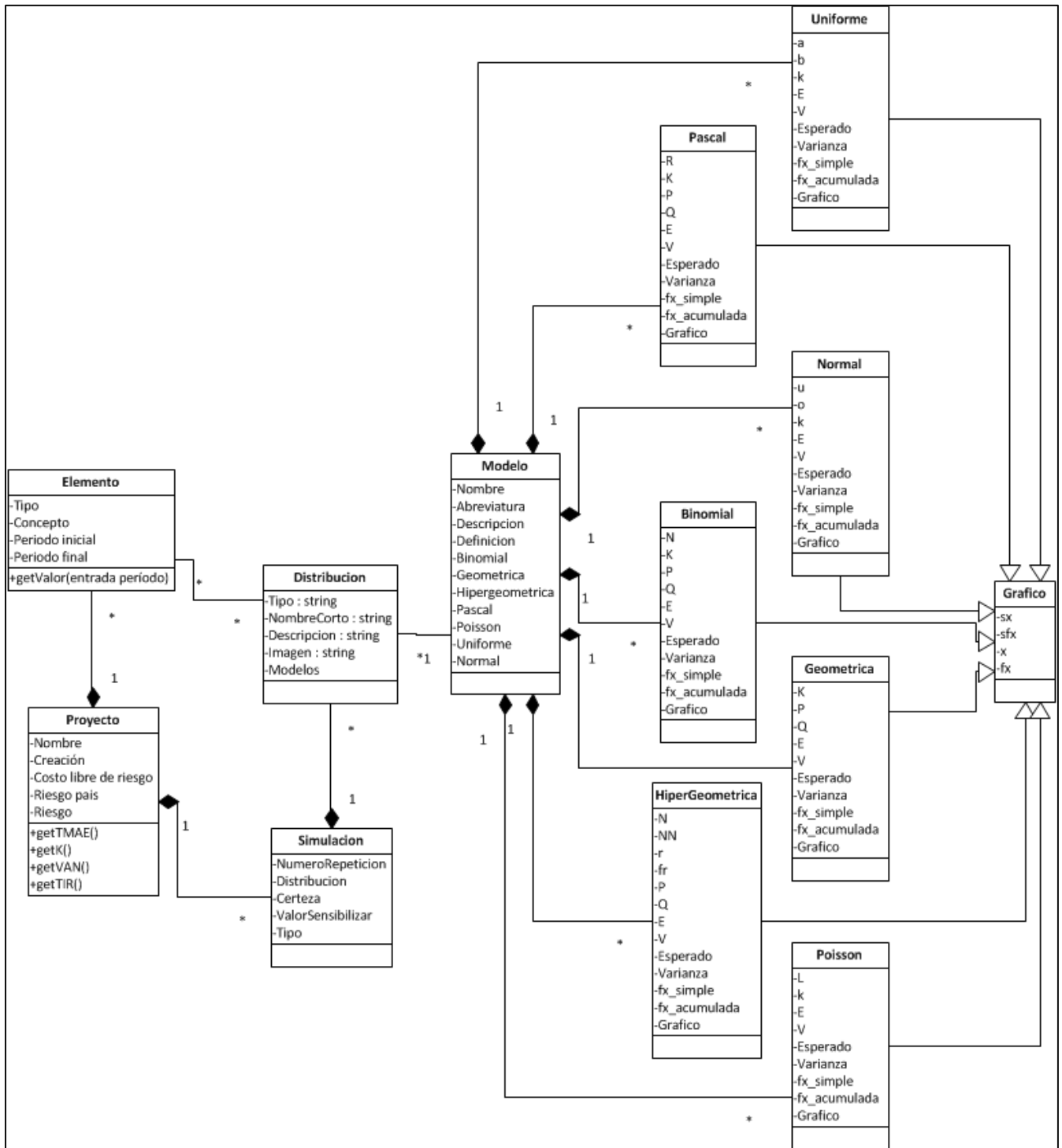


Figura 3.2: Vista del análisis sensibilidad del diagrama de clases

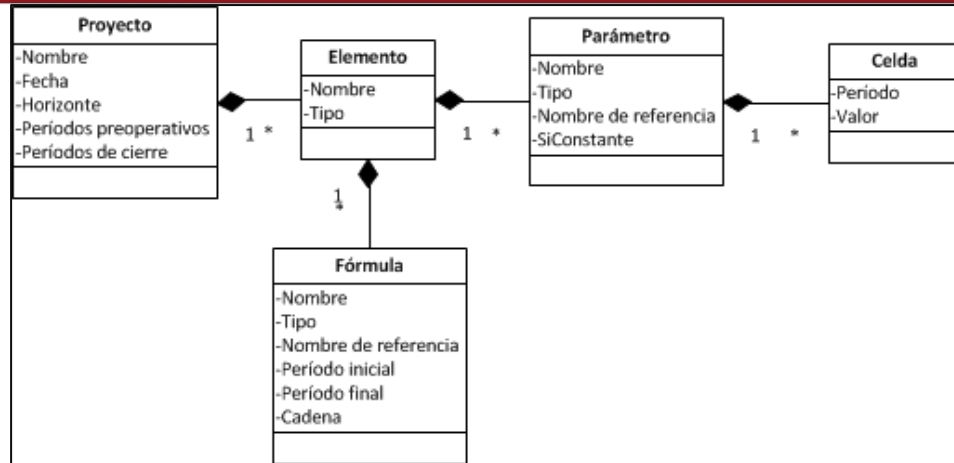


Figura 3.3: Primera propuesta de vista de Proyectos

Por otro lado, cada Elemento puede tener distintas salidas. Por ejemplo, la operación minera puede dar como resultado los ingresos del período o, análogamente, los costos. Así mismo, el préstamo de un banco podría dar como resultado las cuotas anuales o los intereses. Por consiguiente, se creó la clase Fórmula, que referenciaría los parámetros y otras fórmulas del elemento en una cadena de texto para realizar operaciones matemáticas que brinden los resultados necesarios para cada Elemento. En la Figura 3.3 se visualiza el modelo propuesto.

Para la implementación de las salidas de todo el proyecto (EGP o flujo de caja, por ejemplo) se optó por otra clase genérica llamada Salida, que representará uno de los reportes que el proyecto dará como resultado. Para la asociación de estas salidas con las fórmulas de los distintos elementos, se creó otra clase genérica llamada Operación, que de forma análoga a la clase Fórmula con los Parámetros, referenciará a las mismas, pero no una a una, sino por tipo de fórmula. Es decir, recogerá la sumatoria de cada uno los distintos tipos de fórmula que se referencien (consolidará la sumatoria de los montos de préstamo o inversiones por período, por ejemplo).

En adición, se conectará con la vista de Análisis de Sensibilidad a través de la clase Parámetro, a la cual se le asociará una distribución si es que esta es considerada como sensible. Al correr la simulación de Monte Carlo, se modificarán las celdas almacenada de los parámetros sensibles de acuerdo a su distribución y se correrá la resolución del proyecto (resolver las cadenas de texto de las fórmulas y operaciones) para la obtención de los indicadores de rentabilidad (que terminarán siendo modelados como Operación). Dicho proceso se correrá cuantas veces el

usuario lo indique y se retornará el mejor, peor y el caso promedio de los mismos. En la Figura 3.4 se visualiza la propuesta final del diseño de la vista de Proyectos.

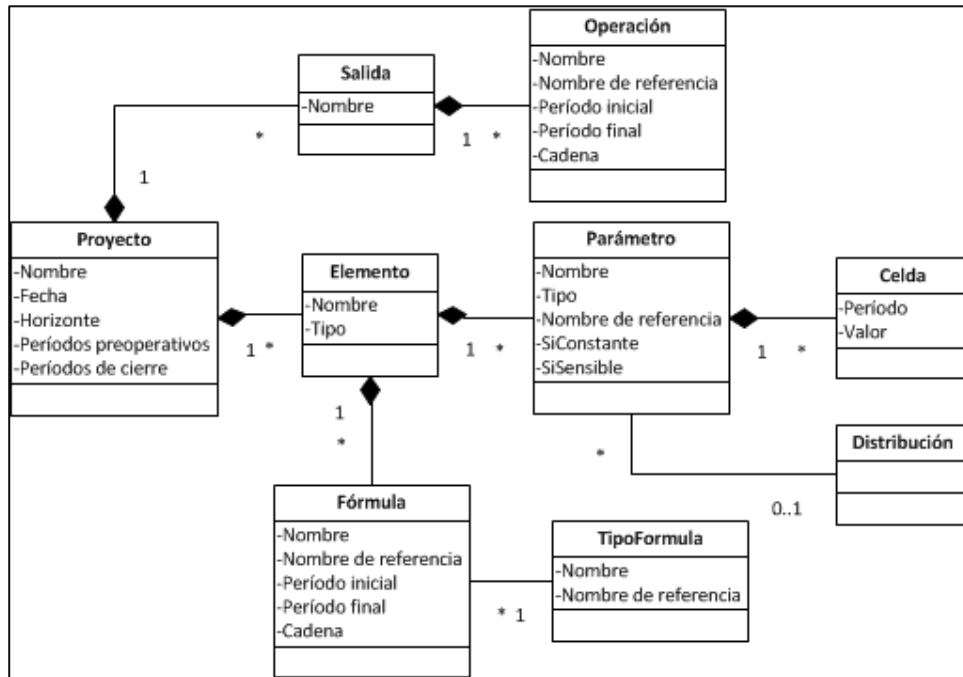


Figura 3.4: Propuesta final de vista de Proyectos

Para las plantillas de los elementos, se definió un modelo espejo al original, pero sin incluir la clase Celda y la relación de Proyecto con Elemento. Por ello, al crear un proyecto, el usuario puede elegir una plantilla y al guardar, se copiarán sus salidas y operaciones necesarias para generar los reportes e indicadores del proyecto. Análogamente, si el usuario crea un elemento basado sobre una plantilla (activo fijo con depreciación lineal o préstamo de cuotas fijas con períodos de gracia, por ejemplo), los parámetros y fórmulas se copian por código y el usuario únicamente se limita a llenar las celdas necesarias. Entonces, con las fórmulas, operaciones y salidas ya generadas por las plantilla se podrá ofrecer al usuario de forma rápida los estados financieros e indicadores necesarios de una evaluación financiera.

3.5 Patrón de diseño y persistencia

La arquitectura del sistema de evaluación financiera de proyectos mineros fue realizada para brindar el soporte a los diferentes tipos de escenarios que cada modelo puede presentar. Dicha arquitectura presenta la flexibilidad y seguridad de la consistencia de los datos.

Algunas de las consideraciones que se tomaron en cuenta en relación a la arquitectura implementada son:

- El sistema permitirá una interfaz con la mínima cantidad de secuencia de pasos que pueda realizar el usuario que lo manipule.
- Los accesos al sistema se dieron en base a perfiles definidos en el módulo de usuarios y contando con los estándares de seguridad que se requerían para ello.
- El sistema soporta cada una de las funcionalidades que el propietarios del producto solicito, dando lugar a una correcta interrelación entre datos e información.

El patrón de diseño que se empleó para el desarrollo de todo el ciclo de vida del proyecto consta de tres capas las cuales son Vista Controlador y Modelo o MVC.

En la Tabla 3-8 se presenta una descripción de las diferentes capas que conforman el patrón y un ejemplo en la que se aplicó al proyecto:

En la Figura 3.3 se presenta un ejemplo de cómo interactúan dichas capas en la solución a implementar y cómo complementarán al diagrama de clases de análisis.

Capa	Descripción
Modelo	Las clases modelo contienen los datos y atributos de cada entidad. Por ejemplo, el nombre y la fecha de creación de un proyecto.
Controlador	Es el encargado de interactuar con la base de datos y la vista. Esta capa se encarga de establecer la lógica que debe seguir los datos del modelo. Por ejemplo, el controlador de los proyectos le enviará a la vista la lista de proyectos a las cuales un usuario puede acceder.
Vista	Permite mostrar los resultados que el controlador le envió. Por ejemplo, una vista podrá mostrar la lista de proyectos en una tabla con formato.

Tabla 3-3: Capas del modelo MVC

3.6 Arquitectura de despliegue

El sistema sigue una arquitectura de despliegue de tres capas, en las que se encuentra el Cliente Web, el Servidor Web y de aplicaciones y la base de datos. Se eligió esta arquitectura por su simpleza y facilidad de uso en proyectos netamente web.

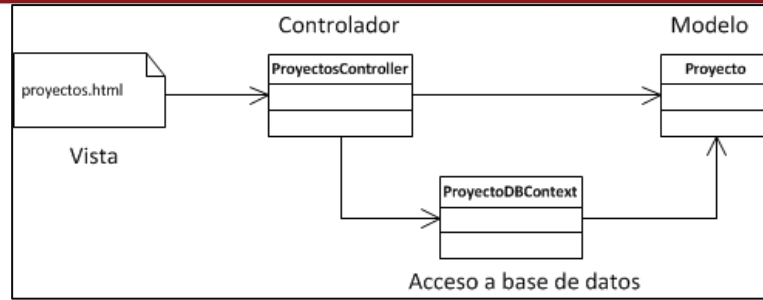


Figura 3.5: Patrón MVC en el proyecto

El flujo de la información es secuencial. Es decir, el cliente web solicitará información al servidor web y de aplicaciones, y este, luego de realizar el procesamiento, solicitará información, si la necesita al a base de datos. El flujo de la respuesta es el inverso. En la Figura 3.6 el diagrama de las mencionadas capas.

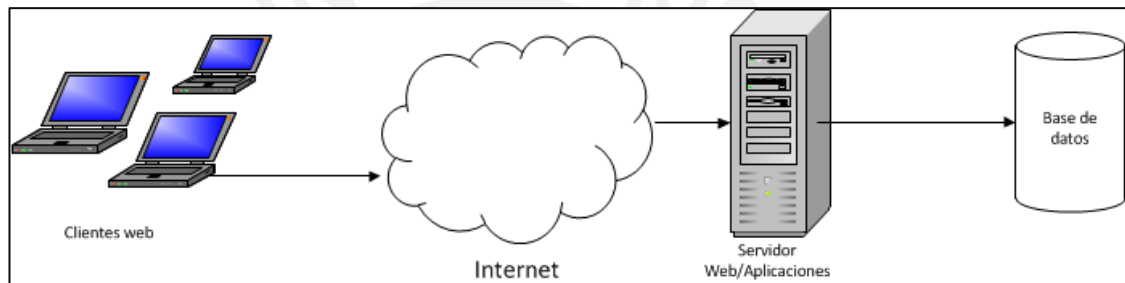


Figura 3.6: Diagrama de despliegue

Capítulo IV

4 Construcción y pruebas

En este capítulo, se presenta la justificativa tecnológica o el porqué de la selección de las herramientas que se utilizaron para el proyecto. Así mismo, se expone cada sprint, qué historias de usuario lo constituyeron, en qué tareas se desgregó cada historia y qué pruebas se aplicaron para el aseguramiento y control de calidad. El detalle de las pruebas se encuentra en el Anexo 2 y un caso de negocio en el Anexo 3.

4.1 Justificativa tecnológica

Las tecnologías utilizadas en la implementación del presente proyecto de fin de carrera proveen de un soporte tecnológico actual que da estabilidad a la solución sin descuidar el aspecto gráfico y usabilidad en los componentes gráficos de vista a los usuarios. Entre las principales características, están las tecnologías web actuales que se adaptan a la resolución de cualquier dispositivo desde el cual se accede, ya sea desde un browser desde una computadora personal, tableta o celular. Además, están diseñadas para ser utilizadas bajo estándares de seguridad y accesibilidad a la información.

A continuación se describirán cada uno de los componentes que fueron utilizados en la parte de desarrollo e implementación, además la justificativa del porque fueron utilizadas y finalmente la manera en que cada una de ellas se integran en el producto final.

4.1.1 Entorno de desarrollo

Se eligió Visual Studio 2012, que es un entorno de desarrollo integrado cuyo proveedor es la empresa Microsoft, la cual provee de un conjunto de herramientas (incluidos *frameworks* y *motores de base de datos*) que permiten gestionar todo tipo de proyectos ya sea web, de consola, en la nube, móviles, entre otros.

4.1.2 Lenguajes de programación y frameworks

Se eligió utilizar C#, que es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado y estandarizado por Microsoft como parte de la plataforma .Net, propia de la empresa. C# soporta el *framework* MVC4, que provee el patrón de diseño y persistencia elegido y facilita el flujo de información desde la vista hacia la base de datos a través de un controlador, que controla, también, la comunicación con la base de datos con el ORM Entity Framework (EF). El EF es un *framework* que permite crear de manera conceptual (diagrama de clases) la lógica del sistema y genera, de manera automática, el modelo relacional (base de datos). En otras palabras, la base de datos es una abstracción para los programadores que es accedida directamente del diagrama de clases.

Para la interfaz del usuario, se utilizó HTML5 por la naturaleza web del proyecto. Se le complementó con los *frameworks* Bootstrap, y Telerik. El segundo brinda una colección de componentes que agilizan la comunicación y validación entre la vista y el modelo en la solución. Además, trae consigo una lista de elementos tales como gráficos estadísticos, grillas para reportes entre otros que amplían la selección de componentes gráficos para que sean utilizados por los usuarios. Su elección como parte del proyecto de fin de carrera se dio debido a que se complementa con el modelo MVC4 brindando componentes de entrada y salida de información que serán utilizados para los reportes de la simulación de Monte Carlo y comparación de proyectos.

4.1.3 Motor de base de datos

Se eligió SQL Server Express 2008, la versión gratuita ofrecida por Microsoft. La elección se dio debido a que se complementa nativamente con el entorno de desarrollo Visual Studio 2012, desde el cual se puede llevar la administración de la base de datos y con el EF.

4.2 Definición de Iteraciones

La construcción del producto, como antes mencionado, estará dividido en cuatro *sprints* o iteraciones. La primera iteración fue dedicada al acondicionamiento y estabilización del sistema. Esto es, al acoplamiento de los distintos *frameworks* y componentes que se utilizaron y a las configuraciones necesarias para que se apliquen al proyecto. Así mismo, se implementó el módulo de usuarios y permisos para validar su funcionamiento y para que el equipo de trabajo se acostumbre al uso de la tecnología seleccionada. Luego, la segunda iteración ya completó un *release* que incluía el módulo de plantillas y proyectos y que permitía al usuario interactuar con el *core* de la solución. En la siguiente iteración, se implementó el módulo de análisis de sensibilidad, que toma como datos de entrada los ingresados en el módulo de proyectos y corre una simulación que utiliza el método de Monte Carlo. Finalmente, en la cuarta y última iteración, se implementó el módulo de la comparación de rentabilidad entre proyectos.

A continuación, se detallará qué historias de usuario y tareas constituyeron cada iteración y, generalmente, qué pruebas se aplicaron al sistema.

4.2.1 Iteración 1: Usuarios y perfiles del sistema

Como previamente comentado, esta iteración sirvió para el establecimiento del sistema y la fundación de sus estándares de interfaz y de programación. Cabe resaltar que no estuvo orientada al equipo de trabajo, dado que si bien no entregaba funcionalidad vital para el día a día de los usuarios, fue importante para la agilidad y velocidad del desarrollo a posterior.

Incluye, como funcionalidad, la creación de cuentas de usuario y la compartición de proyectos, que para esta iteración fueron pantallas vacías, pero que nos podían dar una señal de que sí, en efecto, funcionaba o no lo definido.

La duración que se definió fue corta (2 semanas), pero requirió de programación y pruebas exhaustiva, dado que se tuvo que sobrellevar una línea de aprendizaje mediana.

4.2.2 Iteración 2: Proyectos de inversión y plantillas

En esta iteración, se implementó todo el desarrollo del modelo de las evaluaciones financieras de proyectos de inversión minero del sistema. Se implementaron clases con los cálculos necesarios para calcular la rentabilidad del proyecto, como la depreciación línea o la TIR. A continuación, se desarrolló el mantenimiento de un banco de elementos que constituirán las plantillas sobre las cuales se crearán los proyectos. Finalmente, se creó el flujo de creación de proyectos, el cual utiliza las plantillas y los distintos elementos previamente modelados para dar como resultados los estados financieros e indicadores requeridos.

Así mismo, se enlazó con la iteración anterior al hacer posible la compartición de proyectos con otros usuarios del sistema, con previa definición de su nivel de acceso (sólo lectura o edición). Por otro lado, se programó el manejo de versiones, que permite a los usuarios guardar una versión del modelo de un proyecto, poder visualizar una versión anterior y tener la capacidad de restaurarla. Además, se implementó la auditoría de una evaluación, que guarda en la bitácora (log) cada cambio ejecutado en la evaluación, así como la hora, fecha, autor del cambio, qué se cambió y su valor antes y después del cambio.

Esta iteración tuvo la mayor concentración de historias de usuario, pero la mayoría de una complejidad de programación media. A continuación se presentan las historias de usuario que se atendieron:

- Poder crear un proyecto a partir de una plantilla que permita adecuar la evaluación a un modelo cuyos elementos hayan quedado previamente establecidos
- Poder modificar los atributos de los activos fijos, activos intangibles, medios de financiamiento, ingresos y costos de operación, impuestos y participaciones asociados al proyecto
- Visualizar el Estado de pérdidas y ganancias, el flujo de caja de la empresa y el flujo de caja del accionista de cada proyecto
- Visualizar los indicadores de costo de capital tanto para los bancos, como los accionistas y la empresa
- Visualizar los indicadores de rentabilidad, como el VAN y el TIR de un proyecto

- Poder compartir el modelo con otros usuarios del sistema, a quienes se les notifique y se les pueda definir niveles de acceso, como de modificación o sólo lectura
- Que se registren los cambios hechos en el modelo, con información del valor previo, el valor nuevo, el usuario que modificó y la hora del hecho
- Poder guardar versiones de la evaluación y tener la capacidad de restaurarla

Se realizaron las siguientes pruebas, las cuales, de manera general, se encuentran a continuación y a detalle en el catálogo de pruebas:

- Creación de plantillas de elementos (incluidos parámetros y fórmulas) que modelen los activos fijos, activos intangibles, operación minera, gastos, préstamos, impuestos, participaciones e inversiones
- Creación de plantillas de proyecto que permitan modelar los resultados del mismo
- Creación de un proyecto sobre la base de una plantilla
- Creación de un activo fijo sobre la base de una plantilla y validación del calendario de depreciación lineal a lo largo del proyecto
- Creación de un activo intangible sobre la base de una plantilla y validación del calendario de amortización a lo largo del proyecto
- Creación de un elemento de operación minera sobre la base de una plantilla y validación del calendario de ventas y costos a lo largo del proyecto
- Creación de un gasto administrativo sobre la base de una plantilla y validación del calendario de egresos a lo largo del proyecto
- Creación del impuesto a la renta, impuesto especial a la minería y regalía minera
- Creación de participaciones de los trabajadores
- Creación de inversiones calendarizadas
- Visualización del estado de pérdidas y ganancias del proyecto y del inversionista
- Visualización del flujo de caja del proyecto y del inversionista
- Visualización de los indicadores de rentabilidad (TIR, VAN, K) del proyecto y del inversionista
- Registros del log de todas las modificaciones en el log de auditoría
- Almacenamiento de una versión de la evaluación

- Restauración de una versión anterior de la evaluación

4.2.3 Iteración 3: Análisis de sensibilidad

En la tercera iteración se desarrolló la funcionalidad matemática más compleja del proyecto: el análisis de sensibilidad. Básicamente consiste en la asociación de las distribuciones descritas en el estado del arte con los elementos de la evaluación que el usuario crea sensibles, como el precio de los minerales. Una vez asociados, se les define un umbral en el cual la variable pueda incurrir. De tal manera, cuando se elija correr la simulación, se generarán los resultados del modelo con valores aleatorios en los elementos que el usuario definió como sensibles en base a su distribución y umbral mayor y menor.

Se atendió a la siguiente historia de usuario:

- Poder elegir qué variables presentes en el proyecto son sensibles, asignarles una distribución y poder correr una simulación que permita observar los distintos escenarios probables en los que el proyecto podría incurrir

Se realizaron las siguientes pruebas, las cuales, de manera general, se encuentran a continuación y a detalle en el catálogo de pruebas:

- Asociación de distribución hipergeométrica a un parámetro
- Asociación de distribución binomial a un parámetro
- Asociación de distribución Pascal a un parámetro
- Asociación de distribución Poisson a un parámetro
- Asociación de distribución geométrica a un parámetro
- Asociación de distribución normal a un parámetro
- Asociación de distribución uniforme a un parámetro
- Visualización y validación del escenario promedio, mejor y peor de los indicadores de rentabilidad del proyecto (TIR y VAN) a través del análisis de sensibilidad

4.2.4 Iteración 4: Comparación de proyectos

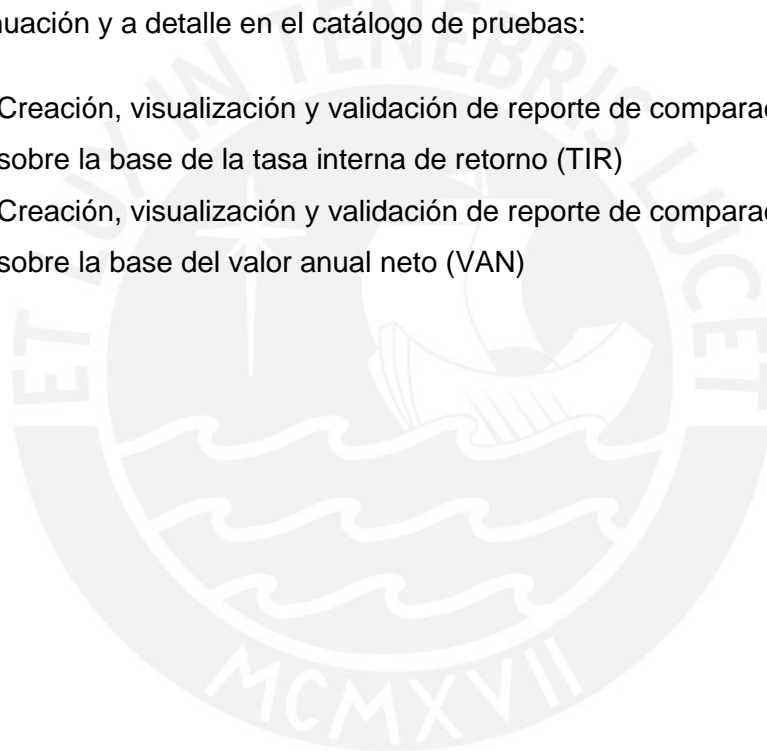
En la última iteración se cubrió la última necesidad, que incluía la creación de un reporte de comparación de los indicadores de rentabilidad de dos o más proyectos de la cartera del usuario.

Se atendió a la siguiente historia de usuario:

- Poder comparar los indicadores de rentabilidad con otros proyectos registrados en el sistema

Se realizaron las siguientes pruebas, las cuales, de manera general, se encuentran a continuación y a detalle en el catálogo de pruebas:

- Creación, visualización y validación de reporte de comparación de proyectos sobre la base de la tasa interna de retorno (TIR)
- Creación, visualización y validación de reporte de comparación de proyectos sobre la base del valor anual neto (VAN)



Capítulo V

5 Conclusiones y trabajos futuros

En esta última sección, se describirán las conclusiones de la consecución de los objetivos del proyecto, su acercamiento a los resultados que se esperaban y el rol de los métodos, metodologías y marcos de trabajo que se utilizaron para ello. Finalmente, se presentará una serie de posibles mejoras para la solución.

5.1 Conclusiones

El objetivo general del proyecto era la provisión de un sistema de información colaborativo y especializado para la evaluación de proyectos de inversión minera. Para su consecución, se disgregó en seis objetivos específicos a los cuales se les asignó resultados para la medición de su cumplimiento.

El primer objetivo propuesto fue la consolidación de un conjunto de variables que conformen las plantillas a ser utilizadas por las evaluaciones de los proyectos de inversión minera. Su resultado era el módulo de creación y mantenimiento de dichas plantillas predefinidas. Para que esto se logre, se tuvo que realizar la mayor parte del levantamiento de información de la mano de un experto, el cual asesoró a los tesisistas en la familiarización con el lenguaje y los distintos elementos e indicadores utilizados en el rubro. Dicha colaboración fue vital y, además, ayudó a establecer el rumbo y el mercado objetivo de la solución.

Una vez conocidas todas las variables que intervenían, se tuvo que constituir un diagrama de clases reducido que, con pocas clases genéricas pudiera representar todo elemento (activo fijo, operación minera, préstamo bancario, inversión, etc.) con sus distintos parámetros y fórmulas asociadas. Dicho modelo se definió cuando la construcción ya había comenzado, lo que obligó a ampliar el tiempo de desarrollo,

ya que se tuvo que adecuar lo ya avanzado y replantear el diseño de lo faltante. El siguiente paso, fue la creación de las plantillas que faciliten la creación de los elementos. De esta manera, el usuario únicamente tendría que llenar las celdas necesarias para que los elementos pudieran generar resultados. A partir de aquí, se comenzaron a observar ventajas sobre las hojas de cálculo, pues la estructura que la solución ofrecía hacía transparente la parte matemática de las evaluaciones.

El segundo objetivo era la reducción de la complejidad en el uso del análisis de sensibilidad, que tenía como resultado un simulador que, por recomendación del usuario experto, utilizaría el método de Monte Carlo. La implementación del simulador debía ser simple, por lo que se trató que el usuario realice la menor cantidad de tareas para su ejecución. En consecuencia, solamente con marcar los parámetros que podrían ser sensibles y asignarles una distribución estadística, ya se podría correr el análisis multidimensional, lo que, en relación a soluciones predecesoras, evitaba que el usuario se tenga que trasladar a otra aplicación o instalar *plugins*. Cabe resaltar que si bien se pueden realizar las simulaciones de manera sencilla, la solución permite una mayor personalización en las distribuciones y los comportamientos de las variables, pero un conocimiento estadístico de los mismos sería necesario por parte del usuario.

El entorno compartido que se propuso en el tercer objetivo se desarrolló a través de una plataforma web y fue el factor para que esta solución se diferencie del resto de herramientas en el mercado. Se logró la comodidad del usuario, pues un navegador de internet es un medio de acceso muy utilizado en el día a día de cualquier persona.

En adición, el entorno fue potenciado con la consecución de los siguientes tres objetivos, dado que estos brindarían funcionalidades complementarias dedicadas a la mejora de la experiencia de un usuario en un medio colaborativo.

Primero, se adicionó el módulo de control de versiones. Se decidió que una versión, en base de datos, sería guardada como la representación del proyecto de inversión en un flujo de caracteres. Dicha decisión nos permitió reutilizar funcionalidad para la restauración, copia y comparación de proyectos, pues la conversión de una versión a un proyecto en memoria se limitaba a la invocación de un solo método. Con esto, el usuario resolvió el problema de tener muchas de hoja de cálculo cuya versión sea manejada solamente con un sufijo al nombre del archivo. En segundo lugar, se brindaron herramientas a los usuarios para que pudieran compartir sus

proyectos con otros usuarios bajo un rol específico (revisor o editor). Con ello, se promovió el trabajo colaborativo sin tener que recurrir a medios externos como las carpetas compartidas o el correo electrónico. Finalmente, se automatizó la trazabilidad de los cambios del proyecto al registrar en una bitácora cada cambio realizado, lo que permitiría la detección de eventuales modificaciones no deseadas, así como sus responsables.

En relación a la gestión del proyecto y la construcción del producto, el uso de las metodologías ágiles *Scrum* y *Extreme Programming* sirvió para enfocar mejor la fase de desarrollo y evitar la pérdida de tiempo y recursos en documentación innecesaria que no genera valor al producto ni al proceso.

5.2 Trabajos futuros

El proyecto de fin de carrera sirvió para proveer a las empresas mineras del Perú de un sistema especializado para la evaluación financiera de sus proyectos. Sin embargo, la amplitud que se le puede dar a un sistema de esta índole puede ser mucho mayor.

En primer lugar, se podría generalizar el modelo para que no solo actúe para proyectos de inversión minera, sino para proyectos de inversión para empresas de todo tipo, desde proyectos de producción tradicionales hasta consultorías. Así mismo, se podría ampliar el modelo para el cálculo de los costos unitarios de venta, el cálculo del margen de ganancia y la creación de un plan de ventas, que es vital para rubros no extractivos.

En segundo lugar, la metodología empleada para el análisis de sensibilidad y optimización podría sofisticarse introduciendo la opción de adquisición de activos durante la simulación. Esto es, que el sistema indique el período en el que es conveniente comparar nuevos activos para aumentar la rentabilidad del proyecto y lograr mayores ganancias en las ventas de activos depreciados.

En tercer lugar, el entorno que se desarrolló para la creación de los proyectos puede ser mejorado y lograr ser más colaborativo. Por ejemplo, se podría desarrollar un escritorio compartido para visualizar más de un curso en pantalla. Así mismo, se podría implementar un *chat* que deje comentarios en la evaluación o un flujo de aprobación para cambios.

Finalmente, cabe resaltar el valor educativo de la solución desarrollada. Sirve para que los alumnos de distintos cursos de contabilidad o valorización minera puedan entender el flujo de evaluación financiera para sus proyectos. Se podría explotar este nicho si se amplían los perfiles de los usuarios y se creen los roles de profesor y alumno, donde el primero pueda revisar, corregir y comentar el trabajo del segundo.



Bibliografía

Barreto, H. (2006). *Introductory Econometrics Using Monte Carlo Simulation with Microsoft Excel. First Edition*. Cambridge University Press.

Blank, L., & Tarquin, A. (2006). *Ingeniería económica. Sexta edición*. México D.F.: Mc Graw-Hill Interamericana.

BoraSystems. (2013). *Software EasyPlanEx*. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de <http://www.borasystems.com/homeespanol/softwareeasyplanex.html>

Calle, A., & Tamayo, V. (2009). Decisiones de inversión a través de opciones reales. *Estudios Gerenciales. s/l, volumen 25, número 111* , 107-126.

Congreso de la República. (31 de Diciembre de 1993). Ley N° 774. Reglamento de la Ley de Impuesto a la renta.

Congreso de la República. (26 de Setiembre de 2003). Ley N° 27506. Ley del Canon.

Congreso de la República. (24 de Junio de 2004). Ley N° 28258. Ley de regalía minera.

Congreso de la República. (28 de Setiembre de 2011a). Ley N° 29788. Ley que modifica la Ley N° 28258, Ley de regalía minera.

Congreso de la República. (28 de Setiembre de 2011b). Ley N° 29789. Ley que crea el Impuesto especial a la minería.

Congreso de la República. (28 de Setiembre de 2011c). Ley N° 29790. Ley que establece el marco legal del Gravamen especial a la minería.

Cornejo, C. (2012). *Control de gestión industrial I*. Lima: Facultad de Ciencias e Ingeniería – Sección Ingeniería Industrial – Pontificia Universidad Católica del Perú.

Duarte, T., Elias Jimenez, R., & Ruiz, M. (2007). Análisis económico de proyectos de inversión. *Scientia Et Technica. Pereira, volumen 13, número 35* , 333-338.

Duncan, W. (1996). *A Guide to the Project Management Book of Knowledge*. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.

EduMine. (2007). *IC-MinEval - Software for the Financial Evaluation of Mining Projects*. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de <http://www.edumine.com/software/applications/icmineval/>

El Sitio Agrícola. (2011). *EvalAs - Software para Evaluación de Proyectos de Inversión Productivos*. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de http://www.elsitioagricola.com/Soft/evalas/evalAs1_0.asp

Eppen, G. (2000). *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa. Quinta edición*. México D.F.: Prentice Hall Hispanoamericana.

Gala, F. (2012). Valorización en minería [diapositivas]. Lima, Perú.

Gutierrez, J. (Marzo de 2011). Sensibilidad, escenarios y simulaciones.

Meigs, R. (2000). *Contabilidad: La base para decisiones gerenciales. Undécima edición*. Bogotá: Mc Graw-Hill Interamericana.

Millán, A. (1998). *Evaluación y factibilidad de proyectos mineros. Segunda edición*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.

Ministerio de Energía y Minas. (Setiembre de 2012b). *ANEXO - Actualizan Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros aprobado mediante R.M. No 290-2006-MEM/DM*. Recuperado el 15 de Setiembre de 2012, de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/LEGISLACION/2012/SETIEMBRE/ANEXO393.PDF>

Ministerio de Energía y Minas. (Setiembre de 2012a). *Boletín estadístico de minería*. Recuperado el 2012, de <http://www.minem.gob.pe/publicacion.php?idSector=1&idPublicacion=277>

Sapag, N., & Sapag, R. (2003). *Preparación y Evaluación de Proyectos. Cuarta edición*. México D.F.: Mc Graw-Hill Interamericana.

Spada, D. (2006). *Usabilidad en el proceso de desarrollo de SCRUM*.

Vega, M., Curich, P., Yrigoyen, I., & Berrocal, J. (18 de Setiembre de 2012). Entrevista a Fernando Gala 1.

Wells, D. (2009). *Extreme Programming: A Gentle Introduction*. Recuperado el 15 de Abril de 2012, de <http://www.extremeprogramming.org/>

Yrigoyen, I., Berrocal, J., & Vega, M. (2012). *Entrevista a Fernando Gala 2*.

