

**Diseño y desarrollo de un aplicativo móvil para la selección de equipos de perforación
aplicado a campos onshore en Colombia.**

Carlos Fernando García Sanabria, Nicolás Pardo Durán

Proyecto de grado para optar al título de Ingenieros de Petróleos

Director

Wilson Raúl Carreño Velasco

Master en diseño, gestión y dirección de proyectos

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Químicas

Escuela de Ingeniería de Petróleos

Bucaramanga

2020

Dedicatoria

A mis padres, Mónica y Carlos, porque todo es por y para ellos, por ser quienes creyeron en mí antes de que yo lo hiciera y darme su amor incondicional.

A mi familia, por estar para mí, en especial a mi tía Janeth, que siempre está presente en mis triunfos, aunque ya no esté con nosotros.

A AIESEC, la organización que hizo que mi vida tomara otro sentido, en especial a la Wicked Family, por siempre sacarme una sonrisa cuando más lo necesitaba.

A Nicolás Pardo, por acompañarme desde el inicio de mi carrera y por enseñarme que un mejor amigo, un hermano, un compañero de rumba, un compañero de viajes, un compañero de vida puede ser el mejor compañero de tesis que se puede tener.

A mis amigos de intercambio Carlos, Laura y Sebastián, por compartir conmigo mil y una aventuras en México.

A cada una de los amigos y compañeros que hicieron de mi vida universitaria algo mas llevadero, en especial a Daniela, Kta, Sergio, Paula y Julián.

A mis amigos, Sara, Mariana, Sebastián y Alejandra, el caperío, por ser un gran soporte en todos los sentidos mientras escribía este libro.

A Danna, Carolina y Sergio P, por ser esos amigos incondicionales de toda la vida.

A Stefanie Joanne, a Marina Lambrini y a Britney Jean, por acompañarme en las buenas y en las no tan buenas, por llenarme de energía y estar presente cuando más las necesitaba.

Carlos Fernando.

Dedicatoria

Primero que todo a Dios por ser el guía y brindarme sabiduría durante toda mi vida y cada una de las cosas que me propongo

A mis padres Elizabeth Duran y German Pardo, por darme todo su amor y apoyo y creer en cada una de las cosas que hago y también a toda mi familia que siempre ven lo mejor de mí y creen en lo que puedo llegar a lograr.

A mi amigo, compañero de tesis y de viajes Carlos Garcia, porque desde primer semestre nos hemos apoyado y aprendido a ser mejores personas y profesionales.

A mis amigos y compañeros de carrera Catalina, Carolina, Carlos A, Laura O, Sebastián S, Sergio y Ricardo.

A todas las personas que me acompañaron durante este proceso, en especial Sebastián Pino, Sara Suarez, Mariana A, Diana S, Jota y Alejandra.

Y en general, a las personas que me aportaron de una u otra manera en mi vida y me ayudaron a culminar esta etapa.

Nicolás.

Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander, por ser nuestra casa de estudios y por darnos la oportunidad de crecer como individuos y como profesionales.

A nuestras familias por ser el apoyo indispensable desde el inicio de nuestra carrera y contribuir para permitirnos llegar a donde estamos.

A nuestro director de tesis, Wilson Raúl Carreño Velasco, por su conocimiento, orientación y por brindarnos una atención siempre oportuna durante este trabajo.

Al ingeniero Miguel Casallas, por guiarnos con su conocimiento, brindarnos su apoyo y dedicarnos tiempo para la culminación de este trabajo.

A Danna Torres, por sus valiosas contribuciones que nos ayudaron a la realización de este proyecto.

A los profesores y empleados de la Escuela de Ingeniería de Petróleos y de la Universidad Industrial de Santander que nos permitieron crecer como estudiantes y como personas.

Tabla de Contenidos

Introducción	14
Marco de antecedentes.....	16
1. Perforación de pozos.....	18
1.1 Tipos de Perforación.....	18
1.1.1 Percusión.....	18
1.1.2 Perforación Rotatoria.....	19
1.2 Personal involucrado en la perforación de pozos	21
1.3 Tipos de torres de perforación	23
1.3.1 Plataformas de perforación <i>onshore</i>	24
1.4 Plan de perforación	25
1.5 Equipos de perforación onshore	27
1.5.1 Sistema de Elevación.	27
1.5.1.1 Torre.....	28
1.5.1.2 Subestructura.	28
1.5.1.3 Encuelladero.	29
1.5.1.4 Malacate.....	29
1.5.1.5 Cable de perforación.	29
1.5.1.6 Bloque Corona.	31
1.5.1.7 Bloque viajero.....	31
1.5.1.8 Gancho.	32
1.5.1.9 Elevadores.....	32
1.5.2 Sistema de circulación.	32
1.5.2.1 Bombas de lodo.	33
1.5.2.2 Tanques de lodo.....	35
1.5.2.3 Tubería parada.	35
1.5.2.4 Cuello de ganso.....	35
1.5.2.5 Unión girtoria (swivel).....	36
1.5.2.6 Equipo de control de sólidos.....	36
1.5.2.7 Poor Boy.	38
1.5.3 Sistema de rotación.....	38
1.5.3.1 Barra de transmisión rotaria Kelly.....	38

1.5.3.2 Top Drive.....	39
1.5.3.3 Brocas.	40
1.5.3.4 Pinzas (Tongs)	40
1.5.3.5 Sarta de perforación.....	40
1.5.3.6 Tubería de perforación (Drill Pipe)	40
1.5.3.7 Heavy Weight Drill Pipe.....	41
1.5.3.8 Drill Collars	41
1.5.3.9 Subs.....	41
1.5.3.10 Cross-over.....	41
1.5.4 Sistema de potencia.	41
1.5.4.1 Sistema de Transmisión mecánica.....	42
1.5.4.2 Sistema de transmisión eléctrica.....	42
1.5.5 Sistema de control de pozo	42
1.5.5.1 BOP [Blow Out Preventer].....	43
1.5.5.2 Unidad Acumuladora de presión.	45
1.5.5.3 Carrete de perforación	46
1.5.5.4 Múltiple de estrangulación.....	46
1.5.5.5 Línea de Venteo	47
2. Factores que influyen en la selección de un equipo de perforación	47
2.1 Factores técnicos.....	49
2.2 Factores Ambientales.....	50
2.3 Factor Económico	52
2.4 Factor Logístico	55
3. Metodología para el Desarrollo de la aplicación móvil.....	57
3.1 Análisis de requerimientos.....	58
3.2 Diseño de la aplicación móvil.....	59
3.2.1 Creación del proyecto	60
3.2.2 Requerimientos del Proyecto	61
3.2.2.1 Técnicos	62
3.2.2.2 Ambiental.....	70
3.2.2.3 Económico	71
3.2.2.4 Logísticos.....	71
3.2.3 Equipos adicionales en el aplicativo	73
3.2.4 Ofertas.....	73

3.2.5 Selección	76
3.2.6 Cambio de contraseña	77
3.3 Selección del lenguaje de programación.	78
3.3.1 Arquitectura de la aplicación	78
3.3.1.1 Frontend	79
3.3.1.2 Backend	79
3.3.2 Construcción de la aplicación	82
3.4 Pruebas de la aplicación móvil	88
3.5 Producto final.....	89
4. Ejemplo de aplicación.....	90
4.1 Registro y Log in	91
4.2 Creación del proyecto y datos del pozo	92
4.3 Requerimientos	94
4.4 Ajuste de importancia para cada factor.....	97
4.5 Ofertas.....	100
4.6 Validación.....	103
4.7 Resultados.....	103
5. Conclusiones	107
6. Recomendaciones	109
Referencias bibliográficas.....	111
<i>Apéndice A</i>	117

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Sistema de Perforación por percusión	19
Figura 2. Historia de la perforación rotaria.....	20
Figura 3. Perforación de un pozo.....	21
Figura 4. Personal involucrado en la perforación de pozos.....	23
Figura 5. Clasificación de las torres de perforación.	25
Figura 6. Diseño de un pozo	27
Figura 7. Torre de Perforación.....	28
Figura 8. Malacate	29
Figura 9. Anatomía del cable de perforación.....	30
Figura 10. Bloque Corona.....	31
Figura 11. Bloque Viajero.....	32
Figura 12. Sistema de Circulación	33
Figura 13. Bomba de lodo.....	34
Figura 14. Tanque de Lodo.....	35
Figura 15. Swivel	36
Figura 16. Equipo de control de Sólidos.....	37
Figura 17. Mesa Rotaria.....	38
Figura 18. Top Drive.....	39
Figura 19. Equipo de control de pozos	43
Figura 20. Preventor Anular	44
Figura 21. Válvulas Tipo RAM	44

Figura 22. Unidad Acumuladora de Presión.....	45
Figura 23. Carrete de Perforación.....	46
Figura 24. Metodología empleada para el desarrollo del aplicativo móvil.....	58
Figura 25. Diferencias para la creación de APP entre una estructura tradicional y una BAAS... .	80
Figura 26. Estructura de la Aplicación móvil D.R.S.	81
Figura 27. Interfaz de creación de proyecto en Android Studio.	82
Figura 28. Activación de las dependencias en Android Studio.	84
Figura 29. Estructura de directorios del aplicativo en Android studio	85
Figura 30. Librería de lib.	86
Figura 31. Código para la creación del aspecto visual del módulo proyectos.....	87
Figura 32. Comparación entre lo que Android studio muestra para la creación de la interfaz proyecto y lo que aparece en el dispositivo móvil.....	88
Figura 33. Inicio de sesión del usuario.	92
Figura 34.Creación de un proyecto.....	93
Figura 35. Interfaz Información del pozo	94
Figura 36. Requerimientos del proyecto.....	95
Figura 37. Información requerida por la compañía operadora para el malacate.	96
Figura 38. Selección de requerimientos para cada factor	97
Figura 39. Porcentaje de importancia de los factores presentes en el proyecto ejemplo.....	98
Figura 40. Mensaje de alerta que indica que hay un error en el porcentaje dado a los factores.	100
Figura 41. Información de la oferta 1.	102
Figura 42. Información de la oferta 2.	102
Figura 43. Validación de las ofertas.	103

Figura 44. Resultados Oferta 1 104

Figura 45. Resultados del caso Ejemplo 105

Figura 46. Resultados tarifa económica..... 106

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Características de las bombas	34
Tabla 2. Actividades relacionadas a la perforación de pozos y su impacto asociado al medio ambiente	51
Tabla 3. Requerimiento para la identificación del proyecto	60
Tabla 4. Requerimientos técnicos de la aplicación D.R.S	62
Tabla 5. Requerimientos ambientales de la aplicación D.R.S	70
Tabla 6. Requerimientos económicos de la aplicación D.R.S	71
Tabla 7. Requerimientos logísticos de la aplicación D.R.S	72
Tabla 8. Información suministrada por cada una de las ofertas.....	74
Tabla 9. Ejemplo sistema de calificación del factor técnico de la aplicación D.R.S	74
Tabla 10. Resultados obtenidos por la aplicación D.R.S	76
Tabla 11. Resultado del factor económico.....	77
Tabla 12. Información requerida del pozo para el ejemplo	93
Tabla 13. Porcentaje de importancia de los diferentes factores usados en el ejemplo	98
Tabla 14. Porcentaje de importancia de los sistemas para el ejemplo	98
Tabla 15. Información suministrada por las ofertas para el ejemplo	101

Resumen

Título: Diseño y desarrollo de un aplicativo móvil para la selección de equipos de perforación aplicado a campos onshore en Colombia*

Autores: Carlos Fernando García Sanabria, Nicolás Pardo Durán**

Palabras clave: Aplicativo móvil, selección, taladro, perforación, requerimientos, ofertas, factores.

Descripción: La selección de equipos de perforación es uno de los procesos más importantes que conforman la perforación de un pozo petrolero, por lo tanto, para poder realizar una adecuada selección del taladro de perforación se debe tener claro los factores necesarios para el éxito de un pozo, conformados por un completo y bien estructurado plan de perforación y una competente supervisión mientras se está perforando. Así mismo el proceso de selección debe identificar el conjunto de equipos que puedan satisfacer las capacidades y cargas establecidas en el plan de perforación, cumpla con los requisitos establecidos por el operador y HSE y finalmente pueda operar de la manera más segura, eficiente, rentable y efectiva posible.

Con el propósito de condensar toda la información y contribuir a mejorar los procesos de selección de taladros se hace el diseño y desarrollo de un aplicativo móvil que ayude a la toma de decisiones durante este proceso. La base del aplicativo está fundamentada en un sistema de cumplimiento de requerimientos establecidos por la empresa operadora y las diferentes ofertas de compañías contratistas, donde se obtiene como resultado el conjunto de equipos de perforación más adecuado y que se ajusta de una mejor manera al plan de perforación planteado por la compañía operadora.

*Trabajo de Grado

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: M.SC. Wilson Carreño

Abstract

Title: Design and development of a mobile application to select drilling rigs applied to onshore fields in Colombia *

Authors: Carlos Fernando García Sanabria, Nicolás Pardo Durán**

Key words: Mobile application, selection, drilling rig, drilling, request, offer, factor.

Description: Drilling rig selection is one of the most important procedures involved in the drilling of an oil and gas well; therefore, in order to make an adequate selection of the drilling rig, the factors that are necessary to determine the success of a well must be clear, including a complete and well-structured drilling plan and competent supervision while drilling. Likewise, the selection process must identify an equipment set that is able to meet the capacity and loads established in the drilling plan as well as requirements established by the operator and HSE so that it can finally operate in the safest, most efficient, profitable and effective way possible.

With the purpose of condensing all the information and contributing to improving the rig selection processes, hence, a mobile application was designed and developed to help making decisions during such process. The basis of the application consists of a system complying to the requirements established by the operating company as well as the different offers provided by contracting companies for which the most suitable drilling rig set that fits in the best way to the drilling plan proposed by the operating company is obtained as a result.

*Degree Project

**Faculty of Physico-Chemical Engineering. School of Petroleum Engineering. Project manager: M.SC. Wilson Carreño

Introducción

El proceso de perforación está conformado por diferentes fases, cada una de ellas es importante y juega un rol determinante en la toma de decisiones para la compañía que desea perforar un pozo. Dichas fases van desde la zona donde se desea perforar hasta los equipos que se deben implementar para llevar a cabo el proyecto. Toda esta información se encuentra concentrada en el plan de perforación o programa conceptual de perforación, el cual es la base fundamental para poder seleccionar el conjunto de equipos más adecuado para el pozo. Este proceso no abarca solo el análisis de factores técnicos, sino un conjunto de factores que también influyen en la perforación, como son los factores económicos, logísticos e incluso ambientales, transformándolo en un proceso un poco extenso y con gran información por interpretar. Por lo tanto, se plantea la idea de crear un sistema que reúna toda la información relacionada y que permita un mejor análisis y facilite la toma de decisiones.

En el presente proyecto se abarcan temas relacionados a la perforación de pozos petroleros tales como los sistemas que integran un taladro de perforación, equipos y elementos que los conforman, las entidades y compañías que hacen parte de este proceso y los factores que intervienen en su selección. Con base en lo anterior y debido al crecimiento que ha tenido el desarrollo tecnológico y el uso de dispositivos electrónicos en la cotidianidad, se realiza el diseño y desarrollo de un aplicativo móvil que sirva de ayuda y de guía durante el proceso de selección de taladros. El diseño está basado en una metodología tipo cascada que ayuda a la comprensión de cada una de las fases del desarrollo del proyecto, realizando una validación del sistema con el fin de determinar la funcionalidad y practicidad del aplicativo.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar y desarrollar un aplicativo móvil para la selección de equipos de perforación aplicado a campos Onshore en Colombia

Objetivos específicos

- Identificar los equipos que hacen parte de un taladro de perforación y las variables que intervienen en su selección.
- Establecer una metodología que permita seleccionar los equipos y/o elementos más adecuados teniendo en cuenta unos requerimientos específicos.
- Implementar un lenguaje de programación basado en la metodología establecida para el diseño de la aplicación.
- Evaluar la herramienta digital con valores usados en la industria para verificar su funcionalidad.
- Desarrollar un manual de usuario del aplicativo con el fin de dar asistencia a las personas que vayan a utilizarla.

Marco de antecedentes

El impacto del desarrollo tecnológico es cada vez es más notorio en la actualidad y en cada una de las actividades que realizamos en nuestro día a día, permitiendo a cualquier compañía o profesional independiente llegar a clientes potenciales y fortalecer el contacto y nivel de servicio con clientes actuales. Es por eso que el desarrollo de aplicaciones móviles cada vez se hace más importante, dichas aplicaciones se han posicionado como unas de las herramientas más eficaces para las empresas, ya que permiten ahorrar tiempo para llevar a cabo ciertos procesos.

Actualmente se encuentran disponibles diferentes aplicaciones móviles que responden a las necesidades de la industria de los hidrocarburos con el fin de facilitar algunos procesos que permitan desarrollar las actividades de la perforación de una manera óptima. A continuación, se muestran algunas de las aplicaciones enfocados en esta área:

- Smart Drilling APP: Simplifica el proceso de identificación y extracción de información geológica.
- DD Hydraulics: Esta Aplicación hace todos los cálculos pertinentes al programa de hidráulica.
- Oilfield assistant: Permite el cálculo de diferentes parámetros que intervienen en el proceso de perforación, desde diseño de programa de hidráulica, conversión de unidades, cálculo del comportamiento del fluido de perforación entre otro.
- Directional Survey Methods: Esta aplicación usa fórmulas para calcular parámetros de medición de profundidades a perforar cuando se manejan pozos direccionales.
- Dr. DE: ayuda a realizar variedad de cálculos que están incluidos en la ingeniería de perforación.

- Catálogos de Diferentes compañías: Muchas empresas prestadoras de servicios cuentan con aplicaciones en las cuales se pueden ver sus catálogos de equipos que disponen.

- TallyBook: simplifica la visualización y el análisis de datos de perforación.

Si bien es cierto que las aplicaciones anteriores no son todas las que se pueden encontrar en el mercado de los diferentes sistemas operativos, representan en gran medida, la temática abordada en el campo de la ingeniería de perforación; sin embargo no se evidencia una aplicación que se enfoque específicamente en brindar una guía para seleccionar un taladro y equipos de perforación, donde se puedan hacer comparaciones con los equipos ofertados por las compañías prestadoras de servicio y así poder elegir el equipo que mejor se adapte a las necesidades de la compañía operadora.

En la actualidad existen algunas compañías internacionales que ofrecen programas o encuestas que facilitan a las empresas operadoras seleccionar el equipo de perforación óptimo que permita desarrollar con éxito el programa de perforación propuesto evitando retrasos en los proyectos, tiempos no productivos y riesgo de fallas (por ende, aumento en costos), siendo ejemplo de estas la compañía Aberden drilling consultance, Athens group y Rig Survey International group.

La contratación de estos servicios implica un costo adicional para la compañía operadora, el cual se puede evitar desarrollando un sistema que reúna y analice los diferentes factores que interactúan en la selección de taladros de perforación que junto al conocimiento de profesionales de la industria de los hidrocarburos permita tomar las mejores decisiones para el beneficio del proyecto.

1. Perforación de pozos

El sector de hidrocarburos corresponde al conjunto de actividades económicas relacionadas con la exploración, producción, transporte, refinación o procesamiento y comercialización de los recursos naturales no renovables denominados hidrocarburos. También está conformado por la regulación y administración de estas actividades (ANH, 2008).

La Cadena de valor de los hidrocarburos consta de dos grandes áreas: *Upstream* y *Downstream*. La perforación pertenece al área de *Upstream* y es un proceso mediante el cual un sistema conformado por diferentes equipos (broca, sarta, torre etc) atraviesa las capas del subsuelo generando un canal o conducto con la superficie cuya finalidad es llegar hasta la capa de roca donde posiblemente se pudieron acumular los hidrocarburos (petróleo y gas).

Existen 3 procedimientos principales sobre como escoger el tipo de perforación adecuada:

1. Diseño de pozos para el mismo campo.
2. Cargas esperadas durante la perforación.
3. Comparar las cargas esperadas con los taladros existentes y seleccionar el más adecuado

con los componentes apropiados.

1.1 Tipos de Perforación

Existen dos métodos básicos para la perforación de un pozo. Estos son:

- Percusión
- Perforación rotaria

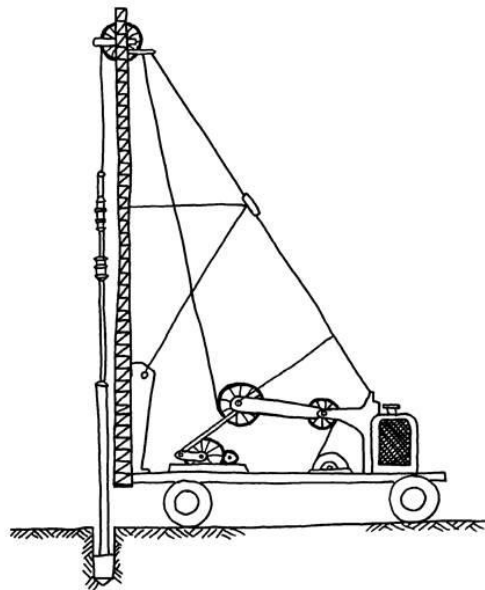
1.1.1 Percusión

La perforación por percusión se define como un procedimiento en el que una broca puntiaguda (junto a una sarta de perforación) conectada un cable se levanta y se deja caer repetidamente en el

pozo por efecto de caída libre. La roca va siendo perforada por la broca a medida que esta sube y baja, pulverizando finalmente los materiales del subsuelo; sin embargo, los principios básicos de perforación empleados en la percusión no han cambiado desde que se utilizó por primera vez. Hoy en día el método de percusión es una forma tradicional para perforar pozos de agua en diferentes lugares de la tierra. Si bien este método fue reemplazado por el método de perforación rotatoria, sigue siendo el más práctico para pozos de grandes diámetros y pozos rurales de suministro de agua (Lyons, 1996). En la Figura 1 se observa el esquema de como se ve este tipo de perforación.

Figura 1.

Sistema de Perforación por percusión.



Nota: Tomado de Pozos (2017). Hidrogeología y pozos: PERCUSION A CABLE, DESCRIPCION DEL SISTEMA.

<http://hidrogeologiaypozos.blogspot.com/2017/11/percusion-cable-descripcion-del-sistema.html>

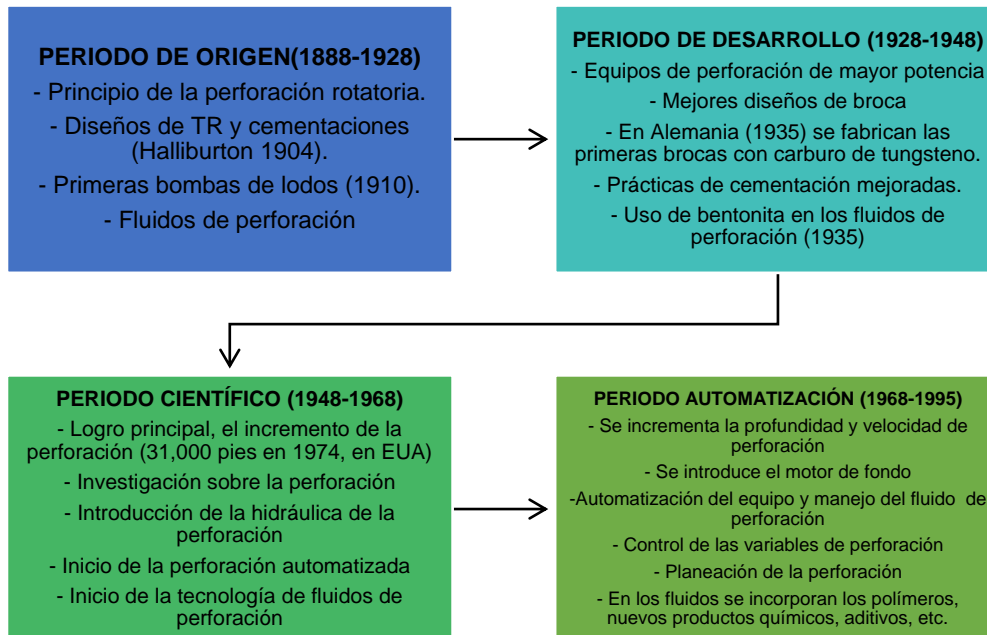
1.1.2 Perforación Rotatoria

La perforación por rotación es una técnica un poco más compleja comparada con la de percusión, en la cual se conecta, una broca a un arreglo o ensamble en fondo de pozo al cual se le

aplica rotación para poder cortar la roca del subsuelo (Pérez Ramírez, 2005). La figura 2 muestra la evolución de la perforación rotatoria a través de los años:

Figura 2.

Historia de la perforación rotaria.



Nota: Tomado de UNAM (2017).Curso de diseño de equipo de perforación

Existen 3 fundamentos importantes que permiten que la perforación por rotación sea realizada con éxito:

- **Fuerza que actúa sobre la broca:** para perforar a través de una formación se aplica una fuerza (peso sobre la broca) de cierta magnitud. La cantidad de fuerza varía, dependiendo de la dureza de la roca y el tipo de broca en uso, y es proporcionada por la sarta de perforación ubicada encima de la broca.

- **Rotación en la broca y sarta de perforación:** En la perforación rotatoria la broca debe rotarse a cierta velocidad para cortar y avanzar a través de la roca. La rotación de la broca es lograda desde superficie o desde fondo de pozo. En superficie es logrado por medio de la mesa

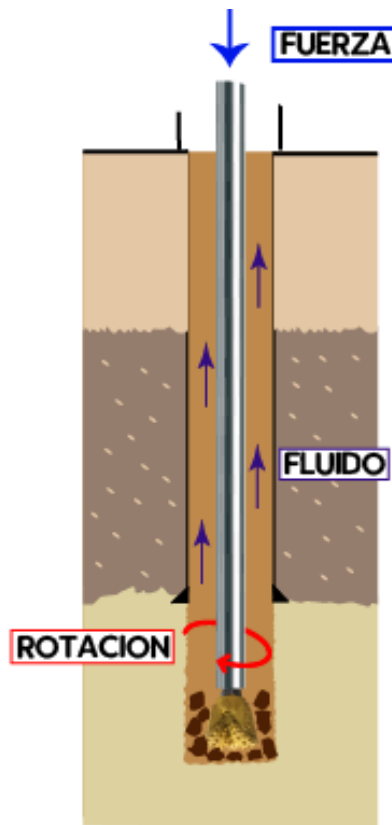
giratoria o *top drive*, y en fondo de pozo por medio de motores de fondo de pozo que hacen que la broca rote directamente sin que rote la sarta.

- **Fluido de circulación:** Si se quiere perforar un pozo con éxito, se debe circular fluido continuamente hacia fondo y de nuevo hacia superficie con el fin de disipar el calor y eliminar los recortes (Azar & Samuel, 2007).

En la figura 3 se observa los fundamentos que permiten la perforación.

Figura 3.

Perforación de un pozo.



1.2 Personal involucrado en la perforación de pozos

Según León Ariza (2016) "La única forma de encontrar los hidrocarburos es perforando. Por tal motivo, se requiere del esfuerzo en conjunto de varias empresas que cuentan con tecnología y

equipos especializados para desarrollar diferentes operaciones con el objeto de construir el conector entre el yacimiento y superficie”.

La experiencia y el número de personal (ingenieros y operadores) involucrados en la planificación y ejecución de una operación de perforación dependerá del tipo de pozo que se está perforando, su propósito, la ubicación del pozo, su profundidad y la complejidad de la operación.

Un pozo perforado con el propósito de descubrir un nuevo depósito de petróleo es llamado pozo exploratorio. Después de que un pozo haya demostrado potencial del yacimiento para ser productivo, se pueden perforar pozos de evaluación para obtener más información sobre el yacimiento y su extensión. Una vez un yacimiento recientemente descubierto se considera económicamente viable, se establece un plan de desarrollo y se perforan pozos de desarrollo para producir el petróleo y el gas presente en el yacimiento.

En cualquier situación el equipo de perforación será responsable de la planificación y ejecución de la operación, incluyendo su presupuesto y planes de contingencia. A su vez preparará el diseño detallado del pozo, el programa de perforación y los procedimientos operativos de acuerdo con los reglamentos locales y las políticas de seguridad y salud en el trabajo de la empresa (HSE), con el fin de realizar perforaciones de la manera más segura, limpia y económica.

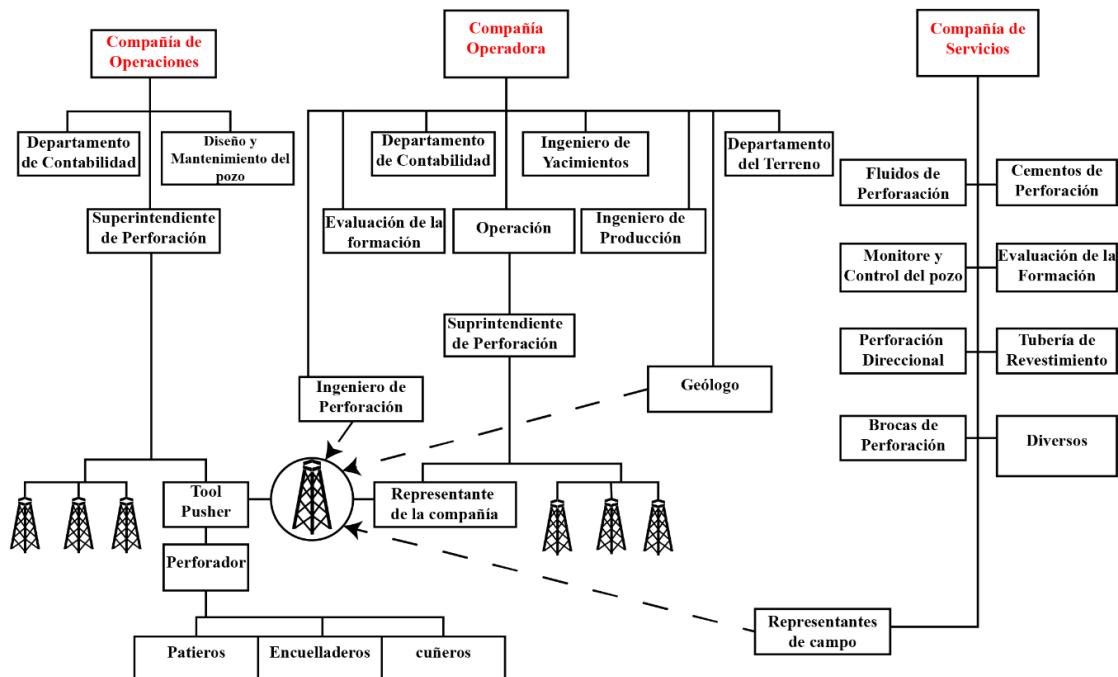
Antes del inicio de las operaciones de perforación, el sitio del pozo debe estar preparado para recibir la plataforma de perforación y todos los equipos relacionados. Para poder realizar una perforación exitosa es necesaria la participación de tres organizaciones importantes: La empresa de perforación, el operador de pozo y las compañías de servicios de perforación (Mitchell et al., 2011).

Durante el desarrollo del pozo ciertas actividades o equipos son necesarios. Estas actividades son realizadas por las compañías de servicio, las cuales son contratadas por el operador, y proveen

toda la logística y servicios en la plataforma. En la figura 4 se muestra un esquema donde se encuentra la participación del personal involucrado en una campaña de perforación.

Figura 4.

Personal involucrado en la perforación de pozos. Modificado (Mitchell et al., 2011)



Nota: Adaptado de Mitchell et al., (2011). Fundamentals of Drilling Engineering (R. F. Mitchell & S. Z. Miska (eds.); Vol. 12). Society of Petroleum Engineers.

1.3 Tipos de torres de perforación

Las torres de perforación se clasifican en *onshore* y *offshore*. Su principal diferencia se basa en que las plataformas *Offshore* comprenden toda actividad que ocurre más allá de las costas, en el lecho marino, mientras que las *onshore* se desarrollan en tierra firme. Sus principales características de diseño son movilidad, flexibilidad y máxima profundidad de operación. Los componentes son comunes en ambos tipos de plataformas, la única diferencia es el uso de una tubería de extensión (*drilling riser*) entre el piso de la plataforma y el fondo marino para el caso de los pozos *Offshore*.

El desarrollo de este proyecto se enfocará exclusivamente en la perforación terrestre *onshore*.

1.3.1 Plataformas de perforación onshore

Las plataformas terrestres modernas son unidades integradas y se montan sobre patines para que puedan transportarse de un sitio de perforación a otro. Una vez en el lugar, los diferentes componentes del equipo son ensamblados para perforar el pozo. La torre de perforación está diseñada de tal manera que se puede ensamblar y desarmar con facilidad. Su función es soportar las cargas suspendidas en el pozo y proveer espacio entre el área de trabajo del piso de la torre y el bloque corona, de modo que la longitud de la sarta de perforación pueda ser posicionada. En la figura 5 se puede observar los distintos tipos de torres de perforación (Azar & Samuel, 2007).

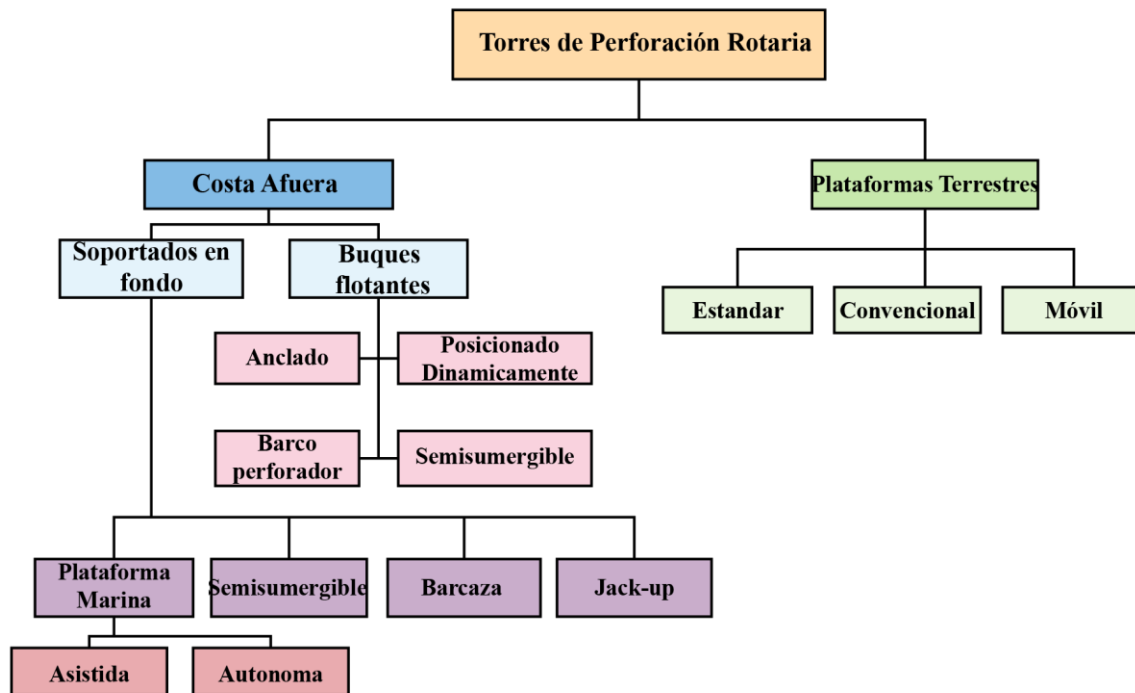
Las torres de perforación terrestres más comunes son:

- **Torres de perforación estándar:** es el tipo más antiguo de perforación rotatoria en la industria de perforación. La torre es construida antes de la perforación del pozo y generalmente se desarma antes de moverse a la siguiente locación.
- **Torre de perforación portátil:** se considera como una torre de perforación montada en un camión. En este caso el camión contiene la torre de perforación, el malacate y las bombas de lodos. Una ventaja de este tipo de torres de perforación es el rápido montaje y menores requerimientos para el alquiler de camiones. Estas torres son utilizadas en actividades de *workover*.
- **Torres de perforación convencionales:** se considera como una torre por componentes en donde los componentes claves son tan grandes que no pueden ser transportados en un solo camión. La torre de perforación convencional opera 24 horas del día y son las más grandes entre los tipos de torres existentes (Hossain & Al-Majed, 2015).

El instituto americano de petróleo proporciona documentos relacionados con estos tipos de torres, incluyendo especificaciones API 4E y 8A y estándar 4A y 4D.

Figura 5.

Clasificación de las torres de perforación.



Nota: Adaptado de Mitchell et al. (2011). Fundamentals of Drilling Engineering (R. F. Mitchell & S. Z. Miska (eds.); Vol. 12). Society of Petroleum Engineers.

1.4 Plan de perforación

El papel de la perforación, antes o durante el desarrollo del campo, abarca mucho tiempo, pues se deben hacer amplios estudios que faciliten realizar la mejor ingeniería para el desarrollo de la actividad.

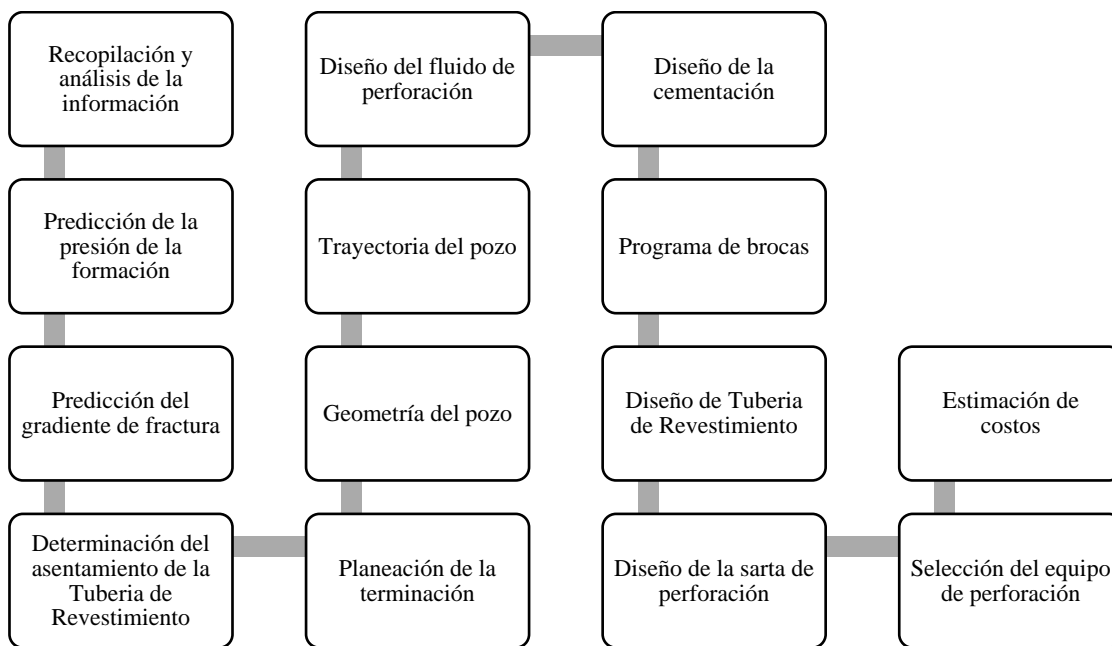
Existen algunos procedimientos que normalmente son seguidos por los operadores durante el desarrollo de la operación de un campo petrolero. Para entender el proceso de un pozo, Mitchell et al. (2011) mencionan los siguientes pasos en la perforación de un pozo de hidrocarburos:

1. Obtener información sísmica, de registros, de exploración e información adicional.
2. Obtener la concesión del terreno.

3. Calcular reservas o estimar a partir de los datos disponibles.
4. Si las estimaciones de reserva muestran viabilidad económica, proseguir con el proceso.
5. Obtener permisos de varias autoridades gubernamentales.
6. Preparar el programa de perforación y completamiento.
7. Solicitar ofertas del equipo de perforación necesario a las empresas, seleccionar el equipo óptimo basado en el programa de perforación.
8. Si es necesario, modificar el programa para adaptarlo al equipo del contratista seleccionado.
9. Acondicionar vías de transporte, ubicación, plataformas y otros equipos necesarios para acceder al sitio.
10. Reunir a todo el personal interesado para una reunión antes de empezar la perforación.
11. Modificar el programa si es necesario.
12. Perforar el pozo para la producción.

El éxito de un pozo está determinado, primero, por el esfuerzo dedicado a la creación del mejor plan posible del pozo y segundo, por la competente supervisión mientras se está perforando. La planeación de la perforación es el concepto de crear el diseño del pozo, el programa de operación y el programa de supervisión, previo al inicio de las actividades directas en la generación del pozo.

La figura 6 muestra de manera resumida los pasos a seguir para el desarrollo del programa conceptual de perforación.

Figura 6.*Diseño de un pozo.*

Nota: Adaptado de López (2015). *Principales componentes del equipo de perforación*. Universidad Nacional autónoma de México.

1.5 Equipos de perforación onshore

1.5.1 Sistema de Elevación

Este sistema suministra un medio por el cual se da el movimiento vertical para elevar y bajar tubería de perforación, tubería de revestimiento y otros equipos dentro o fuera del pozo. Las operaciones rutinarias realizadas con este sistema son: Realizar una conexión y hacer un viaje, esta última hace referencia al proceso de remover la sarta del pozo para cambiar un elemento del ensamblaje de fondo (*Bottom Hole Assembly*).

Las principales partes del sistema de elevación son:

1.5.1.1 Torre. La torre proporciona la altura vertical necesaria para que el sistema pueda levantar y bajar la tubería.

Mientras más alta es la torre, más larga es la sección de tubería que se puede manejar y, por lo tanto, más rápido se puede insertar o quitar una larga sarta de tubería, la figura 7 nos muestra un ejemplo. La torre puede manejar tuberías paradas (secciones de tubería compuesta por 3 juntas) ya que las torres más comunes tienen entre 26 a 33 pies de longitud.

Figura 7.

Torre de Perforación



Nota: Tomado de East (2018). Weatherford completes \$92.5mn sale of Saudi Arabia land drilling rigs - DRILLING & PRODUCTION, ADES International, Weatherford, Deal, Onshore Drilling, Land Drilling Rig - Oil & Gas Middle East.

1.5.1.2 Subestructura.

La subestructura es un marco de acero grande que es ensamblado directamente encima del pozo a perforar. La subestructura es capaz de soportar grandes cargas, incluyendo la torre de perforación, el equipo de levantamiento, la mesa rotaria, la sarta de perforación y el peso de la tubería de revestimiento. Su altura la determina el tipo de equipo de perforación y el arreglo de preventoras. (Schlumberger, 2004)

1.5.1.3 Encuelladero. El documento “Pega de tubería vertical” de la Escuela Politécnica Nacional (2019) define el encuelladero como la plataforma de trabajo del encuellador desde donde organiza la tubería de perforación, su altura depende del número de tubos conectados que se manejen en el taladro, por lo general tres (90 pies).

1.5.1.4 Malacate. El malacate es un conjunto de componentes que usa la energía del sistema de potencia para aplicar fuerza al cable de perforación, permitiendo enrollar y desenrollar el cable en el tambor como se muestra en la figura 8, y a su vez cumpliendo las siguientes funciones:

Proporcionar fuerza de transmisión, para permitir que se levanten cargas de tubería de perforación y de revestimientos con las unidades motrices del equipo y transmitir fuerza para las maniobras de armar y desarmar la tubería de perforación y de revestimiento (Casanova, 2016).

Figura 8.

Malacate.



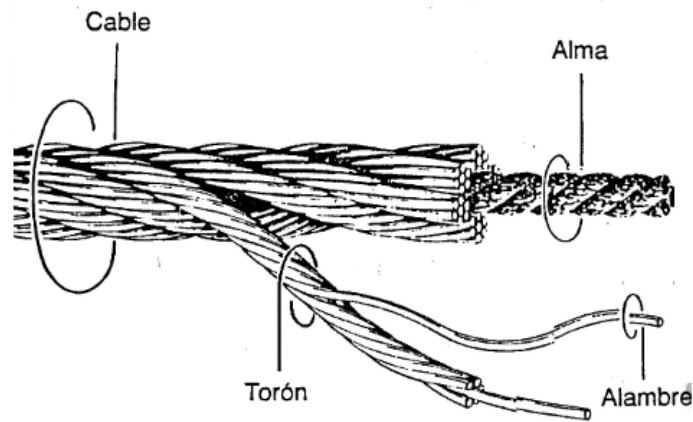
Nota: Tomado de Schlumberger (2020a). *Global Oilfield Services & Equipment / Schlumberger. Rigs and Equipment.*

1.5.1.5 Cable de perforación. El cable de perforación es un cable de metal elaborado generalmente de acero el cual se enrolla y desenrolla del carrete del malacate; su función es enlazar los demás componentes del sistema de elevación.

Éste une al malacate con el anclaje de la línea muerta y permite dar movimientos verticales al bloque viajero (Hinestroza & Galindo, 2015).

Figura 9.

Anatomía del cable de perforación.



Nota: Tomado de López (2015). *Principales componentes del equipo de perforación.* Universidad Nacional autónoma de México.

Como se evidencia en la figura 9, el cable está conformado por torones, generalmente seis. Cada torón está formado a su vez por seis o nueve alambres torcidos que recubren otra capa de hebras que envuelven el centro del torón. Finalmente, los torones cubren el centro o alma del cable que puede ser formado por fibras de algún metal u otro material especial (León Ariza, 2016).

El *American Petroleum Institute* clasifica los distintos grados de cable de perforación de la siguiente manera:

- *Extra improved plow steel* (EIPS)
- *Improved plow steel* (IPS)
- *Plow steel* (PS)
- *Mild plow steel* (MPS)

En general, los dos primeros grados de mayor resistencia, EIPS e IPS, se utilizan actualmente para líneas de perforación debido a su alta resistencia.

1.5.1.6 Bloque Corona. Es un conjunto de poleas ubicadas sobre un marco que está sobre el mástil o torre de perforación. El cable de perforación pasa a través de las poleas del bloque viajero, el cual se utiliza para la elevación de equipos de *workover* o de perforación. La figura 10 muestra un bloque corona.

Figura 10.

Bloque Corona.



Nota: Tomado de Lake petro technolog,(2018). *Global Oifield Equipment Supply*. Los Componentes de La Plataforma de Perforación Del API, Bloque de Corona Para En Venta – Los Componentes de La Plataforma de Perforación Fabricante de China (103947353).

1.5.1.7 Bloque viajero. “Conjunto de poleas que se conecta al bloque corona por medio del cable de perforación que se encuentra enhebrado a él, permitiendo que el bloque tenga un movimiento ascendente y descendente. El número de veces que se pasa el cable de perforación por las poleas del bloque se le llama cuerda o línea” (Perfoblogger, 2019). En la figura 11 se puede evidenciar un bloque viajero instalado en locación.

Algunos autores como León Ariza (2016) sugieren que el número de cables entre el bloque corona y el bloque viajero puede ser entre 4 y 12 o más, de acuerdo al peso máximo que se deba manejar.

Figura 11.

Bloque Viajero.



Nota: Tomado de Schlumberger (2020a). *Global Oilfield Services & Equipment | Schlumberger. rigs and equipment*

1.5.1.8 Gancho. Es un elemento grande con forma de asa, localizado debajo del bloque viajero. Del gancho se suspende la unión giratoria y la sarta de perforación durante las operaciones de perforación. Tiene un resorte interior que le ayuda a absorber los impactos. (Schlumberger, 2004).

1.5.1.9 Elevadores. Los elevadores son abrazaderas o grapas para trabajo extra pesado que sujetan la tubería de producción para que pueda ser introducidos en el hueco o sacados fuera del hueco (Schlumberger, 2004).

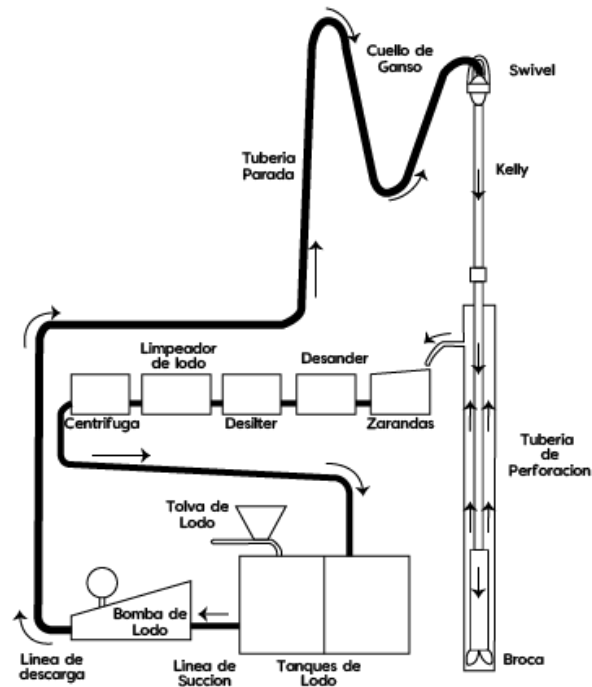
1.5.2 Sistema de circulación.

Este sistema está compuesto por varios equipos que permiten al lodo de perforación viajar desde la superficie hasta el fondo del pozo a través de la sarta, salir por las boquillas de la broca donde limpia el hueco y levantar los ripios resultantes de la perforación, subir por el espacio anular hasta llegar al equipo de control de lodo para reacondicionar el fluido y que este pueda volver a ser usado

(Hossain & Al-Majed, 2015). La figura 12 muestra el esquema que describe el proceso que corre el lodo de perforación a través de los equipos que componen el sistema de circulación.

Figura 12.

Sistema de Circulación.



Nota: Adaptado de Lyons (1996). *Standard Handbook of Petroleum & Natural Gas Engineering* (W. Lyons (ed.)).

Gulf Publishing Company.

El sistema de circulación está conformado por:

1.5.2.1 Bombas de lodo. Se conocen como el corazón de la hidráulica del fluido de perforación, se encargan de hacer cumplir el ciclo de circulación tomando el lodo de los tanques y lo impulsan a la sarta de perforación hasta que el fluido retorna al extremo opuesto del tanque de succión.

Las bombas de plataforma giratoria son unidades de desplazamiento positivo recíprocas y son *dúplex* o *triplex*. Las bombas *dúplex* tienen dos camisas y mueven fluidos hacia adelante y hacia atrás (doble efecto). Las bombas *triplex* tienen tres camisas y mueven fluidos solo en el avance

hacia adelante (acción simple), la figura 13 es un ejemplo de este tipo de bomba. (Azar & Samuel, 2007)

Figura 13.

Bomba de lodo.



Nota: Tomado de Schlumberger (2020a). *Global Oilfield Services & Equipment / Schlumberger. rigs and equipment*

Cada equipo de perforación debe tener como mínimo tres bombas para la circulación del fluido de perforación, dos deben estar conectadas de tal manera que pueden operar solas, en paralelo y una tercera como auxiliar.

Algunas características de las bombas se pueden evidenciar en la tabla 1.

Tabla 1.

Características de las bombas

Bomba Duplex	Bomba Triplex
Pesada	Liviana
Voluminoso	Más Compacto
Alta presión de salida	Baja presión de salida
Mayor mantenimiento	Menor mantenimiento
Operación costosa	Más barato de operar

1.5.2.2 Tanques de lodo. Hossain & Al-Majed (2015) en uno de sus libros describe los tanques de lodo como una serie de recipientes abiertos, generalmente hechos de placas de acero, a través de los cuales se recicla el lodo de perforación para permitir que la arena y los sedimentos se asienten, este equipo se muestra en la figura 14.

Los aditivos se mezclan con el lodo en el pozo y el líquido se almacena temporalmente allí antes de ser bombeado nuevamente al pozo. Generalmente se tienen varios tanques que cumplen las funciones de tanque activo, tanque de reserva y tanque de viaje.

Figura 14.

Tanque de Lodo.



Nota: Tomado de GN Solids control (2019)

1.5.2.3 Tubería parada. Es un tubo vertical que se eleva a lo largo de la torre de perforación. Se une a la línea de descarga que va desde la bomba de lodo a la manguera rotativa y a través de la cual se bombea el lodo que ingresa al pozo.

1.5.2.4 Cuello de ganso. Según el diccionario “Schlumberger Oilfield Glossary,” (n.d.), el cuello de ganso “Es una sección de tubería rígida en forma de "U" invertida, utilizada normalmente como conducto para el fluido de perforación de alta presión, que conecta el extremo superior de una tubería parada a una manga de inyección que a su vez se encuentra conectada a otro cuello de ganso entre el cable flexible y el swivel”.

1.5.2.5 Unión girtoria (swivel). Es un dispositivo mecánico que suspende el peso de la tubería de perforación y que cuelga del gancho permitiendo la rotación de la tubería de perforación debajo de ella mientras mantiene la porción superior estacionaria, y permite el flujo de lodo de perforación desde la tubería sin fugas (Hossain & Al-Majed, 2015). La figura 15 muestra un ejemplo más claro de lo que es una *swivel*.

Figura 15.

Swivel.



Nota: Tomado de Perfoblogger (2019). Componentes del sistema de izaje

1.5.2.6 Equipo de control de sólidos. Para Azar & Samuel (2007), el equipo de control de sólidos es el encargado de remover los sólidos disueltos en el lodo proveniente del pozo generando condiciones favorecedoras como una viscosidad más baja, tortas de lodo mejoradas, mayor vida útil de la broca y la bomba, y tasas de perforación más altas.

Figura 16.

Equipo de control de Sólidos.



Nota: Tomado de Schlumberger (2020a). *Global Oilfield Services & Equipment | Schlumberger. rigs and equipment*

En la figura 16 se observan algunos equipos que hacen parte del equipo de control de sólidos. Los siguientes equipos mecánicos de eliminación de sólidos, definidos por León Ariza (2016) en su libro “Fundamentos en perforación de pozos”, son usados en campo:

- **Zaranda vibratoria (*shaker*):** Este equipo es normalmente conocido en los pozos como “rumbas” y es una especie de filtro que tiene una serie de mallas que se encargan de retener los cortes de formación o ripios grandes de los fluidos de perforación. Estos cortes son llevados a una fosa en donde son tratados para evitar contaminación ambiental. Algunos de estos cortes son examinados para determinar el tipo de formación que se está perforando y si en ella hay presencia de hidrocarburos.

- **Desgasificador (*degasser*):** Es un equipo muy importante ya que retira el gas que puede arrastrar el fluido de perforación, el cual puede ser corrosivo o letal (H_2S), además puede bajar la densidad del lodo de perforación y causar un problema potencial para el control del pozo. Va entre la zaranda vibratoria y el desarenador.

- **Desarenador (*Desander*):** Este equipo consta de una serie de conos que retiran las partículas de tamaño arena (mayor de 74 micrones) que no quedan atrapadas en la zaranda.

- **Deslimador (*Desilter*):** El deslimador consta de conos más pequeños que los del desarenador y remueve hasta las partículas de formación más pequeñas que el tamaño arena del fluido de perforación.

1.5.2.7 Poor Boy. Equipo fundamental cuando ocurre una arremetida de gas, permite restaurar el lodo que ha salido cortado del pozo debido al contacto con el fluido hidrocarburo.

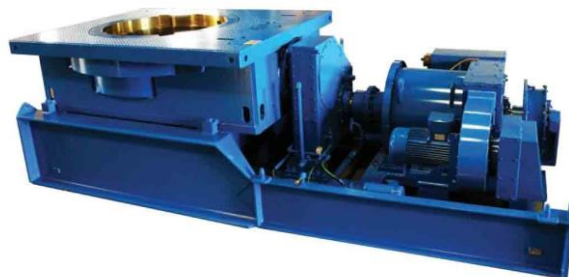
Internamente está constituido por una serie de platos por donde cae el lodo y al contacto con estos se va separando el gas, que posteriormente sale por un canal superior para finalmente disponer de este, generalmente quemándolo (Hernández Pinto & Mercado Soto, 2020).

1.5.3 Sistema de rotación

1.5.3.1 Barra de transmisión rotaria Kelly. También llamada barra conductora, de ella depende toda la columna de perforación. Su función es transmitir el giro que le proporciona la mesa de rotación a la tubería de perforación (Villa, 2008). La tubería kelly Permite su descenso y ascenso, así como conducir por su interior el fluido de perforación que ha de circular por ella. La figura 17 muestra el dispositivo que permite la rotación de la Kelly llamado mesa rotaria.

Figura 17.

Mesa Rotaria.



Nota: Tomado de Schlumberger (2020a). *Global Oilfield Services & Equipment* / Schlumberger. rigs and equipment

Dentro de sus diversas funciones también se encuentran:

- Transmitir el peso sobre la broca.
- Soportar el peso de la sarta de perforación.
- Conectar la unión giratoria (*swivel*) con el tramo superior de la sarta de perforación

(Martinez, 2013).

1.5.3.2 Top Drive. El Top Drive está impulsado por un motor independiente colgado en el bloque viajero y le imprime rotación a la sarta de perforación, a la cual está conectada en forma directa sin necesidad de una Kelly o de mesa rotaria.

A diferencia de la Kelly, funciona con impulso rotacional propio reduciendo el tiempo y número de conexiones.(Hinestroza & Galindo, 2015). La figura 18 muestra un top drive en locación.

Figura 18.

Top Drive.



Nota: Tomado de Schlumberger (2020a). *Global Oilfield Services & Equipment* / Schlumberger. rigs and equipment

1.5.3.3 Brocas. Una broca es la herramienta de corte que se compone en el extremo de la sarta de perforación. La broca perfora la roca raspando, astillando, desgarrando o esmerilando la roca en el fondo del hoyo.

1.5.3.4 Pinzas (Tongs). Son llaves grandes utilizadas para conectar y desconectar secciones de tubería. Las pinzas tienen mordazas que sujetan la tubería, el torque se aplica tirando de forma manual o mecánica con la cabeza del gato. Las pinzas de potencia son herramientas neumáticas o hidráulicas que hacen girar la tubería. Entre sus funciones se encargan de proporcionarle el torque para conectar y desconectar tubería de perforación, de revestimiento y de producción.

En la actualidad existen diferentes tipos de pinzas, siendo el iron roughneck uno de los más modernos.

1.5.3.5 Sarta de perforación. La sarta de perforación está conformada por tubería de perforación, Drill Collars, la Kelly y otros equipos, como estabilizadores y escariadores que se encargan de dar el peso requerido y llevar la broca al fondo del pozo, transmitir el movimiento rotativo desde la kelly o el Top Drive a la broca y proporcionar un conducto para hacer circular el fluido de perforación hacia la broca (Lyons, 1996).

Algunos de los elementos que la componen son:

1.5.3.6 Tubería de perforación (Drill Pipe). Es un tubo sin costura pesado que se utiliza para hacer rotar la broca y hacer circular el fluido de perforación. Las longitudes de la tubería de perforación son por lo general de 30 pies de largo.

1.5.3.7 Heavy Weight Drill Pipe. Un tipo de tubería de perforación cuyas paredes son más gruesas y los collares son más largos que la tubería de perforación convencional, tiende a ser más fuerte y tiene una mayor resistencia a la tracción, por lo que se coloca cerca de la parte superior de una sarta de perforación para brindar soporte adicional (Bourgoyne, 1986).

1.5.3.8 Drill Collars. Un tubo de acero pesado de paredes gruesas que proporciona peso sobre la broca para lograr la penetración. Se pueden usar varios collares de perforación entre la broca y la tubería de perforación.

1.5.3.9 Subs. Una pieza corta de tubería roscada utilizada como cruce entre tuberías de diferente rosca o tamaño. Los *subs* también pueden tener usos especiales como los son *los Lifting Subs* (Empleado para levantar los *drill collars*), *bit sub* (Empleado para roscar la broca con la sarta de perforación) y el *saver sub* (Empleado para usarse en el *top drive* y evitar el desgaste del mismo por cambio de tubería en la perforación) entre otros.

1.5.3.10 Cross-over. Es un tramo corto de tubería (sub) que se utiliza para conectar componentes de sarta de perforación que tienen diferentes tipos o tamaños de rosca.

1.5.4 Sistema de potencia

El sistema de energía en una torre de perforación generalmente consiste en un motor principal como fuente y algunos medios para transmitir la energía en bruto al equipo de uso final. La forma más común es el uso de motores de combustión interna. Los motores principales utilizados en la industria actual de perforación son los motores diesel.

La potencia bruta se transmite a través de uno de los siguientes sistemas:

1.5.4.1 Sistema de Transmisión mecánica. La mayoría de las primeras torres de perforación utilizaban un sistema de accionamiento mecánico para transmitir la potencia de los motores al equipo operativo, como al malacate y las bombas. Los sistemas de accionamiento consisten en engranajes, cadenas y correas. La eficiencia disminuye a pares altos, pero el convertidor tiene un rango útil de factor de eficiencia de 0.75-0.85 (Adams & Charrier, 1985).

1.5.4.2 Sistema de transmisión eléctrica. La mayoría de los equipos utilizan esta forma de transmisión de potencia. Los generadores producen electricidad que se transmite a los motores eléctricos a través de conducción eléctrica.

La transmisión eléctrica suministra la energía mediante cables hasta un dispositivo de distribución y de éste a los motores eléctricos que están conectados directamente al equipo (malacate, bomba, etc.).(López, 2015)

1.5.5 Sistema de control de pozo

La función principal del sistema de control del pozo es evitar cualquier flujo adicional de fluido de formación hacia el pozo cuando se realiza una patada (una intrusión de fluidos de formación en el pozo). Un sistema de control de pozo tiene la apariencia como se muestra en la figura 19. Los requisitos del sistema son permitir de manera segura:

- Cerrar el pozo en la superficie.
- Controlar la eliminación de los fluidos de formación del pozo.
- Bombeo de lodo de alta densidad en el hoyo (Azar & Samuel, 2007).

Figura 19.

Equipo de control de pozos.



Nota: Tomado de Flowtech energy (2019). International Oifield Equipment Procurement.

Los componentes básicos del sistema de control de pozos son:

1.5.5.1 BOP [Blow Out Preventer]. Es un conjunto de válvulas localizadas sobre el cabezal del pozo (debajo de la mesa rotatoria) que se utiliza para contrarrestar presiones, permitir mover la sarta de perforación sin bajar la presión del hoyo y cerrar el hoyo en el espacio anular cuando un reventón es inminente. (Fernández Müller, 2012)

El conjunto de válvulas preventoras puede incluir:

- **Preventor Anular:** También conocidas como válvulas esféricas, se colocan en la parte superior de las válvulas preventoras (BOP), es activada hidráulicamente y es la primera válvula en activarse para cerrar el pozo, estos preventores lucen como la figura 20. Está constituida por un elemento de empaque de acero reforzado con goma especial que cierra y sella la tubería, el cuadrante o el hoyo abierto debido a que la goma se pliega radialmente para formar el sello

alrededor de la sarta sin importar el diámetro o forma de esta (Departamento de Ingeniería de Petróleo UCV, 2008).

Figura 20.

Preventor Anular.



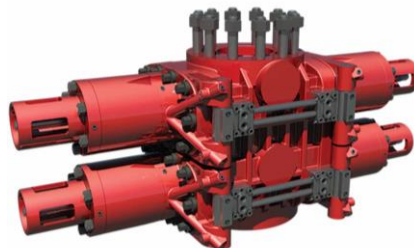
Nota: Tomado de Schlumberger (2020a). *Global Oilfield Services & Equipment | Schlumberger. rigs and equipment*

Estas válvulas están disponibles para presiones de 2000, 5000 y 10000 [PSI].

- **Válvula Tipo RAM:** Son activadas hidráulicamente y a diferencia de la válvula anular, la válvula tipo RAM sí está diseñada para un diámetro específico de tubería. Hay tres tipos distintos de válvulas, estas son: tipo tubería, tipo ciegas y las de corte (Gaviño & Venegas, 2015).

Figura 21.

Válvulas Tipo RAM.



Nota: Tomado de Schlumberger (2020a). *Global Oilfield Services & Equipment | Schlumberger. rigs and equipment*

La válvula tipo tubería realiza un sello entre la tubería y el revestimiento, actualmente existen con diámetro variable.

Las válvulas tipo ciegas solamente cierran el hueco abierto cuando no hay tubería pasando por el conjunto de BOPs. Cuando hay tubería dentro del hoyo estas estrangulan la tubería, pero no impiden el flujo desde el pozo.

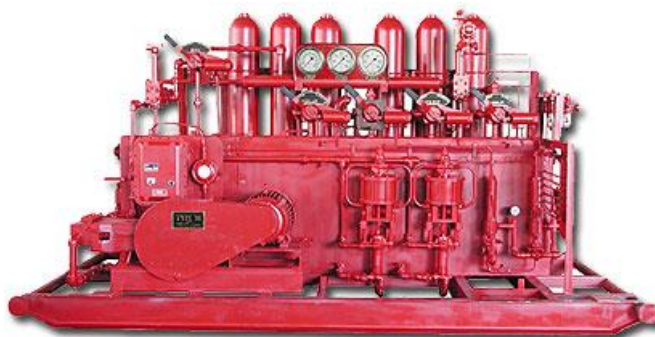
Las válvulas de corte están diseñadas para cortar la tubería cuando se cierran. Estas se cierran solamente cuando todas las demás válvulas (las RAM y la anular) han fallado. Al cortar la tubería, esta cae dentro del hoyo y por lo tanto se detiene el flujo desde el pozo (Bourgoyne et al., 1986).

Las válvulas tipo RAM están disponibles para presiones de 2000, 5000, 10000 y 15000 [PSI].

1.5.5.2 Unidad Acumuladora de presión. Es la unidad encargada de suplir fluido a presión suficiente para cerrar todas las válvulas que están en el conjunto de válvulas preventoras, se puede decir entonces que es la fuente de energía de la misma, la figura 22 muestra una unidad acumuladora. Los acumuladores de 40, 80 y 120 galones con presiones máximas de 1500 y 3000 [PSI] son los más comunes (Fernández Müller, 2012).

Figura 22.

Unidad Acumuladora de Presión.



Nota: Tomado de Perfoblogger (2019). Componentes del sistema de seguridad.

1.5.5.3 Carrete de perforación. Es un dispositivo que se ubica entre las válvulas preventoras, los cuales poseen dos aberturas laterales a los que se conectan la línea de estrangulación, empleada para controlar el flujo de la patada, y la línea de matar el pozo, por donde se bombea el lodo pesado al pozo, el cual aumenta la presión en el pozo para evitar que la arremetida llegue a superficie. En la figura 23 se evidencia un carrete de perforación. Los carretes de perforación permiten introducir o extraer fluido del espacio anular mientras las BOPs se mantienen cerradas (Fernández Müller, 2012).

Figura 23.

Carrete de Perforación.



Nota: Tomado de Schlumberger (2020a). *Global Oilfield Services & Equipment / Schlumberger. rigs and equipment*

1.5.5.4 Múltiple de estrangulación. Es un sistema de distribución de flujo constituido por un ensamblaje de tuberías de alta presión con varias salidas laterales controladas por válvulas manuales o automáticas. Se conecta a las BOP por una línea de alta presión conocida como línea de estrangulación. La patada se hace circular a través del múltiple de estranguladores, que al restringir el flujo, son capaces de mantener la presión del hoyo justo por encima de la presión de las formaciones. (Departamento de Ingeniería de Petróleo UCV, 2008).

1.5.5.5 Línea de Venteo. Es una línea que va directamente desde las bombas de lodo al conjunto de BOPs y se conecta en el lado opuesto al múltiple de estrangulación. A través de esta línea se bombea lodo pesado hacia el pozo para restablecer una presión hidrostática mayor a la presión de las formaciones.(Fernández Müller, 2012).

2. Factores que influyen en la selección de un equipo de perforación

El éxito de la perforación de un pozo depende directamente de una óptima planificación inicial. La importancia de un plan apropiado comienza con el análisis y la decisión de perforar siguiendo la planificación y logística del pozo y termina cuando el pozo está completado y el taladro listo para mudarse a otra localización.

El plan debe ser preparado con exactitud y precisión con el fin de contribuir a la reducción de costos y una disminución de los potenciales problemas. Uno de sus principales objetivos es anticipar lo inesperado, debido a que muchos de los problemas que se presentan en las operaciones ocurren en pozos de desarrollo y durante las ejecuciones de tareas cotidianas.

Durante la perforación de pozos, se presentan y analizan las distintas fases involucradas en la planificación de un programa de perforación, así como todos los factores que deben ser considerados durante esa etapa. Finalmente, este plan de perforación permite la selección adecuada del taladro que realizará el trabajo, lo cual garantiza que las actividades descritas tengan asegurado su proceso de ejecución operacional, contando con los equipos acordes a los requerimientos (Molero, 2020).

Para la selección de un taladro de perforación se tienen en cuenta diferentes factores que a su vez determinaran el rendimiento y éxito de la operación a realizar. Cada uno de estos factores

tienen su relevancia y son indispensables a la hora de tomar una decisión; sin embargo, su importancia en la decisión final puede variar dependiendo de la empresa operadora líder del proyecto de perforación.

No comprender y reconocer los factores relevantes de un programa de selección de los equipos de perforación puede conducir a errores muy costosos, incluso pueden incurrir en la selección de equipos que no puede completar el plan de perforación. Lo que hace que una selección de equipos sea óptima es que encuentre taladros con la menor cantidad de retrasos potenciales o impactos negativos para su plan de perforación.

Un equipo puede estar en excelentes condiciones y tener un rendimiento excelente en el pasado, y aun así no ser apto para el proyecto que se va a trabajar. Lo que se necesita saber es: ¿cuál de estos equipos puede llevar a cabo mi plan de perforación de manera segura y eficiente?

El proceso de selección debe identificar correctamente el conjunto de equipos que:

- Satisfaga mejor las capacidades funcionales necesarias para ejecutar su plan de perforación específico
- Cumple con todos los requisitos reglamentarios de propietario y operador, HSE y operativos relevantes para la ubicación y el plan de perforación,
- Opere de manera segura, eficiente y efectiva, con un tiempo de inactividad mínimo durante el plan de perforación programado.
- Esté listo el día y en el lugar donde se necesite (Athens Group, 2018b).

El mejor programa de selección responde a estos cuatro puntos de manera oportuna y rentable. Los programas de selección que pueden hacer esto se basan en el principio fundamental de la ingeniería de prueba de sistemas integrados: cuanto antes identifique y excluya un proceso indeseable, más efectivo y eficiente será el proceso.

Al final, si se prepara correctamente, el resultado es un programa que determina si un conjunto de factores es capaz de ejecutar su plan de perforación de manera segura, efectiva, a tiempo y dentro del presupuesto.

Teniendo en cuenta que el desempeño de la perforación depende de la buena selección del taladro, podemos establecer que los factores principales para la selección son:

2.1 Factores técnicos

Como se mencionaba anteriormente la selección de equipos de perforación comprende de varios aspectos, uno de ellos es la parte técnica. Los aspectos técnicos son todos los datos que están vinculados a los taladros, ejemplos de estos son potencia, capacidad, cantidad de los equipos. Este aspecto es uno de los más importantes para tener en cuenta.

En esta parte se busca encontrar y seleccionar un taladro que cumpla con todos los requerimientos técnicos necesarios para desarrollar determinado proyecto, previamente diseñado en el área de interés, permitiendo desarrollar la actividad de perforación de la manera más segura, efectiva y económica. La selección de un equipo que no cumpla las mínimas especificaciones implica un aumento en los tiempos no productivos.

Muchas veces para un mismo proyecto existen varios equipos que cumplen con las necesidades mínimas que permiten el desarrollo de la perforación, es por eso que a cada equipo ofrecido se le hace un análisis particular teniendo en cuenta que por diseño se presentan algunas diferencias, ya sea por presencia de equipos adicionales o características especiales dentro de los sistemas que componen un taladro, las cuales en conjunto permiten disminuir fallas operacionales, reducir tiempos no productivos o facilitar el manejo de los equipos al momento de la operación.

Un representante de la unidad de ingeniería de perforación debe analizar cada uno de los equipos propuestos por los diferentes ofertantes y realizar las visitas a los diferentes equipos opcionados para asegurarse que estos cumplan con las características ofrecidas.

2.2 Factores Ambientales

La industria de los hidrocarburos desarrolla un conjunto de operaciones y actividades que se consideran implícitas en todos los proyectos, ejemplo de estas pueden ser los estudios geológicos para la exploración de hidrocarburos, adecuamiento de la zona de interés donde se va a desarrollar el proyecto, el transporte y construcción de equipos para la perforación y producción de petróleo y gas entre otras. Todas estas actividades implican una interacción con los aspectos ambientales del entorno donde se desarrolla la actividad, por lo que genera un impacto ambiental (Calao Ruiz, 2007).

El impacto ambiental se puede definir como cualquier cambio en el medio ambiente adverso o beneficioso, resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización (ICONTEC, 2015), es por esto que se ve la necesidad de identificar todos los factores que ponen en riesgo a los recursos naturales cuando se lleva a cabo el desarrollo de la perforación de pozos, pues el daño que puede causar la industria petrolera por no implementar planes de manejo adecuado puede ser considerable, siendo algunos de ellos irreversibles.

Movilizar el taladro hasta la locación, adecuar el terreno, armar el taladro son algunas de las actividades que se llevan a cabo cuando se habla de perforar, es por esto por lo que para identificar el impacto que tiene la perforación de pozos al medio ambiente, es indispensable determinar cada una de las actividades implícitas y explícitas que se realizan para desarrollar dicha labor.

La tabla 2 muestra las actividades que se encuentran relacionadas con la perforación de pozos y su efecto en el medio ambiente.

Tabla 2*Actividades relacionadas a la perforación de pozos y su impacto asociado al medio ambiente*

Actividad	Impacto al medio ambiente
Desmante y Descapote	Daños a la vegetación, al suelo, a los cuerpos de agua. Degradación de las condiciones del suelo. Fraccionamiento del ecosistema.
Construcción y adecuación vías y áreas de perforación	Deterioro del suelo y recursos asociados a este. Alteración del paisaje. Deterioro a la calidad del aire por emisión de material particulado.
Movilización de maquinarias y equipos	Deterioro del suelo. Afectación a la infraestructura causados por el tráfico de maquinaria pesada. Deterioro del aire por emisión de partículas al transitar.
Instalación y operación de campamentos	Alteración del paisaje. Contaminación derivada del manejo inadecuado de residuos. Afectación de recursos naturales.
Taladro e instalaciones aledañas	Contaminación de las aguas superficiales y de la escorrentía en el área del pozo. Emisión de material particulado. Emisión de olores. Contaminación del suelo. Ruido y vibraciones
Planta de energía	Contaminación del suelo y agua causada por derrames de combustible. Contaminación atmosférica, debida a la emisión de gases de combustión y ruido.
Transporte y almacenamiento de combustible	Contaminación del suelo y del agua. Daño a los recursos naturales producidos por incendios originados en derrames durante el transporte.
Captación de agua	Deterioro de la calidad del recurso causado por la operación de los sistemas de captación instalados para el proyecto.
Manejo de residuos sólidos	Contaminación del suelo. Deterioro de la calidad de aguas superficiales y subterráneas. Daño a los recursos naturales asociados al suelo.
Manejo de residuos líquidos	Uso ineficiente de recursos naturales. Contaminación del suelo. Deterioro de la calidad de aguas superficiales y subterráneas.
Pruebas de producción	Contaminación del suelo y del agua generada por la disposición inadecuada de residuos. Contaminación del aire por venteo de gases. Contaminación originada por derrames.

Nota. Esta tabla ha sido tomada y adaptada de “Guía de manejo ambiental para proyectos de perforación de pozos de petróleo y gas” por Ministerio del Medio Ambiente, (1999). Copyright 1999.

Al identificar el impacto que la industria puede causar al medio ambiente de una manera negativa, se ve la importancia de crear un Sistema de Gestión Ambiental, el cual está estandarizado por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, según la norma ISO 14001 y junto con el cumplimiento de la legislación ambiental colombiana que controla y/o supervisa estas prácticas, esto con el fin de garantizar:

- La protección del medio ambiente, mediante la prevención o mitigación de impactos ambientales adversos.
- La mitigación de efectos potencialmente adversos de las condiciones ambientales sobre la organización.
- El apoyo a la organización en el cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos.
- La mejora del desempeño ambiental.
- El control o la influencia sobre la forma en la que la organización diseña, fabrica, distribuye, consume y lleva a cabo la disposición final de productos o servicios, usando una perspectiva de ciclo de vida que pueda prevenir que los impactos ambientales sean involuntariamente trasladados a otro punto del ciclo de vida.
- El logro de beneficios financieros y operacionales que puedan ser el resultado de implementar alternativas ambientales respetuosas que fortalezcan la posición de la organización en el mercado. (ICONTEC, 2015)

2.3 Factor Económico

Las compañías del sector de hidrocarburos buscan establecerse en países en donde les brinden condiciones óptimas para llevar a cabo sus actividades, y que también cuenten con una alta

competitividad, crecimiento, menores restricciones tributarias y operacionales, así como bajos costos asociados a los procesos de perforación.

Debido a que la perforación consta de distintos componentes de diferente participación, las compañías interesadas en trabajar con las grandes operadoras evalúan siempre el peso que tienen sobre la industria antes de participar (Economista, 2015).

Entrando al detalle, estos costos tradicionales de perforación de pozos normalmente se subdividen en las siguientes categorías:

- Obras civiles.
- Servicios de perforación.
- Movilización de equipo.
- Otros servicios y materiales.
- Servicios profesionales.
- Relaciones con la comunidad y licencias ambientales.

Hablando directamente de la contratación de taladros para el proceso de perforación, las empresas contratistas establecen una tarifa, la cual aplica durante el tiempo en que se preste el servicio y hace referencia a todos los costos de alquilar un taladro de perforación. El operador del proyecto paga una tarifa diaria al contratista que proporciona el taladro, el personal de perforación y otros gastos imprevistos. Las compañías petroleras y los contratistas de perforación generalmente acuerdan una tarifa plana por contrato (HARGRAVE, 2019).

Para tener un análisis más detallado de los costos de un servicio de un taladro de perforación fue necesario separar las tarifas de la siguiente manera:

- **Movilización:** La tarifa por movilización inicial y final es pactada por la operadora y los dueños del taladro desde la firma del contrato según el campo en donde vaya a operar el taladro.

Dentro de las características o factores que se toman en cuenta para valorar esta movilización se encuentran la distancia del campo al lugar donde se encuentre el taladro o la base de operación de la compañía; el grado de dificultad de la movilización; si involucra transporte por varios medios; el estado de las vías y por supuesto el tamaño y número de equipos suplementarios que conforman el campamento (García Caro, 2014).

- **Operativa con tubería:** Aplica cuando la empresa contratista del taladro provee la tubería que se va a utilizar en la operación.
- **Operativa sin tubería:** Aplica cuando la empresa contratista del taladro no provee la tubería que se va a utilizar en la operación y la empresa operadora debe buscar la manera de obtenerla.
- **Standby con cuadrilla:** Aplica cuando el personal de la contratista este en el taladro de perforación, pero el trabajo no está siendo efectuado por alguna razón externa, ya sea que se les indique que detengan el trabajo o porque se ha causado alguna demora.
- **Standby sin Cuadrilla:** Aplica cuando el personal de la contratista no esté en el taladro de perforación, y además el trabajo no esté siendo efectuado por alguna razón externa, ya sea por reparación, reemplazo de un equipo o herramienta, o un evento de fuerza mayor que solicite al contratista a liberar a los miembros de la cuadrilla (Petroecuador, 2012).
- **Stacked:** Se considera esta tarifa cuando el equipo no está en uso, solo se deja el personal mínimo para realizarle mantenimiento necesario. La compañía operadora opta por usar esta tarifa cuando no quiere liberar el taladro porque posiblemente pueda usarlo en otra locación cercana y está esperando a que tenga todos los permisos para poder realizar la movilización.

2.4 Factor Logístico

Se identifican algunos elementos críticos en la selección efectiva del taladro, y se resalta la importancia de incluir a las personas y procesos relevantes al evaluar las capacidades los equipos del taladro de perforación.

En este factor sobresalen cinco parámetros principales, dentro de los cuales se abordan los siguientes elementos:

- Historia
- Condición actual
- Capacidad operativa actual
- Personal, procesos y procedimientos relacionados con el cumplimiento, mantenimiento y soporte operativo.
- Cumplimiento de las regulaciones, estándares, requisitos y mejores prácticas necesarias y relevantes (Athens Group, 2018a).

La contratación de un taladro puede ser un proceso desafiante, influenciado por factores como la disponibilidad del taladro, el estado operativo y la condición de los equipos, ya sea que está buscando contratar un nuevo taladro, un taladro "en caliente" o un taladro no operativo. Generalmente las empresas buscan taladros nuevos y de construcción en caliente, pero no siempre están disponibles y, en su lugar, debe considerar una plataforma no operativa la cual requiere un proceso de reactivación y este puede ser extenso e impredecible (Molero, 2020).

Adicional a esto es importante tener en cuenta el tiempo de *Rig Up* y *Rig Down*, los cuales hacen referencia a todo proceso de cargue y descargue e instalación de los elementos necesarios para la perforación. Estos juegan un papel importante a la hora de realizar el análisis financiero puesto que son tiempos en los cuales los taladros no están trabajando. Un corto tiempo de *Rig Up*

o *Rig Down* es fundamental para recuperar ganancias de una forma más rápida (Méndez Niño & Tagliaferri Zambrano, 2019).

Una vez es instalado el taladro de perforación y durante el trascurso del servicio prestado por la compañía del taladro se pueden presentar una serie de fallas en los equipos de perforación que generan tiempos no productivos a la empresa y costos de operación de sumas significativas, así como impactos operacionales en el pozo que se perfora por las fallas en los equipos. Normalmente se le delega el control total del mantenimiento a la compañía contratista, sin embargo, se debe realizar un seguimiento continuo a los procesos de mantenimiento que dicha compañía presta con el fin de evitar que el mantenimiento preventivo que se tenía calculado pase a ser primordialmente correctivo. Es importante que la empresa tenga una mayor participación en los procesos de mantenimiento, para lo cual se enfoca en mejorar dichos procesos buscando que los equipos que son más críticos en la operación, y según el registro histórico de fallas, tengan mayor importancia para la realización de procedimientos de mantenimiento (Cáceres Bello & Laverde Ruíz, 2018).

Para la determinación de la criticidad se definen cinco factores que se evalúan en los equipos y sistemas de la compañía, los cuales son:

- **Frecuencia de Fallas:** hace referencia al lapso en el que puede tener una falla el equipo.
- **Impacto Operacional:** hace referencia a qué tanto se puede ver afectada la operación debido a la falla del equipo que se esté evaluando.
- **Flexibilidad Operacional:** hace referencia a qué tan fácil (en cuestión de tiempo y dinero) es conseguir repuesto de ese equipo.
- **Costos de Mantenimiento:** hace referencia al impacto económico que puede generar la falla de ese equipo (costos monetarios)

- **Impacto en Seguridad y Ambiente:** hace referencia al daño que se puede ocasionar (Ambiente y Humano) por la falla de ese equipo.

3. Metodología para el Desarrollo de la aplicación móvil

Una metodología es un conjunto de procedimientos, técnicas, herramientas y documentos que ayudan a los desarrolladores de software en sus esfuerzos a la hora de implementar nuevos sistemas de información, en este caso, el desarrollo de una aplicación móvil. Una metodología está formada por diferentes fases, cada una de las cuales se puede dividir en sub- fases, las cuales guiarán a los desarrolladores de sistemas al momento de planificarla, gestionarla, controlarla y evaluarla, y también a identificar las técnicas más apropiadas en cada momento del proyecto (Valdivia Luna, 2017).

Actualmente, el desarrollo de aplicaciones móviles para facilitar ciertos procesos es un tema que está muy de moda, por lo que se han desarrollado diferentes metodologías para el desarrollo de dichos programas, cada una con una forma distinta de abordar la misma problemática.

Después de un análisis de cada una de las metodologías propuestas para el desarrollo de aplicativos móviles, la metodología más acorde y que más se acomoda al objetivo que se quiere alcanzar y al cronograma previamente planteado para el desarrollo de este proyecto es la metodología tipo cascada.

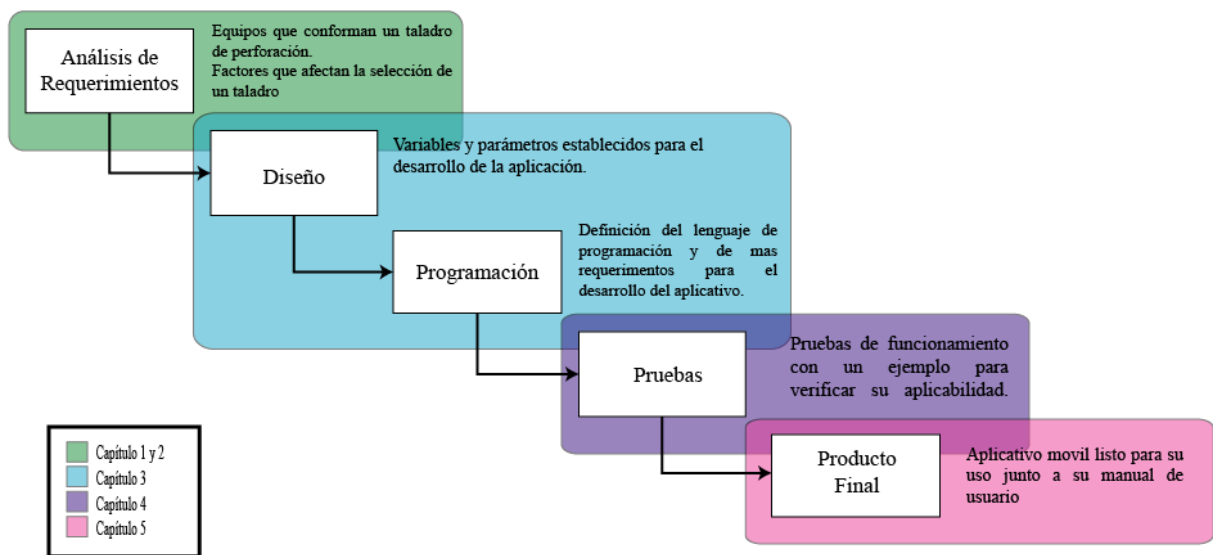
El modelo *waterfall* o tipo cascada es el modelo más estático y predictivo. Es aplicable en proyectos en los que los requisitos están fijados y no van a cambiar durante el ciclo de vida del desarrollo. Esta aproximación divide el proyecto en distintas fases totalmente secuenciales. En este modelo, el desarrollo se interpreta como el agua que va cayendo de un estanque al siguiente. Se le

da mucho énfasis a la planificación, a los tiempos, a las fechas límite y al presupuesto (Vique, 2012).

Una vez se establece el tipo de metodología se procede a separar cada una de las fases del proyecto teniendo en cuenta las actividades establecidas en el cronograma y los pasos a seguir para el desarrollo de la aplicación “D.R.S: *Drilling Rig Selection*”. El esquema de la metodología que se va a seguir para el desarrollo de este proyecto se puede observar en la figura 24.

Figura 24.

Metodología empleada para el desarrollo del aplicativo móvil



3.1 Análisis de requerimientos

Para esta primera parte se realizó una revisión bibliográfica de los temas directamente relacionados con la selección de equipos de perforación y con aquellos que también tienen una relación indirecta para poder comprender todo el proceso que conlleva la selección de un taladro. Finalmente se establecieron dos elementos importantes en los que se basa el capítulo 1 y 2 de este

proyecto: Los equipos que conforman un taladro de perforación y los factores que influyen en la selección de éste.

Estos dos principios se convierten en aquellos requerimientos necesarios para poder realizar la siguiente fase de la metodología. En primera instancia el análisis de cada uno de los equipos, su funcionamiento y su importancia en un taladro de perforación, y posteriormente cada uno de los factores que influyen para su selección, llegando a un resultado de cuatro factores decisivos, los cuales son: Factores técnicos, factores ambientales, factores económicos y factores logísticos.

Finalmente se implementaron estos dos elementos en el proceso actual de requerimientos y ofertas utilizado entre las empresas operadoras que van a realizar el proceso de perforación y la empresa de taladros que ofrece los equipos y el servicio apropiado para el plan de perforación establecido.

3.2 Diseño de la aplicación móvil

Después de realizar una extensa revisión bibliografía acerca de las actividades relacionadas a la perforación, se observa que el proceso de selección de equipos para realizar dicha actividad puede ser algo complejo debido a la gran cantidad de variables a manejar a la hora de tomar una decisión. Es por esto que se plantea el desarrollo de una aplicación para celular, aprovechando el auge de estas tecnologías actualmente, la cual tenga en cuenta una serie de pasos que permita realizar la selección de la manera más adecuada.

Comenzando desde la creación del proyecto, pasando por una interfaz que permita al usuario ingresar todos los requerimientos necesarios para llevar a cabo su proyecto, una parte donde el usuario pueda registrar los componentes de las propuestas de los ofertantes a manera de *check list*, hasta realizar una comparación cuantitativa son algunos de los procedimientos que se pueden realizar con la aplicación “D.R.S: *Drilling Rig Selection*”. La facilidad que ofrece el dispositivo

de dar puntuación a cada uno de los componentes que se tienen disponibles en las ofertas dará como resultado diferentes porcentajes de cumplimiento para cada una de las ofertas en donde la que presente mayor puntuación será la más apta para realizar la implementación del proyecto.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, a continuación, se presentará la forma en que se desarrolló el contenido del aplicativo móvil.

3.2.1 Creación del proyecto

Una vez la compañía operadora ha llevado a cabo los estudios pertinentes para realizar el programa de perforación, teniendo en cuenta todos los requerimientos necesarios para el proyecto, se va a iniciar el uso de la aplicación. El usuario debe iniciar sesión mediante un sistema de *logueo*, donde se pedirá un correo electrónico y una contraseña, cuando esto se realiza aparecerá todos los proyectos que están relacionados a esa cuenta. En el caso de que el usuario no cuente con una cuenta, debe registrarse antes de iniciar sesión.

La interfaz permite crear la cantidad de proyectos como sean requeridos por el usuario. Para identificar cada uno de los proyectos, la información en la tabla 3 muestra cada uno de ellos con sus características más importantes para su distinción.

Tabla 3.

Requerimientos para la identificación del proyecto

PROYECTO	Unidad
Nombre del pozo	Texto
localización actual	Texto
Área de trabajo	[M2]
máxima profundidad del pozo	[Pies]
compañía operadora	Texto
Fecha de inicio del pozo	Fecha

3.2.2 Requerimientos del Proyecto

La compañía operadora en su plan de perforación establece unos requerimientos que debe tener el taladro y los equipos que van a ser parte de su sistema de perforación, estos requisitos están basados en cargas, tamaños, cantidades y demás especificaciones que permiten que el pozo se pueda perforar de la manera más segura, optima y eficiente, reduciendo el riesgo de accidentes y demoras en todo el proceso del desarrollo del pozo; sin embargo, esta aplicación no solo tiene en cuenta los equipos como un factor determinante para la selección del taladro, ya que cada compañía operadora tiene diferentes criterios para decidir qué taladro es más adecuado para su proyecto, estos criterios o factores pueden variar dependiendo de la compañía. La aplicación “D.R.S: *Drilling Rig Selection*” recopila cuatro factores importantes que son considerados relevantes a la hora de seleccionar el taladro, estos son: factores técnicos, ambientales, económicos y de logística.

El usuario deberá ingresar los requerimientos para cada uno de estos cuatro factores que serán la base para el siguiente paso del proceso de selección. A medida que el usuario va seleccionando los equipos que serán evaluados para el proyecto se debe asignar un porcentaje de importancia a cada uno de ellos, este porcentaje será determinado por cada compañía operadora y sus criterios para ser establecidos dependen de su plan de perforación y las necesidades que tengan, por lo que los porcentajes serán diferentes en todos los casos, este criterio es la base para que la aplicación funcione de una manera más acorde y acertada a lo que realmente se desea. Es importante resaltar que el usuario tiene la posibilidad de ajustar este porcentaje tanto a los factores, como a los sistemas y los equipos o requerimientos que los componen.

Los requerimientos de cada factor se ven de la siguiente manera:

3.2.2.1 Técnicos. Este factor está representado por cada uno de los equipos que conforman el taladro de perforación y los requerimientos de cargas esperadas, tamaños, dimensiones y cantidad que debe cumplir la compañía de taladros. Los equipos que se evalúan en esta sección de la aplicación son mostrados en la tabla 4:

Tabla 4.

Requerimientos técnicos de la aplicación D.R.S

Equipos	Requerimientos	Tipos dato de entrada
Sistema de Levantamiento		
Malacate	Potencia mínima requerida	<i>Horse Power</i>
	Capacidad de levantamiento	Libras
	<i>Lebus Grooving</i>	Si/No
	Freno Auxiliar en caso de emergencia	Si/No
	Freno Eléctrico	Si/No
	Perforador Automático	Si/No
	Sonido Emitido entre los niveles permitidos por las leyes Colombianas	Si/No
	Mástil / Subestructura	<i>Minimum Set-back load</i>
<i>Minimum Rotary load</i>		Libras
<i>Racking Capacity</i>		Pies
<i>Bumper Blocks</i>		Si/No
Sistema de posicionamiento [Crown-omatic Crown]		Si/No
Altura mínima por debajo de las <i>rotary beams</i>		Pies
<i>Intermediate racking board</i>		Si/No
<i>Adjustable stabbing board</i>		Si/No
<i>Matting boards</i>		Si/No
Bloque viajero	<i>Minimum hook load capacity</i>	Libras
	Capacidad del gancho	Toneladas
	Capacidad del bloque viajero	Toneladas
	Diámetro de las poleas	Pulgadas
	Número de poleas	Número
	Elevator links	Si/No
Bloque Corona	Capacidad del bloque corona	Toneladas
	Resistencia nominal del cable	Libra Fuerza
Cable de perforación	Tipo de cable	Texto
	Calibre	Pulgadas
	Referencia	Texto

Sistema de potencia		
Sistema de potencia	Mínimo número de generadores	Número
	Mínimo número de motores	Número
	Modelo insonorizado	Si/No
	Sistema de distribución de corriente alterna	Si/No
	Sistema de distribución de corriente continua	Si/No
	<i>SCR Unit Ross Hill 1202 5 x 5 or IEC Systems I-Drive SCR system</i>	Si/No
Sistema de Control		
Equipo BOP	Diámetro	Pulgada
	Máxima presión de trabajo	PSI
	Presión de trabajo de la válvula Anular	PSI
	Número de válvulas RAM	Número
	Presión de trabajo de las válvulas RAM	PSI
	Tipo de Válvula RAM	Texto
	Diámetro Externo de las válvulas	Pulgadas
	Presión que resiste el tamaño del diámetro externo	PSI
<i>Spacer Spool</i>		Si/No
<i>Double Studded Adapters</i>		Si/No
<i>Drilling Spool</i>	<i>Kill line</i>	Si/No
	<i>Choke line</i>	Si/No
<i>BOP Handling Equipment</i>	Capacidad de levantamiento	Toneladas
<i>BOP Test Stump</i>	Tamaño de las bridas	Pulgadas
	Presión de trabajo	PSI
	<i>Studded adapter</i>	Si/No
	<i>Crossovers</i> para permitir pruebas de TIW en el equipo	Si/No
<i>BOP Control Unit</i>	<i>Independent and operational hydraulic charging systems</i>	Si/No
	Panel de control	Si/No
	Cumplimiento de la norma API STD 53 para el fluido de los acumuladores	Si/No
	<i>Choke manifold</i>	Si/No
	Medidores de presión de <i>Drill pipe</i> y <i>casing</i>	Si/No
<i>Stripping Equipment</i>	Capacidad del equipo	Barriles
	<i>Surge bottle for annular preventor, low pressure scale gauge</i>	Si/No
<i>BOP Wrench</i>		Si/No
<i>Portable BOP Test Unit</i>	Acumulador con registrador de presión	Si/No
	Fuente de alimentación	Si/No

	Rango de presión	PSI
	Registrador gráfico	Si/No
Bell Nipple		Si/No
Sistema de Circulación		
Sistema de circulación (debe servir para lodos base aceite)	Máxima presión de trabajo	PSI
	Conexión con bridas	Si/No
	Mínimo diámetro en líneas de descarga	Pulgadas
	<i>Standpipe</i>	Si/No
	<i>Rotary Hose</i>	Si/No
	<i>Vibrator hose</i>	Si/No
Bombas de lodo	Tipo de bombas	Texto
	Cantidad de bombas	Número
	Potencia de entrada requerida en cada bomba	<i>Horse Power</i>
	Potencia en el motor de cada bomba	<i>Horse Power</i>
	Rango de tamaño de las camisas	Pulgadas
	<i>Pop up with flanged connections</i>	Si/No
	<i>Charging pumps</i>	Si/No
	Filtro de succión y descarga	Si/No
Tanques de lodo /Bulk storage	Máxima presión de trabajo	PSI
	<i>Ditch system</i>	Si/No
	Tánque de succión	Si/No
	Válvula de compuerta	Si/No
	<i>Double-valved isolation in each tank equalization between suction tanks</i>	Si/No
Tanque Activo	Capacidad mínima aproximada	Barriles
	Agitadores	Si/No
	<i>Pill Tank</i>	Si/No
	<i>Sand trap</i>	Si/No
	Tipo de cubierta de los tanques	Si/No
	Protección de corrosión	Si/No
Tanque de Reserva	Capacidad mínima aproximada	Barriles
	<i>One tank subdivided into 2 compartments connected by a "L" tubing with a lifting system</i>	Si/No
	<i>Using wire for equalization</i>	Si/No
	Agitadores	Si/No
	Tipo de cubierta de los tanques	Texto
	Protección de corrosión	Si/No
Tanque de viaje	Capacidad mínima aproximada	Barriles
	Volumen Incremental	Barriles/Pulgadas
	Indicador de nivel	Si/No
	Sistema de llenado	Si/No
	Manifold del tanque de viaje	Si/No
	Número de bombas para el tanque	Número
Mezclador de lodo	<i>Hoppers</i> en el sistema	Si/No

	<i>turboshear system with mud gun nozzles and venture throat.</i>	Si/No
	Máxima capacidad de peso de lodo que se podría manejar	Libras
	Bombas de baja presión	Si/No
	Bombas de mezcla	Si/No
	Área de mezcla cubierta	Si/No
	capacidad para transferir el fluido en ambos sentidos entre los tanques activos y de reserva	Si/No
Control de Sólidos	Cantidad mínima de Shaleshakers	Número
	Capacidad mínima de manejo	Galones por minuto
	<i>Shakers to utilize flat deck & pre-tensioned screens, have variable G force with inverter (4, 6, or 8 G), and air-activated screen positioning mechanism</i>	Si/No
	<i>Mud cleaner</i>	Si/No
	<i>Desander</i>	Si/No
	<i>Desilter</i>	Si/No
Degasser	Capacidad mínima	Galones por minuto
Mud-Gas separator		Si/No
Tanque de agua	Cantidad	Número
	Capacidad mínima requerida	Barriles
	Medidor de flujo	Si/No
PVT system	Monitoreo de tanques de lodo	Si/No
	Monitor de indicadores en la mesa rotaria	Si/No
	Indicador de nivel de lodo	Si/No
	Sistema de detección de patadas de pozo	Si/No
	Contador de emboladas por cada bomba	Si/No
	Aprobación CSA	Si/No
Sistema de rotación		
Top Drive	Tipo recomendado	Texto
	Capacidad de carga	Toneladas
	Torque Wrench	Pies / Libras
	<i>Pipe handler</i>	Si/No
	Máxima velocidad de rotación	Revoluciones por minuto
	Máximo torque	Pies-Libras
	Sistema IBOP	Si/No
	Sistema de limitación de torque	Si/No
	<i>Torque wrench jaws</i>	Pulgadas
	<i>Top drive rails</i>	Si/No
Mesa rotaria	Mínimo diámetro de apertura	Pulgada
	<i>Split master bushing</i>	Si/No

	Capacidad de carga	Tonelada
	<i>Bowls insert for casing</i>	Si/No
	Potencia requerida	<i>Horse Powers</i>
<i>Autodriller</i>		Si/No
<i>Rotating mousehole</i>		Si/No
Sarta de Perforación		
<i>Hand Slips</i>	Disponible para el rango de <i>Drill collars</i>	Si/No
<i>Manual tongs for DP and casing</i>		Si/No
<i>Tubing tong</i>		Si/No
<i>Drill pipe spinning tong</i>		Si/No
<i>Iron roughneck</i>		Si/No
<i>Safety Clamps</i>	Disponible para el rango de tuberías	Si/No
<i>Tubular drifts</i>	Disponible para el rango de tuberías	Si/No
<i>Bit breakers</i>	Disponible para el rango de brocas a usar	Si/No
<i>Casing fill-up Line / Well Fill-up line</i>		Si/No
<i>Drill Pipe</i>	Longitud	Pies
	Diámetro	Pulgadas
	Peso nominal	Libra/pies
	Grado	Texto
	Rango	Número
	Clase	Texto
	Tipo de conexión	Texto
	<i>Tool joint OD</i>	Pulgadas
<i>Drill pipe pup joints</i>	Longitud	Pies
	Cantidad	Número
	<i>Internal plastic coating</i>	Si/No
<i>Heavy Weight Drill Pipe</i>	Cantidad de juntas	Número
	Tipo	Texto
	Diámetro	Pulgadas
	Rango	Número
	Peso nominal	Texto
	Conexión	Texto
	<i>Internal plastic coating</i>	Si/No
	<i>Thread Protectors</i>	Si/No
<i>Drill collars</i>	Cantidad	Número
	OD	Pulgadas
	ID	Pulgadas
	Longitud	Pies
	<i>With SGR & BB</i>	Si/No
	Tipo	Texto
	<i>Thread Protectors</i>	Si/No
	<i>Slip recess</i>	Si/No
	Cantidad de Pony DC	Número

	Longitud del pony DC	Longitud
Lifting Subs	Cantidad	Número
	Diámetro	Pulgadas
Bit Subs	Espacio para válvula flotadora	Si/No
	Cantidad	Número
	Tipo	Texto
	Diámetro	Pulgadas
	Tipo de conexión	Texto
	Forma de bit sub	Texto
	Diámetro Externo	Pulgadas
Saver Subs	Cantidad	Número
Crossovers		Yes/no
Equipos Adicionales		
Horizontal bucking machine		Si/No
Mud bucket		Si/No
Tuggers / winches	Cantidad	Número
	Capacidad	Libras/Tonelada
	Tamaño de línea	Pulgadas
Tubular Pick up-Lay Down system o catwalk		Si/No
Aerial Work Plataform / Man lift	Altura de la plataforma	Pies
	Distancia Horizontal	Pies
	Capacidad sin restricciones	Libras
	Capacidad	Libras
	Capacidad para trabajar en zonas inclinadas / <i>Rated gradability</i>	Porcentaje
Montacargas	Capacidad	Toneladas
Main Lighting	<i>Must meet API RP 500B area classification</i>	Si/No
Luz portable	Cantidad	Número
Perímetro de la luz	Debe cubrir el área del taladro y campamento	Si/No
Luz de emergencia	Debe proveer luz para todas las rutas de seguridad y áreas de trabajo	Si/No
Tanques de combustible	Capacidad	Barriles
	Equipado con indicador visual, calibración en pulgadas, medidor de flujo para el flujo de entrada y salida del tanque y dispositivo de cierre automático.	Si/No
	<i>Receiving tank isolation</i>	Si/No
Welding & cutting	<i>Spark arrestor</i>	Si/No
	Equipo de corte	Si/No
	Equipo de soldadura	Si/No
Hand tools		Si/No

<i>Chicksan</i>	Cantidad	Número
	Tamaño	Pulgadas
	Presión de trabajo	PSI
	Tipo recomendado	Texto
<i>Pipe racks</i>		Si/No
<i>Vac unit</i>		Si/No
<i>Air hoses & Squeegies</i>	Cantidad	Número
<i>Eye wash stations / Drench Showers</i>		Si/No
<i>Rig skidding Equipment</i>	Mínima cantidad de desplazamiento	Pies
<i>Full opening safety valves</i>	Cantidad para cada tipo de DP y <i>crossovers</i>	Número
<i>Inside BOPs</i>	Cantidad para cada tipo de DP	Número
<i>Side entry subs</i>		Si/No
<i>Circulating head</i>	Cantidad para cada tipo de DP	Número
<i>Ported float valves</i>	Cantidad para cada tipo de DC	Número
Elevadores	Cantidad para cada tipo de DP	Número
	Capacidad	Toneladas
Indicador de parámetros	Indicador de peso	Si/No
	Indicador de torque	Si/No
	Indicador de presión en el <i>standpipe</i>	Si/No
	Indicador de SPM	Si/No
	Indicador de RPM	Si/No
	Medidor de flujo	Si/No
	Indicador de nivel de lodo	Si/No
	Indicador de torque de las pinzas	Si/No
<i>Parameters recorder</i>	Si/No	
Otros		
EPP		Si/No
Sistema de detección de fuego		Si/No
Boba contra incendios		Si/No
Señales de advertencia		Si/No
Protección-Detector de gases		Si/No
Kit de detección de tormentas		Si/No
Kit de primeros auxilios		Si/No
Doctor		Si/No
Cisterna de agua		Si/No

Operador de radio		Si/No
Ambulancia y enfermería		Si/No
Equipo para trabajo en alturas		Si/No
Aparato de respiración		Si/No
Protección contra rayos		Si/No
Campamentos principales	Capacidad de personas	Número
	Cantidad máxima de camas en una habitación	Número
	Zonas de recreación	Si/No
	Cocina y comedor	Si/No
	Lavandería	Si/No
	Zona para almacenamiento de químicos y productos de limpieza	Si/No
	Baños	Si/No
	Almacenamiento de agua potable	Si/No
	Equipo de emergencia (alarmas, señalizaciones y equipo contra incendios)	Si/No
	Salida de emergencia [que se abran las puertas hacia afuera y estén claramente designadas]	Si/No
Unidad de eliminación séptica	Si/No	
Campamento alternativo	Contenedores para trabajos de oficina	Si/No
	Oficina para trabajos HSE	Si/No
	Equipo de emergencia (alarmas, señalización y equipo contra incendios)	Si/No
	Salida de emergencia	Si/No
Sistema de intercomunicaciones	Dispositivos de comunicaciones	Si/No
Sistema de radios	Cantidad	Número
Sistema satelital		Si/No
Baños portables en el taladro y en el campamento		Si/No
Wire rope slings		Si/No
Repuestos y lubricantes		Si/No
Alarmas		Si/No
Cámara		Si/No
Plan de gestión de residuos		Si/No
Programa de objetos caídos		Si/No

El propósito de la aplicación es ser lo más funcional y práctica posible por lo que el usuario podrá añadir más equipos como lo desee para que sean parte de sus requerimientos.

3.2.2.2 Ambiental. El factor ambiental es un factor que no tenía mucha relevancia en el pasado; sin embargo, en la actualidad se ha convertido en un factor fundamental a la hora de seleccionar el taladro, ya que se buscan equipos que sean en lo posible los más amigables con el medio ambiente. Si bien es cierto que la actividad petrolera impacta diversos recursos ambientales, para el desarrollo del proyecto solo se tendrá en cuenta los que están estrictamente relacionados con la operación del taladro. En la tabla 5 se relacionan los componentes que la aplicación va a tener en cuenta en este factor y los relaciona con la normatividad colombiana que regula a los recursos que afecta.

Tabla 5.

Requerimientos ambientales de la aplicación D.R.S

Ruido	
¿Los sistemas de generación cuentan con un sistema de insonorización eficiente y permanente durante el uso en la operación?	
¿El equipo es automático?	
¿La empresa cuenta con un mapa de emisión de ruido (no ocupacional) que demuestre que el nivel de emisión a 50m de distancia desde los equipos no es mayor a 55dB?	Resolución 0627 del 7 de abril de 2006
¿La empresa demuestra tener un plan de mantenimiento del equipo en donde se incluya las actividades preventivas y de mitigación de ruido?	
Material Particulado	
¿La empresa demuestra tener un plan de mantenimiento del equipo en donde se incluya las actividades preventivas y correctivas en sistemas de combustión?	Resolución 2254 de 2017
¿La compañía cuenta con equipos eléctricos que generen una reducción en la emisión de material particulado a la atmosfera?	

¿Los equipos que componen el sistema del taladro han operado con anterioridad dentro de los niveles permisibles de emisión de material particulado según estipula la ley colombiana 2254 de 2017 ?

3.2.2.3 Económico. El factor económico es fundamental en la toma de decisiones para la selección del taladro de perforación, ya que por medio de un análisis oferta – costos asociados la compañía operadora puede seleccionar al contratista que cumpla con los requerimientos establecidos al precio que más se ajuste a ellos, sin dejar a un lado elementos como seguridad y calidad en la operación. Las empresas prestadoras de servicios cuentan con diferentes tarifas pactadas en un contrato con la empresa operadora, dichas tarifas se aplican durante todo el proceso de movilización, operación y desarme del taladro. Las tarifas que se tienen en cuenta para el análisis de costos están expresadas en la tabla 6.

Tabla 6.

Requerimientos económicos de la aplicación D.R.S

Tarifa
Por movilización
Operativa con tubería
Operativa sin tubería
<i>Standby con Cuadrilla</i>
<i>Standby sin cuadrilla</i>
<i>Stacked</i>

3.2.2.4 Logísticos. Este factor tiene en cuenta elementos como la disponibilidad del taladro, el estado operativo y la condición de los equipos y demás criterios que también se deben tener en cuenta, ya que un mal manejo o administración de este factor puede incurrir en grandes costos y tiempos no productivos. Los requerimientos que tendrá en cuenta la aplicación se muestran en la tabla 7.

Tabla 7.*Requerimientos logísticos de la aplicación D.R.S*

Experiencia del Taladro
Experiencia con equipos que manejen las cargas y potencias requeridas
Experiencia en pozos de profundidades requeridas
Desempeño observado en % (Tiempos no productivos -NPT asociados al taladro ofertado en los últimos 5 pozos)
Experiencia del Personal
Modelo de competencias requeridas para todos los cargos técnicos y de supervisión enfocados a al tipo de pozo a perforar
Organigrama de la organización y organización propuesta para la ejecución del proyecto
Listado del personal con hojas de vida (Superintendente de operaciones, <i>Toolpusher</i> , Jefe de mantenimiento y manager de operaciones)
Equipos Críticos
Programa de mantenimiento de equipos críticos
Trazabilidad de equipos críticos
Inventario de equipos y repuestos críticos, registros y disponibilidad de estos en bodega y en Colombia
Logística de Movilización
Plan de arranque y alistamiento del taladro
Plan de movilización
Plan de desarme y desmovilización
Estado Actual del taladro
Cold Stack out
Warm Stack out
Hot Stack out [Perforando]
Protocolos de Bioseguridad
La compañía del taladro cuenta con un protocolo de bioseguridad y conoce los protocolos de la empresa operadora y demás compañías prestadoras de servicio involucradas.
Se tienen los protocolos requeridos para la zona del comedor y medidas necesarias para reducir el riesgo en esta zona.
El taladro cuenta con la cobertura y un buen servicio de internet para realizar las reuniones de forma virtual en la locación y así evitar aglomeraciones.
Las casetas están adecuadas con un sistema de correspondencia que evite que el personal requiera entrar y así evitar el contacto.
Existe una persona designada para la revisión del personal que ingresa a la locación y que esta cuente con las pruebas de salud requeridas.

El usuario tendrá la oportunidad de determinar el porcentaje de importancia de cada uno de los factores para la calificación final, de esto dependerá el puntaje global que tenga la oferta. Estos porcentajes serán los mismos para todas las ofertas.

3.2.3 Equipos adicionales en el aplicativo

Debido a que uno de los propósitos del aplicativo móvil es generar una gran usabilidad y poder brindar la ventaja de poder ser desarrollada según las necesidades del usuario, dándole una mejor experiencia de uso en su interacción con ella. Dentro de los requerimientos existe la opción de agregar un elemento, ya sea un sistema, un equipo o una característica que el usuario desee y que este no se encuentre entre sus requerimientos ya establecidos por el aplicativo, por lo que da la facilidad al usuario de crear un grupo de requerimientos más acorde a lo que realmente desea sin limitarse a ciertos equipos o características específicas.

3.2.4 Ofertas

Una vez la compañía operadora establece sus requerimientos, diferentes compañías prestadoras de servicio entran a ofertar sus taladros, los cuales deben cumplir con cada uno de estos requisitos. Las compañías operadoras hacen un análisis de diferentes factores para seleccionar el taladro más adecuado. En el caso de la aplicación, esta constará de cuatro factores principales que dependiendo de la importancia que le llegue a dar la compañía operadora ayudará a seleccionar el taladro más adecuado para el pozo a perforar. Estos factores son:

- Técnico
- Ambiental
- Económico
- Logístico

El análisis y evaluación de cada una de las ofertas se realizará de la siguiente manera:

1. Información relevante del taladro que se está ofertando, la información necesaria de la oferta se puede observar en la tabla 8.

Tabla 8.

Información suministrada por cada una de las ofertas

Información	
Nombre del taladro	
Estatus Actual	Bajo contrato, disponible o <i>Stacked out</i>
Compañía	
Tipo de Taladro	
Año de construcción	
Fecha de Disponibilidad	Años/mes/día
Localización Actual	Ciudad, departamento
Último trabajo realizado	Años/mes/día
Área de trabajo del taladro	En metros cuadrados
Nombre del pozo	
Máxima Potencia	En <i>Horse powers</i>
Máxima profundidad del pozo	En pies

2. El siguiente paso es el ingreso de la información de la oferta, en donde el usuario realizará una verificación de cumplimiento de los requisitos establecidos por la empresa operadora basados en los equipos y la información con la que cuenta la oferta. Este proceso se realizará con cada una de las ofertas que se presenten para el pozo.

El ingreso de datos de la oferta y verificación de requisitos se realizará en cada uno de los cuatro factores para la selección con los que cuenta la aplicación. Para el caso del factor económico, este no funcionará como un sistema de cumplimiento ya que solo necesita la información de las tarifas que maneja cada oferta.

Para los tres factores restantes el sistema de calificación funcionará como un sistema de cumplimiento. Por lo tanto, el valor que obtendrá cada componente dependerá del cumplimiento

de requerimientos en cada uno de ellos. El usuario debe ingresar de 0 a 100 que porcentaje de cumplimiento tiene su oferta respecto a ese requerimiento específico, es importante resaltar que el porcentaje con el que se evalúa cada equipo depende de cada compañía operadora y de los criterios en que se basen para determinar cada uno de los valores. La aplicación promediará todos los porcentajes y ese será el valor de cumplimiento del equipo o conjunto. A continuación, en la tabla 9 se observa un ejemplo del sistema de calificación de los factores de selección del taladro:

Tabla 9.

Ejemplo sistema de calificación del factor técnico de la aplicación D.R.S

Factor Técnico			
Sistema de levantamiento			
Equipos	Porcentaje de peso del equipo [%]	Característica	Cumplimiento de las características [%]
Equipo 1	15%	Característica 1	50%
		Característica 2	50%
		Total	100%
Equipo 2	30%	Característica 1	33.33%
		Característica 2	33.33%
		Característica 3	33.34%
		Total	100%
Equipo 3	25%	Característica 1	50%
		Característica 2	50%
		Total	100%
Equipo 4	30%	Característica 1	50%
		Característica 2	50%
		Total	100%
TOTAL	100%	Cumplimiento	100

El aplicativo móvil consta de un conjunto de factores, sistemas, equipos y características, de manera que los sistemas componen los factores, los equipos componen los sistemas y así sucesivamente. Para mostrar el sistema de calificación del aplicativo se tiene el ejemplo mostrado en la tabla 9. Para un factor técnico en un sistema que consta de cuatro equipos, cada uno tiene un porcentaje definido por el usuario, por el contrario, las características que los componen tienen el

mismo porcentaje y su suma debe dar 100%. Al momento de evaluar la oferta el aplicativo tendrá en cuenta el cumplimiento del requerimiento y el porcentaje de importancia que se le dio para así sacar un promedio global para cada elemento.

Adicionalmente la aplicación contará con la opción de añadir comentarios a cada uno de los equipos que oferta ya que existen algunos casos en donde la compañía prestadora de servicios cuenta con equipos diferentes que cumplen la misma función o incluso equipos más modernos que tienen mayor eficiencia y son más prácticos. Estos comentarios son importantes para el usuario a la hora de evaluar ya que son ese factor determinante para ofertas que tienen equipos similares y porcentajes de cumplimiento muy parecidos y en ellos se pueden poner valores, datos o la información que se considere relevante de la oferta.

3.2.5 Selección

Una vez listos los requerimientos y la información de las ofertas la aplicación procede a realizar el proceso de verificación de cumplimiento y se obtiene como dato de salida el porcentaje de cumplimiento de cada oferta. La aplicación mostrará los resultados con la siguiente información:

Tabla 10.

Resultados obtenidos por la aplicación D.R.S

Oferta 1		
Factor	Porcentaje [%]	Puntaje
Técnico	Porcentaje 1	
Logístico	Porcentaje 2	
Ambiental	Porcentaje 3	
Total	100	
Puntaje Global		

Teniendo en cuenta que el factor económico hace parte de la selección, pero no del sistema de calificación por cumplimiento, se pueden ver los resultados para este factor basados en los datos ingresados en requerimientos y ofertas como se muestra en la tabla 11:

Tabla 11*Resultado del factor económico.*

Oferta #1	
Tarifa	Valor [US\$]
Por Movilización	
Operativa con tubería	
Operativa sin tubería	
Standby con Cuadrilla	
Standby sin cuadrilla	
Stacked	
Oferta #n	
Tarifa	Valor [US\$]
Por movilización	
Operativa con tubería	
Operativa sin tubería	
Standby con cuadrilla	
Standby sin cuadrilla	
Stacked	

Adicionalmente mostrará los comentarios que el usuario ingresó cuando se llenaban los datos de la oferta y estos ayudaran a la toma de decisiones y la posterior selección del taladro.

3.2.6 Cambio de contraseña

Como sección adicional se crea un módulo dentro de la aplicación que permite cambiar la contraseña de la cuenta cada vez que el usuario lo desee. Cuando el usuario por algún motivo olvide su contraseña y use la opción “olvide mi clave”, la aplicación le generará una clave automática, la cual por cuestiones de seguridad debe ser cambiada apenas el usuario pueda volver a ingresar a la aplicación.

Para realizar este cambio de contraseña el usuario debe suministrar su clave actual, después debe digitar la contraseña nueva y debe volver a digitarla con el fin de asegurarse que este bien escrita. Una vez se realiza esto de manera correcta el cambio de contraseña es exitoso.

3.3 Selección del lenguaje de programación.

En los últimos años el auge de la telefonía móvil ha sido notoria en Colombia, para el año 2017 aproximadamente 35 de cada 100 colombianos contaban con un Smartphone, tendencia que ha continuado al alza en los últimos años (Dinero, 2017).

Los smartphones cuentan con un sistema operativo, el cual en resumidas palabras es un software que permite administrar los recursos del sistema. Según un estudio realizado por la agencia Statcounter, el 88.8% de los smartphones en Colombia cuenta con sistema operativo Android, 10.8% corresponden a los que tienen IOS dejando un restante de 0,4% a los demás sistemas operativos como Windows y Blackberry entre otros (StatCounter, 2020). Debido a esto se decide desarrollar la aplicación móvil para los sistemas operativos Android y IOS, de esta manera se pretende tener una mayor cobertura de usuarios para el uso de la aplicación.

Cabe resaltar que en la construcción de un aplicativo móvil intervienen una serie de procesos realizados con ayuda de diversas herramientas y lenguajes de programación que permiten un buen funcionamiento y coherencia entre lo que el usuario desea y lo que el dispositivo va a mostrar basado en dichas indicaciones.

3.3.1 Arquitectura de la aplicación

Para el desarrollo de la aplicación “DRS: Drilling Rig Selection”, se aplica un tipo de arquitectura denominado “Cliente-Servidor” que se caracteriza por distribuir las tareas entre los proveedores de recursos o servicio, normalmente máquinas potentes con *hardware* y *software* que actúan como depósitos de datos e información, denominados servidores, y los demandantes, llamados usuarios (Marini, 2012). En esta arquitectura el cliente realiza una petición y el servidor, el cual funciona como un sistema de gestor de base de datos externo a la aplicación, debe procesar

dicha instrucción y devolver al cliente una respuesta. Para poder desarrollar la aplicación en esta modalidad de arquitectura es necesario tener en cuenta:

3.3.1.1 Frontend. El Frontend de una aplicación es la parte visible del software, es la parte lógica de visualización e interacción del usuario, la cual se ejecuta en los dispositivos a través de su sistema operativo (CodiTramuntana,2019). Para desarrollar una aplicación nativa para Android y IOS se deben escribir con dos lenguajes de programación completamente distintos pues los lenguajes no son compatibles entre los sistemas operativos por lo que extenderá el tiempo de desarrollo y el costo de esta. En la actualidad se han desarrollado un tipo de herramientas que facilitan la creación de aplicaciones multiplataforma denominadas framework que permiten la creación de aplicaciones estéticas, nativas y de alto rendimiento desde una misma base de código. Para el desarrollo de esta aplicación se usará el Framework de código abierto Flutter, que se utiliza en conjunto con el lenguaje de programación llamado Dart. Esta es una herramienta que a diferencia de otros framework permitirá crear la aplicación de una manera ágil, alto rendimiento y un único código 100% aplicable para el desarrollo del aplicativo en los dos sistemas operativos (Códigofacilito, 2019).

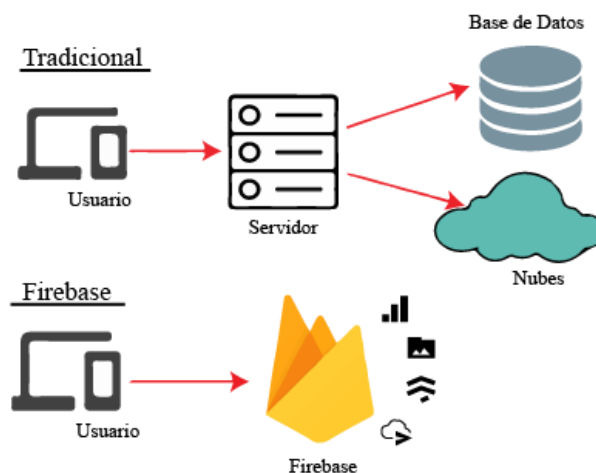
3.3.1.2 Backend. El Backend es el conjunto de estructuras que contiene la lógica de la aplicación, es decir, todas las actividades, procesos y cálculos entre otros que no son directamente accesible por los usuarios ya que estos se llevan a cabo en el lado del servidor. Es el encargado de procesar una petición y devolver los datos correspondientes al cliente.

Además de contar con un lenguaje de programación en el *frontend*, es necesario contar con herramientas que ayuden al correcto funcionamiento de la aplicación móvil, en este caso, un servidor. La estructura y creación de esta parte de la aplicación puede tornarse un poco complicada y costosa por el hecho de que requiere servidores, los cuales necesitan de otros lenguajes de

programación distinto al del *frontend* por cuestiones de seguridad para su funcionamiento, una base de datos y diversas herramientas adicionales que permitan su óptimo desarrollo. En la actualidad existen un grupo de plataformas denominadas *Backend as a service*, (*BAAS*) las cuales permiten conectar aplicaciones móviles a servicios de *Backend* sin la necesidad de escribir un código del lado del servidor, esto puede hacer que el equipo de desarrollo se concentre más en la lógica básica o en la experiencia de usuario, además de que no necesita tener conocimiento en el lenguaje del servidor (Taviles, 2017). La figura 25 muestra la diferencia entre la estructura de una APP desarrollada de la manera tradicional y una desarrollada con un BAAS, donde en la forma tradicional se evidencia que se debe usar un servidor, el cual ayudará a programar la base de datos mientras que en la BAAS se omite ese paso haciendo más práctico el desarrollo del aplicativo. Basándose en las ventajas que la plataforma BAAS ofrece, *Firebase* es la plataforma seleccionada para el desarrollo de la aplicación “D.R.S” pues facilita la administración de datos, integraciones con redes sociales, almacenamiento de archivos, notificaciones *push*, entre otras (Tecnova, 2019).

Figura 25.

Diferencias para la creación de APP entre una estructura tradicional y una BAAS.

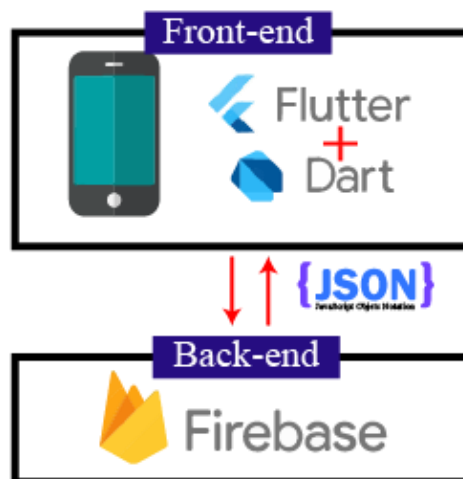


Para el buen entendimiento del *frontend* con el *backend*, es necesario el uso de una interfaz de programación de aplicaciones, conocida también por la sigla *api*, del inglés *Application Programming Interface*, estas permiten que los productos y servicios que se desarrollan se comuniquen con otros servidores sin necesidad de saber cómo están implementados, de esta manera se podrá utilizar piezas o funciones que otros ya han creado para agilizar el tiempo de la creación del aplicativo (Red Hat, 2019). En este caso las APIs usadas para este proyecto se comunican con JSON (*JavaScript Object Notation*) que es un formato de texto sencillo para el intercambio de datos que permite la buena comunicación y funcionamiento entre los diferentes componentes del sistema.

En la figura 26 se muestra la estructura empalada para el desarrollo del aplicativo D.R.S. donde a manera de resumen se visualiza que para el desarrollo del *frontend* se emplea la herramienta *flutter* escrita en lenguaje de programación Dart, para el *backend* se emplea un BAAS llamado *Firebase* y para intercambiar la información de estos dos módulos se emplea un formato de texto sencillo escrito en JSON.

Figura 26.

Estructura de la Aplicación móvil D.R.S.



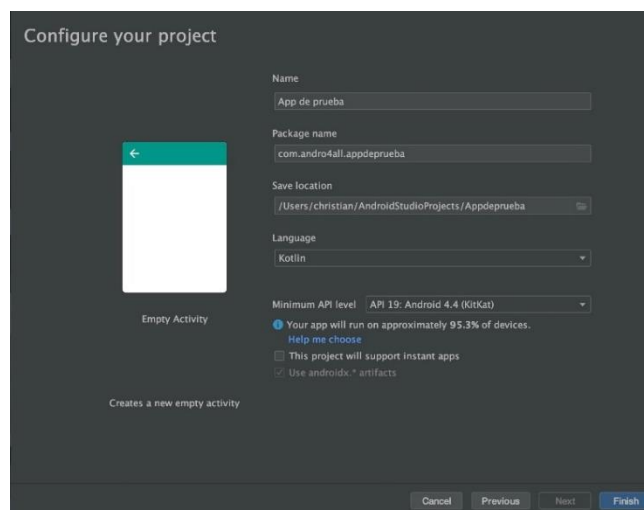
Con todos los sistemas, herramientas y lenguaje de programación acoplados, se desarrolló la aplicación móvil “D.R.S: *Drilling Rig Selection*”. para los sistemas operativos de Android y IOS.

3.3.2 Construcción de la aplicación

Una vez se han definido los sistemas operativos en los cuales se va a desarrollar el aplicativo móvil junto con esto, los lenguajes y plataformas para llevar a cabo de manera óptima el proyecto, se procede a seleccionar el entorno de desarrollo integrado, por sus siglas en ingles IDE, esta herramienta proporciona funciones para la creación de aplicaciones móviles, las cuales aumentan la productividad durante la compilación de aplicaciones tales como: un emulador rápido con varias funciones, un entorno unificado en el que se puede desarrollar para dispositivos Android y IOS, herramientas y *frameworks* de prueba, integración de plantilla de código entre otros. (Android Developers,2018). Para iniciar con la construcción del aplicativo, se debe crear un proyecto en Android Studio, la figura 27 muestra la interfase de iniciación donde se definen los requerimientos mínimos que debe tener el dispositivo de uso para que la aplicación funcione correctamente.

Figura 27.

Interfaz de creación de proyecto en Android Studio.



Para que la aplicación a desarrollar funcione correctamente en los dispositivos celulares debe presentar las siguientes características:

- Versión Jelly Bean (4.1)
- Procesador de 400 MHz
- Memoria RAM de 256 Mb.

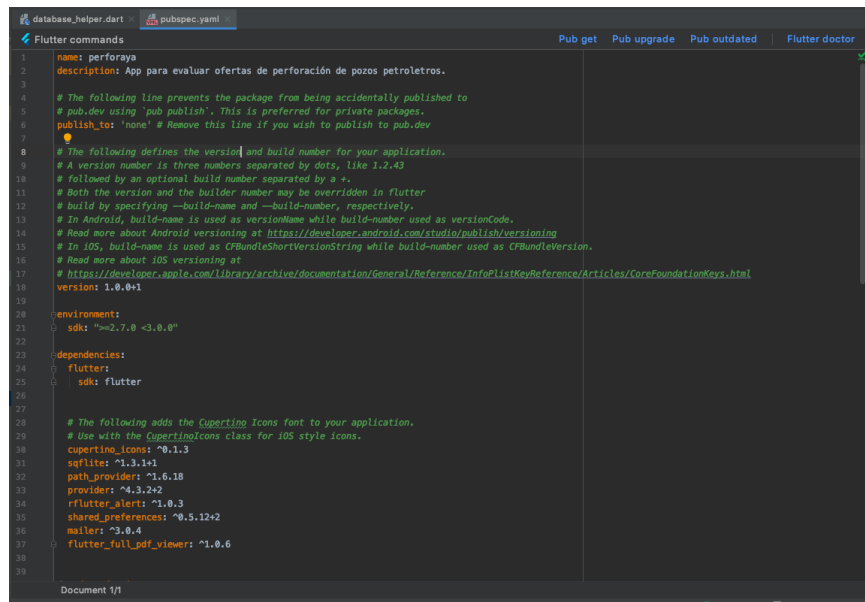
Se recomienda usar un dispositivo que tenga versión Pie (9) para su óptimo aprovechamiento. Como flutter permite generar el “. IPA” para el sistema operativo IOS, este funciona para cualquier versión del *software* pero se recomienda el uso en dispositivo con la versión 12.4 o superior.

Es importante tener en cuenta que para el desarrollo del aplicativo se tuvo como guía el diseño presentado en el numeral 3.2 del presente documento.

Una vez creado el proyecto, es importante definir las librerías que permitirán el correcto funcionamiento del aplicativo. En *Flutter*, se utiliza el archivo “pubspec.yaml” para definir los metadatos de la aplicación, en este se detallan los módulos o dependencias de la aplicación, entornos de ejecución, recursos o *assets* que cargará la aplicación como íconos, gráficas o documentos, así como la selección del tema del aplicativo. En la parte inferior de la imagen 28 se evidencia la forma en que cada una de las dependencias son activadas para el aplicativo D.R.S en el IDE por medio de un código.

Figura 28.

Activación de las dependencias en Android Studio.



```

Flutter commands
1 name: perforaya
2 description: App para evaluar ofertas de perforación de pozos petroleros.
3
4 # The following line prevents the package from being accidentally published to
5 # pub.dev using 'pub publish'. This is preferred for private packages.
6 publish_to: 'none' # Remove this line if you wish to publish to pub.dev
7
8 # The following defines the version and build number for your application.
9 # A version number is three numbers separated by dots, like 1.2.43
10 # followed by an optional build number separated by a +.
11 # Both the version and the build number may be overridden in flutter
12 # build by specifying --build-name and --build-number, respectively.
13 # In Android, build-name is used as versionName while build-number used as versionCode.
14 # Read more about Android versioning at https://developer.android.com/studio/publish/versioning
15 # In iOS, build-name is used as CFBundleShortVersionString while build-number used as CFBundleVersion.
16 # Read more about iOS versioning at
17 # https://developer.apple.com/library/archive/documentation/General/Reference/InfoPlistKeyReference/Articles/CoreFoundationKeys.html
18 version: 1.0.0+1
19
20 environment:
21   sdk: ">=2.7.0 <3.0.0"
22
23 dependencies:
24   flutter:
25     sdk: flutter
26
27
28 # The following adds the Cupertino Icons font to your application.
29 # Use with the CupertinoIcons class for iOS style icons.
30 cupertino_icons: ^0.1.3
31 sqflite: ^1.3.1+1
32 path_provider: ^1.6.18
33 provider: ^4.2.2+2
34 rflutter_alert: ^1.0.3
35 shared_preferences: ^0.5.12+2
36 mailer: ^3.0.4
37 flutter_full_pdf_viewer: ^1.0.6
38
39 Document 1/1

```

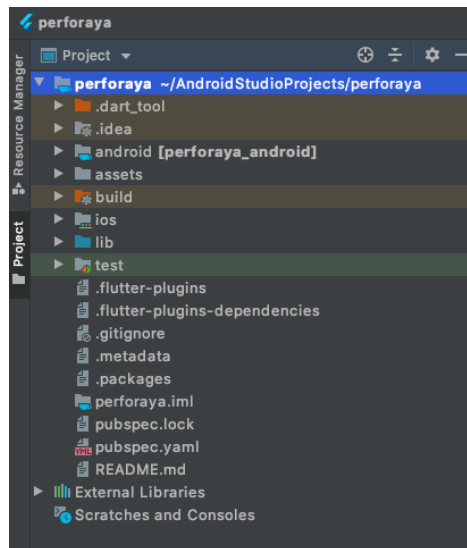
La función de cada una de las dependencias se encuentra enunciadas a continuación:

- **Cupertino_icons:** Iconografía del estilo cupertino, disponible para plataformas IOS.
- **Sqflite:** Paquete que permite acceso fácil a manejo de bases de datos SQLite.
- **Path_provider:** Librería para estandarizar el acceso al sistema de ficheros de los dispositivos móviles.
- **Provider:** Paquete que permite controlar la lógica de la aplicación aplicando el patrón provider.
- **Rflutter_alert:** Paquete que facilita la generación de ventanas emergentes para mostrar diálogos o mensajes de error.
- **Shared_preferences:** Paquete necesario para manejar el acceso a las preferencias compartidas. Es el que permite mantener la sesión abierta cuando abrimos otras aplicaciones
- **Mailer:** Paquete que permite el acceso vía SMTP a los servidores de correo más comunes, en este caso se utiliza Gmail.

- **Flutter_full_pdf_viewer:** Paquete que permite la carga, lectura y visualización de documentos PDF en una app flutter.

Figura 29.

Estructura de directorios del aplicativo en Android studio



Al programar la información suministrada en la etapa del diseño para que el dispositivo cumpla con su objetivo de una forma adecuada, se genera un extenso conjunto de archivos y carpetas llenas de códigos necesarios para su excelente funcionamiento. En la figura 29 se puede observar la forma en que el IDE muestra la estructura de directorios que presenta el desarrollo de la aplicación D.R.S. Esta es la que le da el orden al proyecto y permite que cuando se vaya a modificar alguna característica del aplicativo sea sencillo encontrar lo que se quiere arreglar. A continuación, se describe la información que se encuentra en cada una de ellas:

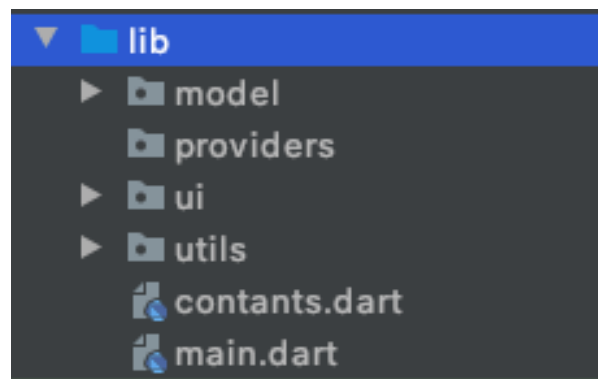
- **.dart_tool:** Directorio de apoyo para los procesos de compilación del lenguaje dart, el cual es el lenguaje sobre el que se soporta Flutter.
- **.idea:** Contiene las configuraciones propias del IDE (Android Studio), que a su vez está basado en IntelliJIdea.

- **android:** Directorio que contiene archivos de código y configuraciones propias para la plataforma Android.
- **assets:** Directorio en donde se alojan los recursos de la aplicación. En este caso se aloja la imagen del *splash* de la aplicación y el manual de uso.
- **ios:** Contiene archivos de código y configuraciones propias para el despliegue de la aplicación a la plataforma iOS.
- **build:** En este directorio es donde se generan los compilados y las aplicaciones ejecutables finales, tanto las versiones *debug* como los *release* de producción. Se recomienda siempre utilizar la versión *release* por rendimiento exceptuando los casos donde se deba hacerse una revisión de errores, en tal caso recomendamos la versión *debug*.
- **Test:** Directorio que aloja las pruebas unitarias de las aplicaciones.
- **lib:** Es el directorio más importante porque es donde se aloja el código fuente de la aplicación.

En la figura 30 se muestra cada uno de los componentes que hacen parte de la sección de la carpeta *lib*, los cuales facilitan al desarrollo del aplicativo.

Figura 30.

Librería de lib.



Al notar que en esta sección se almacena el código fuente de la aplicación, es pertinente enunciar la información que se puede encontrar en esta parte.

- **model:** Directorio donde se aloja las entidades persistentes, esto es la representación en código dart de las estructuras de la base de datos.
- **providers:** Directorio en el cual se aloja los manejadores de estado, es decir donde vive la implementación del patrón provider.
- **ui:** Contiene el código fuente de todas las ventanas de la aplicación, listados, editores, página de inicio de sesión, etc. Dentro de este directorio también se encuentran divididos en submódulos por concepto para el desarrollo de este aplicativo: *equipment, factor, offer, project, requirements, specification, system, user*.
- **utils:** Librerías de utilidad para mostrar alertas y acceder a la base de datos.

La imagen 31 muestra uno de los muchos procesos que se desarrollaron para la creación de la aplicación, en este caso, la lógica del diseño visual para mostrar la lista de proyectos que se han creado.

Figura 31.

Código para la creación del aspecto visual del módulo proyectos.

```
97   getProjectListView() {
98     return ListView.builder(
99       itemCount: widget.count,
100      itemBuilder: (BuildContext context, int position) {
101        return GestureDetector(
102          child: Card(
103            color: position == widget.selectedIndex ? Colors.white38 : Colors.white,
104            elevation: 2.0,
105            child: widget.getListTile(widget.itemList[position]),
106          ), // Card
107          onTap: (){
108            widget.goToEdit(context, widget.itemList[position]);
109          },
110          onLongPress: (){
111            setState(() {
112              widget.selectedIndex = position;
113            });
114          },
115        ); // GestureDetector
116      }); // ListView.builder
117  }
```

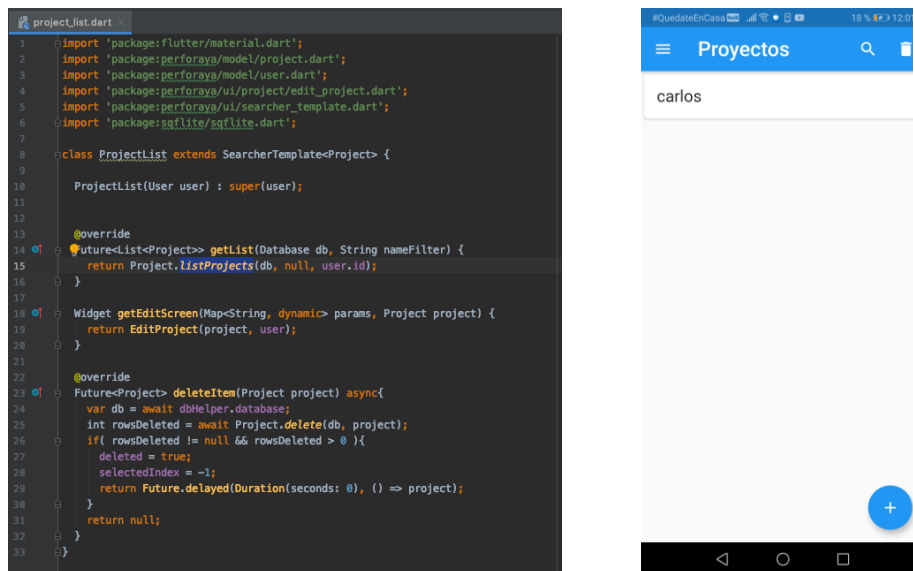
Una vez se valida que los códigos contienen la lógica que se diseñó previamente para la selección de equipos de perforación y que el lenguaje de programación se acopla de la forma

adecuada con las herramientas seleccionadas, con ayuda del emulador presente en Android studio, se genera la impresión visual de cómo se vería la aplicación en el dispositivo móvil.

En la figura 32 se puede ver el proceso de creación de una interfaz del aplicativo D.R.S, donde en la primera imagen se muestra el código requerido en el IDE para generar la interfaz de proyectos y en la segunda se observa cómo se manifiesta en el aplicativo.

Figura 32.

Comparación entre lo que Android studio muestra para la creación de la interfaz proyecto y lo que aparece en el dispositivo móvil.



El último paso es generar el archivo funcional que permita realizar la instalación del aplicativo en los dispositivos móviles. Con esto se obtienen dos archivos, un “.APK” y un “.IPA” que son los que permiten que el software esté listo para usarse en los *smartphone* con sistemas operativos Android y IOS respectivamente.

3.4 Pruebas de la aplicación móvil

Después de configurar el diseño al lenguaje de programación y de esta forma compilar todos esos códigos para la creación del aplicativo, se somete este prototipo a una serie de pruebas o inspecciones tanto visuales como operativas. La finalidad de realizar las pruebas al aplicativo

móvil es cerciorarse de que este sea lo más cercano al objetivo que se planteó al inicio, es decir, que sea una guía para la selección de equipos de perforación en los campos *onshore* Colombianos.

Es muy importante evaluar la experiencia del usuario (UX) cuando se crea una APP. Al realizar estas pruebas se busca asegurar que la aplicación sea lo más funcional posible, es decir, que tenga la mayor cantidad de información para disminuir el porcentaje de error a la hora de la selección del equipo, que sea lo más accesible posible, de esta forma resultará fácil para el usuario entender el uso de la aplicación, que el lenguaje de programación se acople adecuadamente a lo previamente diseñado permitiendo que esta sea lo más versátil o personalizable según el usuario lo requiera, cumpliendo con un correcto manejo de los datos de entrada de información del pozo, requerimientos del mismo, información ofrecida por las compañías ofertantes entre otros, realizar la lógica previamente diseñada con los datos de cada una de las ofertas y arrojar un resultado coherente.

El diseño de la interfaz de usuario, por sus siglas en inglés UI, también es un factor importante pues es el medio de interacción de Usuario-máquina, por lo que este debe contar con unos estándares mínimos referentes a una buena organización de pantallas, colores y fondos; claridad, tamaño adecuado y alineación en los datos de entrada y una consistencia de la interfaz en toda la aplicación.

Una vez el producto pasa las pruebas de inspección, asegurándose que en cada uno de los aspectos evaluados cumpla con los requerimientos está listo para su uso.

3.5 Producto final

Esta es la última fase de la metodología donde se obtendrá el producto final, el cual se compone de una aplicación móvil para la selección de taladros de perforación para los pozos *onshore*, dirigida a personas que trabajen y estudien en la industria de los hidrocarburos y esté relacionada

con la perforación petrolera. Esta aplicación se podrá encontrar para los dos sistemas operativos y tendrá la capacidad de determinar con base en las distintas ofertas y unos requerimientos específicos, cual es el conjunto de equipos más apropiado para el cliente y el plan de perforación establecido.

La aplicación funcionará correctamente ya que se le habrán realizado pruebas previamente para verificar su funcionalidad y adicionalmente un manual de usuario que muestre en detalle el objetivo de la aplicación, su funcionalidad y como debe ser usada para cualquier usuario que lo requiera. En el apéndice A se puede observar los componentes del manual que permitirá darle un uso óptimo a la aplicación “D.R.S: *Drilling Rig Selection*”.

4. Ejemplo de aplicación

El proceso de selección de un taladro de perforación es un proceso extenso y depende de diferentes factores, estos varían en cada caso y para cada empresa que desea perforar un pozo. La aplicación “D.R.S: *Drilling Rig Selection*” busca soportar y ayudar durante todo el proceso de selección de taladros. Este sistema sirve para determinar la oferta más adecuada para la empresa operadora de la manera más práctica y funcional posible. Después de un proceso de diseño y desarrollo de software basado en requerimientos y ofertas de compañías operadoras y contratistas, se obtuvo como resultado el aplicativo móvil con la capacidad de seleccionar el conjunto de equipos más apropiado para realizar el proceso de perforación. Es importante en este punto evaluar la funcionalidad y coherencia de los resultados obtenidos en la aplicación al momento de ingresar los datos de un pozo y ofertas en específico, esto con el fin de determinar si la aplicación cumple su objetivo principal y los resultados tienen verosimilitud con los resultados esperados.

Para probar el buen funcionamiento y desempeño de la aplicación desarrollada, se decide realizar una prueba con un caso ejemplo que consiste en la evaluación y selección de equipos de perforación y taladro para una empresa operadora. Para este caso se usarán datos y valores que se manejan regularmente en la industria del petróleo y la selección de taladros, buscando determinar cuál de las dos ofertas entre las dos compañías de servicios es la más adecuada para este proyecto. A continuación, se mostrará el ejemplo del uso de la aplicación:

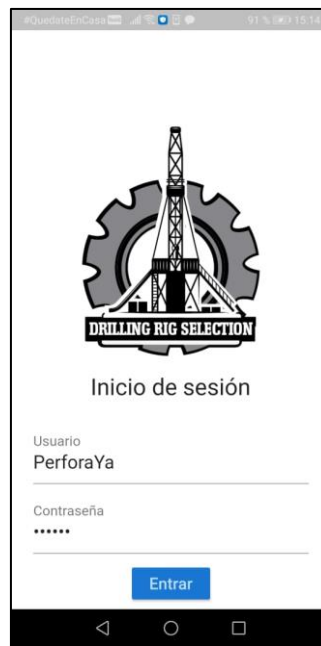
4.1 Registro y Log in

Para poder hacer uso de la aplicación el usuario debe descargar la aplicación, y realizar la instalación siguiendo los pasos indicados en el manual de usuario. Una vez descargada la aplicación y lista para su uso, el usuario se registra; para este proceso se digita un nombre, un correo electrónico y una contraseña.

Una vez el usuario se registra en la aplicación se realiza el procedimiento de inicio de sesión dentro de la aplicación móvil ingresando los datos de usuario y contraseña como se muestra en la figura 33, es importante resaltar que si existe el caso en que el usuario haya olvidado su contraseña, habrá una opción llamada “olvidé mi clave” la cual lo redireccionará a un proceso para que pueda recuperar su cuenta.

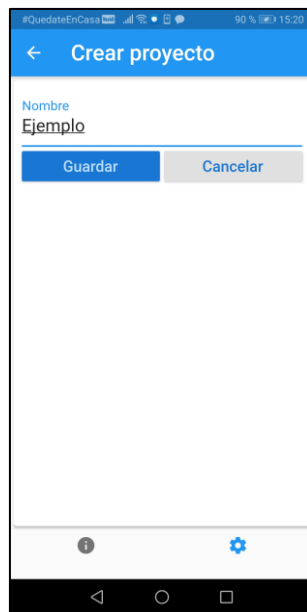
Figura 33.

Inicio de sesión del usuario.



4.2 Creación del proyecto y datos del pozo

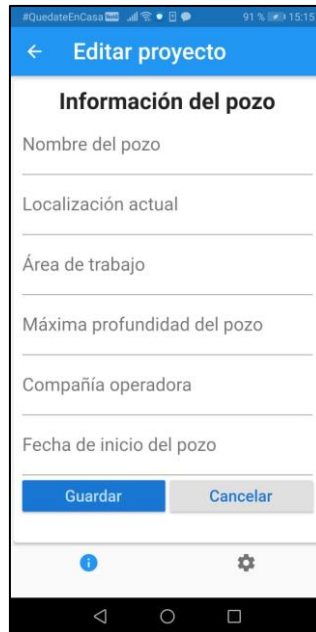
Siguiendo el procedimiento para el uso de la aplicación, el siguiente paso a seguir es crear el proyecto en el cual se va a trabajar, en este caso el proyecto se llamará “ejemplo” como se muestra en la figura 34. La aplicación tiene la funcionalidad de mostrar el registro de cada uno de los proyectos creados con anterioridad; sin embargo, este ejemplo muestra la creación de un proyecto por primera vez por lo que no cuenta con proyectos previos.

Figura 34.*Creación de un proyecto.*

Para la creación del proyecto se ingresó el nombre del pozo perteneciente a la compañía operadora. En la opción llamada ‘información del pozo’, se ingresaron los datos necesarios para identificar el pozo-1, la información suministrada se muestra en la tabla 12 y la interfaz del aplicativo para esta sección se muestra en la figura 35.

Tabla 12.*Información requerida del pozo para el ejemplo*

Requerimiento	Dato Ingresado
Nombre del pozo	Pozo-1
localización actual	Puerto Gaitan, Meta
Área de trabajo [m ²]	9035
Máxima profundidad del pozo [ft]	21.000
Compañía Operadora	Compañía Operadora 1
Fecha de inicio del pozo	24 de diciembre del 2020

Figura 35.*Interfaz Información del pozo*The image shows a mobile application interface for editing a project. At the top, there is a blue header with a back arrow and the text 'Editar proyecto'. Below this is a section titled 'Información del pozo' in bold. The form contains several text input fields: 'Nombre del pozo', 'Localización actual', 'Área de trabajo', 'Máxima profundidad del pozo', 'Compañía operadora', and 'Fecha de inicio del pozo'. At the bottom of the form are two buttons: 'Guardar' (blue) and 'Cancelar' (grey). Below the form is a navigation bar with an information icon (i) and a settings icon (gear). The Android navigation bar is visible at the very bottom.

Las figuras 34 y 35 muestran ambas secciones del aplicativo para la creación del proyecto e información del pozo. En esta parte se verificó que la aplicación tenga la capacidad de crear el proyecto donde se va a guardar toda la información referente a los requerimientos, ofertas y resultados y lo realice de manera adecuada.

4.3 Requerimientos

Con el paso anterior realizado satisfactoriamente, se procede a ingresar los requerimientos del proyecto para la perforación del pozo-1, en esta parte se necesita los requerimientos establecidos por la empresa operadora para llevar acabo la actividad de perforación. En esta sección se busca validar que la aplicación cuente con:

- ✓ Los equipo y requerimientos establecidos en el diseño.
- ✓ Que haya una selectividad en los requerimientos.
- ✓ Comentarios para especificar detalles de los requerimientos.

✓ Validación de porcentajes.

La aplicación permite evaluar cuatro factores ingresando los requerimientos factor por factor como se muestra en la figura 36.

Figura 36.

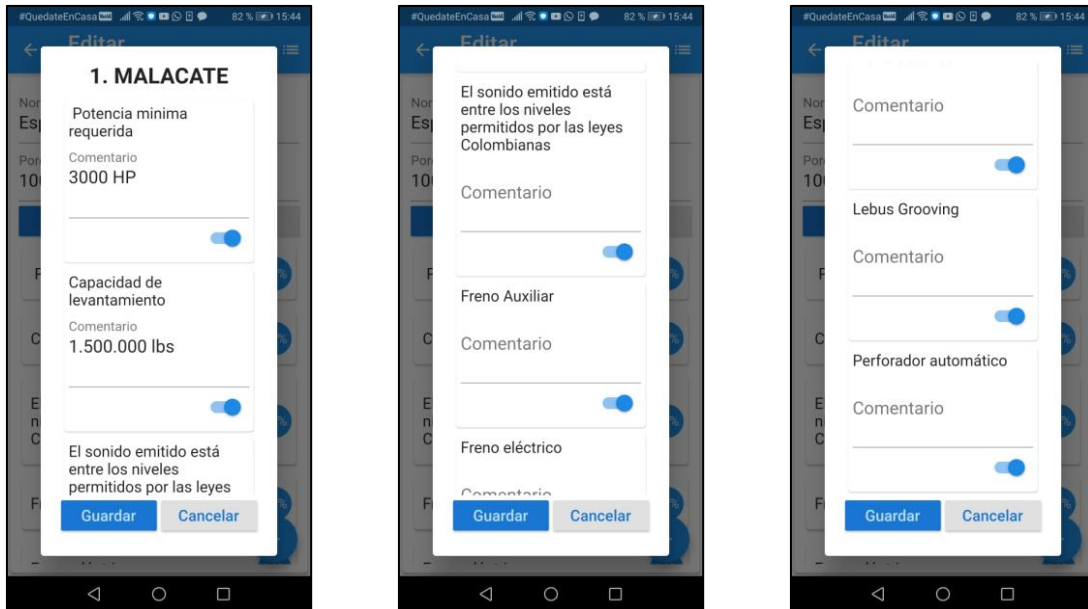
Requerimientos del proyecto



Se comienza con el factor técnico, el cual está dividido en sistemas, y cada sistema está dividido en equipos, los equipos que muestra la aplicación son los sugeridos por ella; sin embargo, el usuario puede seleccionar los que desee e incluso agregar equipos nuevos. Para el desarrollo de este ejemplo se usarán los equipos sugeridos por la aplicación. En la figura 37 se observa el proceso de selección para cada una de las características del malacate, siendo este un equipo del sistema de levantamiento.

Figura 37.

Información requerida por la compañía operadora para el malacate.

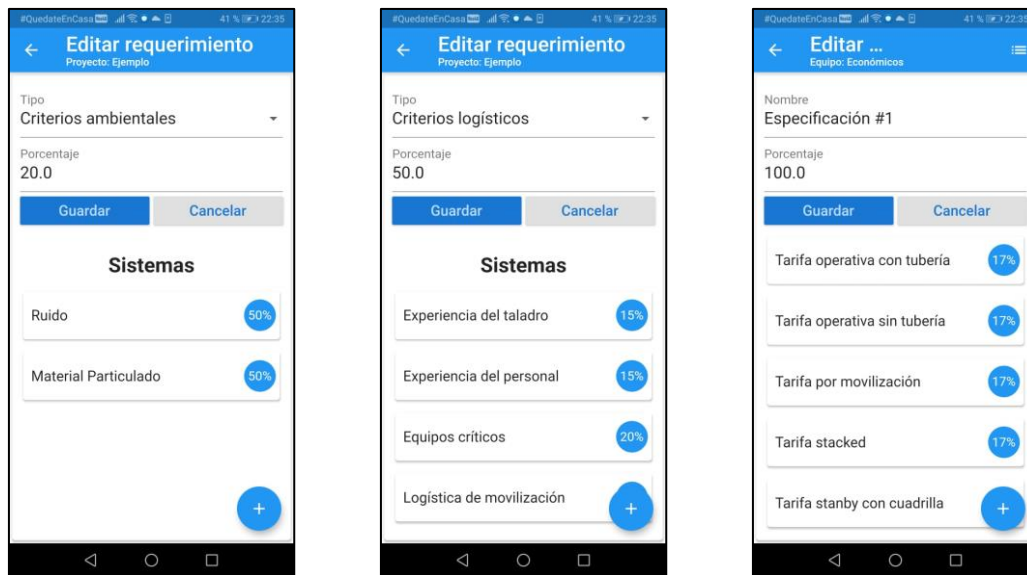


De igual manera el usuario selecciona cada uno de los equipo y característica que desea evaluar en esta sección teniendo en cuenta los requerimientos, los rangos, cargas y criterios específicos establecidos desde un principio completando así el primer factor de los requerimientos.

Una vez registrados todos los datos del requerimiento técnico se procede a realizar el mismo procedimiento con los tres factores restantes, se escogen los requerimientos necesarios para la evaluación y a su vez, se le asigna su porcentaje de importancia, siendo estos acordes con lo que la compañía sugiere que las ofertas deberían tener para un mejor rendimiento del taladro. En las figuras 38 se observa el proceso de selección para cada factor.

Figura 38.

Selección de requerimientos para cada factor



La primera imagen de la figura 38 muestra los requerimientos establecidos por el usuario para el factor ambiental, compuesto por las emisiones de ruido y de material particulado, seguido por el factor logístico igualmente compuesto por requerimientos a preferencia del usuario y con un porcentaje de importancia ya definido, finalmente la tercera imagen muestra los requerimientos de tarifas para el factor económico que ayudara al usuario en la toma de decisiones.

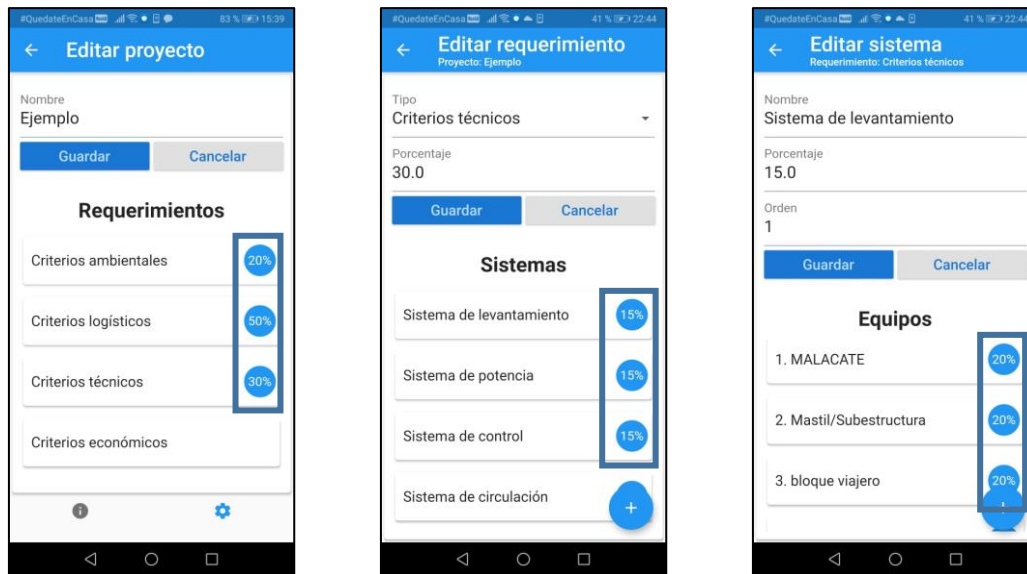
4.4 Ajuste de importancia para cada factor

A medida que se van seleccionando y agregando los sistemas, equipos y requerimientos de cada uno de los factores que se van a tener en cuenta para la evaluación de las ofertas, también se ajusta el porcentaje de importancia que va a tener cada uno de estos, la figura 39 muestra el porcentaje de importancia de los tres factores, los criterios técnico y los equipos del sistema de levantamiento de la aplicación con la intención de mostrar la interfaz de la aplicación y como se observan estos valores. Estos porcentajes deben estar previamente establecidos por la compañía operadora basados en criterios propios de la empresa y el sistema o metodología que desarrollen para asignar

cada valor, esto permite que cada usuario ingrese los valores que desee y serán diferentes para cada compañía.

Figura 39.

Porcentaje de importancia de los factores presentes en el proyecto ejemplo



Los porcentajes que fueron usados en el ejemplo se pueden ver en la tabla 13:

Tabla 13.

Porcentaje de importancia de los diferentes factores usados en el ejemplo

Factor	Porcentaje
Técnico	30
Ambiental	20
Logístico	50
Total	100

Como se puede observar, la empresa operadora determina que el factor logístico tiene mayor relevancia a la hora de seleccionar el taladro en comparación con los otros factores.

De igual manera la tabla 14 muestra los porcentajes de importancia que serán tomados para los sistemas de cada uno de los factores para el desarrollo de este ejemplo. Estos valores se usaron

únicamente para determinar la funcionalidad de la aplicación por lo que no están basados en un plan de perforación específico.

Tabla 14.

Porcentaje de importancia de los sistemas para el ejemplo

Sistema	Porcentaje
Técnico	
Sistema de levantamiento	15%
Sistema de potencia	15%
Sistema de control	15%
Sistema de circulación	15%
Sistema de rotación	15%
Sarta de perforación	10%
Equipos Adicionales	10%
Otros Equipos	5%
TOTAL	100%
Ambiental	
Ruido	50%
Material particulado	50%
TOTAL	100%
Logístico	
Experiencia taladro	15%
Experiencia del personal	15%
Equipos críticos	20%
Logística de movilización	20%
Estado actual del taladro	20%
Protocolos de Bioseguridad	10%
TOTAL	100%

Para el criterio técnico la aplicación da la facilidad de elegir los porcentajes para cada uno de los equipos que se evalúan, de igual manera para el factor ambiental y logístico. En el caso de los equipos, para el desarrollo del caso ejemplo todos tendrán el mismo porcentaje, determinándose estos entre la división de 100 y el número de equipos presentes en cada sistema.

Finalmente, el factor económico se tiene en cuenta para la selección, pero no tiene un sistema de calificación definido, por lo tanto, no hace parte de esta sección.

Cabe aclarar que para la validación de esta sección la suma de los porcentajes en cada grupo de requerimientos debe dar el valor de 100%, de lo contrario no se podrá seguir a la siguiente sección y aparecerá un mensaje como el que se muestra en la figura 40.

Figura 40.

Mensaje de alerta que indica que hay un error en el porcentaje dado a los factores.



4.5 Ofertas

El siguiente paso es ingresar los datos de las diferentes ofertas para el taladro, por lo que se debe determinar cuántas ofertas se van a evaluar, y si cuentan con todos los datos que se solicitan.

En esta sección se valida que la aplicación cuente con:

- Agregar la cantidad de ofertas como sea necesaria.
- Verificación de la selectividad y equipos adicionales.
- Facilidad para ingresar datos de la oferta

Para este caso se van a considerar dos ofertas ya que se busca evaluar la funcionalidad de la aplicación. Las ofertas son de dos compañías de servicio diferentes. La información de las dos ofertas a evaluar se puede observar en la tabla 15

Tabla 15.

Información suministrada por las ofertas para el ejemplo

	Oferta 1	Oferta 2
Nombre del taladro	Taladro #01	Taladro #02
Estatus Actual	Under contract	Under contract
Compañía	Compañía de Servicio #01	Compañía de Servicio #02
Tipo de Taladro	AC Land Drilling Rig	AC Land Drilling Rig
Año de construcción	2008	2012
Fecha de disponibilidad	Noviembre-2020	4Q-2020
Localización Actual	Yopal, Casanare	Puerto Margarita, Bolivia
Último trabajo realizado	Initial moving to well properidad, Yopal, Casanare	Well Jaguar – X6
Área de trabajo del taladro	135mx44.5m RIG lay-out is attached	140m x 46m. RIG lay-out is attached
Nombre del pozo	Pozo 1	Pozo 1
Máxima Potencia	3000 HP	3000 HP
Máxima profundidad del pozo	25.000 ft with 5 7/8 DP	25.000 ft with 5 7/8 DP

Primero se registran los datos de la oferta de la compañía de servicios #1 y se procede a verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos por el usuario. La figura 41 muestra las dos secciones que componen el módulo de ofertas en la aplicación, el ingreso de los datos mostrados en la tabla 15 y los datos suministrados para el caso del malacate; así mismo, el procedimiento se realizó para cada uno de los equipos y requerimientos establecidos en las secciones anteriores.

Figura 41.

Información de la oferta 1.

The figure consists of two side-by-side screenshots of a mobile application interface. The left screenshot shows a form titled "Crear oferta" (Create offer) with the following fields: "Proyecto" (Project) with a dropdown menu showing "Ejemplo"; "Compañía" (Company) with the text "Compañía de Servicios #1"; "Nombre del taladro" (Drill name) with the text "Taladro #1"; "Estado" (State) with the text "Bajo contrato"; "Fecha de disponibilidad" (Availability date) with the text "20201120"; "Localización" (Location) with the text "Yopal, Casanare"; "Último trabajo realizado" (Last work done) with the text "20200215"; and "Potencia total" (Total power) with the text "3000". The right screenshot shows a modal window titled "1. MALACATE" with two sliders: "Potencia mínima requerida 3000 HP" (Minimum required power 3000 HP) and "Capacidad de levantamiento 1.500.000 lbs" (Lifting capacity 1,500,000 lbs). Below the sliders is a "Comentario" (Comment) field with the text "2.000.000 lbs > 1.500.000 lbs". At the bottom of the modal are "Guardar" (Save) and "Cancelar" (Cancel) buttons.

Es importante resaltar que el porcentaje con el que se evalúa cada equipo depende de cada compañía operadora y de los criterios en que se basen para determinar cada uno de los valores. Después de completar todos los datos que solicita la aplicación para la oferta 1, se procede a realizar el mismo procedimiento con la oferta de la compañía de servicios #02 (información de la oferta y cumplimiento de requerimientos) como se ve en la imagen 42.

Figura 42.

Información de la oferta 2.

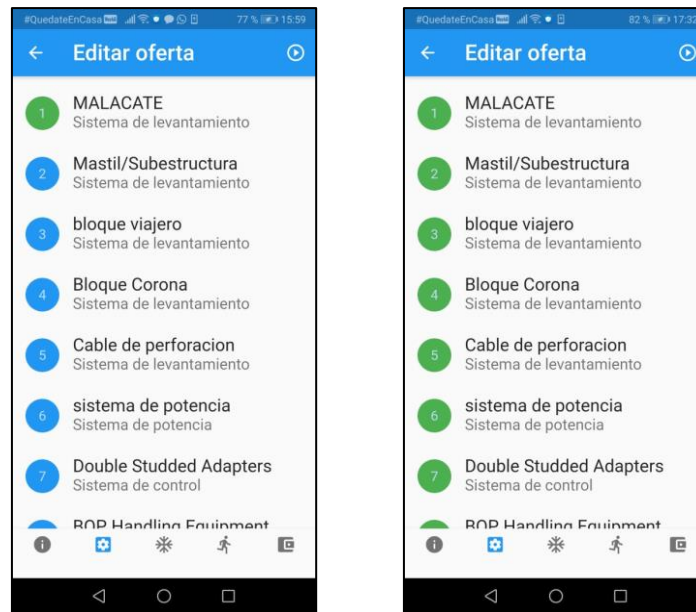
The figure consists of two side-by-side screenshots of a mobile application interface. The left screenshot shows a form titled "Editar oferta" (Edit offer) with the following fields: "Proyecto" (Project) with a dropdown menu showing "Ejemplo"; "Compañía" (Company) with the text "Compañía de servicios #02"; "Nombre del taladro" (Drill name) with the text "Taladro #02"; "Estado" (State) with the text "Bajo contrato"; "Fecha de disponibilidad" (Availability date) with the text "20201120"; "Localización" (Location) with the text "Puerto Margarita, Bolivia"; "Último trabajo realizado" (Last work done) with the text "20200215". The right screenshot shows a modal window titled "55. Aerial Work plataform/Man Lift" with two sliders: "Altura de la plataforma" (Platform height) with the value "56" and "Capacidad" (Capacity) with the value "50". Below the sliders is a "Comentario" (Comment) field with the text "45 ft < 80 ft" and another "Comentario" field with the text "500 lbs < 1000 lbs". At the bottom of the modal are "Guardar" (Save) and "Cancelar" (Cancel) buttons.

4.6 Validación

Una vez diligenciada la primera oferta que se presentó para el pozo-1, se realiza la validación de datos, la cual tendrá como resultado el porcentaje de cumplimiento y comentarios para cada factor y para cada criterio, basados en los requerimientos previamente establecidos por el usuario. En la figura 43 se observa la interfaz de la aplicación antes de obtener los resultados en donde se debe tener todos los datos de las ofertas completamente ingresados, la forma de asegurarse de este paso es que todos los círculos que se presentan en la oferta cambien de color azul a verde.

Figura 43.

Validación de las ofertas.



4.7 Resultados

En esta última sección se busca evaluar que la aplicación pueda:

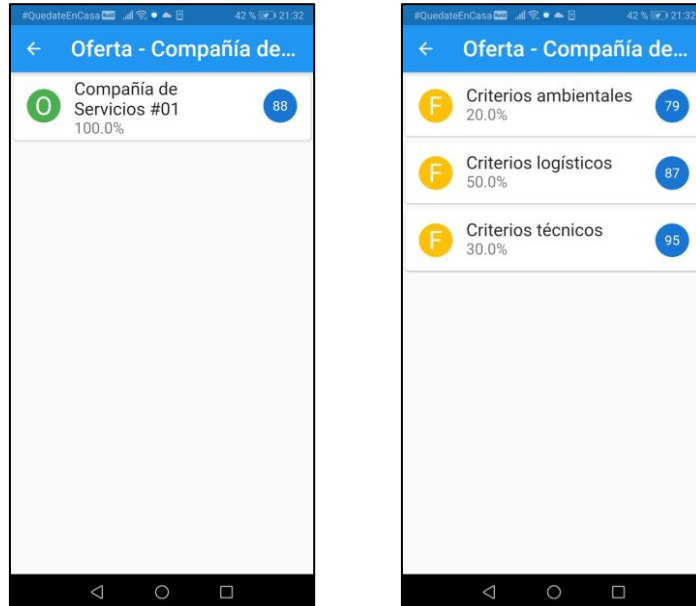
- Tener un adecuado sistema de calificación
- Mostrar un resultado global para cada oferta y requerimiento
- Mostrar resultados del factor económico acorde al diseño

- Verificar la funcionalidad de la aplicación

Al seleccionar el botón que genera los resultados de la oferta, automáticamente la aplicación muestra los resultados basados en los requisitos y componentes de la oferta ingresados en las secciones anteriores. El usuario puede ver el porcentaje de cumplimiento para cada uno de los factores evaluados y un puntaje general de cumplimiento basados en la importancia que se le da a cada factor y cada criterio de evaluación. Adicionalmente se observa cada uno de los comentarios ingresados en cada oferta, los cuales ayudan a la toma de decisión, en la figura 44 se puede observar los resultados de la oferta de la compañía #1, donde se muestra un porcentaje de cumplimiento del 88% y al dar clic en ella se desglosa los factores ambientales, técnicos y logísticos que hacen parte de ella, cada uno con su porcentaje de cumplimiento.

Figura 44.

Resultados Oferta 1



Una vez se realiza este procedimiento con la segunda oferta, aparecerá una interfaz donde se pueden apreciar los resultados globales de las dos ofertas. La imagen 45 muestra los resultados para el caso ejemplo, donde se observa que la oferta de la compañía de servicios #01 presenta un

puntaje más alto que el de la compañía de servicios #02 ya que su cumplimiento es solo del 74%, razón por la cual esta sería la mejor opción para desarrollar el proyecto asegurando eficiencia, seguridad y disminuyendo el riesgo de presentar tiempos no productivos. Cabe aclarar que la función del aplicativo móvil es organizar, ayudar y guiar al usuario durante el proceso de la selección de equipos de perforación; sin embargo, la decisión final es de la compañía o el profesional encargado para la selección, por lo que deberá revisar a detalle cada uno de los resultados obtenidos y definir si realmente cumple con todos los requerimientos establecidos.

Figura 45.

Resultados del caso Ejemplo

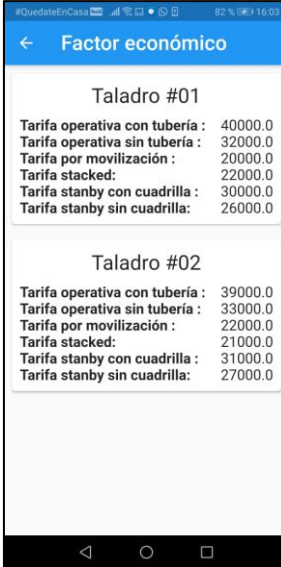


Adicional a esto la figura 45 muestra también una casilla donde se puede observar los resultados del factor económico, dicho factor como se ha mencionado anteriormente no se encuentra entre las ofertas ya que no hace parte del sistema de calificación sin embargo también ayuda al usuario aportando información relevante al momento de la toma de decisiones. En la figura 46 se puede observar el valor de cada una de las tarifas para las dos ofertas presentadas para este proyecto, cabe

recordar que este factor sirve para determinar que oferta se debe seleccionar en el caso en que los porcentajes globales obtenidos para las dos ofertas sea muy similar.

Figura 46.

Resultados tarifa económica



Taladro #01	
Tarifa operativa con tubería :	40000.0
Tarifa operativa sin tubería :	32000.0
Tarifa por movilización :	20000.0
Tarifa stacked:	22000.0
Tarifa stanby con cuadrilla :	30000.0
Tarifa stanby sin cuadrilla:	26000.0

Taladro #02	
Tarifa operativa con tubería :	39000.0
Tarifa operativa sin tubería :	33000.0
Tarifa por movilización :	22000.0
Tarifa stacked:	21000.0
Tarifa stanby con cuadrilla :	31000.0
Tarifa stanby sin cuadrilla:	27000.0

Después de revisar el funcionamiento de la aplicación y validar sus resultados, estos muestran veracidad y coherencia para los datos seleccionados y respuestas esperadas, adicional a esto se evidencia una gran funcionalidad debido a la versatilidad para cada usuario en específico que desee hacer uso de la aplicación móvil. Aunque el proceso de selección de taladros conlleva a una alta cantidad de información, la aplicación DRS intenta condensarla en un sistema que ayude al usuario y a la compañía operadora a tomar una decisión más acertada que traerá a futuro beneficios y menos costos asociados a la operación debido a la reducción de tiempos no productivos; sin embargo el aplicativo puede tener mejoras en la interacción usuario – interfaz a manera de que su distribución y diseño sea mucho más amigable para el usuario.

5. Conclusiones

La construcción de la aplicación para la selección de equipos de perforación “D.R.S: Drilling Rig selection” y su validación con valores usados en la industria muestra resultados coherentes y evidencia una serie de características que componen en su totalidad la funcionalidad del aplicativo, entre ellas se encuentra la seguridad para protección de información, usabilidad para los diferentes usuarios que hagan uso de ella y su necesidades específicas, practicidad para el diligenciamiento de datos y accesibilidad que permite al usuario acceder a ella en cualquier momento.

La recopilación de información y análisis de requerimientos y elementos que influyen en la selección de equipos de perforación, así como cada uno de los entes involucrados en este proceso permiten establecer la base y los parámetros para el diseño y desarrollo del aplicativo móvil, en donde se pueda sintetizar toda la información creando un sistema que proporcione una representación adecuada del proceso de selección.

La metodología tipo cascada seleccionada para el desarrollo del proyecto resulta útil para definir el proceso que permite analizar, diseñar y codificar el aplicativo móvil con el fin de obtener un único prototipo que cumpla con las características previamente establecidas en un tiempo definido.

Al implementar una herramienta multiplataforma llamada Flutter, escrito con lenguaje de programación Dart y una plataforma BAAS como lo es Firebase, facilita la construcción del aplicativo de forma nativa, y posibilita un máximo aprovechamiento total del hardware del dispositivo y a su vez un desarrollo que se concentre más en la lógica básica y en la experiencia de usuario, y así poder tener un entregable en los dos sistemas operativos con mayor presencia en el país, siendo estos IOS y Android, lo que permite tener un alto grado de accesibilidad a un mayor público.

El desarrollo de un manual de usuario permite darle un uso adecuado y buen entendimiento al aplicativo ya que es la guía para los usuarios. Este manual se encuentra estructurado de tal forma que muestre la información mínima necesaria como las características que debe tener el hardware para el buen funcionamiento de la aplicación, así como todas las generalidades, las secciones que la componen, la forma correcta en que se debe usar y las limitaciones que presenta la misma. Todo esto con el fin de aprovechar al máximo su funcionalidad y que la información siempre esté disponible para todo el que lo desee.

6. Recomendaciones

Debido al crecimiento que ha tenido la perforación *Offshore* en los últimos años y teniendo en cuenta las variaciones de ciertos elementos entre las plataformas costa afuera y las *onshore*, puede considerarse ampliar el rango de aplicabilidad del sistema a este tipo de taladros, creando una aplicación mucho más completa y funcional.

El mercado de la perforación está en constante cambio, día a día son creados nuevos equipos o incluso nuevas actualizaciones para los dispositivos son desarrolladas, por lo que se recomienda cada cierto tiempo hacer un análisis de los equipos que se usan actualmente para la perforación de pozos colombianos y con los que cuenta la aplicación para ir actualizándola, con el fin de mantener la aplicación al día y a la vanguardia.

Teniendo en cuenta que el factor económico hace parte del análisis de requerimientos, pero no está incluido en el sistema de calificación, podría realizarse una actualización en donde se determine una metodología de evaluación económica la cual permita que se pueda incluir este factor en la calificación final.

Una posible mejora del aplicativo puede ser la construcción de un módulo dentro de la aplicación que permita identificar y seleccionar equipos críticos que para el usuario sean indispensables para el desarrollo del proyecto y de esta manera descartar las ofertas que no cumplen con estos mínimos.

El sistema operativo iOS a diferencia de Android, requiere cargar la aplicación en la *app store* para su funcionamiento óptimo, pero este requiere de un costo anual de membresía por lo que se recomienda realizar un estudio de mercado que permita conocer si es rentable realizar esta inversión.

Para no limitarse únicamente a dispositivos móviles se sugiere crear una versión web para computadores, en donde el usuario pueda ingresar con los mismos datos de cuenta creados en el celular y encuentre toda la información trabajada desde el aplicativo móvil. De igual manera el usuario podrá desarrollar trabajos de selección desde esta nueva versión aumentando la versatilidad del software.

Debido a que en la industria de los hidrocarburos el idioma inglés tiene mucha importancia y aunque este aplicativo es para campos de perforación en Colombia, se recomienda ampliar la versatilidad de la aplicación a un segundo idioma, en este caso el inglés, de manera que el usuario podrá decidir si quiere trabajar en sus proyectos en idioma español o inglés.

Referencias bibliográficas

- Adams, N. J., & Charrier, R. (1985). *Drilling Engineering - A Complete Well Planning Approach*. In *Pennwell Publishing Company*. PennWell Publishing Company.
- ANH. (2008). *LA CADENA DEL SECTOR HIDROCARBUROS*.
<http://www.anh.gov.co/portalregionalizacion/Paginas/LA-CADENA-DEL-SECTOR-HIDROCARBUROS.aspx>
- Athens Group. (2018a). *Rig Selection and Acceptance: Bringing it all Together*. Rig Performance Integrity. <https://athensgroup.com/rig-selection-and-acceptance-bringing-it-all-together/>
- Athens Group. (2018b). *What makes one rig selection and uptake program better than another?* Rig Performance Integrity. <https://athensgroup.com/what-makes-one-rig-selection-and-uptake-program-better-than-another/>
- Azar, J. J., & Samuel, G. R. (2007). *Drilling engineering*. PennWell Corp.
- Bourgoyne, A. T. (1986). *Applied drilling engineering*. Society of Petroleum Engineers.
- Bourgoyne, A. T., Millheim, K. K., Chenevert, M. E., & Young Jr, F. . (1986). *Applied Drilling Engineering, s* (First). Society of Petroleum Engineers.
[https://books.google.com.co/books?id=0HJIDwAAQBAJ&pg=PP4&dq=applied+drilling+engineering&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj66enxj4zmAhU1VkkKHQ2WAfoQ6AEIOjAC#v=onepage&q=applied drilling engineering&f=false](https://books.google.com.co/books?id=0HJIDwAAQBAJ&pg=PP4&dq=applied+drilling+engineering&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj66enxj4zmAhU1VkkKHQ2WAfoQ6AEIOjAC#v=onepage&q=applied%20drilling%20engineering&f=false)
- Cáceres Bello, S., & Laverde Ruíz, M. (2018). *ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DEL PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN*

PARA LA COMPAÑÍA EQUION ENERGÍA LIMITED [Fundación Universidad américa].

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6908/1/4122579-2018-2-IM.pdf>

Calao Ruiz, J. E. (2007). *Caracterización Ambiental de la Industria Petrolera: Tecnologías Disponibles para la Prevención y Mitigación de Impactos Ambientales*. Universidad Nacional de Colombia.

Casanova, E. (2016). *COMPONENTES DEL TALADROS DE PERFORACIÓN PETROLERA*.

<https://www.slideshare.net/5esteban5/componentes-del-taladros-de-perforacin-petrolera>

Códigofacilito. (2019). *El rey multiplataforma: Flutter*.

<https://codigofacilito.com/articulos/flutter-multiplataforma>

CodiTramuntana. (2019). *Arquitectura y desarrollo de aplicaciones móviles*. CodiTramuntana.

<https://coditramuntana.com/es/subservicio/desarrollo-de-aplicaciones-moviles>

Departamento de Ingeniería de Petróleo UCV. (2008). *Pozos I: Tema # 3: Componentes de un Taladro de Perforación*.

Dinero. (2017). Día Mundial de Internet y el número de smatphones en Colombia. *Revista Dinero*. <https://www.dinero.com/pais/articulo/dia-mundial-de-internet-y-el-numero-de-smatphones-en-colombia/245469>

East, O. and G. middle. (2018). *Weatherford completes \$92.5mn sale of Saudi Arabia land drilling rigs - DRILLING & PRODUCTION, ADES International, Weatherford, Deal, Onshore Drilling, Land Drilling Rig - Oil & Gas Middle East*.

<https://www.oilandgasmiddleeast.com/33134-weatherford-completes-925mn-sale-of-saudi-arabia-land-drilling-rigs>

Economista. (2015). *¿Cuánto cuesta perforar un pozo en América Latina?* Diario El

Economista. <https://www.economista.com.mx/empresas/Cuanto-cuesta-perforar-un-pozo->

en-America-Latina-20150527-0217.html

Escuela Politécnica Nacional. (2019, November 23). *PEGA DE TUBERIA EN POZOS*

VERTICALES . <https://www.docsity.com/es/pega-de-tuberia-en-pozos-verticales/5144551/>

Fernández Müller, E. A. (2012). *VERIFICACIÓN DEL PROCESO DE SELECCIÓN DE UN TALADRO DE PERFORACIÓN*. UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR.

Flowtech energy. (2019). *International Oilfield Equipment Procurement2019*.

<https://www.flowtechenergy.com/inventory/rigs/cameron-13-5-8-10k-psi-double-ram-bop-used-ae/>

García Caro, J. (2014). *Estructura y modelo de control de costos para una empresa dedicada a la perforación, mantenimiento y reacondicionamiento de pozos de hidrocarburos Por*. Colegio de Estudios Superiores de Administración.

Gaviño, A., & Venegas, C. (2015). *Optimización Técnica Operativa de un Taladro de Reacondicionamiento (WORKOVER) en Base a su Capacidad de Trabajo en HP* [Escuela Superior politécnica del litoral]. <https://es.scribd.com/document/400486575/D-70076-pdf>

HARGRAVE, M. (2019). *Investopedia*. Day Rate (Oil Drilling).

<https://www.investopedia.com/terms/d/day-rate-oil-drilling.asp>

Hernández Pinto, B. C., & Mercado Soto, N. J. (2020). *Diseño de una aplicación móvil para realizar el Rig Acceptance de un taladro de perforación*. Universidad Industrial de santander.

Hinestroza, S., & Galindo, J. C. (2015). *Desarrollo de un software para el diseño de la sarta de perforación de pozos petrolíferos*. Universidad Industrial de Santander.

Hossain, M. E., & Al-Majed, A. A. (2015). *Fundamentals of sustainable drilling engineering*. Scrivener Publishing.

ICONTEC. (2015). NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC- ISO 14001. *SISTEMAS DE GESTION AMBIENTAL. Requisitos Con Orientación Para Su Uso.*

Lake petro technology. (2018). *Global Oifield Equipment Supply.* Los Componentes de La

Plataforma de Perforación Del API, Bloque de Corona Para En Venta – Los Componentes de La Plataforma de Perforación Fabricante de China (103947353).

<http://ec91104947.spanish.sell.everychina.com/p-103947353-api-drilling-rig-s-components-crown-block-for-onshore-oil-well-drilling.html>

León Ariza, E. (2016). *Fundamentos en perforación de pozos.*

López, I. (2015). *Principales componentes del equipo de perforación.* Universidad Nacional autónoma de México.

Lyons, W. (1996). *Standard Handbook of Petroleum & Natural Gas Engineering* (W. Lyons (ed.)). Gulf Publishing Company.

Marini, E. (2012). *El Modelo Cliente/Servidor.* <https://www.linuxito.com/docs/el-modelo-cliente-servidor.pdf>

Martinez, D. (2013). *HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE PERFORACION* [Instipetrol].

https://www.academia.edu/8424358/HERRAMIENTAS_Y_EQUIPOS_DE_PERFORACION

Méndez Niño, M. A., & Tagliaferri Zambrano, G. (2019). *Análisis de la viabilidad Técnico-Financiero de la perforación con taladros de tubería flexible híbridos en el campo caño sur.* <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7361/1/5132709-2019-1-IP.pdf>

Ministerio del Medio Ambiente. (1999). *Guia de manejo ambiental para proyectos de perforación de pozos de petróleo y gas.* <https://acp.com.co/web2017/es/guias/142-guia->

ambiental-perforacion-2009/file

Mitchell, R. F., Miska, S. Z., Bernt, A. S., Adams, N., Barker, J. W., Cunha, J. C., Eustes III, A. Wi., Kastor, R., Kelessidis, V. C., Maglione, R., Ozbayoglu, E. M., Powers, J., & Sweatman, R. (2011). *Fundamentals of Drilling Engineering* (R. F. Mitchell & S. Z. Miska (eds.); Vol. 12). Society of Petroleum Engineers.

Molero, jairo. (2020). *Curso de Well Planning and Rig Selection*. IngeoExpert.

<https://ingeoexpert.com/cursos/curso-de-well-planning-and-rig-selection/?v=42983b05e2f2>

Pérez Ramírez, M. A. (2005). *DISEÑO DEL PROGRAMA DE PERFORACIÓN DE POZOS PETROLEROS*. Universidad Nacional autonoma de México.

Perfoblogger. (2019). *Componentes del Sistema de Izaje*.

<http://perfob.blogspot.com/2019/09/componentes-del-sistemade-izaje.html>

Petroecuador. (2012, April 17). *Procedimiento de contrataciones para las actividades de exploración y explotación de la EP PETROECUADOR*.

http://www4.eppetroecuador.ec/lotaip/pdfs/CONTRATOS/EXP/CTR/CONTRATO_2012010.pdf

Pozos, H. y. (2017). *Hidrogeología y pozos: PERCUSION A CABLE, DESCRIPCION DEL SISTEMA*. <http://hidrogeologiaypozos.blogspot.com/2017/11/percusion-cable-descripcion-del-sistema.html>

Red Hat. (2019). *¿Qué es una API? Aprendizaje y Soporte*.

<https://www.redhat.com/es/topics/api/what-are-application-programming-interfaces>

Schlumberger. (2004). *Introduccion al equipo de perforacion*.

https://issuu.com/biliovirtual/docs/schlumberger_introduccion_al_equipo_de_perforacion/7

- Schlumberger. (2020a). *Global Oilfield Services & Equipment* / Schlumberger. Rigs and Equipment. <https://www.slb.com/>
- Schlumberger. (2020b). *Schlumberger Oilfield Glossary*.
<https://glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/g/gooseneck.aspx>
- StatCounter. (2020). *Mobile Operating System Market Share Colombia*. Global Stats.
<https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/colombia>
- Taviles, F. (2017). *Cuando usar Backend as a Service*. Platzi. <https://platzi.com/blog/cuando-usar-backend-as-a-service/>
- Tecnova. (2019). *Detrás de toda gran app, hay un gran mobile backend*. Tecnova.
<https://www.tecnova.cl/2020/02/28/detras-de-toda-gran-app-hay-un-gran-mobile-backend/>
- UNAM. (2017). *Curso Diseño de equipo de perforación*.
- Valdivia Luna, J. J. (2017). *Metodologías para el desarrollo de aplicaciones móviles*. Slideshare.
<https://es.slideshare.net/JaquelineLuna3/metodologas-para-el-desarrollo-de-aplicaciones-mviles-72795513>
- Villa, P. (2008). *Sistema de Rotación*. <https://petro-villa.blogspot.com/2008/05/sistema-de-rotacin.html?m=0>
- Vique, R. R. (2012). Entornos Para El Desarrollo De Aplicaciones Móviles. *Entornos Para El Desarrollo De Aplicaciones Móviles*, 9(1), 146–156.
<https://doi.org/10.14483/2322939X.4211>

Apéndice A

Manual de usuario

Aplicación móvil

“D.R.S : Drilling Rig Selection”



Versión 1.0

Elaborado por:

Carlos Fernando García Sanabria

Nicolás Pardo Durán

Fecha de Elaboración:

23 de Octubre del 2020

Índice de Contenido

1. Introducción
2. Objetivo de la aplicación
3. Generalidades de la aplicación
 - 3.1 Secciones que componen la aplicación
 - 3.2 Íconos y botones de la aplicación.
 - 3.3 Funcionamiento adecuado.
4. Instalación y Configuración
 - 4.1 Sistemas operativos para descargar la aplicación.
 - 4.2 Proceso de instalación
 - 4.3 Creación de usuario
5. Instrucciones de uso
6. Limitaciones y recomendaciones de mejora.

1. Introducción

El uso de dispositivos móviles y a su vez de aplicaciones móviles es una tendencia que va en crecimiento desde los últimos años, el uso de los aplicativos tienen beneficios tanto para la compañía desarrolladora como para las personas que las usan, por una parte las empresas pueden llegar a tener más presencia, visibilidad e incluso influencia sobre sus clientes, mientras que para los usuarios que las usan pueden convertir el proceso o actividad que estén realizando en la aplicación algo mucho más sencillo y fácil de gestionar.

En la industria de los hidrocarburos el proceso de selección de taladros de perforación tiene como objetivo buscar el conjunto de equipos más adecuado que pueda perforar un pozo de la manera más eficiente, económica y segura posible. Este procedimiento abarca una gran cantidad de información que aumenta la posibilidad de no poder tener un análisis tan detallado como se desea y a su vez mayores tiempos empleados para realizar una apropiada selección de equipos.

Por consiguiente, se ha diseñado y desarrollado el aplicativo móvil “D.R.S : *Drilling Rig Selection*” que busca condensar toda la información referente al proceso de selección de equipos de perforación y realizar un análisis del cumplimiento de cada uno de los requerimientos establecidos, logrando así una apropiada selección de taladros de una manera práctica y funcional.

2. Objetivo

El objetivo de esta aplicación móvil es ofrecer una apropiada y detallada selección de Taladros de perforación basados en dos elementos principales, los requerimientos de la compañía operadora y las ofertas del cliente. La aplicación D.R.S busca recomendar el conjunto de equipos de perforación más adecuado para un pozo en específico de la manera más practica y funcional posible, teniendo en cuenta que los requerimientos e importancia de cada una de las variables puede variar dependiendo de la empresa operadora que requiera el taladro. finalmente, el aplicativo hace un análisis de las diferentes ofertas para el taladro y muestra la opción más favorecedora para el usuario que lo necesite.

3. Generalidades de la aplicación

3.1 Secciones que componen la aplicación.

La aplicación móvil se compone de diferentes secciones que permiten un adecuado funcionamiento y proceso de selección, entre estas se encuentra:

- ✓ **Sección 1. Creación de Usuario:** Es la primera sección del APP, en ella las personas que van a hacer uso del aplicativo se registran y de esta manera acceden al sistema donde se guarda toda la información de los proyectos.
- ✓ **Sección 2. Creación de proyecto:** Esta sección abarca la creación del paquete de información que reúne todos los elementos del proyecto, los requerimientos, ofertas y el resultado final.
- ✓ **Sección 3. Requerimientos del pozo:** Esta sección se compone de dos partes: la información del pozo a perforar y los requerimientos de la compañía operadora establecidos en su plan de perforación. En esta sección va plasmada la información mencionada anteriormente y es la base fundamental para la siguiente sección y es importante tener en cuenta que el ingreso de datos se debe realizar de manera completa. A medida que se van agregando los requerimientos que se van a tener en cuenta se debe adjudicarle un porcentaje de importancia a cada requerimiento los cuales van a ser tenidos en cuenta a la hora de la calificación.
- ✓ **Sección 4. Agregar requerimiento:** esta sección aparece cuando el usuario desea agregar un requerimiento adicional diferente a los que la aplicación presenta y consta

de un nombre, un comentario adicional y un porcentaje de importancia. Esta sección puede aparecer tanto para sistemas, como para equipos como para sus características.

- ✓ **Sección 5. Ofertas:** En esta sección se ingresan los datos de cada una de las ofertas de los diferentes clientes. Las ofertas se componen de dos partes importantes: la información representativa del taladro y los equipos y demás características que las componen. En esta sección se pueden agregar cuantas ofertas sean necesarias para su posterior análisis.
- ✓ **Sección 6. Validación:** Es la sección previa a la final. En esta sección se tienen los datos de los requerimientos y oferta completamente diligenciados.
- ✓ **Sección 7. Resultados:** La última sección que compone la aplicación y en la cual se observan los resultados del análisis de cumplimiento entre las ofertas seleccionadas y los requerimientos del pozo. En base a los resultados y los comentarios para cada oferta se puede tomar una decisión.
- ✓ **Sección 8. Manual de usuario:** esta sección no se encuentra en la línea del proceso de selección de taladros, pero es una sección en donde el usuario podrá tener acceso al manual de usuario de la aplicación que ayudará a tener un uso más adecuado ella.
- ✓ **Sección 9. Cambiar clave:** esta sección está diseñada para que el usuario pueda cambiar su clave si lo desea y así pueda proteger la información que maneja.

3.2 Íconos y botones de la aplicación.

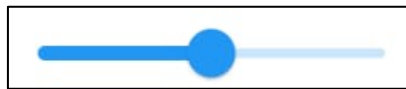
La aplicación cuenta con diferentes íconos y botones que permiten un apropiado ingreso de datos y son de gran importancia para poder comprender mejor su funcionamiento.

Entre los principales íconos y botones tenemos:

Añadir: Permite crear un nuevo proyecto u oferta dependiendo de la sección en la sección que se encuentre, También sirve para agregar algún requerimiento que se requiera en la sección de proyecto.



Barra de cumplimiento: está representado con un *slide* y permite dar la calificación a un requerimiento de la oferta, siendo 0 el mínimo y 100 el máximo.



Buscar: Permite encontrar una información en específico entre diversos datos previamente suministrados por el usuario.



Cambiar clave: Permite al usuario cambiar su contraseña de ingreso en el caso que lo desee o cuando pierda su contraseña y use la opción “olvidó su clave”.



Cancelar: Permite eliminar una serie de información o comandos dados por el usuario y volver al inicio.

Cancelar

Datos de información: Permite suministrar los datos necesarios para la identificación del proyecto y de las ofertas.



Eliminar: Permite eliminar un grupo de información de datos previamente suministrados.



Guardar: Permite almacenar la información suministrada por el usuario a través de las distintas interfaces de la aplicación.



Manual de usuario: Permite a los usuarios tener acceso al instructivo que permitirá entender todos los componentes del aplicativo para darle un uso óptimo a la misma.



Ofertas: Permite al usuario observar todas las ofertas que se han creado para un proyecto. También da la posibilidad de crear una nueva oferta.



Proyecto: Permite al usuario observar todos los proyectos que se han creado. También da la posibilidad de crear un nuevo proyecto.



Requerimientos: En la interfaz del proyecto, permite suministrar la información necesaria para cada uno de los factores, colocando cada uno de los requerimientos necesarios que serán tenidos en cuenta para el análisis de las ofertas.



Requerimientos Ambientales: Permite ver la información suministrada por el usuario del factor ambiental en la oferta



Requerimientos Económicos: Permite ver la información suministrada por el usuario del factor Económico.



Requerimientos Logísticos: Permite ver la información suministrada por el usuario del factor logístico en la oferta.



Requerimientos Técnicos: Permite ver la información suministrada por el usuario del factor técnicos en la oferta.



Salir: Permite al usuario de cerrar su sesión, enviándolo a la interfaz inicial de la aplicación.



Selección de Requerimientos: Permite visualizar cada uno de los requerimientos sugeridos por la aplicación y agregados por el usuario. Da la opción de dejar comentarios y eliminar requerimientos que no se deseen tener en cuenta para la evaluación.



Switch: Permite seleccionar los equipos que se encuentran por defecto en la aplicación que van a ser tenidos en cuenta para la calificación de una oferta. No estar seleccionado indica que ese equipo no se considerará durante la evaluación de las ofertas de un proyecto.



Validación: Permite calcular una oferta con el fin de arrojar los resultados tanto globales como específicos (resultados por sistemas, por equipos y por cada requerimiento).



3.3 Funcionamiento adecuado de la aplicación

La aplicación cuenta con unos procedimientos específicos para tener un buen funcionamiento, en caso de no llegar a cumplir con uno de estos requerimientos o al realizar un ingreso no adecuado de la información que solicita, la aplicación no podrá funcionar correctamente o si es el caso no podrá seguir a la siguiente sección del proceso de selección. Por lo que es importante tener en cuenta las siguientes indicaciones para tener un uso adecuado de la aplicación y un funcionamiento correcto:

Creación de usuario: Cualquier usuario que descargue la aplicación y desee hacer uso de ella debe registrarse en la plataforma, esto le permite almacenar la información de los proyectos trabajados y poder acceder desde cualquier dispositivo móvil que cuente con la aplicación.

Diligenciamiento completo de datos: la aplicación requiere un diligenciamiento de datos completo para cada una de sus secciones por lo que si algún requerimiento u oferta quedan incompletos no se podrá avanzar a la siguiente sección hasta que sea diligenciada la variable o conjunto de variables faltantes.

Tipo de variable de ingreso: algunas variables de ingreso están definidas numéricamente o tipo texto por lo que es importante reconocer que tipo de variable se va a ingresar para que esta sea acorde a los datos solicitados por la aplicación

Porcentajes: Teniendo en cuenta que el sistema de calificación de la aplicación es mediante cumplimiento de 0 a 100%. El usuario tiene la posibilidad de darle un grado de importancia a cada uno de los elementos de los requerimientos establecidos en la tercera sección de la aplicación. Es importante que la suma de estos porcentajes de un valor de 100%, ya que de no ser así no se podrá seguir a la siguiente sección.

4. Instalación y Configuración

4.1 Sistemas operativos para descargar la aplicación

La aplicación D.R.S: Drilling Rig Selection fue diseñada para dos sistemas operativos. Cabe aclarar que los dispositivos donde se va a instalar la aplicación deben tener unas especificaciones mínimas para su buen funcionamiento las cuales son anunciadas a continuación.

Android: Versión Jelly Bean (4.1), Procesador de 400 MHz, memoria RAM de 256 Mb. Se recomienda usar un dispositivo que tenga versión Pie (9) para su óptimo aprovechamiento.

IOS: Versión 12.4, procesador de 1400 MHz, memoria RAM de 1 GB.

La aplicación permite trabajar con una conectividad offline.

4.2 Proceso de instalación

Una vez se descarga la aplicación en el teléfono, la instalación de esta se realiza de manera automática. Cuando ya se tiene la aplicación en el dispositivo se procede a identificar el ícono del aplicativo que debe aparecer en la pantalla, de esta manera se asegura que está instalada correctamente. El ícono de D.R.S: *Drilling Rig Selection* luce como la siguiente imagen.



Para comenzar a hacer uso de la aplicación sólo es necesario tocar el ícono de la aplicación.

4.3 Creación de usuario

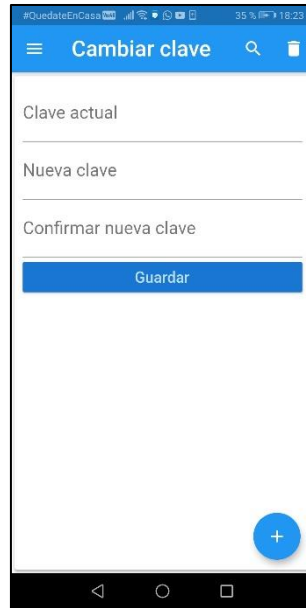
Una vez descargada e instalada la aplicación se procede a registrarse en la plataforma, para lo cual es necesario un correo, nombre de usuario y una contraseña, estos dos últimos datos serán solicitados cada vez que el usuario desee ingresar a su cuenta como se muestra a continuación.



Adicionalmente, si el usuario olvida su contraseña podrá reestablecerla en la opción “Olvidé mi clave” por medio del correo electrónico que ingresó al momento de registrarse, la aplicación le enviará al correo su nueva contraseña con la cual podrá volver a ingresar sin perder la información previamente ingresada.

4.4 Cambio de Clave

Dentro del aplicativo móvil existe una opción que permite cambiar la contraseña para personalizarla teniendo en cuenta los parámetros de seguridad requeridos. El proceso es sencillo, el aplicativo solicita ingresar la clave actual y la nueva clave a la cual desea cambiar, una vez ingresados estos datos el usuario tendrá su nueva contraseña para ingresar al aplicativo.



La contraseña brinda al usuario seguridad en el manejo de información que se esta ingresando en la aplicación por lo que se le debe dar una gran importancia y debe ser usada con responsabilidad.

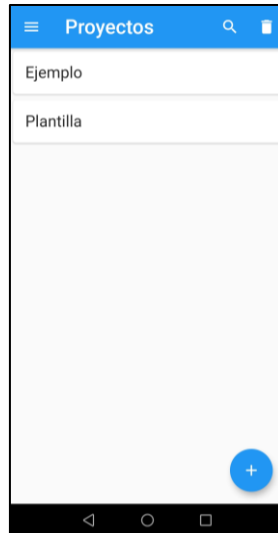
5. Instrucciones de uso

la aplicación “*Drilling Rig Selection*” consta de diferentes secciones que permiten un ingreso y procesamiento adecuado de datos para un óptimo análisis de datos y resultados. El procedimiento adecuado para su uso es el siguiente:

Registro e inicio de sesión: el usuario se debe registrar en la aplicación con los datos de nombre, usuario, correo electrónico y contraseña. Una vez registrado en el aplicativo se inicia sesión con el nombre de usuario y contraseña que usó cuando se registró por primera vez.

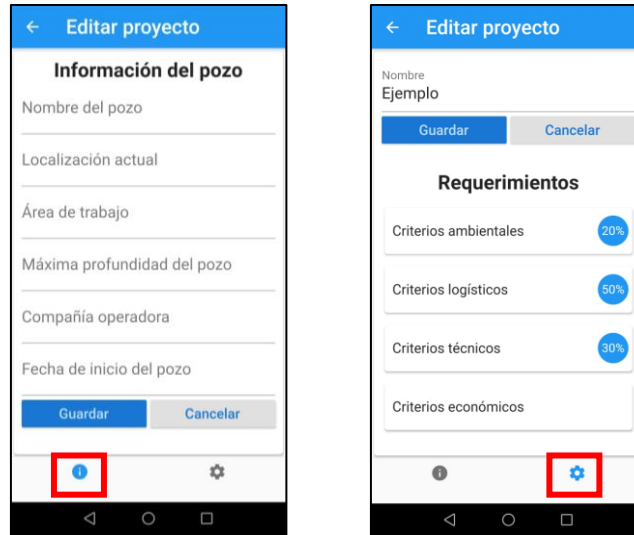


Creación de proyecto: En este módulo se puede crear un proyecto nuevo al cual se le hará la evaluación. En esta misma interfaz se pueden observar los otros proyectos que se hayan creado con anterioridad. Aquí quedara guardada toda la información referente al proceso de selección de equipos de perforación, requerimientos, ofertas y resultados.



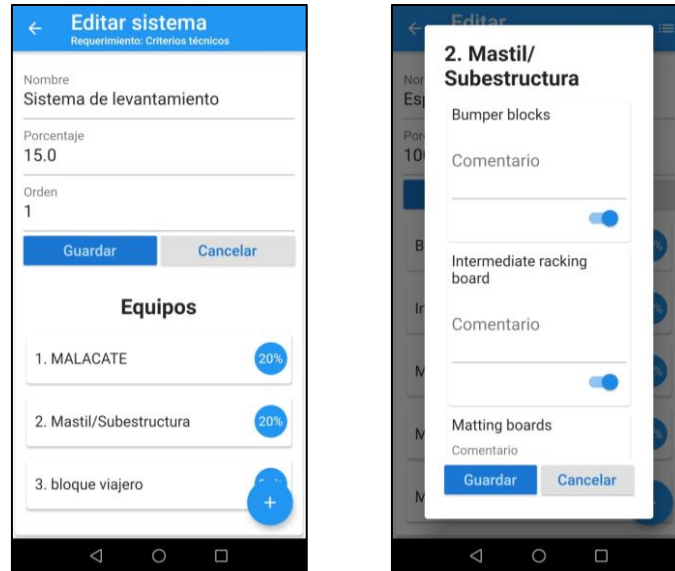
Información del pozo y requerimientos: Es importante que para esta sección se tenga clara toda la información del pozo y los requerimientos establecidos por la compañía operadora, cada compañía establece un nivel de importancia para cada equipo o requerimiento y el porcentaje que se le sea asignado a cada uno de ellos dependerá igualmente del sistema o criterio que establezcan para asignarlo. la información se ingresará de la siguiente manera:

- ✓ Primero debemos diligenciar los datos del pozo que se va a perforar con el fin de identificarlo y mostrar sus características principales y seguido a esto se debe seleccionar cada uno de los requerimientos con los que contara el proyecto y su porcentaje de importancia, los cuales se encuentran divididos en cuatro factores: técnicos, ambientales, logísticos y económicos.

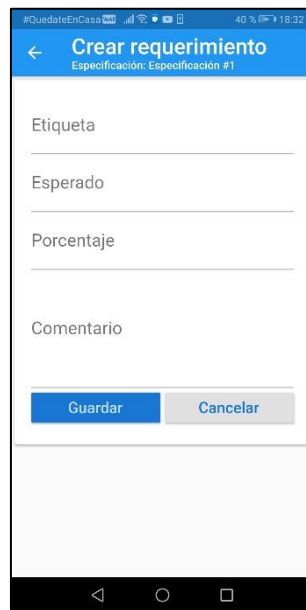


Los cuadros rojos señalan las dos secciones que conformación este módulo de requerimientos, en donde el primero representa la información del pozo y el segundo la información de requerimientos de la compañía.

- ✓ El usuario tiene la facilidad de seleccionar los equipos que aparecen por defecto en la aplicación, adicional a esto cada equipo cuenta con una sección de comentarios que ayuda a las compañías de servicio a comprender a detalle las especificaciones que se buscan. Las imágenes muestran algunos de los equipos con los que cuenta la aplicación, la sección de comentarios y la opción para seleccionar si desean ser evaluados.

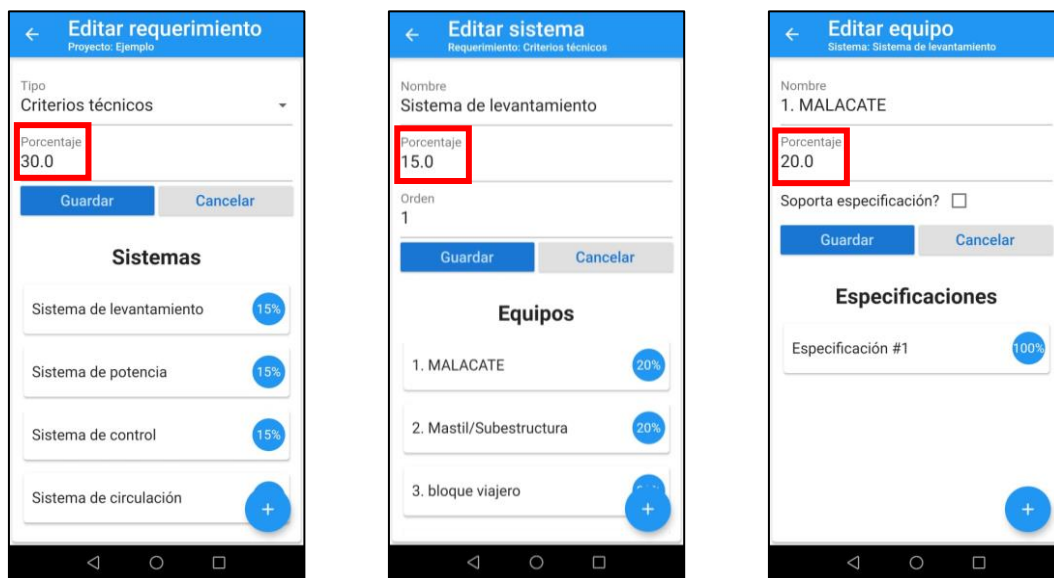


Crear requerimientos adicionales: si el usuario desea agregar un equipo adicional al que cuenta la aplicación deberá usar el botón “Añadir”, esto le permite agregar requerimientos con los que no cuenta la aplicación haciendo más funcional el proceso, esta opción puede ser realizada tanto para los sistemas, como para los equipos, como para sus respectivas características.



La imagen anterior muestra la información requerida para poder crear el requerimiento adicional para su posterior evaluación.

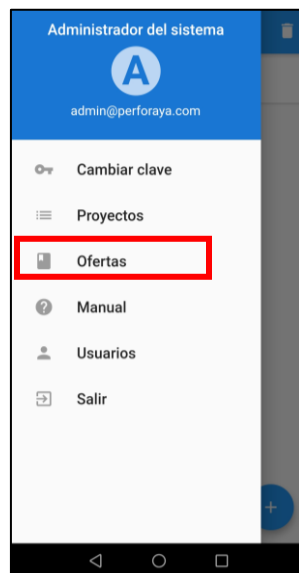
Sistema de calificación: A medida que se van registrando los requerimientos que se van a tener en cuenta para la calificación, el usuario debe registrar el porcentaje de importancia que tendrá cada factor, cada sistema y cada equipo. El porcentaje que se le asigna a cada equipo y sistema depende de cada compañía operadora y de los criterios en que se basen para determinar cada uno de los valores. Las siguientes imágenes muestran la sección donde se debe ingresar el porcentaje de importancia para los factores, sistema y equipos.

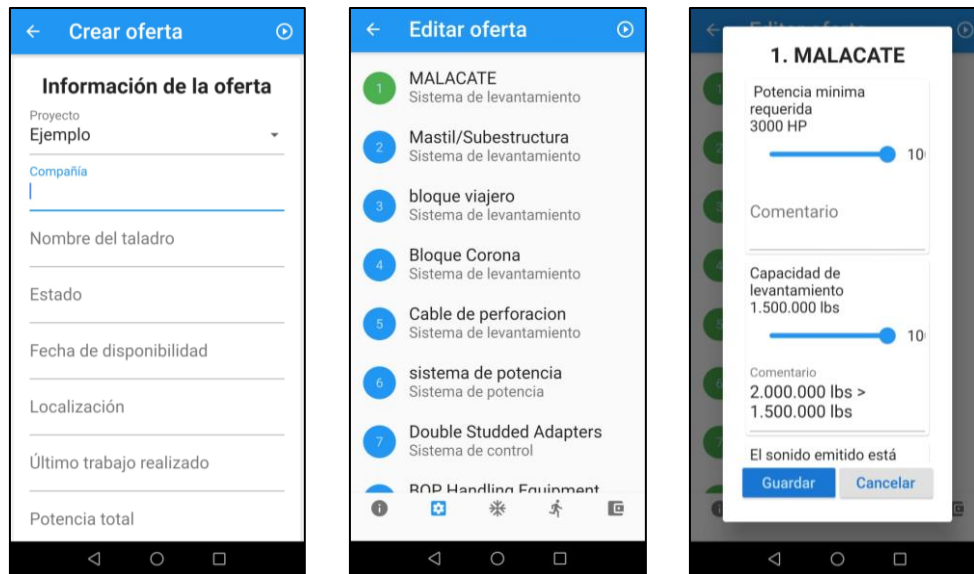


Cabe aclarar que el porcentaje de importancia de las características de cada equipo no se ingresa, sino que el aplicativo lo genera de manera automática siendo este la división entre el 100% y el número de características que compone cada equipo. Un ejemplo de esto puede ser el tanque de agua, el cual cuenta con 3 características a evaluar por lo que su porcentaje de importancia sería la división entre el 100 por ciento y la cantidad de características, dando como resultado 33,333%.



Información de las ofertas: una vez establecidos los requerimientos y el sistema de calificación, se procede a ingresar los datos de todas las ofertas para ese proyecto, al igual que los requerimientos esta información ya debe estar identificada y organizada para poder ingresar los datos de una manera adecuada.

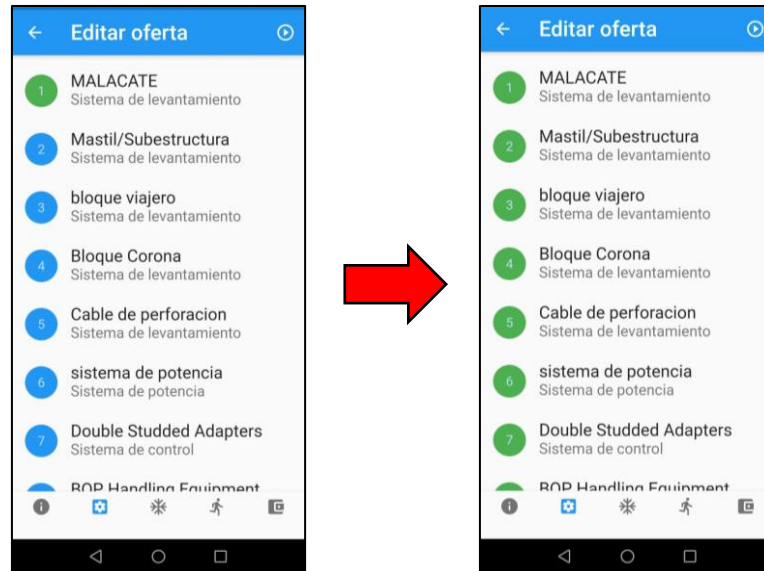




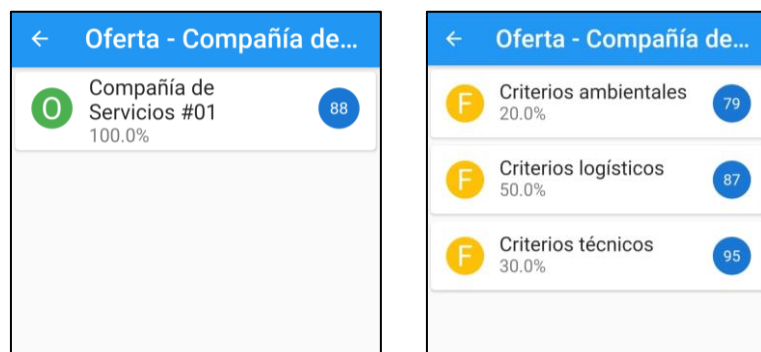
Las tres imágenes inferiores mostradas anteriormente muestran el proceso que debe seguir el usuario para registrar los datos de la oferta, el primer paso es diligenciar la información de identificación de la oferta con sus datos relevantes que la diferencie de las demás. La segunda imagen muestra el conjunto de equipos establecidos en los requerimientos y los factores que deben ser completamente diligenciados. Finalmente, la tercera imagen muestra la barra de cumplimiento para una de las características de los equipos, los comentarios que sirven de información complementaria para los requerimientos y un espacio adicional para que el usuario ingrese, valores, comentarios y demás datos que sean relevantes para la oferta. Es importante resaltar que el porcentaje con el que se evalúa cada equipo depende de cada compañía operadora y de los criterios en que se basen para determinar cada uno de los valores.

Se podrá agregar tantas ofertas se desee y cada requerimiento que se esté evaluando, la opción de cargar un comentario adicional ayudará al usuario a la hora de evaluar la oferta y tomar una decisión. En otras palabras, en este módulo se indica si cada oferta cumple con los requerimientos del pozo.

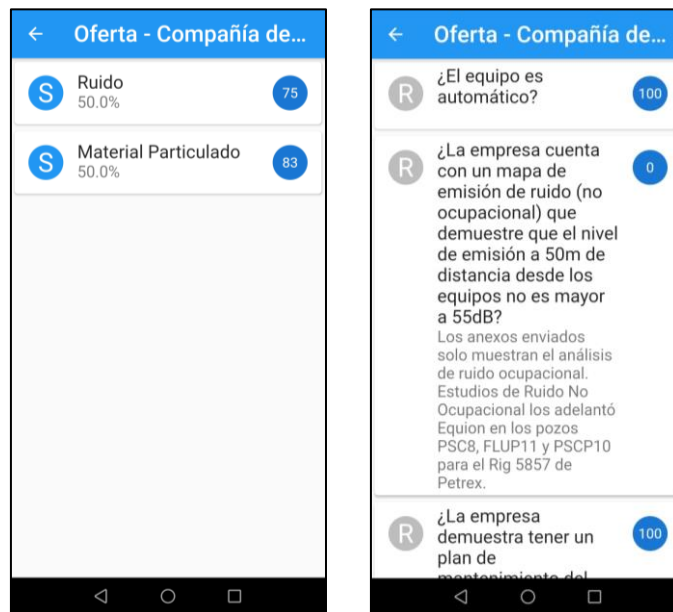
Validación y resultados: Una vez se ingresan los datos de los requerimientos se debe calificar el porcentaje de cumplimiento de la oferta para cada uno de sus factores, se debe asegurar que estos estén correctamente ingresados, la forma de comprobar que se realizó con satisfacción es evidenciar en el módulo de oferta que todos los equipos tengan un círculo que primeramente era azul, ahora sea color verde.



Al tener todo en correcto estado, se procede al botón “calcular” donde aparecerá el resultado global que tuvo la oferta. En dicha interfaz se puede observar el porcentaje obtenido por cada factor y si se quiere ser más específico, también se muestra porcentaje de cumplimiento por sistema, por equipo y por requerimiento de cada equipo, adicional a esto también se mostrarán los comentarios previamente digitados.



Para el caso de la compañía del ejemplo su porcentaje de cumplimiento fue del 88%, y al dar clic en ella se desglosa los criterios que fueron evaluados y el porcentaje de cumplimiento de cada uno. Igualmente, al dar clic en cada uno de los sistemas y equipos evaluados en la oferta se observa los resultados y comentarios de cada uno de ellos



Una vez ingresados los datos de las demás ofertas y ya estando validadas todas, la interfaz de la aplicación muestra el resultado global de cumplimiento obtenidos para cada oferta y una sección del factor económico donde el usuario puede comparar el valor de las diferentes tarifas de cada taladro.



Con base en esto el usuario podrá tomar una decisión para la selección de equipos de perforación. Los resultados que se obtienen en la aplicación muestran veracidad y coherencia para los datos seleccionados y respuestas esperadas, adicional a esto el aplicativo demuestra una gran funcionalidad debido a la versatilidad para cada usuario en específico que desee hacer uso de la aplicación. Aunque el proceso de selección de taladros conlleva a una alta cantidad de información, la aplicación DRS intenta condensarla en un sistema que ayude al usuario y a la compañía operadora a tomar una decisión más acertada que traerá a futuro beneficios y menos costos asociados a la operación debido a la reducción de tiempos no productivos

6. Limitaciones de la aplicación.

Si bien la aplicación cuenta con alta versatilidad y un alto rango de aplicación para pozos de perforación, también cuenta con unas determinadas limitaciones que no permiten una aplicabilidad a cualquier tipo de pozo.

La aplicación solo funciona para equipos de perforación *onshore*.

La aplicación está enfocada en selección de taladros de perforación en Colombia, debido a que las normas, leyes y especificaciones son las que se usan para perforar pozos colombianos.

La aplicación se encuentra en un único idioma, el español.

El factor económico es evaluado en el desarrollo de la selección de la aplicación, pero no es incluido en el sistema de calificación.