



Instituto Superior  
Minero Metalúrgico de Moa  
Dr. Antonio Núñez Jiménez

Ingeniería Informática  
Facultad: Geología – Minas

# Trabajo de Diploma

Para optar por el Título de

# Ingeniero Informático

**Título: Aplicación Android para la informatización de clasificaciones geomecánicas de macizos rocosos.**

**Autor: Arlena Martínez Leyva**

**Tutor (es): MSc. Roiky Rodríguez Noa**

**Dr. Armando Cuesta Recio**

**Moa, Cuba  
Julio, 2016**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Declaro que soy el único autor de este trabajo y autorizo al Departamento de Informática del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa para que hagan el uso que estimen pertinente con este trabajo.

Para que así conste firmamos la presente a los 4 días del mes de julio del 2017.

---

Arlena Martínez Leyva

---

MsC. Roiky Rodríguez Noa

---

Dr. Armando Cuesta Recio

*Pensamiento:*



*“Creo en el milagro de lo que puede hacer el trabajo,  
de lo que puede hacer la ciencia, y lo que pueden  
hacer los hombres.”*

*Fidel Castro Ruz*

## *Agradecimientos:*

*Quiero agradecer a todas esas personas que estando lejos o cerca de mí me han apoyado y me han dado su amor y cariño, especialmente:*

*A mi mamá y mi papá, por estar en todo momento, por su amor incondicional y por la eterna confianza.*

*A toda mi familia, especialmente a mis hermanos y a Yoan por ser como una pastillita desestresante en los momentos más tensos.*

*A Rober por el empujón.*

*A Exneyder por aguantarme este último tiempo (y viceversa), por todos los buenos momentos, por cosas que no podría mencionar y especialmente por regalarme algo que tendré de por vida.*

*A mi grupo de la UCI, que más que compañeros fueron amigos y más que eso, como una familia.*

*A todas mis amistades, esas que siempre son capaces de sobrepasar la barrera del tiempo y la distancia: Celine, Elianne, Rosy, Pepe, Ire, Yeilín, Monse, Ale, Cristian, Pábel, Disne, Tony, etc...*

*A mi grupo del ISMM: Mauro, Yaciel, Daniel, Orlando, Perigó y Osvaldo, por todas las risas y los chistes.*

*A los profesores que durante el transcurso de estos tres años me han ayudado a superarme.*

*Y muchas otras personas que me serían imposibles mencionar pero a las cuales agradezco infinitamente su apoyo y amistad.*

*Dedicatoria:*

*A mi madre y mi padre, aunque no entiendan nada...*

*A una lucecita que llevo dentro y a quien la encendió...*

*A mi príncipito: Yoan...*

## *Resumen:*

El Trasvase Este-Oeste de Mayarí es un complejo hidráulico que tiene entre sus objetivos abastecer de agua a toda la región oriental incluyendo Camagüey y Ciego de Ávila; trasvasar el agua necesaria para el abasto de estas poblaciones, la agricultura y la economía en general se realiza a través de túneles que esta misma empresa construye. Antes de la construcción de estos se necesita realizar una caracterización del macizo rocoso donde tendrá lugar dicha obra para identificar rasgos litológicos y estructurales que intervienen en la estabilidad de la obra por construirse.

Con este objetivo surgieron las clasificaciones geomecánicas que aportan, mediante la observación directa y la realización de sencillos ensayos, índices relacionados con los parámetros geomecánicos del macizo, los sostenimientos de túneles y taludes, entre otros. Las clasificaciones más utilizadas son las de Bieniawski que obtiene el índice RMR y la de Barton con el índice Q. Estas clasificaciones permiten caracterizar la calidad del macizo rocoso en condiciones previas a una excavación y obtener parámetros para el diseño de túneles.

Los especialistas a cargo de esta tarea no cuentan con una herramienta para la recolección y manipulación de estos datos por lo que es un trabajo que deben realizar manualmente, lo que trae dificultades a la hora de procesarlos para obtener un resultado.

La presente investigación propone el desarrollo de una Aplicación *Android* para la informatización de estas metodologías, incluyendo la propuesta por el docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Dr. Armando Cuesta Recio, con el objetivo de favorecer la toma de decisiones respecto al tipo de sostenimiento a utilizar. Para guiar el proceso de desarrollo se utilizó la Metodología para el Desarrollo de Aplicaciones Móviles, se emplearon tecnologías y herramientas de *software* libre y finalmente se realizó un estudio de la factibilidad de la aplicación propuesta.

**Palabras claves:** macizo rocoso, Bieniawski, Barton, *Android*, sostenimiento.

## *Abstract:*

The East-West Trásvase Mayarí is a hydraulic complex that has among its objectives to supply water to the entire eastern region including Camaguey and Ciego de Avila; decant the water needed for the supply of these populations, agriculture and the economy in general it is through tunnels that this same company builds.

Before the construction of these is needed to characterize the rock mass where that place will work to identify lithological and structural features that influence the stability of the work to be built.

To this end they emerged the geomechanical classifications provide, through direct observation and conducting simple tests related to the geomechanical parameters of solid indices, tunnels and embankments roof supports, among others.

The classifications most used are those of Bieniawski you get the RMR and Barton with index Q. These classifications allow characterizing the rock mass quality in an excavation preconditions and obtaining parameters for the design of tunnels.

The specialists in charge of this task does not have a tool for the collection and handling of this data so it is a job that must be done manually which brings difficulties in processing them to get a result.

This research proposes the development of an Android Application for computerization of these methodologies, including the proposal by the teacher of the Metallurgical Mining Institute of Moa Dr. Armando Cuesta Recio, with the aim of favoring the decision regarding the type of support to use. To guide the development process Methodology for the Development of Mobile Applications was used, technologies and free software tools were used and finally a study of the feasibility of the proposed application was made.

**Keywords:** rock mass, Bieniawski, Barton, Android, support.

## *Índice:*

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1. DESARROLLO DE APLICACIONES MÓVILES. ....	6
1.1 INTRODUCCIÓN.....	6
1.1.1 La minería en Cuba.....	6
1.1.2 Situación actual de la minería en Cuba.....	7
1.2 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE LAS ROCAS. ....	8
1.2.1 Metodologías para la clasificación geomecánica de los macizos ROCOSOS. ....	9
1.3 ANTECEDENTES.....	13
1.4 TENDENCIAS Y TECNOLOGÍAS ACTUALES.....	14
1.4.1 Aplicaciones para Dispositivos Móviles.....	14
1.5 METODOLOGÍA, LENGUAJES Y HERRAMIENTAS DE DESARROLLO. ....	15
1.5.1 ¿Qué es una metodología de desarrollo? .....	16
1.5.2 Metodología de desarrollo para aplicaciones móviles.....	16
1.5.3 Metodología de desarrollo.....	17
1.5.4 Plataforma de Desarrollo. ....	18
1.5.5 Entorno de Desarrollo. ....	23
1.5.6 Lenguaje de Programación. ....	25
1.5.7 Herramienta de Modelado.....	26
1.6 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO:.....	28
CAPÍTULO 2 . DESARROLLO DE LA APLICACIÓN ANDROID PARA LA INFORMATIZACIÓN DE CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS DE MACIZOS ROCOSOS. ....	29
2.1 INTRODUCCIÓN.....	29

2.2 ETAPA DE ANÁLISIS.....	29
2.2.1 Requerimientos.....	29
2.2.2 Personalización del servicio.....	31
2.3 ETAPA DE DISEÑO. ....	32
2.3.1 Definición del escenario.....	32
2.3.2 Estructura del software. ....	33
2.3.3 Definición de tiempos.....	37
2.3.4 Asignación de recursos.....	38
2.4 ETAPA DE DESARROLLO.....	38
2.4.1 Codificar.....	39
2.4.2 Pruebas unitarias.....	39
2.4.3 Documentar el código.....	39
2.4.4 Codificar ayudas.....	39
2.5 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	39
2.5.1 Emulación y simulación.....	40
2.5.2 Dispositivos reales.....	40
2.5.3 Análisis de las 6 M's.....	40
2.6 ENTREGA.....	42
2.6.1 Distribución.....	42
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO:.....	43
CAPÍTULO 3 . ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA APLICACIÓN ANDROID.	44
3.1 INTRODUCCIÓN.....	44
3.2 EVALUACIÓN COSTO – BENEFICIO.....	44
3.2.1 Efectos Económicos.....	45

3.3 FACTIBILIDAD ECONÓMICA. ....	47
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO: .....	51
CONCLUSIONES GENERALES: .....	52
RECOMENDACIONES:.....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	54
BIBLIOGRAFÍA:.....	57
ANEXO 1. DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE USO: .....	I
ANEXO 2. IMÁGENES DE LA APLICACIÓN: .....	VIII
ANEXO 3. DIAGRAMAS DE SECUENCIA: .....	IX
ANEXO 4. ENTREVISTA REALIZADA: .....	XI

## *Índice de Tablas*

Tabla 1. Actores del sistema.....	34
Tabla 2. Evaluación de las 6 M's.....	42
Tabla 3. Costos en moneda libremente convertible.....	49
Tabla 4. Costos en moneda nacional.....	50
Tabla 5. Descripción del caso de uso: Ver reportes.....	I
Tabla 6. Descripción del caso de uso: Crear proyecto.....	I
Tabla 7. Descripción del caso de uso: Calcular metodología de Barton. ....	II
Tabla 8. Descripción del caso de uso: Calcular metodología de Bieniawski.....	III
Tabla 9. Descripción del caso de uso: Calcular metodología de Cuesta. ....	III
Tabla 10. Descripción del caso de uso: Mostrar reporte Barton. ....	IV
Tabla 11. Descripción del caso de uso: Mostrar reporte Bieniawski. ....	V
Tabla 12. Descripción del caso de uso: Mostrar reporte Cuesta. ....	V
Tabla 13. Descripción del caso de uso: Guardar reporte Barton. ....	VI
Tabla 14. Descripción del caso de uso: Guardar reporte Bieniawski.....	VI
Tabla 15. Descripción del caso de uso Guarda reporte Cuesta.....	VII

## *Índice de figuras*

Figura 1. Valoración de los parámetros RMR (según Bieniawski) .....	11
Figura 2. Valoración de los parámetros Q (según Barton) .....	12
Figura 3: Etapas de la metodología MDAM. ....	18
Figura 4. Arquitectura de Android [13]. ....	21
Figura 5: Posibles diagramas para el desarrollo de aplicaciones móviles. ....	34
Figura 6: Diagrama de Casos de Uso.....	35
Figura 7: Diagrama de Secuencia del Caso de Uso Crear Proyecto. ....	36
Figura 8: Diagrama de Clases. ....	36
Figura 9: Diagrama de Despliegue. ....	37
Figura 10: Diagrama de Gantt. ....	38
Figura 11. Gráfica de la solución sin el producto y solución con el producto. ....	51

## Introducción

En los últimos años la tecnología móvil ha experimentado un gran crecimiento, lo que ha provocado un notable incremento en su uso. Los dispositivos móviles permitieron que el acceso a la información en cualquier lugar y momento se convirtiera en una tarea cotidiana.

Este incremento se debe a que la telefonía móvil se ha transformado en un artículo de primera necesidad en lugar de un simple bien de consumo.

Las operadoras y fabricantes de dispositivos móviles se han mantenido en un proceso de innovación constante con el fin de lograr éxito en el mercado, lo que ha dado como resultado el surgimiento de los Smartphone<sup>1</sup>, por ejemplo, concebidos con el objetivo de expandir los límites de la experiencia móvil.

Este avance constante que han experimentado las telecomunicaciones y el desarrollo de dispositivos móviles y su consecuente uso masivo, ha traído consigo que el desarrollo de aplicaciones móviles se haya expandido considerablemente, haciendo que el mismo se imponga como tendencia en el área de desarrollo de sistemas.

La Minería, que se dedica a la extracción selectiva de los minerales y otros materiales de la corteza terrestre, no está ajena a la implementación de este tipo de tecnología. Áreas como la Topografía, la Panificación Minera, la Modelación de Procesos Tecnológicos, entre otras, cuentan con aplicaciones móviles para la automatización de sus procesos.

Con la aspiración de interpretar el comportamiento del macizo rocoso frente a procesos de alteración del estado natural del medio, como pueden ser las excavaciones de obras civiles y de minería, al ser el macizo rocoso un medio esencialmente heterogéneo (presencia de discontinuidades, diferente composición mineralógica, textura de la matriz rocosa, etc.), el ingeniero debe

---

<sup>1</sup> Teléfonos inteligentes.

obtener diferentes parámetros geológicos, muchos de los cuales sirven como datos de entrada para el análisis geomecánico del macizo rocoso y posteriormente su clasificación, siendo este resultado de gran importancia para la toma de decisiones a la hora de elegir parámetros de las escombreras y de los diferentes elementos de una cantera, método de arranque y tipo de fortificación que se utilizará.

En el caso particular de la construcción de túneles y otras obras subterráneas, (obras hidráulicas e hidroeléctricas, etc.), es de suma importancia realizar una caracterización del macizo rocoso donde tendrá lugar dicha obra, para definir e identificar rasgos litológicos y estructurales que intervienen en la estabilidad de la obra por construirse.

El Trasvase Este-Oeste es un complejo hidráulico que se ejecuta al norte de las provincias orientales y al noreste de Holguín, el mismo está compuesto por presas, canales y túneles con el propósito de abastecer de agua a toda la región oriental incluyendo Camagüey y Ciego de Ávila. Esta obra se construye en el complejo ofiolítico del noreste de Holguín que se distingue por una alta complejidad litológica, estructural, hidrográfica e hidrogeológica que hacen difícil la construcción de las diferentes obras de este complejo.

Los especialistas o ingenieros a cargo de la construcción de las obras, deben recoger periódicamente la información referente a los diferentes parámetros geológicos presentes en el área donde tendrá lugar la obra por construirse.

Este proceso de recogida de información presenta un conjunto de dificultades debido a que se desarrolla de forma descentralizada y manual, proporcionando demoras por parte de los especialistas en la entrega y recepción de información y tornándose pesada su manipulación, provocando pérdidas de tiempo que influyen en el flujo de las actividades a realizar y que conducen a dificultades en la toma de decisiones.

La utilización de esta nueva herramienta evitaría los cálculos manuales que interfieren con el tiempo de realización de los proyectos y la calidad de los

mismos. De esta forma se le proporciona la oportunidad de obtener resultados certeros sobre los datos que se obtengan en tiempo real.

Por lo antes expuesto se identifica como **problema científico** de la investigación la necesidad de implementar una aplicación informática para la informatización de clasificaciones geomecánicas de macizos rocosos para la DIP<sup>2</sup> Tránsito de Mayarí.

El **objeto de estudio** en el cual se enmarca la investigación es el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles.

El **campo de acción** está centrado en una aplicación Android para la informatización de clasificaciones geomecánicas de macizos rocosos.

El **objetivo general** es desarrollar una aplicación Android para la informatización de clasificaciones geomecánicas de macizos rocosos que permita agilizar el proceso de toma de decisiones en los frentes de trabajo del Tránsito Este-Oeste de Mayarí.

Para guiar la investigación se elaboraron las siguientes **preguntas científicas**:

- ¿Cuáles son los fundamentos teóricos en cuanto al desarrollo de aplicaciones Android?
- ¿Cómo desarrollar una aplicación Android que a partir de la informatización de clasificaciones geomecánicas favorezca el proceso de toma de decisiones respecto al tipo de sostenimiento a utilizar en la construcción de túneles subterráneos?
- ¿Será factible la solución que se propone?

Como **idea a defender** se plantea que con el desarrollo de una aplicación Android para la informatización de clasificaciones geomecánicas de macizos rocosos, se mejorará la rapidez y la calidad en la toma de decisiones de los

---

<sup>2</sup> Dirección Integrada de Proyecto

especialistas responsables del proceso de excavaciones subterráneas en la DIP Traslase Este-Oeste de Mayarí.

Para darle respuesta a las preguntas científicas elaboradas se han trazado las siguientes **tareas de investigación**:

- Elaborar los fundamentos teóricos en cuanto al desarrollo de aplicaciones Android.
- Determinar las herramientas, tecnologías y metodología a utilizar para el desarrollo de la aplicación Android propuesta.
- Desarrollar las distintas fases de la metodología de desarrollo de software seleccionada.
- Elaborar los diferentes modelos y diagramas que representan la propuesta de solución.
- Desarrollar la aplicación Android propuesta.
- Realizar pruebas a la aplicación.
- Realizar el estudio de factibilidad de la aplicación Android propuesta.

Para el desarrollo de la investigación se utilizan **métodos de investigación** teóricos y empíricos.

Los **métodos teóricos** utilizados fueron el Analítico – Sintético y la Modelación. El primero está dado por el análisis de los documentos generados en el levantamiento y captura de requisitos, extrayendo y analizando los principales elementos relacionados con el objeto de estudio y en la elaboración de los fundamentos teóricos de la investigación. La Modelación se manifiesta en la creación de los diferentes modelos y diagramas que representan la propuesta de solución, los cuales permiten visualizar el sistema que se pretende desarrollar desde diferentes puntos de vista.

Como **métodos empíricos** se utilizaron la Entrevista y la Observación.

La entrevista se empleó para conocer en detalles cómo era el trabajo de los especialistas en el Traslase Este-Oeste de Mayarí y además para determinar los requerimientos que debe cumplir la aplicación a desarrollar. La Observación:

La observación permite conocer la realidad mediante la percepción directa de los objetos y fenómenos, se usa en el diagnóstico del problema a investigar, es de gran utilidad en el diseño de la investigación. Se utilizó para registrar la información acerca de cómo se utilizan las metodologías en el Trasvase.

### **Estructura de la investigación.**

El trabajo está dividido en tres capítulos. El primero, titulado **Desarrollo de aplicaciones móviles**, muestra un estudio de las principales tendencias y tecnologías para la construcción de la solución propuesta y la situación del entorno actual de la institución que se desea automatizar. Se describen la metodología, los lenguajes y las herramientas a utilizar.

En el capítulo dos, denominado **Desarrollo de la aplicación Android para la informatización de clasificaciones geomecánicas de macizos rocosos**, se muestra la descripción de los casos de uso, así como los diagramas generados durante el proceso de desarrollo detallando todo el proceso de diseño, implementación y prueba de la solución propuesta según la metodología de desarrollo utilizada.

En el tercer capítulo, nombrado **Estudio de factibilidad de la Aplicación Android**, se realiza un estudio de la factibilidad de la Aplicación desarrollada teniendo en cuenta aspectos técnicos, económicos y operativos.

# **Capítulo 1. Desarrollo de aplicaciones móviles.**

## **1.1 Introducción.**

En el presente capítulo se describen los principales aspectos y conceptos de relevancia que han sido objeto de análisis a lo largo de la investigación, entre ellos una reseña histórica del surgimiento de la minería en Cuba y su desarrollo hasta nuestros días, una valoración sobre las diferentes clasificaciones geomecánicas, y un acercamiento a las principales tendencias y tecnologías utilizadas para la construcción de la solución propuesta. Se describe la metodología, los lenguajes y las herramientas a utilizar, las cuales tributan buenas prácticas para el proceso de desarrollo de software.

### **1.1.1 La minería en Cuba.**

La minería en Cuba fue introducida por los colonizadores españoles con la finalidad de extraer los recursos minerales presentes en toda la isla, aunque no llegó a constituir una actividad de primera importancia para la economía cubana, ni siquiera en la primera mitad del siglo XX.

El mayor auge en la producción minera en la etapa anterior a 1959 se alcanzó en los periodos de confrontación bélicas cuando se incentivaba la producción minera en Cuba vinculadas a las guerras mundiales y a la de Corea.

En 1961 se constituye el Ministerio de Industrias, existiendo solo dos geólogos cubanos, por lo que se requería un importante proceso de preparación de condiciones en ese sentido [1].

El 1975 solo se conocía, desde el punto de vista geológico, el 5% del territorio nacional. Para finales de la década del ochenta se logró elevar el grado de conocimiento del potencial minero desde el 5 hasta el 50%, lo cual se logró con la colaboración de la Antigua Unión Soviética y países del CAME<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Consejo de Ayuda Mutua Económica

A partir de la creación del Servicio Geológico Nacional se comenzó un trabajo sistemático encaminado a precisar las características geológicas del país y revelar la presencia de yacimientos de minerales [1].

Cuba cuenta con una de las principales reservas de níquel del mundo, lo que ha permitido desarrollar una industria que está representada por tres plantas. En 1943, durante la II Guerra Mundial, una empresa de Estados Unidos construyó en Nicaro, al este de la bahía de Nipe, la primera planta de níquel en la isla. Se trató de un centro industrial moderno, para explotar los yacimientos de Pinares de Mayarí. En 1955, la Freeport Sulphur Corporation, inició la construcción en Moa de la segunda planta cubana para la explotación del níquel. Con el triunfo de la Revolución, los técnicos y especialistas estadounidenses abandonaron este combinado, único en el mundo por su forma de operación, y llevaron consigo la documentación sobre la tecnología de esa industria.

Una década más tarde, se reparó la planta de Nicaro y se emprendió la construcción de otra, la Ernesto Che Guevara, en Punta Gorda, con capacidad para producir 30 mil toneladas anuales del metal. La primera fase de esta inversión concluyó en 1984, y se emprendió la construcción de un cuarto combinado en Las Camariocas, 10 kilómetros al este de Moa, que fue necesario cancelar en la década del 90 tras el derrumbe del campo socialista europeo [2].

### **1.1.2 Situación actual de la minería en Cuba.**

Cuba, aunque no tan desarrollada como otras industrias posee importantes minas, principalmente las de níquel (34,4% de las reservas mundiales), cobalto y cobre, entre otras. Los principales yacimientos de níquel se encuentran en el municipio de Moa, provincia de Holguín y en la provincia de Guantánamo (aunque en menor escala). Este producto de hecho se ha convertido en una importante base económica cubana.

El cobalto es otro mineral extraído en el oriente cubano, aunque también es extraído en provincias como Villa Clara. El país cuenta con el 26% de las reservas mundiales (segunda mayor) y produce aproximadamente el 10% de este mineral a nivel mundial y la mayor parte la exporta a China. Respecto a

este asunto, Cuba firmó acuerdos con Canadá. Al igual que con el níquel, se encuentra cooperando con China y explorando nuevas reservas de este mineral en el norte del oriente cubano. Produce también 400.000 toneladas anuales de acero en las industrias de La Habana y Las Tunas. Por su situación geográfica, Cuba extrae sales marinas del mar Caribe. Ha hecho de ellas un nuevo producto, que es exportado al mercado internacional y empleado en el consumo [2].

## **1.2 Clasificación geomecánica de las rocas.**

Existen diferentes tipos de roca, cada una de las cuales tienen sus propias características y propiedades físicas. Existen también, diferentes situaciones que requieren el uso de fortificación adicional para consolidar los estratos de la roca, afirmar los bloques y prevenir la caída de estas. Previo a la construcción de una labor subterránea, se realiza un estudio preliminar de la geología del terreno mediante sondajes (muestras de perforación diamantina), mapeos geológicos y otros, es físicamente imposible detectar completamente las condiciones en que se encuentran los diversos elementos de un cuerpo tan complicado como es el macizo rocoso.

En la mayoría de los casos, el macizo rocoso aparece como un conjunto ensamblado de bloques irregulares, separados por discontinuidades geológicas como fracturas o fallas y, por ello la caracterización geomecánica de los macizos rocosos es compleja; pues debe incluir tanto las propiedades de la matriz rocosa así como de las discontinuidades. En resumen, el diseño de una excavación subterránea, que es una estructura de gran complejidad, es en gran medida el diseño de los sistemas de fortificación. Por lo tanto, el objetivo principal del diseño de los sistemas de refuerzo para las excavaciones subterráneas, es de ayudar al macizo rocoso a soportarse, es decir, básicamente están orientados a controlar la caída de rocas, que es el tipo de inestabilidad que se manifiesta de varias maneras.

Controlar los riesgos de accidentes a personas, equipos y pérdidas de materiales (producto de la inestabilidad que presenta una labor durante su

abertura), constituye una preocupación primordial que debe ser considerada en la planificación de las labores mineras. El diseño de sostenimiento de terrenos es un campo especializado, y es fundamentalmente diferente del diseño de otras estructuras civiles. Por lo tanto el procedimiento de diseño para el sostenimiento de terrenos tiene que ser adaptado a cada situación. Las razones son los hechos siguientes:

- Los “materiales utilizados” son altamente variables.
- Hay limitaciones severas en lo que se puede proporcionar la información por medio de investigaciones geológicas.
- Existen limitaciones en exactitud y la importancia de parámetros probados del material de la roca.
- Existen limitaciones severas en el cálculo y los métodos para modelar el sistema de sostenimiento.
- El comportamiento de aberturas es dependiente del tiempo, y también influenciado por los cambios en filtraciones de agua.
- Incompatibilidad entre el tiempo necesario para las pruebas de los parámetros, para los cálculos y modelos, comparados al tiempo disponible [2].

### **1.2.1 Metodologías para la clasificación geomecánica de los macizos rocosos.**

Para el diseño de un túnel primero se debe realizar un estudio geológico-geotécnico del sector donde se lo proyecta, en esto la mecánica de rocas juega un papel fundamental en la clasificación del macizo rocoso e incluso estableciendo un pre diseño con los elementos necesarios para el sostenimiento del túnel en función a la altura de carga (zona de aflojamiento) después de la excavación, con estos datos ya se podría estimar el costo de la obra tunelera lo cual resulta muy útil para poder ver su viabilidad de esta alternativa. En los túneles y taludes rocosos, los mecanismos de inestabilidad son controlados por

el grado de alteración y por las anisotropías existentes en el macizo, tales como la estratificación, juntas, fallas, cuya relación con los mecanismos de inestabilización es regida por los siguientes factores:

- Distribución espacial de las discontinuidades, relación entre su posición (rumbo y buzamiento) con la dirección del túnel. Siendo este el más importante a considerarse en el trazo de entrada y salida del túnel.
- Presencia y naturaleza de los materiales de relleno de las discontinuidades.
- Irregularidades en las superficies de las discontinuidades.
- Rotura y movimientos anteriores.

Existen muchos métodos útiles para poder clasificar un macizo rocoso, entre ellos, se escogieron para ser informatizados dos métodos elaborados por autores conocidos mundialmente en el campo de la mecánica de rocas estos son: Barton (1974) y Bieniawski (1973, 1989), además del método propuesto por el Dr. Armando Cuesta Recio (2010), docente en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa:

### **Clasificación de la Masa Rocosa, Bieniawski, RMR (Rock Mass Rating) [3] [4].**

Desarrollada por Bieniawski en 1973, constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos que permite a su vez relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo y de excavación y sostenimiento en túneles. Es una clasificación que ha sido utilizada en África del Sur y fue desarrollada principalmente a partir de excavaciones subterráneas mineras. Se expresa por medio del índice de calidad RMR, rock mass rating, que varía de 0 a 100.

El valor numérico de éste índice RMR se define por:

$RMR = \text{longGriet} + \text{abert} + \text{rug} + \text{rell} + \text{alter} + \text{agu} + \text{resist} + \text{sepGriet} + \text{RQD} + \text{DirBuz}$ .

Esta clasificación utiliza diez parámetros para definir la clase de macizo:

- longGriet, Longitud de la grieta.

- Abert, Abertura.
- Rug, Rugosidad.
- Rell, Relleno
- Alte, Alteración
- Agu, Agua Freática.
- Resist, Resistencia de la matriz rocosa.
- sepGriet, Separación entre diaclasas.
- RQD, índice de calidad de la roca.
- DirBuz, Dirección y buzamiento.

Esta clasificación distingue cinco clases, cuyo significado geotécnico se expresa en la siguiente Figura.

Clase	Calidad	Valoración RMR
I	Muy Buena	100-81
II	Buena	80-61
III	Media	60-41
IV	Mala	40-21
V	Muy mala	< 20

**Figura 1. Valoración de los parámetros RMR (según Bieniawski)**

### 1. Índice de la Calidad del Túnel, Barton, (Tunnel Quality Index) Q [3] [4].

Basándose en una gran cantidad de casos tipo de estabilidad en excavaciones subterráneas, el Norgerian Geotechnical Institute (N.G.I.), propuso un índice para determinar la calidad del macizo rocoso en túneles y taludes (Figura 2). El valor numérico de éste índice Q se define por:

$$Q = (RQD / JN) (JR / JA) (Jw / SRF).$$

Esta clasificación utiliza seis parámetros para definir la clase de macizo:

- RQD, índice de calidad de la roca.
- Jn, índice del número de familias de fracturas
- Jr, índice de rugosidades en las fracturas
- Ja, índice de alteración de las paredes de las fracturas
- Jw, índice del caudal afluyente
- SRF, índice del estado de tensión del macizo

PARAMETRO	DESCRIPCIÓN	VALOR	OBSERVACIONES
<b>RQD</b>	A.- Muy mal	0 a 25	Cuando RQD se reporta o es medido como menor a 10, se lo otorga un valor nominal de 10.
	B.- Mala	25 a 50	
	C.- Regular	50 a 75	
	D.- Buena	75 a 90	
	E.- Excelente	90 a 100	

**Figura 2. Valoración de los parámetros Q (según Barton)**

## **2. Método para cuando el agua afecta una excavación. Armando Cuesta Recio (2011) [2].**

Esta metodología establece un procedimiento para elegir la técnica de control de las filtraciones que afectan las excavaciones subterráneas, tomando en consideración los principales factores que inciden en los procesos de control y circulación del agua a través del conjunto macizo rocoso-excavación, además de la correlación existente entre la calidad de los macizos fuertes y su permeabilidad.

Se identifican las características orográficas, hidrográficas, lito-estructurales, tectónicas e hidrogeológicas como los principales factores condicionantes de la susceptibilidad de las excavaciones subterráneas a fenómenos relacionados con la presencia de agua. Esta susceptibilidad se obtuvo a partir de evaluar la influencia de los factores antes mencionados en los procesos de filtración y deterioro del conjunto macizo excavación, a través de la evaluación experimental del deterioro de las propiedades de resistencia por la acción del agua y el empleo del método de expertos (Delphi).

El procedimiento permite delimitar las zonas susceptibles por la acción del agua y su grado, seleccionar las técnicas más adecuadas mediante la aplicación de un algoritmo y elegir la variante racional para controlar el agua que afecta una excavación subterránea.

### **1.3 Antecedentes.**

#### **GeoRock 07**

Este programa dispone de varios módulos de diseño de sostenimientos basados en las clasificaciones geomecánicas de Bieniawski, Barton y Laubscher.

Por otra parte, se incluye un módulo con los procedimientos de ejecución de los ensayos de laboratorio para la obtención de las propiedades mecánicas de las rocas. Asimismo se han programado los criterios de rotura de Mohr-Coulomb y Hoek-Brown que permiten determinar los parámetros del macizo rocoso utilizados como datos de entrada en los modelos numéricos.

Se presentan los índices de clasificación siguientes: RMR propuesto por Bieniawski (1976, 1989), el índice de calidad Q de Barton (1974, 1993) y el de Laubscher (1976, 1984). Según los valores de estos índices, se puede estimar para un túnel u obra subterránea el sostenimiento más adecuado en cada caso.

#### **GeoTopo XXI**

Programa para el cálculo técnico y económico de tuneladoras para roca. El estudio técnico se puede realizar mediante cuatro métodos distintos: Noruego, Colorado, Barton y Bieniawski, partiendo de distintos datos para cada uno de ellos y obteniendo finalmente duraciones y velocidades de avance, así como el estudio económico correspondiente.

El túnel a estudio se puede dividir hasta en diez tramos distintos, realizando los cálculos individuales para cada uno de ellos, para obtener los resultados globales para todo el túnel.

El programa ofrece las posibilidades de abrir y guardar archivos, vista preliminar e impresión de datos y resultados, así como salidas gráficas en pantalla y en papel.

Además se incluyen una serie de utilidades como complementos y descripciones teóricas.

Aunque las aplicaciones expuestas anteriormente tienen una amplia gama de funcionalidades similares a las que se quieren obtener en el presente trabajo, no se adaptan a las necesidades del Tránsito para resolver de forma eficiente y factible el problema planteado.

## **1.4 Tendencias y tecnologías actuales.**

### **1.4.1 Aplicaciones para Dispositivos Móviles.**

La tecnología móvil se está convirtiendo en una revolución dentro de nuestra sociedad. La adopción de las tecnologías móviles por parte de los ciudadanos y las empresas es altísima y crece cada día, y esto provoca que la demanda de desarrolladores para dispositivos móviles en estos momentos sea muy elevada [5].

Una aplicación móvil, app (en inglés), es una aplicación informática diseñada para ser ejecutada en teléfonos inteligentes, tabletas y otros dispositivos móviles. Por lo general se encuentran disponibles a través de plataformas de distribución, operadas por las compañías propietarias de los sistemas operativos móviles como Android, iOS<sup>4</sup>, BlackBerry OS, Windows Phone, entre otros. Existen aplicaciones móviles gratuitas u otras de pago, donde en promedio el 20-30% del costo de la aplicación se destina al distribuidor y el resto es para el desarrollador. El término app se volvió popular rápidamente, tanto que en 2010 fue listada como Palabra del Año por la American Dialect Society.

---

<sup>4</sup> Sistema Operativo para *iPhone*

El desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles requiere tener en cuenta las limitaciones de estos dispositivos. Los dispositivos móviles funcionan con batería y tienen procesadores menos poderosos que los ordenadores personales. Los desarrollos de estas aplicaciones también tienen que considerar una gran variedad de tamaños de pantalla, datos específicos de software y configuraciones.

El desarrollo de aplicaciones móviles requiere el uso de entorno de desarrollo integrado. Las aplicaciones móviles suelen ser probadas primero usando emuladores y más tarde se ponen en el mercado en período de prueba. Actualmente un gran número de empresas se dedica a la creación profesional de aplicaciones.

**Las aplicaciones móviles tienen como ventajas que:**

- generan una base de datos a clientes,
- permiten vender productos y servicios,
- brindan información directa a clientes,
- permite que la empresa esté disponible las 24 horas por los 365 días del año, en cualquier lugar,
- brinda comodidad al cliente al adquirir los servicios de la empresa,
- facilita al cliente acceder a la información rápida y oportunamente [6].

## **1.5 Metodología, Lenguajes y Herramientas de desarrollo.**

La metodología de desarrollo de software es el marco usado para estructurar, planear y controlar el proceso de desarrollo de un proyecto, que en dependencia de la plataforma de desarrollo y el lenguaje de programación, utiliza herramientas que permiten obtener los diferentes artefactos y el producto final.

A continuación se exponen la metodología, lenguajes y herramientas que fueron escogidas para desarrollar la aplicación, teniendo en cuenta que fueran libres y de código abierto para facilitar el proceso de desarrollo y estar a tono con la política del país.

### **1.5.1 ¿Qué es una metodología de desarrollo?**

“Una metodología es una colección de procedimientos, técnicas, herramientas y documentos auxiliares que ayudan a los desarrolladores de software en sus esfuerzos por implementar nuevos sistemas de información. Una metodología está formada por fases, cada una de las cuales se puede dividir en sub-fases, que guiarán a los desarrolladores de sistemas a elegir las técnicas más apropiadas en cada momento del proyecto y también a planificarlo, gestionarlo, controlarlo y evaluarlo.” [7]

Pero una metodología es algo más que una colección, puesto que se basa en una filosofía, distinguiéndose de los métodos o de las simples recetas, que marcan unos pasos a seguir y ya está. Así, las metodologías difieren ya sea por la cantidad de fases, las técnicas de cada fase, el contenido de la fase o en su base filosófica, todo esto se aplica, dependiendo del contexto de desarrollo, tamaño del proyecto o del equipo de trabajo, cultura organizacional, entre otros aspectos [7].

### **1.5.2 Metodología de desarrollo para aplicaciones móviles.**

A medida que el negocio de las aplicaciones móviles se va expandiendo y haciéndose rentable, se tienen que investigar las metodologías óptimas de desarrollo de software para tales aplicaciones y entornos que lleven dicho desarrollo al éxito de una forma atractiva y eficiente. En este punto es importante, ante todo, ver la idoneidad de las metodologías de tipo ágiles para el desarrollo de software móvil.

Las metodologías ágiles han ganado popularidad desde hace algunos años, ya que constituyen una buena solución para proyectos a corto plazo, en especial, aquellos proyectos en dónde los requisitos están cambiando constantemente, un ejemplo de esto son las aplicaciones para dispositivos móviles, debido a que éstas tienen que satisfacer una serie de características y condicionantes especiales, tales como: canal, movilidad, portabilidad, capacidades específicas de las terminales, entre otras, y aun cuando existen miles de aplicaciones para dispositivos móviles que corren en diferentes sistemas operativos (Android,

BlackBerry, Windows Mobile, etc.); éstas llenan las expectativas de los usuarios hasta cierto punto por su escasa calidad en el desarrollo, ya que el uso de metodologías de desarrollo de software no se considera importante en este ámbito, por tanto, los desarrollos para dispositivos móviles, hasta el momento, se han venido realizando, principalmente, de manera desordenada y en la mayoría de los casos por desarrolladores individuales que no aplican métodos de ingeniería de software que garanticen su mantenibilidad y por lo tanto su calidad [7].

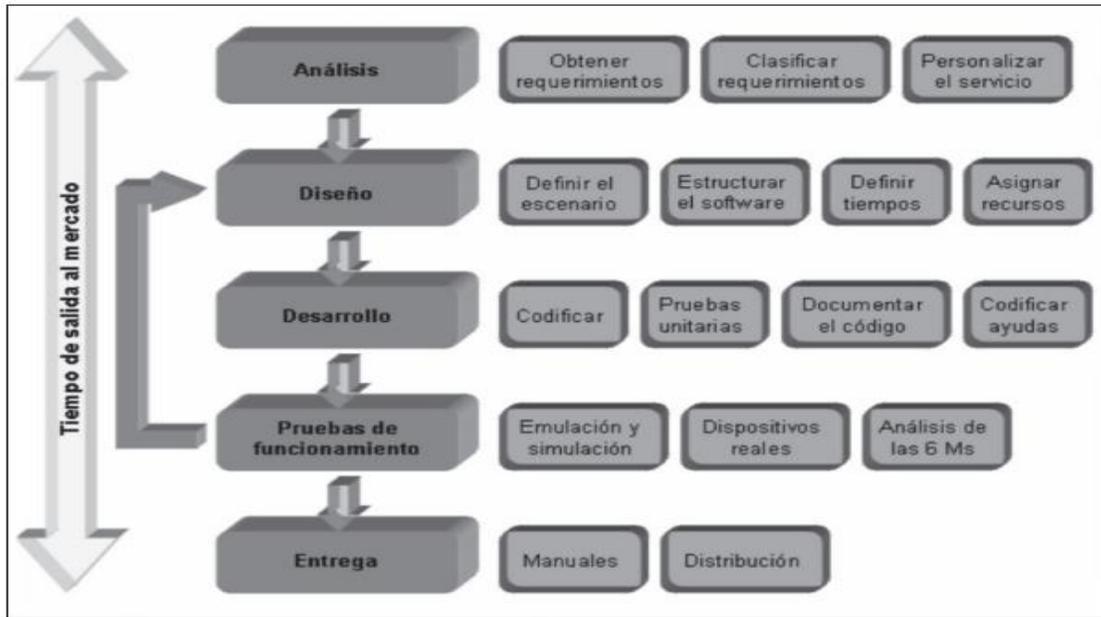
### **1.5.3 Metodología de desarrollo.**

Se realizó un estudio sobre metodologías ágiles para el desarrollo de aplicaciones móviles; con el objetivo de determinar cuál de ellas permite desarrollar una aplicación móvil, de manera eficaz y eficiente.

Luego de este estudio se propuso el uso de la Metodología para el Desarrollo de Aplicaciones Móviles (MDAM). La misma se fundamenta en la experiencia de investigaciones previas en aplicaciones móviles, la evaluación del potencial de éxito para servicios de tercera generación denominada 6M, la ingeniería de software educativo con modelado orientado por objetos (ISE-OO), y principalmente en los valores de las metodologías ágiles. [10]

#### **1.5.3.1 MDAM.**

La metodología se encuentra enmarcada en cinco fases como se muestra en la Figura 3, denominadas: análisis, diseño, desarrollo, pruebas de funcionamiento y entrega.



**Figura 3: Etapas de la metodología MDAM.**

### **1.5.4 Plataforma de Desarrollo.**

Para el desarrollo de aplicaciones móviles existe una gran variedad de plataformas. En el momento de seleccionar la plataforma sobre la cual se desarrollará una aplicación se deben tener en cuenta varios factores, como por ejemplo, las características de los dispositivos sobre los cuales correrá la aplicación y el lenguaje con que está familiarizado el desarrollador, entre otros. Para el desarrollo de la aplicación propuesta se seleccionó como plataforma de desarrollo Android.

#### **1.5.4.1 Android.**

¿Qué es Android?

Google describe a Android como: The first truly open and comprehensive platform for mobile devices ... (La primera plataforma verdaderamente abierta y comprensible para dispositivos móviles...)[12]

Android constituye una pila de software pensada especialmente para dispositivos móviles y que incluye tanto un sistema operativo, como middleware y diversas aplicaciones de usuario. Representa la primera incursión seria de

Google en el mercado móvil y nace con la pretensión de extender su filosofía a dicho sector [13].

Todas las aplicaciones para Android se programan en lenguaje Java y son ejecutadas en una máquina virtual especialmente diseñada para esta plataforma, que ha sido bautizada con el nombre de Dalvik. El núcleo de Android está basado en Linux 2.6.

La licencia de distribución elegida para Android ha sido Apache 2.0, lo que lo convierte en software de libre distribución [13].

El proyecto Android está liderado por Google y un conglomerado de otras empresas tecnológicas agrupadas bajo el nombre de Open Handset Alliance<sup>5</sup> (OHA). El objetivo principal de esta alianza empresarial (que incluye a fabricantes de dispositivos y operadores, con firmas tan relevantes como Samsung, LG, Telefónica, Intel o Texas Instruments, entre otras muchas) es el desarrollo de estándares abiertos para la telefonía móvil como medida para incentivar su desarrollo y para mejorar la experiencia del usuario.

Más que un sistema operativo, con Android se busca reunir en una misma plataforma todos los elementos necesarios que permitan al desarrollador controlar y aprovechar al máximo cualquier funcionalidad ofrecida por un dispositivo móvil (llamadas, mensajes de texto, cámara, agenda de contactos, conexión Wi-Fi<sup>6</sup>, Bluetooth, videojuegos, etc.), así como poder crear aplicaciones que sean verdaderamente portables, reutilizables y de rápido desarrollo [13].

Android presenta una arquitectura basada en 4 niveles (Figura 4):

- Un kernel Linux versión 2.6 que sirve como base de la pila de software y se encarga de las funciones más básicas del sistema: gestión de drivers, seguridad, comunicaciones, etc. Esta capa contiene los drivers

---

<sup>5</sup> <http://www.openhandsetalliance.com>

<sup>6</sup> También llamada WLAN (Wireless Local Area Network).

necesarios para que cualquier componente hardware pueda ser utilizado mediante las llamadas correspondientes.

- Una capa de bibliotecas de bajo nivel en C y C++, como SQLite para persistencia de datos; la librería OpenGL<sup>7</sup> para gestión de gráficos 3D, con aceleración 3D opcional y Webkit como navegador Web embebido y motor de renderizado HTML. Al mismo nivel que las librerías se sitúa el entorno de ejecución. Éste lo constituyen las Core Libraries, que son librerías con multitud de clases de Java, y la máquina virtual Dalvik.
- Un framework para el desarrollo de aplicaciones, dividido en subsistemas para gestión del sistema como el "Administrador de paquetes", el "Administrador de telefonía" (para la gestión del hardware del teléfono anfitrión) o el acceso a APIs<sup>8</sup> sofisticadas de geolocalización o mensajería XMPP.
- Aplicaciones: Éste nivel incluye tanto las que trae por defecto Android (teléfono, cliente de email, programa de envío de SMS, calendario, mapas, navegador, contactos, etc.) como aquellas que el usuario vaya añadiendo posteriormente, ya sean de terceras empresas o de su propio desarrollo. Todas estas aplicaciones utilizan los servicios, las API y librerías de los niveles anteriores.

---

<sup>7</sup> (*Open Graphics Library*) es una especificación estándar que define una API multilenguaje y multiplataforma para escribir aplicaciones que produzcan gráficos 2D y 3D.

<sup>8</sup> La interfaz de programación de aplicaciones (IPA), abreviada como API (del inglés: *Application Programming Interface*), es el conjunto de subrutinas, funciones y procedimientos (o métodos, en la programación orientada a objetos) que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción. Son usadas generalmente en las bibliotecas.



Figura 4. Arquitectura de Android [13].

#### Principales APIs de Android:

**android.util:** Contiene clases de acceso a bajo nivel, trabajo con strings y XMLs.

**android.os:** Provee acceso a los servicios básicos del SO, como son paso de mensaje, comunicación interprocesos etc.

**android.graphics:** Suministra utilidades para el acceso de bajo nivel a los gráficos.

**android.text:** Herramientas para el procesamiento de texto.

**android.database:** Suministra utilidades de bajo nivel para el acceso a BBDD.

**android.content:** Utilidades para manipular el acceso y publicación de datos suministrando servicios para el trabajo con los recursos y suministradores de contenido.

**android.view:** Las “Views” son el núcleo de las interfaces de usuarios. Todos los elementos de interfaces son contruidos usando una serie de “Views” para suministrar los componentes de interacción con el usuario.

**android.widget:** Construidas “encima” del paquete “Views”. Las widget incluyen elementos de interfaces que los desarrolladores pueden usar en sus aplicaciones, incluyen listas botones, “layout” etc.

**com.google.android.maps:** Es una API de alto nivel para suministrar el acceso a controles nativos para el trabajo con mapas. Incluye las clases MapView y MapController entre otras, las cuales pueden ser usadas para anotar y controlar sobre su mapa embebido.

**android.app:** Paquete de alto nivel que suministra acceso al modelo de aplicación (application model). Incluye las APIs “Activity” y “Service” las cuales son la base de todas las aplicaciones Android.

**android.provider:** Facilita a los desarrolladores el acceso a ciertos suministradores de contenido (Content Providers) tales como el “contacts database”.

**android.telephony:** Permite la interacción con dispositivo de acceso telefónico permitiendo realizar, recibir y monitorear llamadas telefónicas e igualmente los mensajes SMS.

**android.webkit:** Este paquete facilita el trabajo con contenidos basados en la Web (Web-based content), incluye el control “WebView” permitiendo embeber navegadores (browsers) en las aplicaciones así como un manipulador de Cookie.

**OpenGL:** Librerías usadas para soportar gráficos 3D soportados por “Open GL ES 1.0 API”

**FreeType:** Librería para el trabajo con mapas de bits (“BitMaps”) y construcción de fuentes vectorizadas (“font rendering”).

**SGL:** Librerías usadas para suministrar el motor gráfico 2D (“2D graphics engine”)

**libc:** Librería estándar de C optimizada para dispositivos embebidos basados en Linux.

## **1.5.5 Entorno de Desarrollo.**

Para el desarrollo de la aplicación propuesta se utilizó un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE, por sus siglas en inglés, Integrated Development Environment). Un IDE no es más que un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación, que puede dedicarse en exclusiva a un sólo lenguaje de programación o bien permitir utilizar varios

Un IDE es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación, es decir, consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI). Puede ser aplicaciones por si solas o pueden ser parte de aplicaciones existentes. [14]

Se escogió el IDE Android Studio ya que ha sido nombrado por Google como el IDE oficial para desarrollar aplicaciones para Android.

### **1.5.5.1 Android Studio.**

Es un entorno de desarrollo integrado (IDE), basado en IntelliJ IDEA de la compañía JetBrains, que proporciona varias mejoras con respecto al plugin ADT (Android Developer Tools) para Eclipse. Android Studio utiliza una licencia de software libre Apache 2.0, está programado en Java y es multiplataforma. [15]

Fue presentado por Google con el objetivo de crear un entorno dedicado en exclusiva a la programación de aplicaciones para dispositivos Android, proporcionando a Google un mayor control sobre el proceso de producción.

Android Studio se ha mantenido durante todo este tiempo en versión beta, pero desde el 8 de diciembre de 2014, en que se liberó la versión estable de Android Studio 1.0, Google ha pasado a recomendarlo como el IDE para desarrollar aplicaciones para su sistema operativo.

#### **Principales características que incluye Android Studio: [15]**

- Soporte para programar aplicaciones para Android Wear (sistema operativo para dispositivos corporales como por ejemplo un reloj).

- Herramientas Lint (detecta código no compatible entre arquitecturas diferentes o código confuso que no es capaz de controlar el compilador) para detectar problemas de rendimiento, usabilidad y compatibilidad de versiones.
- Utiliza ProGuard para optimizar y reducir el código del proyecto al exportar a APK (muy útil para dispositivos de gama baja con limitaciones de memoria interna).
- Integración de la herramienta Gradle encargada de gestionar y automatizar la construcción de proyectos, como pueden ser las tareas de testing, compilación o empaquetado.
- Nuevo diseño del editor con soporte para la edición de temas.
- Nueva interfaz específica para el desarrollo en Android.
- Permite la importación de proyectos realizados en el entorno Eclipse, que a diferencia de Android Studio (Gradle) utiliza ANT.
- Posibilita el control de versiones accediendo a un repositorio desde el que poder descargar Mercurial, Git, Github o Subversion.
- Alertas en tiempo real de errores sintácticos, compatibilidad o rendimiento antes de compilar la aplicación.
- Vista previa en diferentes dispositivos y resoluciones.
- Integración con Google Cloud Platform, para el acceso a los diferentes servicios que proporciona Google en la nube.
- Editor de diseño que muestra una vista previa de los cambios realizados directamente en el archivo xml.

#### **Ventajas uso Android Studio: [15]**

- Android Studio ha pasado a ser el entorno recomendado para el desarrollo de aplicaciones en Android.
- Permite la creación de nuevos módulos dentro de un mismo proyecto, sin necesidad de estar cambiando de espacio de trabajo para el manejo de proyectos, algo habitual en Eclipse.

- Con la simple descarga de Android Studio se disponen de todas las herramientas necesarias para el desarrollo de aplicaciones para la plataforma Android.
- Su nueva forma de construir los paquetes .apk, mediante el uso de Gradle, proporciona una serie de ventajas más acorde a un proyecto Java ya que:
  - Facilita la distribución de código, y por lo tanto el trabajo en equipo.
  - Reutilización de código y recursos.
  - Permite compilar desde línea de comandos, para aquellas situaciones en las que no esté disponible un entorno de desarrollo.
  - Mayor facilidad para la creación de diferentes versiones de la misma aplicación, que proporciona numerosas ventajas como puede ser la creación de una versión de pago y otra gratuita, o por ejemplo diferentes dispositivos o almacén de datos.

### **1.5.6 Lenguaje de Programación.**

Un lenguaje de programación es un idioma artificial diseñado para expresar computaciones que pueden ser llevadas a cabo por máquinas como las computadoras. Pueden usarse para crear programas que controlen el comportamiento físico y lógico de una máquina, para expresar algoritmos con precisión, o como modo de comunicación humana. Está formado por un conjunto de símbolos y reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de sus elementos y expresiones[16].

En otras palabras, un lenguaje de programación es un modo práctico para que los seres humanos puedan dar instrucciones a un equipo.

#### **1.5.6.1 Java.**

El lenguaje de programación Java surge a principios de los años 90 en los laboratorios de Sun Microsystems. A diferencia de los lenguajes convencionales, que generalmente están diseñados para ser compilados a código nativo, Java es

compilado a un código intermedio o bytecode, el cual es interpretado por una máquina virtual de Java. La máquina virtual hace posible que una aplicación que haya sido implementada en Java se ejecute en cualquier sistema operativo con soporte para ella.

Proporciona un entorno de ejecución que convierte el código neutro de Java al código nativo del ambiente en que está siendo ejecutada. Como lenguaje de programación es multipropósito, reúne todas las características de un ambiente orientado a objetos: es sencillo, cuenta con capacidad de generación de aplicaciones distribuidas, robusta, segura, de arquitectura neutral, portable, multihilo, dinámico y de alto rendimiento [17].

Java se ejecuta en más de 850 millones de ordenadores personales de todo el mundo y en miles de millones de dispositivos, como dispositivos móviles y aparatos de televisión.[18]

#### **El lenguaje Java se creó con cinco objetivos principales: [19]**

1. Debería usar el paradigma de la programación orientada a objetos.
2. Debería permitir la ejecución de un mismo programa en múltiples sistemas operativos.
3. Debería incluir por defecto soporte para trabajo en red.
4. Debería diseñarse para ejecutar código en sistemas remotos de forma segura.
5. Debería ser fácil de usar y tomar lo mejor de otros lenguajes orientados a objetos, como C++.

#### **1.5.7 Herramienta de Modelado.**

El modelado de sistemas es una actividad importante e imprescindible en la construcción de cualquier tipo de sistema, está considerado como un plano que nos muestra la estructura genérica o abstracta de algún sistema. Debido a importancia que ha tomado el hecho de modelar y diseñar antes de construir se han desarrollado diversas herramientas de software que facilitan esta actividad.

Al elegir una herramienta de software se debe considerar elementos como son: el tipo de licenciamiento, plataforma, sistema operativo, generación de código, etc.

### **1.5.7.1 Visual Paradigm para UML.**

Visual Paradigm for UML es una herramienta CASE que soporta el modelado mediante UML y proporciona asistencia a los analistas, ingenieros de software y desarrolladores, durante todos los pasos del Ciclo de Vida de desarrollo de un Software [24], es un software que nos permite analizar, diseñar, codificar, probar y desplegar. El programa cuenta con innumerables ventajas; una de las más importantes es la aptitud para representar todas las funciones posibles. Visual Paradigm también ofrece: Navegación intuitiva entre la escritura del código y su visualización; Potente generador de informes en formato PDF/HTML; Documentación automática Ad-hoc; Ambiente visualmente superior de modelado; Sofisticado diagramador automáticamente de layout; y Sincronización de código fuente en tiempo real. [25]

Otras ventajas que proporciona Visual Paradigm for UML son: [24]

- **Dibujo:** Facilita el modelado de UML, ya que proporciona herramientas específicas para ello, esto también permite la estandarización de la documentación, ya que la misma se ajusta al estándar soportado por la herramienta.
- **Corrección sintáctica:** Controla que el modelado con UML sea correcto.
- **Coherencia entre diagramas:** Al disponer de un repositorio común, es posible visualizar el mismo elemento en varios diagramas, evitando duplicidades.
- **Integración con otras aplicaciones:** Permite integrarse con otras aplicaciones, como herramientas ofimáticas, lo cual aumenta la productividad.
- **Trabajo multiusuario:** Permite el trabajo en grupo, proporcionando herramientas de compartición de trabajo.

- Reutilización: Facilita la reutilización, ya que disponemos de una herramienta centralizada donde se encuentran los modelos utilizados para otros proyectos.
- Generación de código: Permite generar código de forma automática, reduciendo los tiempos de desarrollo y evitando errores en la codificación del software.
- Generación de informes. Permite generar diversos informes a partir de la información introducida en la herramienta.

## **1.6 Conclusiones del capítulo:**

Con la realización de este capítulo se sentaron las bases para el desarrollo de todo el trabajo, y se obtuvieron los elementos conceptuales necesarios para dar lugar a la construcción de una aplicación que cumpla con las metas propuestas, se abordan los conceptos fundamentales asociados con el objeto de estudio y el campo de acción.

Se realizó un análisis sobre la minería en Cuba, y sobre las metodologías de clasificaciones de macizos rocosos de Barton, Bieniawski y Cuesta, así como un estudio de los antecedentes existentes vinculados al campo de acción.

Se analizaron tecnologías y herramientas libres disponibles para el desarrollo de la aplicación propuesta, escogiendo Android como sistema operativo, Java como lenguaje de programación, Visual Paradigm for UML como herramienta de modelado y Android Studio como entorno de desarrollo que permitirán el desarrollo claro y fluido de un sistema construido sobre bases sólidas y un entorno de desarrollo bien definido.

Se decidió el empleo de la metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles (MDAM) que permitirá la obtención de un producto con las características esperadas con un alto nivel de calidad.

## **Capítulo 2 . Desarrollo de la Aplicación Android para la informatización de clasificaciones geomecánicas de macizos rocosos.**

### **2.1 Introducción.**

En este capítulo se especifican, como resultado de la Ingeniería de Requerimientos, los requerimientos funcionales y no funcionales que debe cumplir la aplicación propuesta. Se describe el proceso de desarrollo atendiendo a las etapas de la metodología de desarrollo empleada: MDAM.

### **2.2 Etapa de Análisis.**

En esta etapa se obtienen y clasifican los requerimientos y se personaliza el servicio, se analizan las peticiones o requerimientos de las personas o entidad para la cual se desarrolla el servicio móvil “Cliente”, el propósito es definir las características del mundo o entorno de la aplicación. [10]

#### **2.2.1 Requerimientos.**

Según la IEEE un requerimiento no es más que: Una condición o capacidad que debe estar presente en un sistema o componentes de sistema para satisfacer un contrato, estándar, especificación u otro documento formal. Estos pueden dividirse en funcionales y no funcionales.

Los requerimientos funcionales definen las funciones que el sistema será capaz de realizar. Describen las transformaciones que el sistema realiza sobre las entradas para producir salidas.

Los requerimientos no funcionales tienen que ver con características que de una u otra forma puedan limitar el sistema, como por ejemplo, el rendimiento (en tiempo y espacio), interfaces de usuario, fiabilidad (robustez del sistema, disponibilidad de equipo), mantenimiento, seguridad, portabilidad, estándares, etc. [20]

Los requerimientos que a continuación se muestran se definieron en conjunto con el cliente y luego se clasificaron en funcionales y no funcionales.

## **Requerimientos funcionales.**

RF1: Crear proyecto.

RF2: Ver reportes.

RF3: Calcular metodología de Barton.

RF4: Calcular metodología de Bieniawski.

RF5: Calcular metodología de Cuesta.

RF6: Mostrar reporte de Barton.

RF7: Mostrar reporte de Bieniawski.

RF8: Mostrar reporte de Cuesta.

RF9: Guardar reporte de Cuesta.

RF10: Guardar reporte de Barton.

RF11: Guardar reporte de Bieniawski.

## **Requerimientos no funcionales.**

Apariencia e interfaz externa:

- Los usuarios pueden ser personas que no estén familiarizadas con herramientas informáticas, por lo que se requiere una interfaz sencilla y amigable, con la mayor simplicidad posible para lograr que el sistema sea de fácil entendimiento, de apariencia profesional e intuitiva, permitiendo la fácil interacción con el mismo y una manera rápida y efectiva de llegar a la información buscada. Deberán usarse colores claros y formatos de textos legibles que mejoren la visibilidad del usuario.

Rendimiento:

- El tiempo de respuesta debe ser corto, por lo que el procesamiento de los datos se debe efectuar de forma rápida y eficiente. La aplicación debe ser diseñada específicamente para dispositivos Android.

Requerimiento de software:

- La aplicación deberá ejecutarse en dispositivos con sistema operativo Android 2.3 o superior.

Requerimiento de hardware:

- La aplicación deberá ejecutarse en dispositivos con requerimientos mínimos de un procesador a 1.0 GB y 512 MB de RAM.

Diseño e Implementación:

- Para la construcción del sistema se requiere como lenguaje de programación para la implementación: Java y como artefactos para el diseño se usan los que propone la metodología seleccionada que están apoyados en el estándar de notaciones de UML.

Soporte:

- La aplicación debe ser fácil de probar para facilitar las tareas en la etapa de Prueba. El proceso de instalación y configuración del sistema será realizado por los usuarios que utilicen el Software, para ello deberán recibir un adiestramiento correspondiente para el trabajo con el software.

Usabilidad:

- El sistema será usado principalmente por mineros o geólogos que necesiten utilizar las Metodologías Geomecánicas de clasificación de los macizos rocosos para proyectos de excavaciones subterráneas.

Portabilidad:

- Las herramientas y tecnologías utilizadas para el desarrollo de la aplicación deben ser software libre y de código abierto. El producto de Software podrá ser usado solo para el sistema operativo Android.

## **2.2.2 Personalización del servicio.**

Se definieron los siguientes requerimientos con el propósito de garantizar la aceptación del producto final:

- Mostrar una interfaz sencilla, organizada lo más parecida posible a las tablas utilizadas en la bibliografía donde aparecen referenciadas las metodologías para mayor entendimiento del software.
- Utilizar colores de tonalidades suaves y relajantes, para evitar esfuerzo visual.
- Utilizar el idioma Español.

## **2.3 Etapa de Diseño.**

La etapa de diseño es el momento en el que se define el escenario tecnológico y se estructura la solución por medio de algún diagrama o esquema, integrando tiempos y recursos. El objetivo de esta etapa es plasmar el pensamiento de la solución mediante diagramas o esquemas, considerando la mejor alternativa al integrar aspectos técnicos, funcionales, sociales y económicos. A esta fase se retorna si no se obtiene lo deseado en la etapa prueba de funcionamiento. En esta fase se desarrollan cuatro actividades: definir el escenario, estructurar el software, definir tiempos y asignar recursos. [10]

### **2.3.1 Definición del escenario.**

Las aplicaciones móviles se pueden diseñar para ejecutarse en diferentes escenarios, dependiendo del sistema de conexión y sincronización con el servidor o aplicación central; el proceso de sincronización se realiza para insertar, modificar o borrar información. Entre los diferentes escenarios se encuentran los siguientes:

1. Desconectado: Los procesos se realizan en el dispositivo móvil desconectado, después de terminar el proceso, si se requiere, puede conectarse con una aplicación central mediante el proceso de sincronización.
2. Semi-conectado: Los procesos pueden ejecutarse en el dispositivo móvil desconectado, pero se requiere establecer conexión en algún momento para terminar el proceso, al sincronizar la información con el servidor o aplicación central. En los escenarios desconectado y semi-conectado se

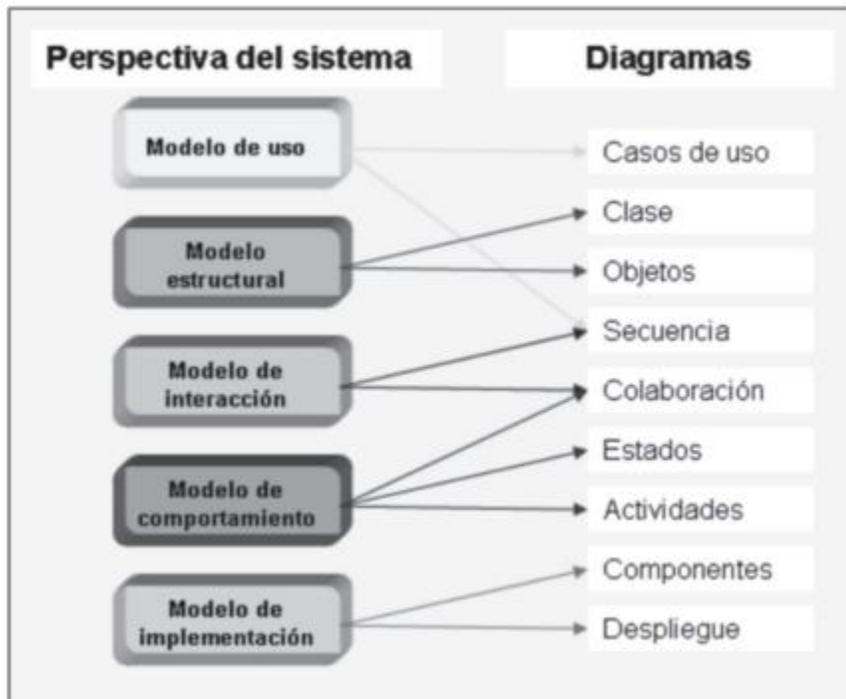
recomienda utilizar los protocolos y tecnologías que se ajusten al servicio y capacidades tecnológicas del dispositivo.

3. Conectado: el dispositivo debe estar siempre conectado con la aplicación central o servidor para su correcto funcionamiento, no se almacenan datos o archivos en el móvil, la sincronización se realiza mediante la validación de formularios, usualmente se utiliza el protocolo HTTP<sup>9</sup>. [10]

La aplicación Android propuesta se encuentra en el escenario **desconectado**, ya que funciona en el dispositivo móvil sin necesidad de conectarse a otro dispositivo o sistema.

### 2.3.2 Estructura del software.

Según las necesidades del proyecto, y con el objetivo de modelar el sistema desde varias perspectivas, se deben utilizar algunos diagramas de Modelado de Lenguaje Unificado, UML, por sus siglas en inglés Unified Modeling Language. [10] Ver Figura 5.



---

<sup>9</sup> Protocolo de Transferencia de Hipertexto (Hypertext Transfer Protocol, HTTP)

## Figura 5: Posibles diagramas para el desarrollo de aplicaciones móviles.

Para modelar la aplicación y representar las funcionalidades de la misma se seleccionaron los siguientes diagramas: del modelo de uso el diagrama de casos de uso; del modelo estructural el diagrama de clases, del modelo de interacción el diagrama de secuencia y el diagrama de despliegue del modelo de implementación.

### 2.3.2.1 Modelo de Casos de Uso.

Teniendo en cuenta los requisitos funcionales identificados se desarrolla el diagrama Modelo de Casos de Uso, que comprende la identificación de los actores y casos de uso del sistema.

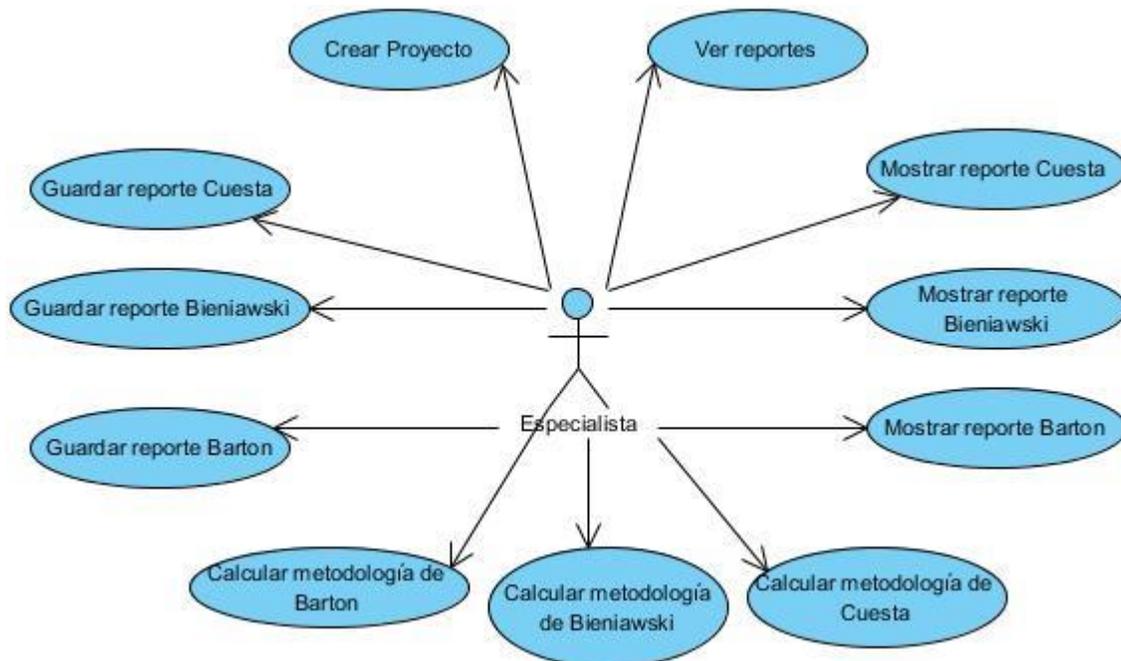
Los actores representan los usuarios del sistema e incluyen otros sistemas que puedan interactuar con él, es decir, representan terceros fuera del sistema que colaboran con este. Una vez identificados, cada actor desempeñará un papel bien definido, y en el contexto de ese papel debe tener interacciones útiles con el sistema, además se tiene delimitado el entorno externo del mismo. (Pressman, 2005) (Tabla 1)

Actores	Justificación
Especialista	Especialista en Minería o Geología que va a hacer uso de la aplicación, obteniendo información de los macizos rocosos a través del cálculo de la metodología seleccionada y que podrá ver reportes anteriores guardados en la BD.

**Tabla 1. Actores del sistema.**

Los diagramas de casos de uso sirven para especificar la comunicación y el comportamiento de un sistema mediante su interacción con los usuarios y/u otros sistemas. O lo que es igual, un diagrama que muestra la relación entre los actores y los casos de uso en un sistema. Un caso de uso es una secuencia de interacciones que se desarrollarán entre un sistema y sus actores en respuesta a un evento que inicia un actor principal sobre el propio sistema. Los actores son

los personajes o entidades que participarán en un caso de uso y son análogos a un rol del usuario. [21] El diagrama de casos de uso de la aplicación se muestra en la Figura 6 que aparece a continuación.



**Figura 6: Diagrama de Casos de Uso.**

La descripción de cada caso de uso facilita especificar la secuencia de acciones que el sistema debe llevar a cabo al interactuar con los actores, incluyendo cursos alternativos dentro de la secuencia. En la misma se reflejan los cursos básicos y alternos en caso de existir, con la acción del actor y la respuesta del sistema. Las descripciones textuales de cada caso de uso se muestran en el Anexo 1.

### **2.3.2.2 Modelo de Interacción.**

Los diagramas de secuencia muestran el flujo de actividades del sistema a partir de un diseño detallado de este. Se realizan uno por cada caso de uso y en total concordancia con su descripción textual. El diagrama de secuencia del caso de uso “Crear Proyecto” se muestra en la Figura 7.

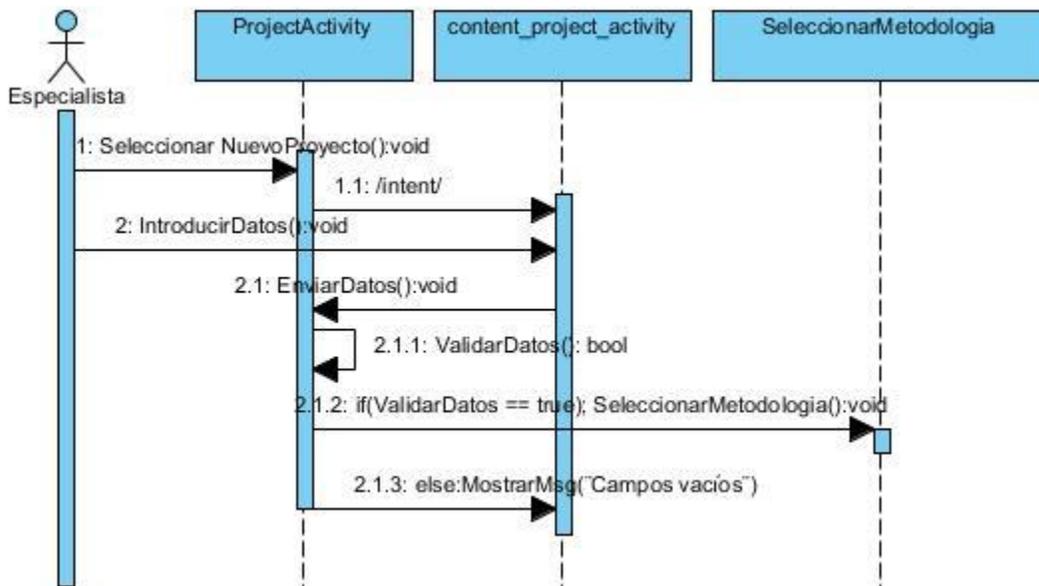


Figura 7: Diagrama de Secuencia del Caso de Uso Crear Proyecto.

### 2.3.2.3 Modelo Estructural.

El diagrama de clases muestra todas las clases del software y las relaciones existentes entre ellas. Este diagrama (Figura 8) se realizó luego de los diagramas de secuencia para definir más fácilmente, a partir de las actividades modeladas previamente, los objetos y funciones a codificar.

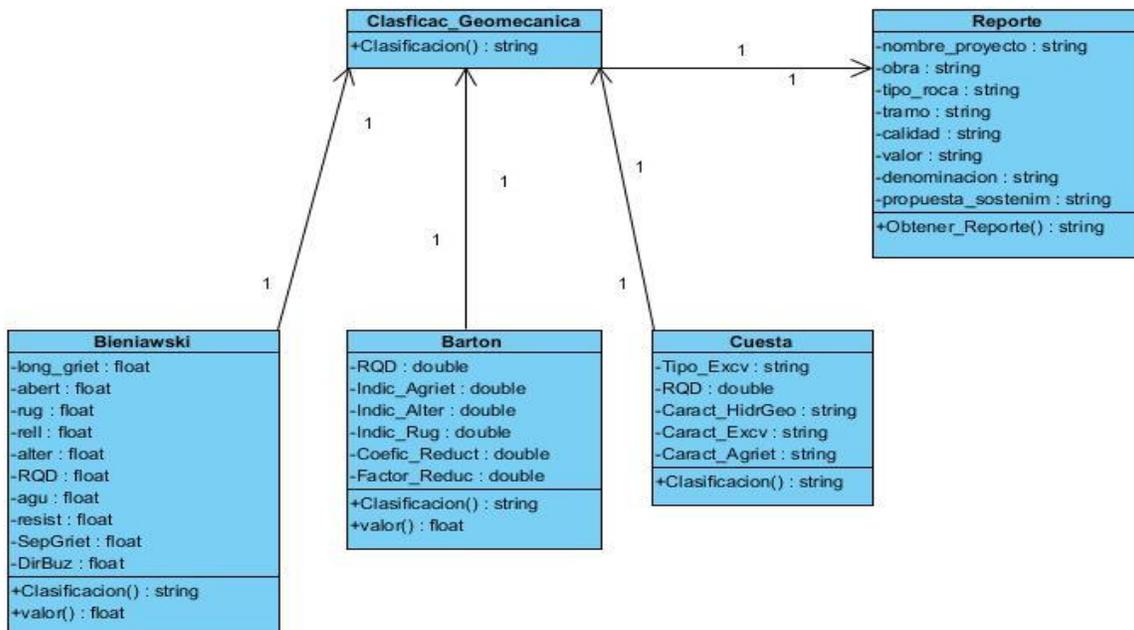


Figura 8: Diagrama de Clases.

### 2.3.2.4 Modelo de Implementación.

El diagrama de despliegue describe la distribución física del sistema en términos de cómo se distribuye la funcionalidad entre los nodos de cómputo. Se utiliza como entrada fundamental en las actividades de diseño e implementación debido a que la distribución del sistema tiene una influencia principal en su diseño. Representa una correspondencia entre la arquitectura del software y la arquitectura del hardware (Ver figura 9).

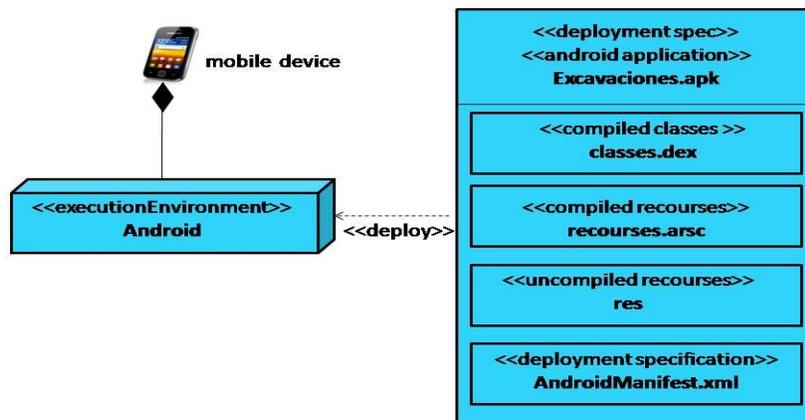


Figura 9: Diagrama de Despliegue.

### 2.3.3 Definición de tiempos.

En este paso se establecen los plazos para cada una de las actividades restantes, con el objetivo de terminar la aplicación a tiempo para su salida al mercado. Se debe tener en cuenta el diseño computacional del software realizado en la tarea anterior y, las características volátiles y dinámicas de los servicios móviles. [10] En los momentos iniciales del proyecto se realizó una planificación, que fue actualizada en esta etapa y representada en un diagrama de Gantt (Figura 10), herramienta gráfica cuyo objetivo es exponer el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. [22]

	Semanas																			
Tareas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Análisis	■	■																		
Diseño		■	■	■	■															
Desarrollo					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Pruebas																	■	■	■	
Entrega																				■

**Figura 10: Diagrama de Gantt.**

### **2.3.4 Asignación de recursos.**

En este paso se asignan los recursos para realizar cada actividad y alcanzar los objetivos propuestos, se deben considerar recursos humanos, financieros y tecnológicos. Además, se deben seleccionar las herramientas para el desarrollo de la aplicación móvil. [10]

Para dar cumplimiento este paso se realizó un estudio de factibilidad que se expone más adelante en el capítulo 3, donde se analizó la disponibilidad de recursos humanos, económicos y tecnológicos para el desarrollo de la aplicación propuesta. El resultado de dicho estudio arrojó que el desarrollo de la aplicación es factible según los aspectos analizados (técnico, económico y operativo).

El desarrollador cuenta con los recursos tecnológicos necesarios para realizar todas las actividades del proceso de desarrollo de la aplicación. La empresa para la que se desarrolla dicha aplicación, la DIP Traslase Este-Oeste de Mayarí, dispone de los recursos tecnológicos necesarios para la explotación del software, y en cuanto a las tecnologías y herramientas que se utilizaron, al ser de software libre garantiza que la aplicación propuesta se distribuya de forma libre y sin costo alguno.

### **2.4 Etapa de Desarrollo.**

El objetivo de esta fase es implementar el diseño en un producto de software. En esta etapa se realizan las siguientes actividades: Codificar, Pruebas unitarias, Documentar el código y Codificar ayudas. [10]

### **2.4.1 Codificar.**

En este paso se escribió en el lenguaje de programación seleccionado, cada una de las partes definidas en los diagramas realizados en la etapa de diseño.

### **2.4.2 Pruebas unitarias.**

En este segundo paso de la etapa de desarrollo se verificó el funcionamiento de la aplicación. Se comprobó, en primer lugar, la correcta operación de cada elemento desarrollado (objeto, clase, actividad, documento, entre otros) en forma individual. Posteriormente, se puso en funcionamiento la aplicación con todos los elementos, comprobando la interrelación entre ellos. Se ejecutaron varias pruebas y la mayoría de las veces se obtuvieron los resultados esperados. Los problemas encontrados fueron resueltos.

### **2.4.3 Documentar el código.**

A medida que se codificó y probó cada elemento, se redactó la documentación correspondiente. Entre esta documentación se encuentra la generada en cada una de las etapas de la metodología, con sus artefactos y pasos, el manual de ayuda elaborado y además, se hicieron comentarios en el código, explicando las funciones principales para facilitar el mantenimiento del software.

### **2.4.4 Codificar ayudas.**

La interfaz cuenta con un diseño intuitivo y fácil de entender y con un Manual de Usuario para facilitar su instalación y explotación. Esto favorece la usabilidad de la aplicación y permite un fácil manejo por los usuarios.

## **2.5 Pruebas de funcionamiento.**

El objetivo de esta fase es verificar el funcionamiento de la aplicación en diferentes escenarios y condiciones; para esto se realizan las siguientes tareas: Emulación y simulación, Dispositivos reales y Análisis de las 6 M's. [10]

### **2.5.1 Emulación y simulación.**

En este paso se realizaron pruebas simulando el escenario y emulando el dispositivo móvil, explorando todas las utilidades y funciones de la aplicación, introduciendo diferentes datos, inclusive erróneos, para medir la funcionalidad y el nivel de robustez del software. Los problemas encontrados se solucionaron obteniendo resultados satisfactorios de las pruebas.

### **2.5.2 Dispositivos reales.**

Se probó la aplicación en dispositivos móviles reales para medir el desempeño y el rendimiento. Las fallas encontradas durante la ejecución fueron resueltas y se verificó que el software cumpliera con los requerimientos especificados y el cliente estuviera satisfecho.

### **2.5.3 Análisis de las 6 M's.**

Para valorar el potencial de éxito del servicio se empleó el método de evaluación de las 6 M's (por sus siglas en inglés Moment, Movility, Money, Me, Machine, Multiuser). Se necesita contar con un grupo de expertos que evalúen los 6 atributos: Momento, Movilidad, Dinero, Yo, Máquina y Multiusuario. [10]

Para esto se consultaron 6 expertos: 2 usuarios de la aplicación, 2 expertos de desarrollo de software y 2 expertos en el campo del desarrollo móvil; para calificar la presencia de los seis atributos en la aplicación desarrollada, empleando valores de 1 a 5 siendo 5 el de mayor presencia. La Tabla 2 muestra un resumen de las evaluaciones más frecuentes en cada atributo y la justificación de los valores obtenidos.

Según [10] cualquier servicio que brinde un gran valor en cualquiera de las 6 M's tiene un buen potencial para el éxito como servicio móvil.

Atributo	Definición	Calificación	Justificación
Momento	Un servicio que cuente con este atributo debe estar disponible en cualquier instante de tiempo en que el usuario desee usar dicho servicio.	5	El Especialista puede acceder a la aplicación en cualquier momento.
Movilidad	Un servicio móvil debe ser “móvil” por naturaleza, la ubicación debe ser una parte integral del servicio.	5	El usuario se puede desplazar a cualquier lugar y hacer uso de la aplicación.
Dinero	Como cualquier acción comercial, un servicio móvil tiene un fin lucrativo, ya sea para el operador, para el proveedor del servicio o para el usuario.	1	La aplicación es de distribución gratuita, por lo que no genera ingresos.
Yo	Se refiere al nivel de personalización de un servicio.	4	El servicio presenta un grado de personalización porque permite que el especialista clasifique el macizo rocoso en dependencia de la metodología que desea aplicar.
Máquina	La tecnología (terminal o redes) siempre es el factor que posibilita o limita; el atributo máquina busca	4	El servicio puede ser soportado por dispositivos móviles de gama baja,

	añadir potencia a los dispositivos de última generación que cada vez tienen mayores prestaciones a nivel de hardware y software.		media o alta, que posean Android.
Multiusuario	Busca extenderse dentro de la comunidad, que el servicio sea interactivo y que pueda utilizarse por múltiples usuarios de manera simultánea.	2	La aplicación permite la comunicación en ambas direcciones, es interactiva porque necesita la realimentación continúa del usuario para poder ejecutarse, pero no permite múltiples usuarios porque se usa en cada dispositivo por separado.

**Tabla 2. Evaluación de las 6 M's.**

## **2.6 Entrega.**

Terminada la depuración de la aplicación y atendidos todos los requerimientos de última hora del cliente se da por finalizada la aplicación y se procede a la entrega del ejecutable, el código fuente, la documentación y el manual de la aplicación.

El objetivo de los manuales es el entrenamiento. Una aplicación móvil debe constar de un manual donde se indique el proceso de instalación, la atención a posibles fallas en el tiempo de ejecución y, las especificaciones técnicas mínimas de hardware y software que requiere el equipo para el funcionamiento adecuado del aplicativo desarrollado. [10]

### **2.6.1 Distribución.**

Aquí se define el canal de comercialización de la aplicación, con el propósito de adecuar la aplicación al medio de distribución. En este caso la aplicación se

distribuirá de forma gratuita y cumpliendo con los requerimientos identificados previamente, a todos los especialistas y clientes de la DIP Traslase Este – Oeste de Mayarí.

### **Conclusiones del capítulo:**

En este capítulo se documentó y explicó cada etapa de desarrollo de la aplicación a partir de la metodología seleccionada, MDAM. Se mostraron los requerimientos funcionales y no funcionales.

El diagrama de casos de uso permitió mostrar las acciones principales de la aplicación y su relación con los actores. De cada caso de uso se realizó una descripción textual y un diagrama de secuencia para representar las acciones del usuario y la aplicación. El diagrama de despliegue permitió modelar los componentes necesarios para desplegar la aplicación, así como los elementos que la componen.

Se empleó el método de evaluación de las 6 M, donde se consultaron 6 expertos para evaluar los seis atributos: Momento, Movilidad, Dinero, Yo, Máquina y Multiusuario; obteniendo resultados favorables según los requerimientos definidos.

## **Capítulo 3 . Estudio de factibilidad de la Aplicación Android.**

### **3.1 Introducción.**

En el presente capítulo se realiza el estudio de factibilidad de la aplicación Android propuesta. La factibilidad se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señalados. Para esto se apoya en 3 aspectos básicos: técnico, económico y operativo.

El éxito de un proyecto está determinado por el grado de factibilidad que se presente en cada uno de los tres aspectos anteriores. Un estudio de factibilidad sirve para recopilar datos relevantes sobre el desarrollo de un proyecto y en base a ello tomar la mejor decisión, si procede su estudio, desarrollo o implementación.[23]

En la actualidad para realizar de manera satisfactoria el desarrollo de cualquier proyecto se hace necesario este estudio para tener en cuenta una valoración de los costos a incurrir determinando si será factible o no desarrollar el mismo. En general los productos informáticos no están exentos de posibles riesgos en la concepción del proyecto, por lo que es válido minimizar de forma razonable recursos humanos, materiales y financieros, de ahí que es de vital importancia estimar la relación costo – beneficio, así como el esfuerzo, capital humano y el tiempo de desarrollo que se demanda en la ejecución de los mismos.

En este capítulo se expone el estudio de factibilidad del proyecto, centrado en estimaciones de esfuerzo humano, tiempo de desarrollo para su ejecución y costo. Se presentarán los efectos económicos, los beneficios y costos intangibles.

### **3.2 Evaluación Costo – Beneficio.**

Para el estudio de la factibilidad de este proyecto fue utilizada la metodología Costo Efectividad (Beneficio), la cual plantea que la conveniencia de la ejecución de un proyecto se determina por la observación conjunta de dos factores:

**Costo:** que involucra la implementación de la solución informática, adquisición y puesta en marcha del sistema hardware/software y los costos de operación asociados.

**Eficiencia:** se entiende como la capacidad del proyecto para satisfacer la necesidad, solucionar el problema o lograr el objetivo para el cual se ideó, es decir, un proyecto será más o menos efectivo con relación al mayor o menor cumplimiento que alcance en la finalidad para la cual fue ideado (costo por unidad de cumplimiento del objetivo).[24]

Este puede estar justificado por los beneficios tanto tangibles como intangibles que acarrea el mismo. En este proceso, se requiere de una selección adecuada de los elementos más provechosos para su evaluación.

Esta es una de las partes más importantes en la elaboración de cualquier proyecto ya que haciendo un correcto estudio de factibilidad se puede ahorrar meses e incluso años de trabajo, hasta evitar poner en duda la reputación profesional si se realiza un sistema mal planificado desde una etapa temprana.

### **3.2.1 Efectos Económicos.**

- Efectos directos.
- Efectos indirectos.
- Efectos externos.
- Intangibles.

#### **3.2.1.1 Efectos directos.**

##### **Positivos:**

- Disminución de la acumulación de materiales impresos relacionados con los datos recogidos y los reportes.
- Mejora en la rapidez y eficiencia en la toma de decisiones.
- Ahorro de tiempo en la búsqueda de información de reportes.

## **Negativos:**

- Un poco de resistencia al cambio por parte de los usuarios finales.
- No funciona en dispositivos inferiores a Android 2.1.

### **3.2.1.2 Efectos indirectos.**

Los efectos económicos observados que pudieran repercutir sobre otros mercados no son perceptibles, aunque este proyecto no está pensado con la finalidad de venta.

### **3.2.1.3 Efectos externos.**

Se obtendrá un producto disponible que les facilitará gran parte del trabajo a los especialistas encargados de la caracterización de los macizos rocosos en los frentes de laboreo en la DIP Traslase Este-Oeste de Mayarí.

### **3.2.1.4 Intangibles.**

En la valoración económica siempre hay elementos perceptibles por una comunidad como perjuicio o beneficio, pero no fue posible su ponderación en unidades monetarias. [24]

## **Elementos para identificar los costos y beneficios del proyecto.**

Para la identificación de los costos y beneficios del proyecto que son pertinentes para su evaluación, es necesario definir una situación base o situación sin proyecto; la comparación de lo que sucede con proyecto, contra lo que hubiera sucedido sin proyecto, definirá los costos y beneficios pertinentes del mismo. Estos escenarios, resultan ser una herramienta determinante, puesto que ayudan en gran medida en la definición de los elementos necesarios para la evaluación.

## **Situación sin el producto (Solución manual):**

Se hace complejo el proceso de recogida de información en el terreno, presentando un conjunto de dificultades, debido principalmente a que se realiza de forma manual, lo que proporciona demoras por parte de los especialistas en la entrega y recepción de la información y se torna pesado su análisis,

provocando pérdidas de tiempo que influyen en el flujo de las actividades a realizar y que conducen a dificultades en la toma de decisiones.

**Situación con el producto (Solución automatizada):**

Mediante esta aplicación se evitan los cálculos manuales, y es posible controlar todo el flujo de los datos, analizarlos y procesarlos para obtener resultados certeros en tiempo real.

**Costos:**

- Resistencia al cambio

**Beneficios:**

- Mayor comodidad a la hora de realizar los cálculos necesarios.
- Mayor rapidez a la hora de obtener un resultado y tomar una decisión a partir de este.
- Mejora en la accesibilidad y visibilidad de la información.

**3.3 Factibilidad económica.**

Para determinar el costo económico del proyecto se utilizará el procedimiento para elaborar una ficha de costo de un producto informático.

Los principales factores a considerar para el cálculo de los costos son los relacionados al personal, hardware y software, los que se pueden calcular de diversas maneras, que muchas veces se limitan al buen criterio y a la experiencia.

Para determinar el costo económico del proyecto, se desglosaron los costos en moneda libremente convertible y moneda nacional.

**Costos en Moneda Librementemente Convertible:**

<b>Ficha de costo</b>	
	<b>Precios (\$)</b>
<b>Costos en Moneda Librementemente Convertible</b>	
<b>Costos Directos</b>	
Compra de equipos de cómputo	<b>0.00</b>
Alquiler de equipos de cómputo	<b>0.00</b>
Compra de licencia de Software	<b>0.00</b>
Depreciación de equipos	<b>64.94</b>
Materiales directos	<b>00.00</b>
<b>Subtotal</b>	<b>64.94</b>
<b>Costos Indirectos</b>	
Formación del personal que elabora el proyecto	<b>0.00</b>
Gastos en llamadas telefónicas	<b>0.00</b>
Gastos para el mantenimiento del centro	<b>0.00</b>
Know How	<b>0.00</b>
Gastos en representación	<b>0.00</b>
<b>Subtotal</b>	<b>0.00</b>
<b>Gastos de distribución y venta</b>	

Participación en ferias o exposiciones	<b>0.00</b>
Gastos en transportación	<b>0.00</b>
Compra de materiales de propagandas	<b>0.00</b>
<b>Subtotal</b>	<b>0.00</b>
<b>Total</b>	<b>64.94</b>

**Tabla 3. Costos en moneda libremente convertible.**

**Costos en Moneda Nacional:**

<b>Ficha de costo</b>	
	<b>Precios (\$)</b>
<b>Costos en Moneda Nacional</b>	
<b>Costos Directos</b>	
Salario del personal que laborará en el proyecto.	<b>100*6 meses</b>
El 12% del total de gastos por salarios se dedica a la SS.	<b>0.00</b>
El 0.09% del salario total, por concepto de vacaciones a acumular.	<b>0.00</b>
Gasto por consumo de energía eléctrica.	<b>68.64 * 0.67 =45.99</b>
Gastos en llamadas telefónicas.	<b>00.00</b>
Gastos administrativos.	<b>00.00</b>
<b>Subtotal</b>	<b>645.99</b>
<b>Costos Indirectos</b>	

Know How	<b>0.00</b>
<b>Subtotal</b>	<b>0.00</b>
<b>Total</b>	<b>645.99</b>

**Tabla 4. Costos en monda nacional.**

**El análisis de costo-beneficio se basa en un principio muy simple:**

Compara los beneficios y los costos de un proyecto particular y si los primeros exceden a los segundos entrega un elemento de juicio inicial, que indica su aceptabilidad. Mientras que el análisis costo-efectividad sigue la misma lógica, compara los costos con las potencialidades de alcanzar más eficientemente los objetivos no expresables en moneda; si no en productos. Para esta técnica es imprescindible definir una variable directa que haga variar los costos. Teniendo en cuenta que el costo para este proyecto es despreciable, tomaremos como costo, el tiempo en minutos empleado para realizar las actividades de capacitación en la empresa y la variable sería, complejidad de las pruebas que se desarrollan durante este proceso.

- **Valores de la variable (Solución manual)**

1. Recogida de datos. (10 min)
2. Cálculo de las metodologías. (10 min)
3. Crear reportes. (5 min)

- **Valores de la variable (Solución con el sistema)**

1. Recogida de datos. (3 min)
2. Cálculo de las metodologías. (1 milisegundo)
3. Crear reportes. (1 milisegundo)

Teniendo en cuenta los resultados reflejados en la gráfica de la Figura 11 queda demostrada la factibilidad del sistema evidenciado por la relación entre la

cantidad de variables y el tiempo que demora la solución del mismo de forma manual y automatizada.

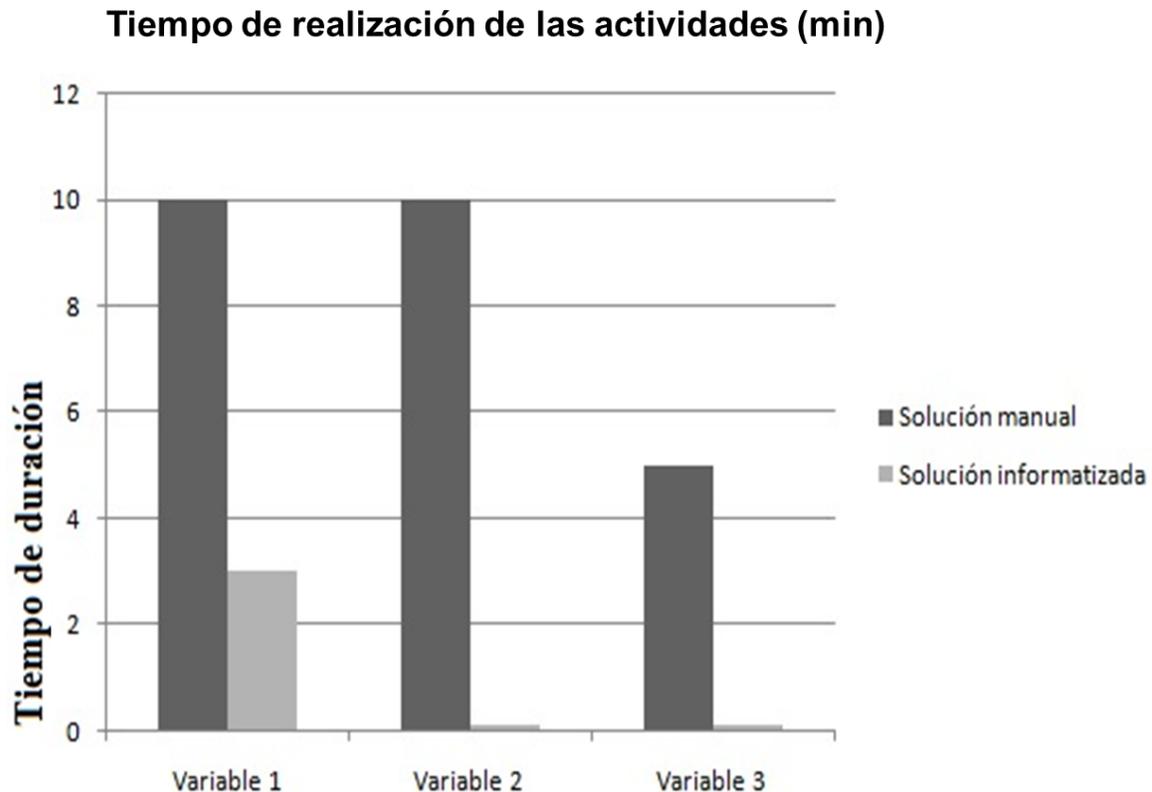


Figura 11. Gráfica de la solución sin el producto y solución con el producto.

### Conclusiones del capítulo:

En este capítulo se realizó el estudio de factibilidad del proyecto mediante la Metodología Costo Efectividad (Beneficios). Se analizaron todos los factores directos, indirectos, externos e intangibles., se analizaron los efectos económicos, los beneficios y costos, además se calculó el costo de ejecución del proyecto mediante la Ficha de Costo, la cual arrojó como resultado \$ 64.94 CUC y \$ 645.99 MN mensual. Se analizó además el tiempo empleado para realizar las operaciones sin y con el proyecto, demostrándose así la factibilidad del producto.

## **Conclusiones Generales:**

Con el desarrollo de este proyecto se dio cumplimiento a los objetivos propuestos en esta investigación, arribándose a las siguientes conclusiones:

- Se elaboró el marco teórico metodológico que fundamenta la investigación, esto permitió que quedara identificada la situación problemática existente y se establecieran las bases para el posterior diseño e implementación de la aplicación.
- Para la realización de la aplicación se eligieron herramientas libres: Java como lenguaje de programación, MDAM como metodología de desarrollo, Visual Paradigm como herramienta de modelación visual para el análisis y diseño y Android Studio como entorno de desarrollo.
- Se desarrolló la aplicación Android “Excavaciones” que permitió la informatización del proceso de Clasificación Geomecánica de Macizos Rocosos.
- Se efectuó un estudio de la factibilidad de la aplicación en cuestión mediante la Metodología Costo Efectividad (Beneficios); se calculó el costo de ejecución del proyecto mediante la Ficha de Costo, la cual arrojó como resultado \$ 64.94 CUC y \$ 645.99 MN por el período en que se realizó la aplicación, además se analizó el tiempo empleado para realizar las operaciones sin y con el proyecto, demostrándose así la factibilidad del producto.

## **Recomendaciones:**

A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación se recomienda:

- Continuar con el estudio para poder implementar otras de las metodologías de clasificación geomecánica que sean importantes en el estudio de la minería.
- Presentar el resultado obtenido en diferentes eventos.
- Realizar encuestas de satisfacción a los usuarios finales que permitan realizarle nuevas versiones a la aplicación Android teniendo en cuenta las recomendaciones hechas por ellos.

## Referencias bibliográficas:

1. EncuRed. Industria Minera. Available from: [http://www.ecured.cu/Industria\\_Minera\\_%28Cuba%29](http://www.ecured.cu/Industria_Minera_%28Cuba%29).
2. Jorge, Y.R., Automatización de Metodologías Geomecánicas de Clasificación de Macizos Rocosos, in Departamento de Informática. 2012, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
3. Ruiz, M.R., Recomendaciones de sostenimiento para túneles. 2000.
4. Manuel Romana Ruiz, J.B.S.G., Formatos normalizados para la toma de datos de campo a usar en las clasificaciones geomecánicas RMR, Q y SMR. p. 10.
5. Catalunya, U.o.d. Desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Diploma de Posgrado.; Available from: [http://estudios.uoc.edu/es/masters-posgrados-especializaciones/informatica-multimedia-telecomunicacion/Posgrado de Desarrollo de aplicaciones móviles Universitat Oberta de Catalunya \(UOC\).htm](http://estudios.uoc.edu/es/masters-posgrados-especializaciones/informatica-multimedia-telecomunicacion/Posgrado_de_Desarrollo_de_aplicaciones_móviles_Universitat_Oberta_de_Catalunya_(UOC).htm).
6. Systems, G.B. Aplicaciones para Dispositivos Móviles. 2015; Available from: [http://www.gbts.com.mx/servicios/Aplicaciones para Dispositivos Móviles GBS Global BestTech Systems.htm](http://www.gbts.com.mx/servicios/Aplicaciones_para_Dispositivos_Móviles_GBS_Global_BestTech_Systems.htm).
7. Balaguera, Y.D.A., Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Estado actual. 2013: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, sede Tunja. p. 111-124.
8. Blanco, P.B., Julio Camarero, Antonio Fumero, Adam Warterski, Pedro Rodríguez Metodología de desarrollo Ágil para sistemas móviles. Introducción al desarrollo con Android y el iPhone. Universidad Politécnica de Madrid. Documento recuperado de [http://www.adamwesterski.com/wp-content/files/docsCursos/Agile\\_doc\\_TemasAnv.pdf](http://www.adamwesterski.com/wp-content/files/docsCursos/Agile_doc_TemasAnv.pdf), 2009.

9. Fowler, M. and J. Highsmith, The agile manifesto. Software Development, 2001. 9(8): p. 28-35.
10. Mantilla, M.C.G., L.L.C. Ariza, and B.M. Delgado, Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles. Tecnura, 2014. 18(40): p. 20-35.
11. Hugo Andrés Ana, I.N.G., Federico Cajal, Desarrollo de Aplicaciones para dispositivos Móviles sobre la plataforma Android de Google. 2011.
12. Google. Available from: <http://googleblog.blogspot.com/2007/11/wheres-my-gphone.html>
13. Aranaz Tudela, J., Desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles sobre la plataforma android de google. 2009.
14. Anónimo. Entornos de desarrollo integrado. 2009; Available from: <http://es.slideshare.net/GhaBiithahh/entornos-de-desarrollo-integrados>.
15. Android Studio v1.0: características y comparativa con Eclipse. 2014; Available from: <file:///C:/Users/jandy/Desktop/Android%20Studio%20v1.0%20%20caracter%C3%ADsticas%20y%20comparativa%20con%20Eclipse%20%E2%80%93%20Academia%20Android.htm>.
16. Otero, A., Java Básico. 2003.
17. Álvarez, M.Á. Desarrollo Web. 2001; Available from: <http://www.desarrolloweb.com/articulos/497.php>.
18. Otero, A.J.B. Características del lenguaje Java. 2004; Available from: <http://www.iec.csic.es/cryptonomicon/java/quesjava.html>.
19. Wikipedia. Java (lenguaje de programación). Available from: [https://es.wikipedia.org/wiki/Java\\_%28lenguaje\\_de\\_programaci%C3%B3n%29](https://es.wikipedia.org/wiki/Java_%28lenguaje_de_programaci%C3%B3n%29).
20. Dayana de la Caridad Rivero Hernández, R.P.V., Cesar Mora, Javier Vila Labrada. BASES DE DATOS MÓVILES. 2013; Available from: <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/14/base-datos-moviles.html>.

21. Revelo, J. Tutorial De Bases De Datos SQLite En Aplicaciones Android. 2014; Available from: <http://www.hermosaprogramacion.com/2014/10/android-sqlite-bases-de-datos/>.
22. Maria, O.T.A. Base de Datos Móviles. 2013; Available from: <https://modelosbd2012t1.wordpress.com/2012/03/15/base-de-datos-moviles-3/>.
23. Requerimientos del Software. Available from: <http://requerimientos.galeon.com/>.
24. Ivar Jacobson, P.J., M. Christerson and G. Overgaard, Ingeniería de Software Orientada a Objetos - Un acercamiento a través de los casos de uso. 1992.
25. Morris, P.W.G., The Management of Projects. 1994.
26. Anónimo. Estudio de Factibilidad. Available from: <http://proyectos.aragua.gob.ve/descargas/ESTUDIOFACTIBILIDADECON%C3%93MICA.pdf>.
27. García, D.A.M., Metodología Costo Efectividad Beneficios.

## Bibliografía:

1. EncuRed. *Industria Minera*. Available from: [http://www.ecured.cu/Industria\\_Minera\\_%28Cuba%29](http://www.ecured.cu/Industria_Minera_%28Cuba%29).
2. Jorge, Y.R., *Automatización de Metodologías Geomecánicas de Clasificación de Macizos Rocosos*, in *Departamento de Informática*. 2012, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
3. Ruiz, M.R., *Recomendaciones de sostenimiento para túneles*. 2000.
4. Manuel Romana Ruiz, J.B.S.G., *Formatos normalizados para la toma de datos de campo a usar en las clasificaciones geomecánicas RMR, Q y SMR*. p. 10.
5. Catalunya, U.o.d. *Desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Diploma de Posgrado.*; Available from: [http://estudios.uoc.edu/es/masters-posgrados-especializaciones/informatica-multimedia-telecomunicacion/Posgrado de Desarrollo de aplicaciones móviles Universitat Oberta de Catalunya \(UOC\).htm](http://estudios.uoc.edu/es/masters-posgrados-especializaciones/informatica-multimedia-telecomunicacion/Posgrado_de_Desarrollo_de_aplicaciones_móviles_Universitat_Oberta_de_Catalunya_(UOC).htm).
6. Systems, G.B. *Aplicaciones para Dispositivos Móviles*. 2015; Available from: [http://www.gbts.com.mx/servicios/Aplicaciones\\_para\\_Dispositivos\\_Móviles\\_GBS\\_Global\\_BestTech\\_Systems.htm](http://www.gbts.com.mx/servicios/Aplicaciones_para_Dispositivos_Móviles_GBS_Global_BestTech_Systems.htm).
7. Balaguera, Y.D.A., *Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Estado actual*. 2013: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, sede Tunja. p. 111-124.
8. Blanco, P.B., Julio Camarero, Antonio Fumero, Adam Warterski, Pedro Rodríguez *Metodología de desarrollo Ágil para sistemas móviles. Introducción al desarrollo con Android y el iPhone*. Universidad Politécnica de Madrid. Documento recuperado de [http://www.adamwesterski.com/wp-content/files/docsCursos/Agile\\_doc\\_TemasAnv.pdf](http://www.adamwesterski.com/wp-content/files/docsCursos/Agile_doc_TemasAnv.pdf), 2009.
9. Fowler, M. and J. Highsmith, *The agile manifesto*. *Software Development*, 2001. 9(8): p. 28-35.
10. Mantilla, M.C.G., L.L.C. Ariza, and B.M. Delgado, *Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles*. *Tecnura*, 2014. 18(40): p. 20-35.
11. Hugo Andrés Ana, I.N.G., Federico Cajal, *Desarrollo de Aplicaciones para dispositivos Móviles sobre la plataforma Android de Google*. 2011.
12. Google. Available from: <http://googleblog.blogspot.com/2007/11/wheres-my-gphone.html>
13. Aranaz Tudela, J., *Desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles sobre la plataforma android de google*. 2009.
14. Anónimo. *Entornos de desarrollo integrado*. 2009; Available from: <http://es.slideshare.net/GhaBiithahh/entornos-de-desarrollo-integrados>.

15. *Android Studio v1.0: características y comparativa con Eclipse*. 2014; Available from: <file:///C:/Users/jandy/Desktop/Android%20Studio%20v1.0%20%20caracter%C3%ADsticas%20y%20comparativa%20con%20Eclipse%20%E2%80%93%20Academia%20Android.htm>.
16. Otero, A., *Java Básico*. 2003.
17. Álvarez, M.Á. *Desarrollo Web*. 2001; Available from: <http://www.desarrolloweb.com/articulos/497.php>.
18. Otero, A.J.B. *Características del lenguaje Java*. 2004; Available from: <http://www.iec.csic.es/cryptonicon/java/quesjava.html>.
19. Wikipedia. *Java (lenguaje de programación)*. Available from: [https://es.wikipedia.org/wiki/Java\\_%28lenguaje\\_de\\_programaci%C3%B3n%29](https://es.wikipedia.org/wiki/Java_%28lenguaje_de_programaci%C3%B3n%29).
20. *Requerimientos del Software*. Available from: <http://requerimientos.galeon.com/>.
21. Ivar Jacobson, P.J., M. Christerson and G. Overgaard, *Ingeniería de Software Orientada a Objetos - Un acercamiento a través de los casos de uso*. 1992.
22. Morris, P.W.G., *The Management of Projects*. 1994.
23. Anónimo. *Estudio de Factibilidad*. Available from: <http://proyectos.aragua.gob.ve/descargas/ESTUDIOFACTIBILIDADECON%C3%93MICA.pdf>.
24. García, D.A.M., *Metodología Costo Efectividad Beneficios*.

## Anexo 1. Descripción de los casos de uso:

Tabla 5. Descripción del caso de uso: Ver reportes

Caso de uso:	Ver reportes
<b>Actor:</b>	Especialista(Inicia)
<b>Resumen:</b>	El caso de uso inicia cuando el usuario escoge la opción “Ver reportes” y el sistema permite cargar los reportes existentes que fueron creados en proyectos anteriores y que están guardados en algún directorio específico dando la posibilidad de consultar el reporte seleccionado.
<b>Pre-condiciones:</b>	-
<b>Pos-condiciones:</b>	El sistema abre el reporte escogido por el usuario.
<b>Requisitos especiales:</b>	-

Tabla 6. Descripción del caso de uso: Crear proyecto

Caso de uso:	Crear proyecto
<b>Actor:</b>	Especialista (Inicia)
<b>Resumen:</b>	El caso de uso inicia cuando el usuario escoge la opción “Nuevo proyecto”, el sistema muestra un formulario que permite insertar datos generales como Título del proyecto, Nombre del túnel, Tramo y Tipo de Roca y luego el usuario debe seleccionar la metodología que va a aplicar señalando alguno de los botones que aparece en la parte de abajo del formulario.

**Pre-condiciones:** No pueden quedar campos vacíos.

**Pos-condiciones:** El sistema abre el formulario correspondiente a la metodología seleccionada.

**Requisitos especiales:** -

**Tabla 7. Descripción del caso de uso: Calcular metodología de Barton.**

<b>Caso de uso:</b>	<b>Calcular metodología de Barton.</b>
<b>Actor:</b>	Especialista (Inicia)
<b>Resumen:</b>	Permite que el usuario calcule la calidad del macizo rocoso mediante la metodología de Barton. El caso de uso inicia cuando el usuario escoge la metodología Barton haciendo clic en el botón “Barton” del formulario correspondiente al CU: Crear Proyecto, el sistema muestra un formulario en el que el usuario introduce y selecciona los datos para el cálculo y luego presiona el botón que aparece al final, mostrando el resultado la opción de ver el reporte generado.
<b>Pre-condiciones:</b>	El usuario debe haber entrado todos los valores y no dejar campos vacíos
<b>Pos-condiciones:</b>	El sistema muestra el resultado calculado y la opción de ver el reporte generado con otros datos.
<b>Requisitos</b>	-

**especiales:**

**Tabla 8. Descripción del caso de uso: Calcular metodología de Bieniawski.**

<b>Caso de uso:</b>	<b>Calcular metodología de Bieniawski.</b>
<b>Actor:</b>	Especialista (Inicia)
<b>Resumen:</b>	Permite que el usuario calcule la calidad del macizo rocoso mediante la metodología de Bieniawski. El caso de uso inicia cuando el usuario escoge la metodología Bieniawski haciendo clic en el botón “Bieniawski” del formulario correspondiente al CU: Crear Proyecto, el sistema muestra un formulario en el que el usuario introduce y selecciona los datos para el cálculo y luego presiona el botón que aparece al final, mostrando el resultado y la opción de ver el reporte generado.
<b>Pre-condiciones:</b>	El usuario debe haber entrado todos los valores y no dejar campos vacíos
<b>Pos-condiciones:</b>	El sistema muestra el resultado calculado y la opción de ver el reporte generado con otros datos.
<b>Requisitos especiales:</b>	-

**Tabla 9. Descripción del caso de uso: Calcular metodología de Cuesta.**

<b>Caso de uso:</b>	<b>Calcular metodología de Cuesta.</b>
<b>Actor:</b>	Especialista (Inicia)
<b>Resumen:</b>	Permite que el usuario calcule la calidad del macizo

rocoso mediante la metodología de Cuesta. El caso de uso inicia cuando el usuario escoge la metodología Cuesta haciendo clic en el botón “Cuesta” del formulario correspondiente al CU: Crear Proyecto, el sistema muestra un formulario en el que el usuario introduce y selecciona los datos para el cálculo y luego presiona el botón que aparece al final, mostrando el resultado y la opción de ver el reporte generado.

**Pre-condiciones:** El usuario debe haber entrado todos los valores y no dejar campos vacíos

**Pos-condiciones:** El sistema muestra el reporte generado con los resultados arrojados.

**Requisitos especiales:** -

**Tabla 10. Descripción del caso de uso: Mostrar reporte Barton.**

<b>Caso de uso:</b>	<b>Mostrar reporte Barton.</b>
<b>Actor:</b>	Especialista (Inicia)
<b>Resumen:</b>	El caso de uso inicia cuando el usuario calcula la metodología de Barton dando la posibilidad de consultar el reporte generado a través de la opción “Mostrar reporte”, el sistema visualiza el reporte con los datos calculados.
<b>Pre-condiciones:</b>	El usuario debe haber calculado la metodología de Barton.
<b>Pos-condiciones:</b>	-
<b>Requisitos</b>	-

**especiales:**

**Tabla 11. Descripción del caso de uso: Mostrar reporte Bieniawski.**

<b>Caso de uso:</b>	<b>Mostrar reporte Bieniawski.</b>
<b>Actor:</b>	Usuario(Inicia)
<b>Resumen:</b>	El caso de uso inicia cuando el usuario calcula la metodología de Bieniawski dando la posibilidad de consultar el reporte generado a través de la opción “Mostrar reporte”, el sistema visualiza el reporte con los datos calculados.
<b>Pre-condiciones:</b>	El usuario debe haber calculado la metodología de Bieniawski.
<b>Pos-condiciones:</b>	-
<b>Requisitos especiales:</b>	-

**Tabla 12. Descripción del caso de uso: Mostrar reporte Cuesta.**

<b>Caso de uso:</b>	<b>Mostrar reporte Cuesta.</b>
<b>Actor:</b>	Especialista (Inicia)
<b>Resumen:</b>	El caso de uso inicia cuando el usuario calcula la metodología de Cuesta, dando la posibilidad de consultar el reporte generado a través de la opción “Mostrar reporte”, el sistema visualiza el reporte con los datos calculados.

**Pre-condiciones:** El usuario debe haber calculado la metodología de Cuesta

**Pos-condiciones:** -

**Requisitos especiales:** -

**Tabla 13. Descripción del caso de uso: Guardar reporte Barton.**

<b>Caso de uso:</b>	<b>Guardar reporte Cuesta.</b>
<b>Actor:</b>	Especialista (Inicia)
<b>Resumen:</b>	El caso de uso inicia cuando una vez aplicada la metodología el sistema muestra el reporte generado y brinda la opción de guardarlo haciendo clic sobre el botón “Guardar”.
<b>Pre-condiciones:</b>	-
<b>Pos-condiciones:</b>	El archivo será guardado con el nombre y en el directorio que especifique el usuario.
<b>Requisitos especiales:</b>	-

**Tabla 14. Descripción del caso de uso: Guardar reporte Bieniawski.**

<b>Caso de uso:</b>	<b>Guardar reporte Bieniawski.</b>
<b>Actor:</b>	Especialista (Inicia)
<b>Resumen:</b>	El caso de uso inicia cuando una vez aplicada la metodología el sistema muestra el reporte generado y brinda la opción de guardarlo haciendo clic sobre el botón

“Guardar”.

**Pre-condiciones:** -

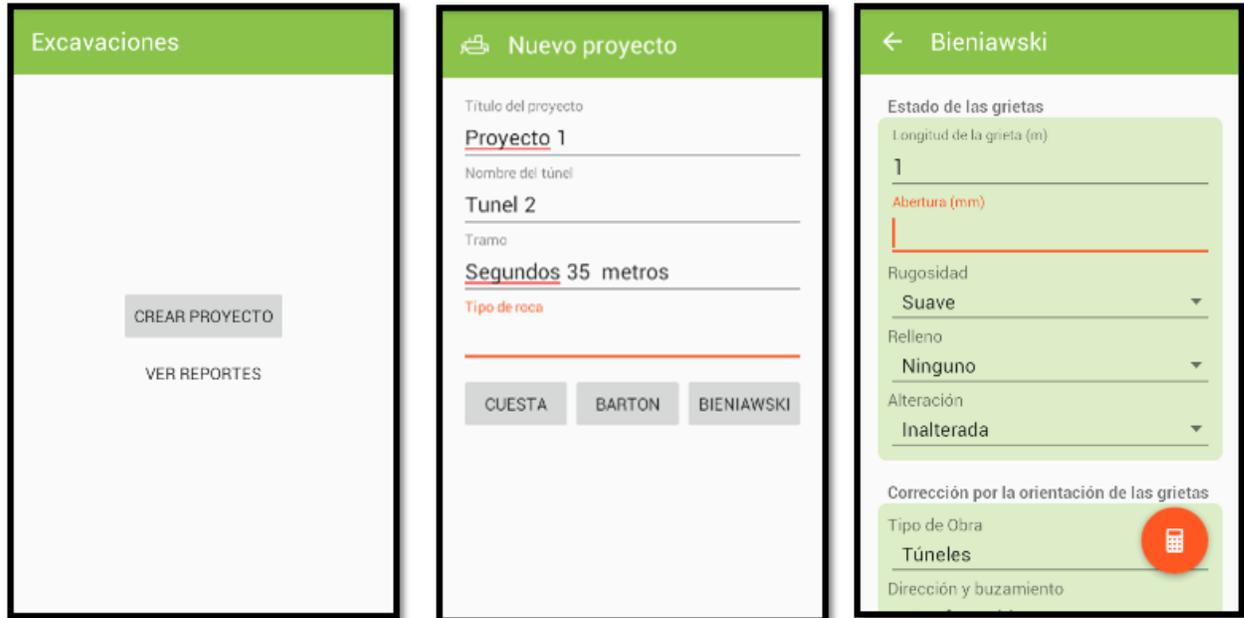
**Pos-condiciones:** El archivo será guardado con el nombre y en el directorio que especifique el usuario.

**Requisitos especiales:** -

**Tabla 15. Descripción del caso de uso Guarda reporte Cuesta.**

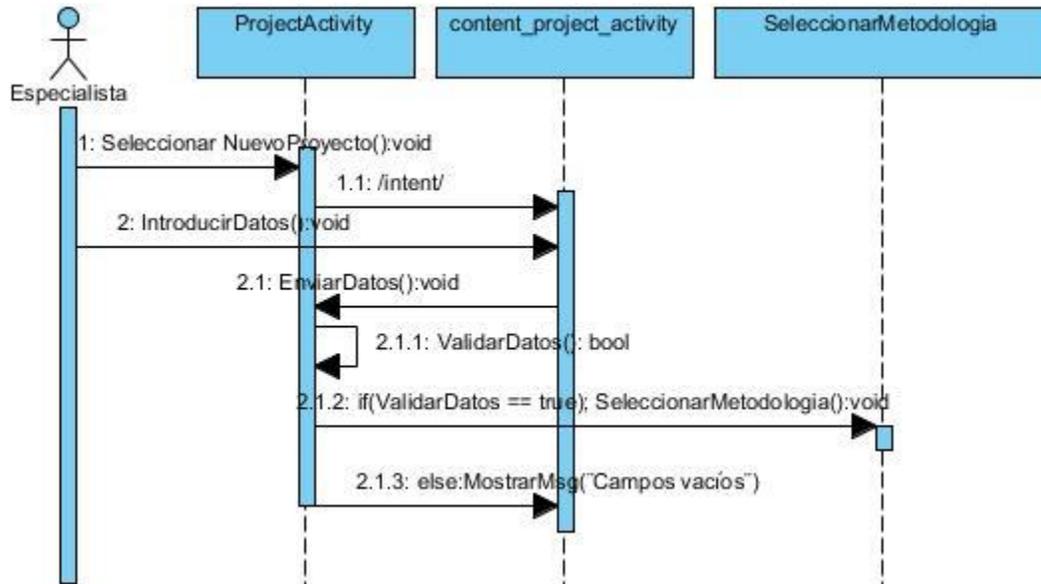
<b>Caso de uso:</b>	<b>Guardar reporte Cuesta.</b>
<b>Actor:</b>	Especialista (Inicia)
<b>Resumen:</b>	El caso de uso inicia cuando una vez aplicada la metodología el sistema muestra el reporte generado y brinda la opción de guardarlo haciendo clic sobre el botón “Guardar”.
<b>Pre-condiciones:</b>	-
<b>Pos-condiciones:</b>	El archivo será guardado con el nombre y en el directorio que especifique el usuario.
<b>Requisitos especiales:</b>	-

## Anexo 2. Imágenes de la aplicación:

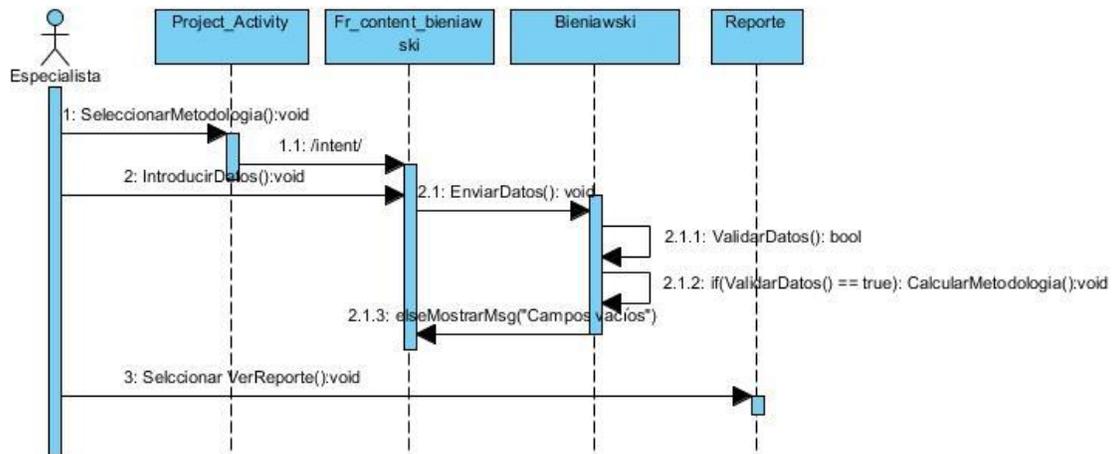


## Anexo 3. Diagramas de secuencia:

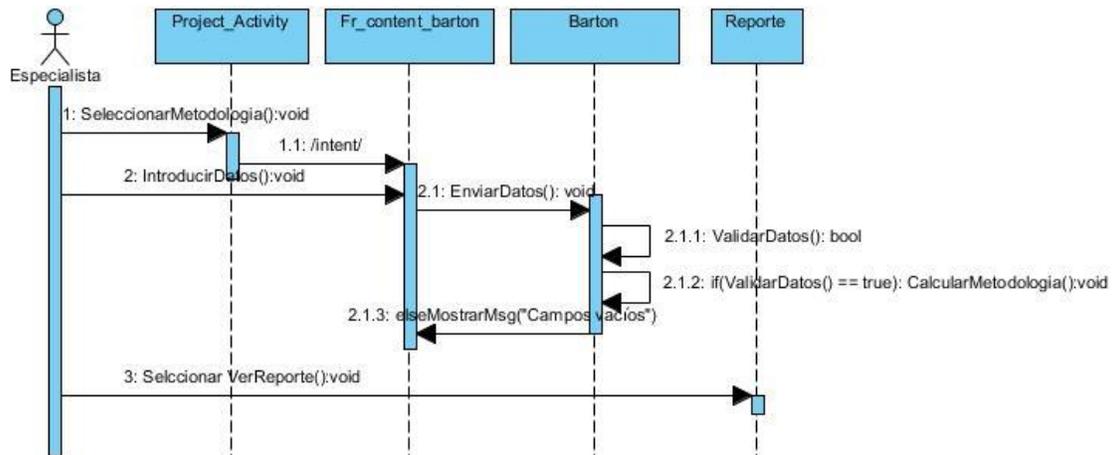
### Diagrama de secuencia del CU: Crear Proyecto



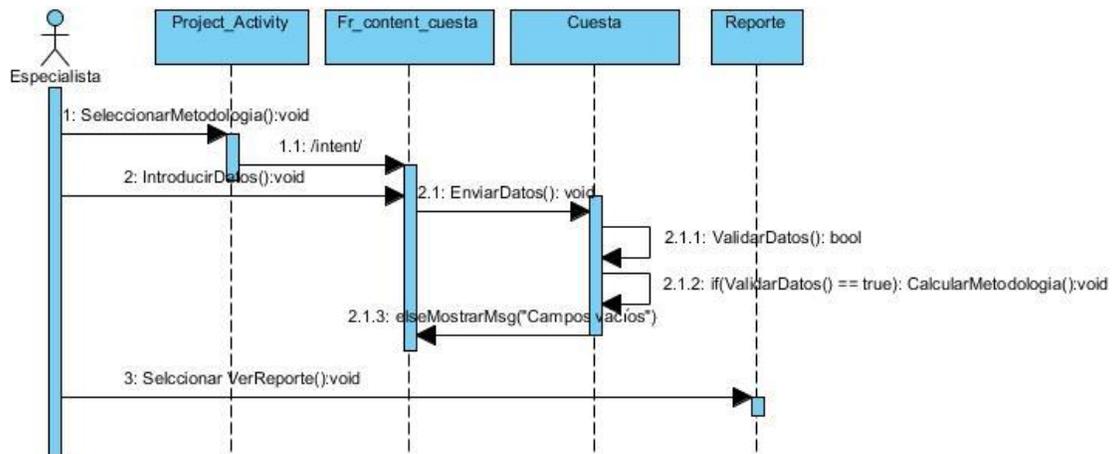
### Diagrama de secuencia del CU: Calcular Metodología Bieniawski



## Diagrama de secuencia del CU: Calcular Metodología Barton



## Diagrama de secuencia del CU: Calcular Metodología Cuesta



## **Anexo 4. Entrevista Realizada:**

### **Preguntas:**

1. ¿Cuáles son las metodologías que más utilizan?
2. ¿Cómo es la recopilación de los datos y en que se apoyan para hacerlo?
3. ¿Con que frecuencia realizan la recopilación de los datos?
4. ¿Es necesario tener los datos guardados?
5. ¿Cuánto tiempo promedio utiliza en la recopilación de los datos y el cálculo de las metodologías?
6. ¿Cree que se podría mejorar con una aplicación móvil?