

**DESARROLLO DE HERRAMIENTA PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGO DE  
ARENAMIENTO EN POZOS, A PARTIR DE LA METODOLOGÍA DE  
COMPLETAMIENTO, ECOSEMT 2.0.**

**MICHAEL SNEIDER PUENTES PALACIO**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2012**

**DESARROLLO DE HERRAMIENTA PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGO DE  
ARENAMIENTO EN POZOS, A PARTIR DE LA METODOLOGÍA DE  
COMPLETAMIENTO, ECOSEMT 2.0.**

**MICHAEL SNEIDER PUENTES PALACIO**

**Trabajo de grado para optar al Título de Ingeniero de Sistemas**

**DIRECTOR:**

**Laura Viviana Galvis Carreño  
Magister(c) en ingeniería de Sistemas e informática**

**CODIRECTOR:**

**Manuel Jaimes Plata  
Ingeniero de Petróleos  
Instituto Colombiano Del Petróleo**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2012**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, que me ha guiado en cada paso que doy en la vida.

A mi Madre y mi hermano, quienes siempre fueron un apoyo para la realización de este proyecto.

A mi Directora Laura Galvis, por su gran colaboración y acompañamiento en este proyecto que se completó con el mejor de los logros.

A mi codirector Manuel Jaimes, por guiarme al desarrollo de este proyecto, y darme su apoyo para aprender más sobre la industria.

A Diana Martin, quien fue ayuda constante en ensañarme lo necesario para la terminación de este gran proyecto.

A mi Tutor Cesar Ochoa, quien estuvo pendiente de todo el desarrollo del proyecto, y me colaboró en el cumplimiento de los objetivos.

A mis compañeros Luis Ramírez, Diego Soler y Pedro Sánchez, quienes además de acompañarme durante el desarrollo de este proyecto, brindaron su apoyo constante y compañía.

A Nicole Ewert, quien me acompañó durante este proyecto, brindándome su constante ayuda.

Al grupo de arenamiento del ICP.

Al grupo de investigación de estabilidad de pozo (GIEP).

## **DEDICATORIA**

Dedico este Proyecto primero que todo a Dios, que quien me ha dado todo lo que tengo hasta ahora.

A mi Familia, el amor y apoyo que me han brindado hasta llegar a este punto de mi vida profesional.

A mi Madre por ser mi mayor ayuda, todos sus consejos, paciencia y apoyo durante toda mi vida.

A todos mis amigos por todos los excelentes momentos vividos durante toda mi carrera universitaria.

## Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	14
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	17
1.1. Objetivo general .....	17
1.2. Objetivos específicos.....	17
2. ANTECEDENTES.....	18
3. JUSTIFICACIÓN.....	19
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	20
5. MARCO TEÓRICO .....	21
5.1. Definición de términos básicos .....	21
5.2. Desarrollo de un correcto software .....	22
5.2.1 RUP (Rational Unified Process, Proceso Unificado Lógico) .....	23
5.2.2 Prácticas de la planeación.....	24
5.2.3. Goal Question Metric (GQM) .....	25
5.3. Tecnologías aplicadas a este proyecto .....	26
5.3.1. Entorno de desarrollo integrado de Visual C# .....	26
5.3.2. Nuevas Ventajas de .NET Framework 4.0.....	28
5.4. Generalidades de la geomecánica.....	31
5.5. Estrategias de completamiento para el control de arena .....	32
5.5.1 Análisis de la estabilidad de los cañones .....	32
5.5.2 Optimización del cañoneo .....	33
5.6. Diseño de la metodología de Completamiento de pozos .....	35
6. METODOLOGÍA DEL PROYECTO .....	36
7. MODELO DE DESARROLLO .....	38
7.1. Plan de trabajo .....	38
7.1.1 Planteamiento y Análisis del problema .....	38
7.1.2 Planeación y conceptualización.....	39

7.1.3	Diseño en estructura de trabajo.....	39
7.1.4	Ciclo de Construcción.....	40
7.1.5	Divulgación.....	40
8.	DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE .....	41
8.1	Descripción de la Herramienta.....	41
8.2	Estructura de la Herramienta .....	41
8.2.1	Estructura de ECOSEMT 1.0.....	42
8.2.2	Estructura del ECOSEMT 2.0.....	43
8.2.3	Complementos para el software .....	44
8.3	Modelado Software.....	44
8.3.1	Diagrama de Casos de Uso.....	45
8.3.2	Diagrama de entidad relación.....	46
8.3.3	Diseño de archivos planos .....	48
9.	DESARROLLO DE LAS OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	49
9.2	Módulos para la Metodología de completamiento.....	50
9.2.1	Cálculo de las propiedades mecánicas. ....	50
9.2.2	Cañoneo Convencional .....	52
9.2.3	Underbalance .....	53
9.2.4	Cañoneo selectivo .....	54
9.3	Archivo ECOSEMT .....	55
9.3.1	Creación del archivo ECOSEMT .....	55
9.3.2	Lectura del archivo ECOSEMT.....	57
9.4	Lectura de registros.....	59
9.5	Mostrar ubicaciones de los pozos.....	62
9.6	Soporte a ECOSEMT .....	63
9.7	Generar reporte por campo .....	72
10.	RESULTADOS .....	74
10.1	Resultados metodología de Producción .....	74
10.1.1	Tabla de resultados Evaluación económica y costos por arenamiento .....	78

10.2. Resultados de la metodología de completamiento de pozos .....	79
10.2.1. Modelos predictivos.....	79
10.2.2. Cañoneo Convencional .....	80
10.2.3. Underbalance .....	82
10.2.4. Cañoneo Orientado .....	83
13. CONCLUSIONES .....	86
14. RECOMENDACIONES.....	87
BIBLIOGRAFÍA.....	88

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. El proceso de GQM (van Soligen y Berghout, 1999).....	26
Figura 2. Entorno de desarrollo Visual Express Edition 2010.....	27
Figura 3. Las vistas múltiples y superpuestas en un archivo asignado en memoria .....	30
Figura 4. Metodología para la selección del cañoneo selectivo, orientado, y combinado. ....	33
Figura 5. Extensión de la zona de daño de cañoneo. ....	34
Figura 6. Esquema de trabajo.....	38
Figura 7. Logo representativo de ECOSEMT.....	41
Figura 8. Caso de Uso, Asignación de pozo .....	45
Figura 9. Entidad relación. Tablas A. ....	47
Figura 10. Entidad relación. Tablas B. ....	47
Figura 11. Tablas Registros.....	48
Figura 12. Diseño de Almacenamiento de archivos planos.....	48
Figura 13. Identificación de Objetivos en GQM (Modificado) .....	49
Figura 14. Tarea, Modelos predictivos. ....	51
Figura 15. Modelos Predictivos ECOSEMT 2.0. ....	51
Figura 16. Cañoneo Convencional ECOSEMT 2.0. ....	52
Figura 17. Modulo Underbalance ECOSEMT 2.0. ....	53
Figura 18. Cañoneo Selectivo ECOSEMT 2.0. Drawdown crítico .....	54
Figura 19. Cañoneo Selectivo ECOSEMT 2.0. Contraste de esfuerzos. ....	55
Figura 20. Exportador de archivo ECOSEMT. ....	56
Figura 21. Proceso Creación archivo ECOSEMT.....	57
Figura 22. Importador archivo ECOSEMT. ....	58
Figura 23. Proceso Importación de archivo ECOSEMT. ....	59
Figura 24. Importación de Registros ECOSEMT 1.0.....	60
Figura 25. Importación de registros ECOSEMT 2.0. ....	61
Figura 26. Mostrar pozos ECOSEMT 1.0.....	62
Figura 27. Mapas de Coordenadas con Google Earth. ....	63
Figura 28. Módulo Granulometría, ECOSEMT 1.0. ....	65
Figura 29. Módulo granulometría, ECOSEMT 2.0.....	65
Figura 30. Lista de Opciones Granulometría.....	66
Figura 31. Diagrama de Diagnóstico ECOSEMT 2.0. ....	67
Figura 32. Muestra de pozos ECOSEMT 2.0. ....	67
Figura 33. Costos por arenamiento ECOSEMT 1.0. Y 2.0. ....	68

Figura 34. CrossPlot vs Distancia ECOSEMT 1.0.....	69
Figura 35. CrossPlot de Registros, más filtrado con arcillas ECOSEMT 2.0. ....	69
Figura 36. Resumen por pozo ECOSEMT 2.0. ....	70
Figura 37. Evaluación económica ECOSEMT 2.0. VNA. ....	71
Figura 38. Evaluación económica ECOSEMT 2.0. B-C.....	71
Figura 39. Cálculo de PWF ECOSEMT 2.0.....	72
Figura 40. Jerarquía de costos por Campo. ....	72
Figura 41. Pantalla inicial ECOSEMT 2.0. ....	74
Figura 42. Prueba Archivo ECOSEMT, Campo Bonanza.....	74
Figura 43. Resultados Diagrama de diagnóstico.....	75
Figura 44. Resultados de costos por arenamiento ICP. ....	75
Figura 45. Resultados Costos por arenamiento ECOSEMT 2.0.....	76
Figura 46. Evaluación Económica VNA ECOSEMT.....	76
Figura 47. Evaluación Económica VNA Excel.....	77
Figura 48. Evaluación Económica B-C. ECOSEMT.....	77
Figura 49. Evaluación Económica B-C. Excel.....	78
Figura 50. Resultados Modelo Predictivo ECOSEMT.....	80
Figura 51. Resultados Modelo Predictivo ICP.....	80
Figura 52. Resultados Cañoneo convencional, Valores.....	81
Figura 53. Resultados Cañoneo convencional, Gráfico.....	81
Figura 54. Resultado Underbalance ECOSEMT, Solo intervalos.....	82
Figura 55. Resultado Underbalance ECOSEMT.....	83
Figura 56. Resultado Underbalance ICP.....	83
Figura 57. Resultados Cañoneo Drowdown Crítico. ECOSEMT.....	84
Figura 58. Resultados Cañoneo Orientado Drowdown Crítico. ICP.....	84
Figura 59. Resultados Cañoneo Orientado Contraste de esfuerzos. ECOSEMT.....	84
Figura 60. Resultados Cañoneo Orientado Contraste de esfuerzos. ICP.....	85

## LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Caso de Uso, Asignación Pozo.....	46
Tabla 3. Comparación Resultados Costos por arenamiento .....	78
Tabla 4. Comparación Resultados VNA.....	78
Tabla 5. Comparación resultados B - C. ....	79
Tabla 6. Parámetros de entrada Cañoneo Convencional.....	81
Tabla 7. Comparación Resultados Cañoneo convencional .....	82

## TABLA DE ANEXOS

Anexo 1. Documentación de Arreglos.....	90
Anexo 2. Documento de requisitos .....	93

## RESUMEN

**TITULO:** DESARROLLO DE HERRAMIENTA PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGO DE ARENAMIENTO EN POZOS, A PARTIR DE LA METODOLOGÍA DE COMPLETAMIENTO, ECOSEMT 2.0.\*

**AUTOR:** MICHAEL SNEIDER PUENTES PALACIO\*\*

**PALABRAS CLAVES:** ARENAMIENTO, METODOLOGÍA, HERRAMIENTA SOFTWARE, ECOSEMT, PRODUCCIÓN, COMPLETAMIENTO.

La producción de arena es un constante problema en los pozos productores, lo que provoca inestabilidad a causa del desprendimiento del material de la formación por el movimiento de fluidos, lo cual puede llegar a niveles catastróficos de arena.

Para solucionar estos problemas la industria ha encontrado alternativas técnicas para enfrentar el problema de arenamiento, sin embargo, no hay visión general del impacto económico que esta pueda generar. ECOPETROL desarrolló la metodología de gerenciamiento y/o exclusión de arena, donde esta no solo se tiene en cuenta los parámetros técnicos óptimos, sino tiene el valor agregado de realizar una evaluación económica y encontrar la mejor opción técnico-económica. Para mitigar este problema al máximo, ECOPETROL también desarrolló una metodología de completamiento de pozos, que indica la manera menos probable de causar arenamiento en pozos.

Viendo el potencial de estas metodologías, fue necesaria implementar todo en una herramienta software, que manejara la gran cantidad de datos influyentes en la metodología y controlara la duplicidad de datos, el error humano, y un mayor número de evaluaciones de menor tiempo. Teniendo como objetivo generar estándares de archivos de la aplicación, desarrollando un flujo de trabajo óptimo para disminuir los tiempos de evaluación, creando un entorno gráfico amigable. Todo esto con expectativas de desarrollar un producto tecnológico óptimo y validado para la industria y expandir su uso.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de ingeniería Físico-Mecánicas. Ingeniería de Sistemas e Informática. Director: CARREÑO GALVIS Laura Viviana. Codirector: JAIMES PLATA Manuel Guillermo

## ABSTRACT

**TITULO:** DESARROLLO DE HERRAMIENTA PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGO DE ARENAMIENTO EN POZOS, A PARTIR DE LA METODOLOGÍA DE COMPLETAMIENTO, ECOSEMT 2.0.\*

**AUTOR:** MICHAEL SNEIDER PUENTES PALACIO\*\*

**PALABRAS CLAVES:** SANDING, METODOLOGY, SOFTWARE, ECOSEMT, PRODUCTION, COMPLETION.

The sand production is a constant problem in producing wells, causing instability due to the detachment of the formation material by the movement of fluids, which can reach levels catastrophic sand.

To solve these problems the industry has found technical alternatives to manage the problem of silting, however, no overview of the economic impact that this can generate. ECOPETROL developed the methodology for management and/or exclusion of sand, where it not only takes into account the optimal technical parameters, but has the added value of economic evaluation and find the best technical and economical option. To mitigate this problem the most, ECOPETROL also developed a methodology for completion of wells, indicating the least likely to cause silting in wells.

Seeing the potential of these methodologies, it was necessary to implement everything in a software tool that would manage the large number of influential data in the methodology and control the duplication of data, human error, and a greater number of assessments less time, aiming to generate standard application files, developing an optimized workflow to reduce review times, creating a friendly graphical environment. All this with expectations of developing an optimal technological product and validated for the industry and expand its use.

---

\* Degree Work

\*\*Physical-Mechanic Engineering Faculty- System and informatics Engineering. Director: CARREÑO GALVIS Laura Viviana. Codirector: JAIMES PLATA Manuel Guillermo

## INTRODUCCIÓN

La producción de arena constituye un problema serio en el área petrolera en el mundo, puede afectar drásticamente los regímenes de producción, incrementar las fallas del equipo utilizado, dañar el pozo como tal, e incrementar costos hasta hacer improductivo el pozo, y en el peor de los casos, perder el mismo (Schlumberger, 2004).

La utilización de aplicaciones software especializadas en el tratamiento de información correspondiente al análisis de los riesgos de arenamiento, es un tema nuevo al cual se está ajustando el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP).

Muchas compañías, desarrollan los procedimientos de las metodologías a través de Hojas de cálculo, lo que conlleva a la duplicidad de datos, errores humanos, y a las limitaciones que trae la aplicación de ofimática. El desarrollo de herramientas software que permiten analizar e interpretar las metodologías para la toma de decisiones, permiten un orden en el manejo de información, visualización al gusto de usuario según las especificaciones requeridas, y corrección de errores en los que puede dar aviso el software, así como mantener un orden en cuanto a recursos compartidos y disminuir el tiempo de alcance de las metas propuestas.

El Instituto Colombiano del Petróleo – ICP, cuenta con una metodología para minimizar los riesgos de arenamiento a partir de producción de pozos implementada en una herramienta software (ECOSEMT); ésta herramienta software ha sido útil en cuanto a mitigar los costos asociados a los daños por arenamiento basado en decisiones técnico-económicas.

Actualmente, se está desarrollando una nueva metodología de completamiento de pozos, que previene daños por arenamiento antes de que un pozo esté en producción, la cual se está implementando manualmente en el ICP, utilizando hojas de cálculo para el seguimiento de este.

ECOSEMT 2.0. Pretende seguir la metodología de completamiento de pozos, adecuando las necesidades de la metodología en un software a la medida, acoplando esta metodología de completamiento, a la metodología de producción y generando un software que reúna las dos metodologías, satisfaga todas las necesidades, y genere nuevos alcances propuestos por el ICP.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 1.1. Objetivo general

Diseñar e implementar software para la reducción de riesgo de arenamiento en pozos, a partir de metodología de completamiento desarrollada por el instituto colombiano del petróleo (ICP) y actualizar la metodología de producción de ECOSEMT para su acoplamiento con la nueva herramienta.

### 1.2. Objetivos específicos

- ◆ Listar los requerimientos y las variables que intervienen en la metodología de completamiento.
- ◆ Diseñar módulos que permitan el seguimiento de la metodología de completamiento del ICP.
- ◆ Implementar módulo de graficación para optimización de cañoneo y resultados base que permitan la toma de decisiones en el completamiento de pozos para la disminución de arena.
- ◆ Implementar módulo que permita la actualización de información entre usuarios del mismo software.
- ◆ Implementar módulo para lectura de tablas de registros de pozo e identificación de zonas sensibles a partir de los mismos.
- ◆ Mostrar ubicación de los pozos en un mapa de coordenadas geográficas.
- ◆ Soporte a ECOSEMT (BETA) en lectura de producción, cálculo de Presión dinámica de fondo, evaluación económica, estructura y formato de importación de registros y de informes de granulometría.
- ◆ Generar resumen técnico de pozo por formación e intervalos de cañoneo y presentar análisis gráfico de los pozos por campo en la metodología de producción.

## **2. ANTECEDENTES**

Desde la creación del Grupo de Investigación de Estabilidad de Pozo – GIEP, en Septiembre de 2003 con la firma del convenio de Cooperación Tecnológica No 002 de 2003 entre ECOPETROL-ICP, la Universidad Industrial de Santander y la Universidad Nacional – sede Medellín, haciendo parte del proyecto “Reducción de Costos de Desarrollo en el Piedemonte”, se ha pretendido dar solución a los diferentes problemas de estabilidad que son presentados en el piedemonte Colombiano. Para evitar estos, surge la necesidad de realizar investigaciones en los fenómenos geomecánicos influyentes en la estabilidad de pozos.

Las diferentes investigaciones implementan metodologías que generan beneficios que permiten reducir tiempos de ejecución y costos en perforación en el piedemonte Colombiano. La forma más factible de corroborar resultados de la investigación es mediante la creación de herramientas software que utilizan modelos analíticos y/o matemáticos, que logren predecir, calcular ó estimar en qué momento se presentaran las variaciones de los factores que afectan la estabilidad de los pozos.

### 3. JUSTIFICACIÓN

El Instituto Colombiano del Petróleo – ICP, cuenta con una herramienta software para minimizar los riesgos de arenamiento a partir de producción de pozos (ECOSEMT); ésta herramienta software ha sido útil en cuanto a mitigar los costos asociados a los daños por arenamiento basado en decisiones técnico-económicas.

Actualmente existe la necesidad de una herramienta software que determine las condiciones óptimas de completamiento de pozos para evitar daños antes de que el pozo esté en producción, ahorrar costos por arenamiento durante la producción, mitigar problemas y al tiempo prevenirlos.

La metodología de completamiento de pozos se está implementando manualmente en el Instituto Colombiano del Petróleo – ICP (Jaimes, y otros), utilizando documentos Excel para realizar los cálculos predictivos en la implementación del modelo geomecánico para completamiento de pozos, pero existen problemas como la duplicidad de datos, la falta de entornos visuales para graficar los resultados y los modelos predictivos y la necesidad de cálculos específicos de esta metodología, por lo que el ingeniero encargado no puede tener una visión clara de la decisión que debe tomar respecto a la metodología.

Además de los problemas mencionados, el tiempo que actualmente toma la implementación de la metodología por pozo es grande, la información se encuentra dispersa y no hay forma de utilizar los resultados que actualmente genera ECOSEMT, lo que muestra claramente la necesidad de una herramienta completa para la prevención de daños por arenamiento en pozos.

De acuerdo a lo anterior, se ampliarán las funciones del software ECOSEMT, agregando una nueva metodología a sus decisiones técnico-económicas para mitigar daños por arenamiento en pozos, y se realizarán las actualizaciones necesarias a la metodología de producción, agregándole nuevos alcances a la herramienta software y generando ECOSEMT 2.0.

#### **4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El Instituto Colombiano del Petróleo –ICP, cuenta con una metodología para minimizar los riesgos de arenamiento a partir de producción de pozos implementada en una herramienta software (ECOSEMT); esta herramienta software ha sido útil para mitigar los costos asociados a daños por arenamiento, mostrando las mejores soluciones al problema basadas en una evaluación económica. Este software fue desarrollado con base a la metodología de producción desarrollada por el ICP (Jaimes, 2009).

El desarrollo de ECOSEMT ha permitido evaluar mayor cantidad de pozos, y menos personal requerido para hacerlo, aún estando en versión de evaluación; por esta razón se le ha dado fiabilidad el tener software a la medida que cumpla con las especificaciones requeridos por las metodologías, apoyando los usuarios sus decisiones en los resultados mostrados por la herramienta.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1. Definición de términos básicos

**Fracturamiento Hidráulico:** Consiste en la inyección de un fluido a presión denominado fluido de fractura, hasta la profundidad a la que se encuentra la roca que se quiere fracturar, expuesta en la cara del pozo, para lograr la falla de la misma, es decir, hasta fracturar o hacer fallar la formación.

**Trayectoria:** Es el grado de inclinación del pozo, lo cual es necesario para aprovechar las facilidades que permite la formación y evitar daños según lo muestre la ventana de lodo.

**Yacimiento:** Acumulación de aceite y/o gas en roca porosa tal como arenisca. Un yacimiento petrolero normalmente contiene tres fluidos (aceite, gas y agua) que se separan en secciones distintas debido a sus gravedades variantes. El gas siendo el más ligero ocupa la parte superior del yacimiento, el aceite la parte intermedia y el agua la parte inferior

**Arenamiento:** La producción de arena se constituye cuando formaciones con consistencia de alto grado de porosidad presenta desmoronamiento, generando una especie de arena, la cual produce problemas en las fases que pueda presentar un pozo.

**Producción:** Fase de un pozo en la que se utilizan distintas herramientas, según lo requiera para la extracción del crudo.

**Completamiento:** Fase anterior a la de producción, utilizando cañones para dañar la formación del suelo y generado espacio la extracción del crudo.

**Cañones:** Elementos generadores del daño de la formación.

**Fallamiento:** Es la fase donde una roca genera un cambio de estructura física o rompimiento de la estructura física inicial.

**Formación:** Una formación o formación geológica es una unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes. Es la principal unidad de división litoestratigráfica

**Drawdown:** Diferencial de Presión (Drawdown pressure,  $(p_r - p_{wf})$ ), esta es la diferencia entre la presión estática del crudo dentro de la formación y la presión dinámica de fondo. Esta influye en el desempeño del pozo, ya que una gran

diferencia de presión nos indica como es la permeabilidad que tiene la formación, ya que esta es inversamente proporcional a la diferencia de presión (Oklahoma University).

**Presión dinámica de fondo (Pwf):** Esta es la presión que se desarrolla en la cara de la formación, o sea en las paredes del pozo donde se encuentran los punzados. Esta se puede determinar con Ensayos de Formación, Perfiles de Presión o con sensores de fondo. Su valor puede variar para pozos con cierta proximidad y afectados a la misma formación debido al daño que se haya en el volumen de roca en las cercanías del pozo.

**True Vertical Depth:** Cuando se obtienen registros de un pozo este está ligado a la distancia en el cual fue tomado el dato, si el pozo tiene inclinación, su distancia total es (Measure Depth - MD) distancia medida, y o se tiene el registro de distancia vertical (True Vertical Depth - TVD), estos datos pueden sacarse del estado mecánico de un pozo.

## **5.2. Desarrollo de un correcto software**

La estandarización de procesos y desarrollos ha permitido a muchas empresas a nivel mundial ampliar su cobertura tecnológica y humana obteniendo mejores resultados con el aumento en la implementación de proyectos de alta calidad.

Al desarrollar este software es necesario tener en cuenta tres los retos fundamentales que enfrenta la ingeniería del software (al, 2005).

El reto de la Heterogeneidad, pues se requiere que los sistemas operen como sistemas distribuidos en redes que incluyen distintos tipos de computadoras y con diferentes clases de sistemas de soporte.

El reto de la entrega, es reducir los tiempos de entrega y de soporte para sistemas grandes y complejos sin comprometer la calidad del sistema. El reto de la confianza, es desarrollar técnicas que demuestren que los usuarios pueden confiar en el software.

Teniendo en cuenta lo anterior, el ingeniero de software puede ayudarse en métodos para diseñar una arquitectura correcta para un proyecto software a larga escala, tal y como lo sería el RUP y las prácticas de planeación.

### 5.2.1 RUP (Rational Unified Process, Proceso Unificado Lógico)

Es el proceso de desarrollo más general de los existentes actualmente. Identificado como el proceso de desarrollo de software que captura las mejores prácticas del conocimiento en ingeniería de software y proporciona a los equipos de desarrollo guías, estándares y recomendaciones para la construcción de software de alta calidad (Quality & Service, 2001).

Descrito como una infraestructura flexible de desarrollo de software que proporciona prácticas recomendadas probadas y una arquitectura configurable estableciendo un Proceso Práctico.

Se debe recalcar que no existen dos proyectos de desarrollo de software que sean iguales. Cada uno tiene prioridades, requerimientos, y tecnologías muy diferentes. Sin embargo, en todos los proyectos, se debe minimizar el riesgo, garantizar la predictibilidad de los resultados y entregar software de calidad superior a tiempo.

RUP entre sus labores:

- Realiza un levantamiento exhaustivo de requerimientos.
- Busca detectar defectos en las fases iniciales.
- Intenta reducir al número de cambios tanto como sea posible.
- Realiza el Análisis y diseño, tan completo como sea posible.
- Diseño genérico, intenta anticiparse a futuras necesidades.

El ciclo de vida de RUP, como se conoce al trazado de las actividades de desarrollo en el tiempo, está dividido en 4 etapas:

- *Inicio:* Define el alcance partiendo de un acuerdo entre todos los interesados respecto a los objetivos del ciclo de vida para el proyecto, generando el ámbito del proyecto, el caso de negocio, síntesis de arquitectura posible y el alcance del proyecto.
- *Elaboración:* Se realiza el establecimiento de la línea base para la Arquitectura del sistema y proporcionar una base estable para el diseño y el esfuerzo de implementación de la siguiente fase, mitigando la mayoría de los riesgos tecnológicos.
- *Construcción:* Completar el desarrollo del sistema basado en la línea base de la arquitectura.
- *Transición:* Fin del proyecto y puesta en producción, donde se debe garantizar que el software está listo para entregarlo a los usuarios.

Cada etapa de desarrollo cambia el foco del equipo de trabajo para alcanzar cada uno de los hitos y es llevada a cabo en forma iterativa. Esto quiere decir que la etapa se fragmenta en pequeños proyectos que recorren todas las disciplinas y producen un ejecutable. Dicho producto es la forma más efectiva de verificar el progreso del proyecto y de reducir los riesgos (al, 2005).

### **5.2.2 Prácticas de la planeación**

En cuestión de obtener los requisitos necesarios para la planeación del software frente a una metodología planteada, la actividad de planeación abarca un conjunto de prácticas técnicas y de gestión que permiten al equipo desarrollador definir un mapa del camino mientras se viaja a través de su meta estratégica y objetivos tácticos (Pressman, 2009).

Para lo anterior es necesario tener en cuenta los siguientes principios.

*Entender los alcances del proyecto*, esto proporciona el destino.

- *Involucrar al cliente en la actividad de la planeación*, El cliente define prioridades y establece las restricciones del proyecto, se necesita un ingeniero de software para negociar.
- *Reconocer que la planeación es iterativa*, hay que reconocer que durante el trabajo es muy probable que las cosas cambien, lo que conduce a una replaneación.
- *Estimar con base en el conocimiento disponible*, la idea es proporcionar indicio del esfuerzo, costo y duración de las tareas.
- *Considerar el riesgo cuando se define el plan*, es necesario que dentro de la planeación exista un plan de contingencia.
- *Ser Realista*, se debe ser consciente de que los errores ocurren, la comunicación puede existir el ruido, las omisiones y la ambigüedad son hechos de la vida.
- *Ajustar la granularidad mientras se define el plan*, la granularidad se refiere al grado de detalle que se introduce conforme se desarrolla el plan.
- *Definir cómo se intentará asegurar la calidad*, El plan debe indicar la forma en que el equipo software pretende asegurar la calidad.
- *Describir cómo se pretende incluir el cambio*, incluso la mejor planeación puede superarla el cambio incontrolable.

- *Adaptar el plan a menudo y hacer los ajustes cuando éstos se requieran*, citando a Barry Boehm “se necesita un principio de organización que se reduzca para proporcionar planes simples para proyectos simples” (Pressman, 2009), Boehm sugiere un enfoque dirigido a los objetivos, fundamentales y calendarios del proyecto.

### **5.2.3. Goal Question Metric (GQM)**

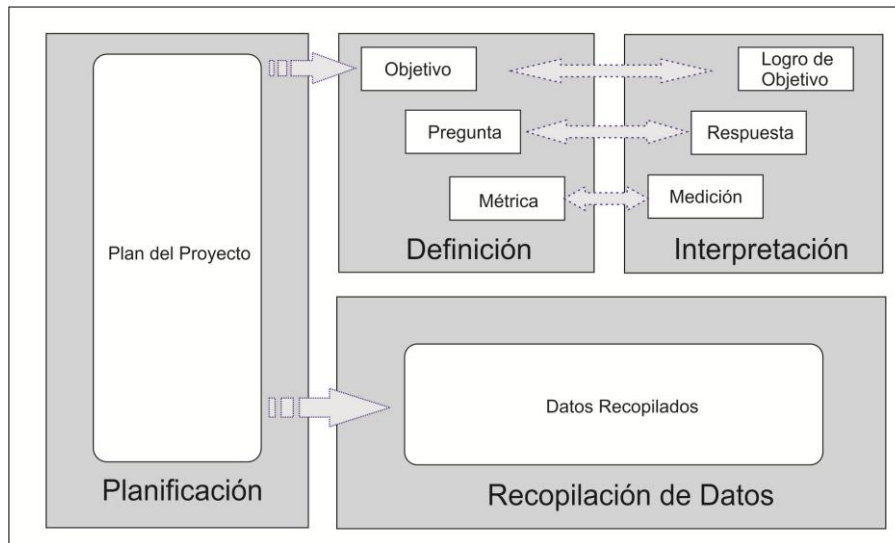
El método GQM (Piatin Mario, 2007) fue originalmente definido por Basili y Wiss (1984) y extendido posteriormente por Rombach (1990) como resultado de muchos años de experiencia práctica e investigación académica. GQM define un objetivo, refina este objetivo en preguntas y define métricas que intentan dar información para responder a estas preguntas.

El método GQM se lleva a cabo en las siguientes fases (van Solingen y Berghout 1999):

- **Planificación**, durante la cual se selecciona, define, caracteriza y planifica un proyecto para la aplicación de la medición obteniéndose como resultado un plan de proyecto.
- **Definición**, durante la cual se define y documenta el programa de la medición (objetivos, preguntas, métricas e hipótesis).
- **Recopilación de Datos**, en la que se reúnen los datos reales de la medición.
- **Interpretación**, en la que se procesan los datos recopilados respecto a las métricas definidas en forma de resultados de medición, que proporcionan respuestas a las preguntas definidas, a partir de las cuales se puede evaluar el logro del objetivo planteado.

El proceso se ilustra en la Figura 1. El proceso de GQM (van Soligen y Berghout, 1999) , la fase de planificación se lleva a cabo para satisfacer los requisitos básicos que permitan que un programa de medición GQM sea un éxito, para lo cual se incluyen aspectos de formación, implicación en la gestión y planificación de proyectos. Durante la fase de definición se elaboran los entregables, que están principalmente basados en entrevistas estructuradas u otras técnicas de adquisición de conocimiento. En la fase de definición se identifica un objetivo, todas las preguntas y expectativas (hipótesis). Cuando se han completado todas las actividades de la medición, se puede tener más certeza acerca de la duración

del proyecto. Finalmente, durante la fase de interpretación, las mediciones son utilizadas para responder a las preguntas formuladas, y las respuestas son usadas de nuevo para ver si se han logrado los objetivos planteados.



**Figura 1. El proceso de GQM (van Soligen y Berghout, 1999)**

**Fuente: Calidad de Sistemas Informáticos (Modificada por Autor)**

### **5.3. Tecnologías aplicadas a este proyecto**

ECOSEMT 1.0 fue realizado bajo el entorno de desarrollo Visual Studio Express Edition 2010 y el paquete integral de Windows NetFramework 3.5, es necesario determinar las capacidades de este entorno de desarrollo, bajo las necesidades de este proyecto. Vale la pena mencionar algunas capacidades de este lenguaje, las cuales muestran la importancia de seguir utilizándolo en este proyecto, y por ende la programación orientada a objetos.

#### **5.3.1. Entorno de desarrollo integrado de Visual C#**

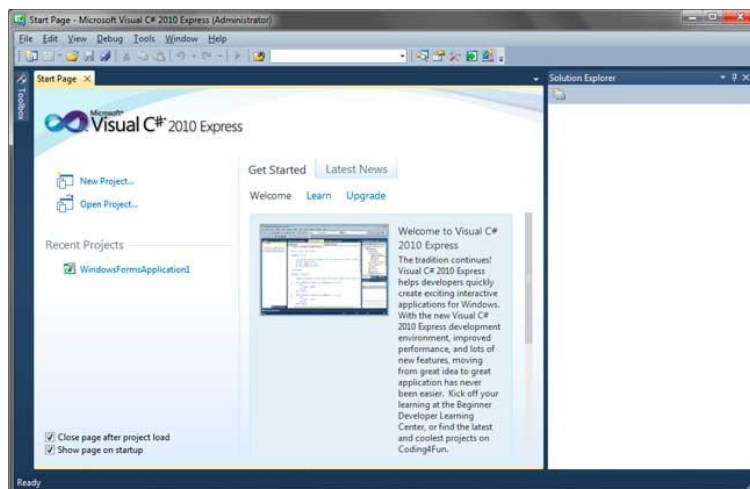
ECOSEMT 1.0. Fue elaborado bajo el entorno de desarrollo de Visual Studio Express Edition 2010.

La Edición Express de Visual Studio, se convirtió en una de las mejores y más inteligentes estrategias de la división de desarrollo de Microsoft, con muchas de

las fortalezas de las versiones pagas de Visual Studio y con falencias poco relevantes para el desarrollo de aplicaciones, es actualmente uno de los entornos de programación más conocidos que existen, y es una alternativa gratuita para aquellos que quieran probar la aplicación de Visual Studio sin tener que pagar altas sumas de dinero. El paquete de Express Edition requiere un registro de rutina sin costo alguno, con el cual se ofrecen consultorías y asesorías directas con Microsoft, esta versión está dirigida especialmente a estudiantes y aficionados.

Claramente, Visual Studio Express no tiene todas las características que la edición profesional tiene, pero es muy útil y se puede hacer software de diferente complejidad con el lenguaje que se elija, especialmente si se quiere aprender a programar y se necesita una herramienta gratuita. Una característica de la versión Express, es que permite la descarga individual del entorno de desarrollo integrado (IDE) para el lenguaje de programación preferiblemente para cada persona. Además de que soporta la versión .NET Framework 4.0.

El entorno de desarrollo integrado (IDE) de Visual Express Edition, presenta un ambiente amigable para el usuario, facilitándole el entendimiento de las diferentes funciones, características y detalles visuales que se integran en la IDE (ver Figura 2. Entorno de desarrollo Visual Express Edition 2010. El entorno de desarrollo está constituido por un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI). Además está integrado con algunas herramientas que facilitan al programador la realización de sus proyectos.



**Figura 2. Entorno de desarrollo Visual Express Edition 2010**

**Fuente: Autor**

### 5.3.1.1 Jerarquía de llamadas

La jerarquía de llamadas permite navegar por el código mostrando los siguientes elementos:

- Todas las llamadas destinadas y procedentes de un método, una propiedad o un constructor seleccionados.
- Todas las implementaciones de un miembro de interfaz.
- Todos los reemplazos de un miembro virtual o abstracto.

Esto permite entender mejor cómo fluye el código y evaluar los efectos de los cambios que se realizan en el código, ahorrando tiempo y hallando errores de no compilación.

### 5.3.1.2. Modo de sugerencia de IntelliSense

IntelliSense es el evento de autocompletar proporcionado por el entorno de desarrollo. IntelliSense proporciona ahora dos alternativas para completar las instrucciones: el modo de finalización y el modo de sugerencia. El modo de sugerencia se utiliza cuando las clases y los miembros se usan antes de definirlos. Y el modo finalización se utiliza cuando existen clases y formularios, y permite autocompletar la palabra parcialmente escrita.

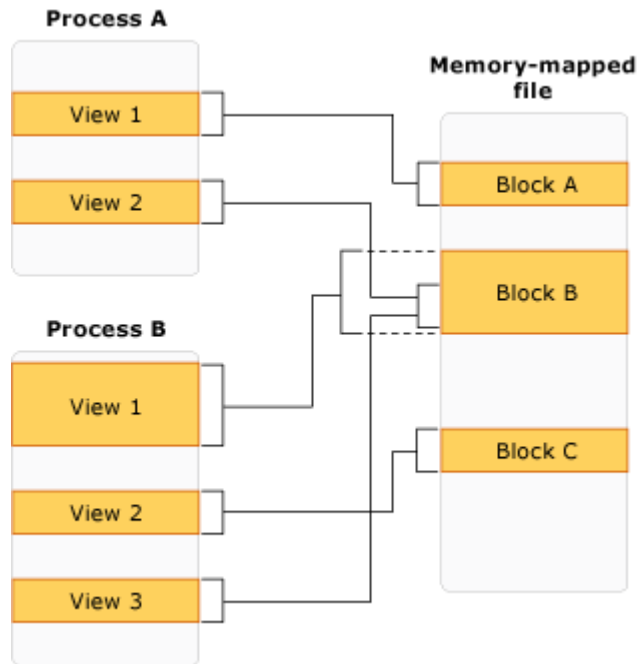
### 5.3.2. Nuevas Ventajas de .NET Framework 4.0.

La ingeniería del software, promueve el uso de las últimas tecnologías, por lo tanto, es necesario utilizar la actualización a .NET Framework 4.0 (Cristian Negel, 2010) y evaluar las ventajas que genera este nuevo componente de Windows en el proyecto. Por lo tanto, solo se hará referencia a ciertas características que aportaron al desarrollo de esta investigación.

- **Actualizaciones:** Lo primero que puede convertirse en ventaja, aunque no resulta un gran cambio respecto a la versión 3.5 de .NET Framework (), es que .NET Framework 4 es compatible con las aplicaciones que se han compilado con versiones anteriores de .NET Framework, salvo con respecto a algunos cambios que se han realizado para mejorar la seguridad, el cumplimiento de normas, la exactitud, la confiabilidad y el rendimiento.

- **Manejo de Memoria:** Las versiones anteriores de .NET Framework no proporcionaban ninguna manera de determinar si un dominio de aplicación concreto estaba afectando a otros dominios de aplicación. A partir de .NET Framework 4, se puede calcular el uso del procesador y de la memoria por dominio de aplicación.
- **Recolección de elementos no utilizados:** .NET Framework 4 proporciona recolección de elementos no utilizados en segundo plano. Esta característica reemplaza la recolección simultánea de elementos no utilizados de las versiones anteriores y proporciona un mayor rendimiento.
- **Globalización:** .NET Framework 4.0. proporciona nuevas referencias culturales neutras y específicas, valores de propiedad actualizados, mejoras en el tratamiento de cadenas y otras mejoras. Estas mejoras proporcionan mayor robustez al software en cuanto a captación de elementos numéricos y fechas. Esto permite que el software sea estable ante las configuraciones regionales en la cuales se encuentre instalado el software.
- **Manejo de números complejos:** La nueva estructura *System.Numerics.BigInteger* es un tipo de datos Integer de precisión arbitraria que admite todas las operaciones con enteros estándar, incluyendo la manipulación de bits. La nueva estructura *System.Numerics.Complex* representa un número complejo que admite operaciones aritméticas y trigonométricas con números complejos.
- **Enumeración en el sistema de archivos:** Los nuevos métodos de enumeración de archivos mejoran el rendimiento de las aplicaciones que obtienen acceso a directorios de archivos grandes o que iteran por las líneas de archivos de gran tamaño. Esta parte es muy necesaria para este proyecto en cuanto a la importación, exportación y manipulación de registros de pozo.
- **Archivos asignados a memoria:** .NET Framework es compatible ahora con archivos asignados a memoria. Puede usar archivos asignados a memoria para editar archivos muy grandes y crear memoria compartida para la comunicación entre procesos. Como es el caso de la librería *Memory-Mapped Files* (), donde los archivos asignados a memoria, permiten una aplicación de mapa de su espacio de direcciones virtuales directamente en un archivo en el disco. Una vez el archivo ha sido mapeado en memoria (Ver Figura 3. Las vistas múltiples y superpuestas en

un archivo asignado en memoria), el acceso a su contenido se reduce a eliminar la referencia de un puntero.



**Figura 3. Las vistas múltiples y superpuestas en un archivo asignado en memoria**

**Fuente:** [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd997372\(v=VS.100\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd997372(v=VS.100).aspx).

- **Características mejoradas:** A partir de sugerencias de clientes, Microsoft Corporation, adjuntó algunas mejoras, de las cuales se nombrarán solo las que fueron utilizadas en este proyecto, y hacen parte de las características mejoradas.
  - Para admitir el formato dependiente de la referencia cultural, la estructura *System.TimeSpan* incluye nuevas sobrecargas de los métodos *ToString*, *TryParse* y *Parse*, así como nuevos métodos *TryParseExact* y *ParseExact*.
  - La nueva clase *System.Collections.Generic.SortedSet<T>* proporciona un árbol que mantiene los datos ordenados después de que se hayan realizado operaciones de inserción, eliminación y

búsqueda. Esta clase implementa la nueva interfaz `System.Collections.Generic.ISet<T>`. Importante mejora que se utilizó en el manejo de las bases de datos, pues se creaba un objeto a partir de la información en la base de datos, y se mantienen los datos en memoria para acceder más rápido a ellos.

#### **5.4. Generalidades de la geomecánica**

Definida como la encargada de estudiar la respuesta mecánica de material geológico ante cambios dados en el entorno físico (esfuerzos, presiones, temperatura), influyentes en la exploración, desarrollo y producción de los crudos del yacimiento (Contreras, y otros, 2008).

Una definición más explícita dice que la Geomecánica de yacimientos se define como la aplicación de los principios de ingeniería al estudio de la interacción entre las rocas de yacimiento y el flujo de fluidos a través de ellas (Geomecánica de Rocas, 2003). La determinación de estos procesos permite predecir el comportamiento mecánico de las formaciones a grandes profundidades, para evitar la inestabilidad de pozo.

Otra definición muy aceptada en el campo, es nombrar a la geomecánica como la disciplina técnica dedicada al modelado, diagnóstico y control de la deformación de las rocas.

Originaria de la ingeniería civil en estudio de suelos y rocas para materiales de construcción, la geomecánica del petróleo emplea las propiedades mecánicas y el comportamiento de las formaciones geológicas, las cuales tienen gran influencia en la exploración, perforación y producción de petróleo y gas.

La geomecánica petrolera presenta aplicaciones en áreas como:

- La predicción de la presión de poro.
- El fracturamiento hidráulico.
- El pronóstico y control de la estabilidad del pozo.
- La optimización de la localización del pozo y de la trayectoria.
- La predicción y control de la producción de arena.
- La predicción y control de la compactación y subsidencia del yacimiento.
- El diseño de estimulaciones.
- La caracterización de yacimientos fracturados.
- El diagnóstico de problemas de perforación.
- El análisis de esfuerzos en el subsuelo.

## **5.5. Estrategias de completamiento para el control de arena**

La esencia del gerenciamiento de arena es la cuantificación del riesgo al arenamiento, lo cual es útil a la hora de tomar decisiones respecto a la implementación de alternativas de gerenciamiento y/o exclusión de arena para mitigar la problemática.

El fin de esta metodología, permitirá determinar si los túneles cañoneados serán estables durante la vida productiva del pozo o en qué punto será inevitable la producción de arena. En este sentido el objetivo será garantizar la estabilidad de los cañones por el mayor tiempo posible.

Dentro de las técnicas de completamiento que ayudan a minimizar el riesgo del arenamiento se encuentran: el cañoneo orientado, el cañoneo selectivo, la combinación entre selectivo y orientado (análisis de la estabilidad de los cañones) y la optimización del cañoneo.

### **5.5.1 Análisis de la estabilidad de los cañones**

#### **5.5.1.1 Cañoneo selectivo**

Consiste en evaluar los intervalos de las formaciones basados en la sensibilidad a la producción de arena. La selección de un intervalo para el cañoneo estará relacionada con el mejor grado de resistencia que pueda ofrecer frente a las condiciones de la formación.

#### **5.5.1.2 Cañoneo orientado**

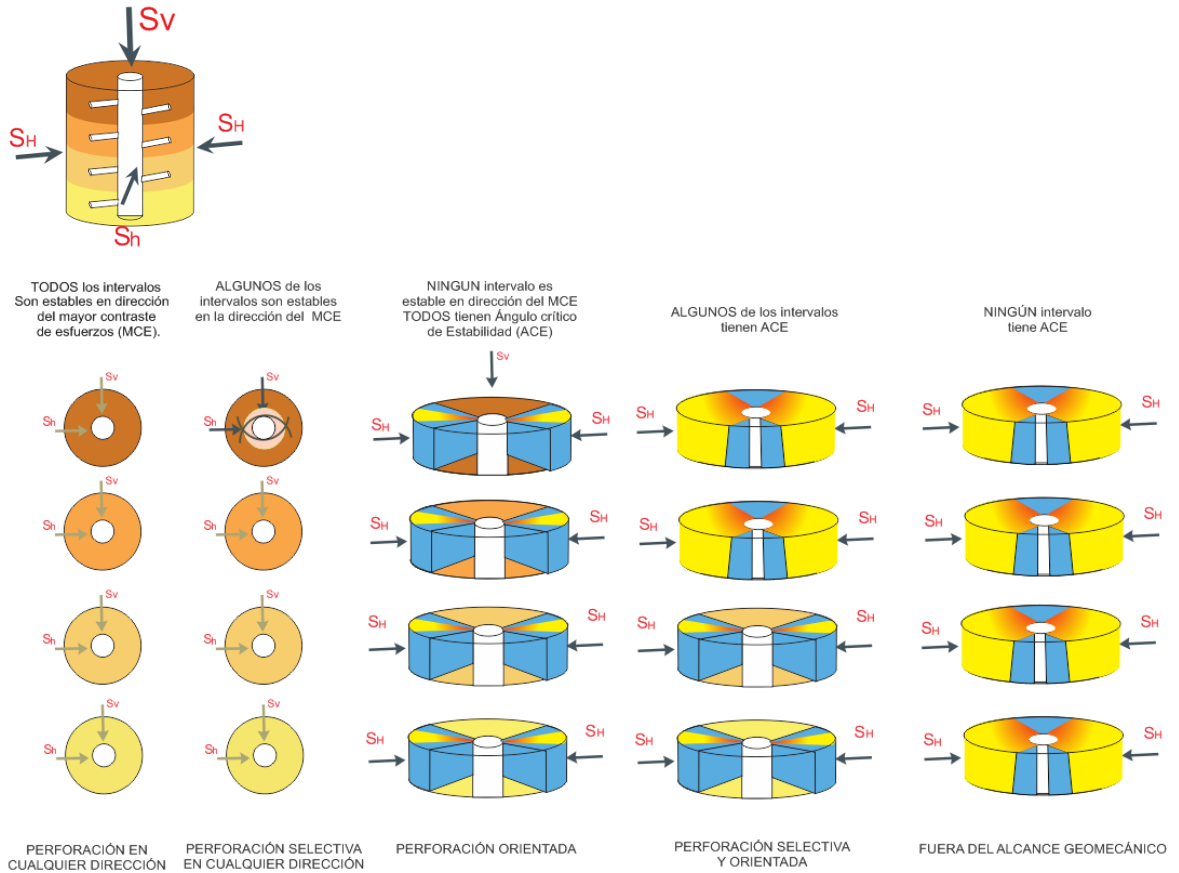
En las zonas donde existe alto contraste de esfuerzos se recomienda orientar los cañones en la dirección de la máxima estabilidad, es decir en aquella dirección donde el contraste de esfuerzos sea el menor.

Sulbaran (Sulbaran, 1999), establece una metodología para determinar la dirección óptima del cañoneo basado en un análisis de estabilidad a lo largo del azimut del pozo en sus intervalos. La metodología consiste en rotar el cañón en diferentes azimuts y evaluar la estabilidad según un nivel de drawdown establecido como parámetro de control.

#### **5.5.1.3. Cañoneo selectivo y orientado**

La estrategia del cañoneo selectivo y orientado está basada en la idea de que no todas las formaciones son sensibles al arenamiento y que existirá en la mayoría de las veces una dirección preferencial para el fallamiento.

Los intervalos que presenten fallamiento en la dirección del menor contraste de esfuerzos, se descartarán y se evaluarán los ángulos críticos de estabilidad para los otros intervalos.



**Figura 4. Metodología para la selección del cañoneo selectivo, orientado, y combinado.**

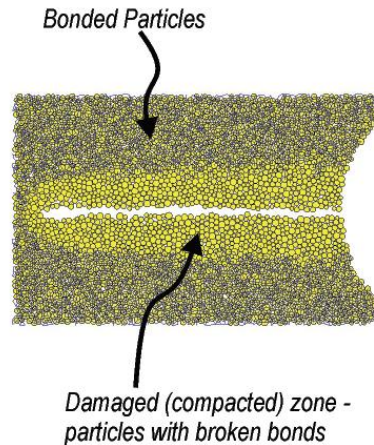
**Fuente: Grupo de control de arena ICP**

## 5.5.2 Optimización del cañoneo

### 5.5.2.1 Extensión de la zona de daño a causa del cañoneo

En relación a la prevención del arenamiento lo que se busca es causar el menor daño posible, es decir disminuir la extensión de la zona de daño en la formación donde se encuentra el crudo, para que no existan factores adicionales que provoquen problemas en el momento de la extracción. Igualmente se necesita que los diámetros de los cañones en la formación no sean tan grandes, esto con el fin

de garantizar la estabilidad mecánica y evitar afectar negativamente los cañones. Realizar disparos cercanos entre sí, causaría un mayor daño en la formación productora, como se puede ver en la siguiente imagen (ver Figura 5. Extensión de la zona de daño de cañoneo.),



**Figura 5. Extensión de la zona de daño de cañoneo.**

**Fuente: SPE 131264**

La extensión de la zona dañada así como la profundidad de penetración en la roca, son parámetros muy importantes para evaluar tanto la estabilidad de los túneles como la productividad de la zona completada. Tales parámetros<sup>1</sup> están influenciados principalmente por:

- Las propiedades mecánicas de la formación.
- La magnitud y orientación de los esfuerzos in situ.
- El tipo de litología.
- La presión de poro.
- El tamaño y el tipo de carga usada en el cañón.

#### **5.5.2.1 Nivel de Underbalance óptimo**

Uno de los principales propósitos de llevar a cabo un cañoneo bajo balance (underbalance) es obtener perforados limpios disminuyendo la extensión de la

---

<sup>1</sup> M. Gladkikh, SPE 124783.

zona de daño (EZD). Éste material que no es removido al momento del cañoneo producirá una caída de presión adicional a la que produce el perforado, lo cual puede desencadenar arenamiento. Por esta razón se hace necesario determinar el nivel de underbalance óptimo para remover la zona de daño y retardar el inicio de la producción de arena.

### **5.6. Diseño de la metodología de Completamiento de pozos**

La estrategia de completamiento inicial consistirá en:

- Intervalos disponibles para cañoneo en el pozo.
- Revisión de los modelos predictivos.
- La profundidad, diámetro y tipo del cañón.
- La selección de los intervalos según la estabilidad.
- El nivel de Underbalance óptimo.
- La orientación óptima de los cañones.

## 6. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

La metodología a implementar está constituida de una serie de etapas, organizadas en un ciclo constructivo que permite la corrección a tiempo de cualquier irregularidad que se pueda tener en el momento de la elaboración del proyecto de investigación y desarrollo.

A continuación se describen las cinco etapas que forman el ciclo de desarrollo de la metodología correspondiente, que sirven para encaminar la elaboración de la herramienta software.

**Análisis:** Es la etapa donde se realizará la investigación de los antecedentes del problema que se quiere resolver. El análisis incluye un estudio detallado de los procesos que en anteriores proyectos se tuvieron presentes y la documentación del estado del arte que se tiene referente al tema de investigación a nivel mundial. Para esta etapa se realiza el análisis de los requerimientos junto con las partes implicadas en el trabajo a desarrollar, permitiendo tener claros los parámetros y funciones que deberá cumplir el proyecto como tal.

**Planeación:** En esta etapa se realiza la delimitación de los posibles alcances que tendrá el proyecto de investigación y desarrollo, por medio del planteamiento de los objetivos. Durante la etapa se realiza el planteamiento formal de la hipótesis, en la cual se describe el flujo de trabajo guía para la ejecución del proyecto de investigación y desarrollo, en miras de dar solución al problema planteado. La hipótesis se establece a partir de examinar metodologías y modelos que sirvan para dar soporte teórico al proyecto.

**Estructuración:** Etapa donde se elaboran los diagramas y esquemas correspondientes al funcionamiento que debe cumplir el trabajo que se realiza. Dichos diagramas son bosquejos que van a permitir en la etapa posterior de construcción realizar un trabajo más eficaz y con una definición de los requerimientos extraídos por parte de los implicados más clara.

**Construcción:** Se toman las estructuras funcionales que se elaboraron con anterioridad y en base a estas se construye las herramientas o el sistema que se quiere. La construcción contempla la corrección de errores y ajustes de rendimiento, que le permitan la realización de las labores de forma más efectiva. Si la labor se ejecuta sin complicaciones ni cambios estructurales pasa inmediatamente a la etapa de difusión de resultados, caso contrario se debe volver a pasar por las etapas anteriores con el fin de corregir los errores encontrados.

**Difusión:** Al terminar el trabajo de investigación con el cumplimiento de los objetivos se realiza la divulgación, para que de esta forma los posteriores trabajos puedan tomar referencias y guiarse mediante este proyecto. La difusión hace parte de las etapas del ciclo de desarrollo debido a que es importante dar a conocer los resultados que se obtienen y sentar precedentes de las dificultades que se tuvieron durante la elaboración del trabajo de investigación y desarrollo.

## 7. MODELO DE DESARROLLO

### 7.1. Plan de trabajo

El plan de trabajo es guiado por los principios de ingeniería del software así como los parámetros del proceso unificado lógico (RUP), y un esquema acorde al modelo que se describió con anterioridad.

Estas etapas que sirven para orientar el desarrollo del esquema de trabajo, se plantean y describen a continuación (ver Figura 6. Esquema de trabajo.), especificando las tareas que se efectúan en cada una de ellas.



**Figura 6. Esquema de trabajo.**

**Fuente: Autor.**

#### 7.1.1 Planteamiento y Análisis del problema

La primera etapa abarca la definición del problema a trabajar, para ello se realizan las labores como la revisión bibliográfica y el análisis de requerimientos, donde se sitúa con detalle los aspectos correspondientes a la situación a tratar, tomando los aspectos planteados en los requerimientos que se tienen.

El siguiente escalón dentro de esta etapa es la búsqueda de documentación referente a la investigación, esto por medio de:

- Ejemplos puntuales hallados en la revisión bibliográfica.
- Lectura de artículos que tengan similitud al tema que se va a trabajar.
- Recopilación de trabajos realizados para el tema de investigación.

Para culminar la etapa se miran y redactan los posibles alcances que se pretenden lograr, mediante la formulación de objetivos claros y la justificación del

tema de investigación, lo que dará el soporte conceptual del para que se hace este trabajo.

### **7.1.2 Planeación y conceptualización**

Teniendo la finalidad para la cual se realiza el tema de investigación y desarrollo, se comienza la segunda etapa que contempla la búsqueda de los antecedentes del problema a tatar, para conocer qué alternativas se han abarcado y con cuales se obtuvieron mejores resultados.

La recopilación de las bases teóricas que apoyen la ejecución del trabajo de investigación y desarrollo, son involucradas y plasmadas en esta etapa como soportes conceptuales para el proyecto.

Finalmente a partir del arduo estudio de las posibles alternativas de solución para el problema, se realiza el planteamiento concreto de la hipótesis mediante la cual se pretende dar solución al problema planteado.

### **7.1.3 Diseño en estructura de trabajo**

Esta etapa es constituida por labores como:

- Interpretación y asimilación de los software utilizados en la misma área de trabajo y que tienen tareas relacionadas con las que cumple el resultado de este proyecto, que servirán como guía en la construcción y mejoramiento de la estructura de ECOSEMT 2.0.
- Extracción de la población que está comprendida por todas las metodologías que se han implementado en el Instituto Colombiano del Petróleo y de estas, sacar una muestra significativa con la cual se trabajará.
- Delimitación de los alcances a partir del estudio de la población y muestra, con lo cual se estructura parte del cronograma a realizar en la fase de construcción.
- Modelado estructural de las metodologías elegidas para la construcción de ECOSEMT 2.0.
- Realización de diagramas y esquemas de las funciones que debe cumplir el sistema.
- Diseño concreto del software planteado que cumplirá las especificaciones correspondientes a cada etapa que comprende ECOSEMT 2.0.

- Planteamiento de la estructura operativa que se efectuará en el ciclo de construcción, con lo que se complementa el cronograma de actividades a realizar para el siguiente ciclo.

#### **7.1.4. Ciclo de Construcción**

La cuarta etapa consiste en efectuar los planteamientos y estipulaciones que se estructuraron en la etapa anterior. Se crea formalmente el sistema central para la herramienta software, igualmente durante esta etapa se realiza la validación del software por medio de la inclusión de un ciclo interno estructurado basado en Análisis e interpretación, Corrección y Acoplamiento, e Implantación.

- **Análisis e interpretación de la metodología**, que se quiere incluir en el sistema central de la herramienta software.
- **Corrección y acoplamiento**, es la realización de pruebas y ajustes necesarios a la metodología para permitir su acople al sistema principal de la herramienta software.
- **Implantación**, la inclusión formal de la metodología al sistema principal, si esta implantación tiene errores se debe pasar nuevamente a realizar un chequeo de las partes anteriormente mencionadas, para la detección de la falla y su corrección.

Este ciclo interno además de permitir validar el software, posibilita la detección y corrección de errores.

Para culminar la etapa se hace una completa documentación de las pruebas hechas, de las fallas encontradas, de las correcciones que se hicieron y toda aquella información relevante que facilite el entendimiento del software.

#### **7.1.5. Divulgación**

La etapa que culmina el esquema de trabajo consiste en la publicación de los resultados que se obtuvieron a través de la elaboración del proyecto y además la entrega de la documentación correspondiente. Se considera esta etapa debido a la importancia que tiene el dar a conocer los logros obtenidos, cómo se pudieron alcanzar y los tropiezos que se hubiesen tenido durante todo el marco de elaboración del trabajo de investigación y desarrollo.

## 8. DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE

Esta sección está dedicada a la herramienta software ECOSEMT 2.0, partiendo de una descripción general del software y continuando con una especificación más profunda de su constitución, donde se mencionan cada uno de los subsistemas que hacen posible que ECOSEMT 2.0. Cumpla a cabalidad los requerimientos para los que fue desarrollada.

Las tecnologías que se utilizaron fueron descritas en un capítulo anterior y las pruebas de funcionamiento serán explicados en un capítulo posterior.

### 8.1 Descripción de la Herramienta

Con el objetivo de mejorar las necesidades de la metodología de producción desarrollada por el grupo de arenamiento del ICP, e incluir el desarrollo de la metodología de arenamiento en Completamiento de pozos, se desarrolla una herramienta software ajustada a las necesidades conjuntas de las dos metodologías y a nuevos complementos designados por los usuarios de ECOSEMT 1.0 (Ver Figura 7. Logo representativo de ECOSEMT.).



**Figura 7.** Logo representativo de ECOSEMT.

**Fuente. Autor.**

### 8.2. Estructura de la Herramienta

Para cumplir con las necesidades de este proyecto es preciso analizar los requerimientos de cada metodología y las bases con las que se contaban para

realizar este nuevo software, es decir, ECOSEMT 1.0. las necesidades de la metodología de producción, requería una evaluación económica que determinara qué tecnología de las sugeridas por el software, determinaba una ganancia en cierto periodo de tiempo de implementación de la tecnología elegida y mitigar así los problemas de arenamiento. Además de lo anterior, también hace parte de las necesidades de la herramienta, la metodología de completamiento de pozos, la cual permite evitar los problemas de arenamiento y no tener que mitigar la problemática como lo hace la metodología de producción, indicando al usuario las mejores condiciones de acción frente a un intervalo de formación a cañonear.

Aunque la primera versión de ECOSEMT funcionalmente cumplía con las antiguas necesidades de su metodología, su uso habitual permitió al usuario conocer las ventajas de utilizar una herramienta software que agilice la implementación de la metodología, lo que permitió implementar nuevos alcances a la metodología por medio de la herramienta software. Además de los nuevos alcances, se concluyó la posibilidad de la inclusión de otra metodología, la metodología de completamiento y lograr los mismos avances que en la primera versión del software.

Teniendo en cuenta estas nuevas necesidades del producto final, es necesario determinar las capacidades de la primera versión de ECOSEMT, ante los nuevos requerimientos. Lo cual determinaría si requeriría un cambio en su estructura, para soportar la nueva actualización.

### **8.2.1. Estructura de ECOSEMT 1.0**

ECOSEMT 1.0 fue diseñado para desarrollar la metodología de producción (Jaimes, 2009), la cual debía disponer para su correcto funcionamiento, una base de datos correctamente estructurada que permitiera constantes consultas, para realizar operaciones y que el usuario determinara sus conclusiones con los resultados obtenidos. Además de actualizar la información para futuras consultas.

Esta herramienta no tenía la necesidad del manejo de registros de pozo, pues estos solo eran cargados para graficarlos y determinar resultados visualmente. Además de esto, ECOSEMT 1.0 tendría que ajustarse a ciertas necesidades de la metodología de producción, que fueron determinadas después de poner a prueba la herramienta en su primera fase.

Estas nuevas necesidades fueron determinadas al momento de comenzar este proyecto.

- Mejora en la inclusión de los informes de granulometría.

- Mejora en la lectura de registros de pozo y la utilización de estos para determinar zonas sensibles a arenamiento.
- Utilización de los registros inclinación del pozo, para obtener la Distancia vertical real (True Vertical Depth).
- Mejora en los cálculos e inclusión de los valores de presión dinámica de fondo (PWF).
- Mejora en la visualización de ubicación de pozos.
- Mejora en la actualización de producción de cada pozo.
- Mostrar información por formación y por campo.

Estos requerimientos están implícitos en los objetivos específicos de este trabajo.

### **8.2.2. Estructura del ECOSEMT 2.0.**

A la segunda versión de ECOSEMT, se le exigieron ciertos requisitos los cuales requerían un cambio en la estructura de la primera versión:

- Operaciones con registros.
- Creación del archivo ECOSEMT.

El archivo ECOSEMT, consiste en crear un archivo con extensión propia del software, el cual permite compartir la información existente en el software entre usuarios.

Para esta segunda versión del software, la utilización de registros de pozo se utiliza para realizar distintas operaciones, pero guiadas por el software, pues se maneja gran cantidad de datos. Estas operaciones son necesarias en la metodología de completamiento. Por lo tanto, es necesario organizar la estructura inicial del software para soporte estos dos últimos objetivos.

Para la creación del archivo ECOSEMT, se vio la necesidad de hacer un cambio en la base de datos, la cual no estaba diseñada para la creación del archivo. Para ajustar la base de datos, se utilizaron clases para cada tabla, las cuales se encargan de generar y leer dichos archivos. Estas mismas clases son las encargadas de estructurar las consultas realizadas a cada tabla en particular. En un capítulo posterior, se tratará de la construcción del módulo del archivo ECOSEMT.

Los cambios requeridos para el procesador de archivo ECOSEMT, son:

- Cambiar las claves primarias de algunas tablas como: Campo, Pozo, Registros, Eventos, entre otros. Estas claves primarias se creaban a partir de cierta información generada por el software las cuales podrían ser únicas, como ejemplo: NombrePozo+FechaEvento+TopeEvento, en este ejemplo la base de datos soportaba esta clave primaria, pero en el momento de incluir un evento proveniente de otro usuario, esta clave primaria podría entrar en conflicto en la base de datos.
- Se eliminaron las relaciones entre tablas directamente desde Access y se limitó el manejo de estas relaciones a una clase del software por cada tabla.

### **8.2.3. Complementos para el software**

En la segunda versión de ECOSEMT. Se incluyó el manejo de librerías de enlace dinámicas (DLL) teniendo como base la tesis de grado (Rojas Gomez, y otros, 2011) la cual mostraba los beneficios, de no solo reutilizar código, sino reutilizar objetos como: graficadores, lectores, traductores, entre otros, para construir componentes reutilizables, que pueden ser utilizados en otros proyectos de software. Aunque el utilizar librerías dinámicas, no fue una petición de los requisitos del proyecto, fue adoptado mostrando los beneficios de utilizar este tipo de estructura de programación (Rojas Gomez, y otros, 2011). Estas características, obligaron al software a ser estructuralmente robusto, y dinámico.

También se incluyó el componente de software NetFramework 4.0 () al proyecto, esto permite utilizar nuevos recursos para programación de escritorio, además de la librería de graficación (Arc12) , lo que permitió una mejora visual en el software y desechar el graficador ZedGraph, que tenía la primera versión del software, y era soportado con NetFramework 2.0.

### **8.3. Modelado Software**

Mediante UML se realizó el diseño de la herramienta software, los diagramas UML permiten visualizar el contexto general de las funcionalidades, opciones de usuario y otras pautas involucradas en ECOSEMT. Es importante la elaboración del modelado del problema y hacer que éste sea revisado previo a la programación por parte del grupo de trabajo y el cliente interesado, evitando que el enfoque dado a la herramienta software no esté dentro de los parámetros establecidos. A continuación se describen los tipos de diagramas que fueron elaborados previos a la programación de la herramienta software, facilitando con esto la detección de errores y el reajuste de componentes.

### 8.3.1. Diagrama de Casos de Uso

Se definen los casos de uso como la descripción de las iteraciones que se producen entre un usuario y el sistema. Cuando el usuario usa el sistema para llevar a cabo una tarea específica, se definen los procedimientos del sistema independiente de la implementación, y se representa mediante una elipse con el nombre en su interior. El nombre correspondiente debe reflejar la tarea específica que el usuario desea llevar a cabo usando el sistema y las acciones que acompañan dicha tarea, estos nombres están acompañados mediante un verbo que indica la acción a efectuar (Pressman, 2009).

Se seleccionaron algunos procesos característicos que la herramienta software ejecuta y permiten entender las acciones realizadas por el software a partir de las decisiones del usuario.

Estos diagramas fueron realizados con Microsoft Visio Professional 2010, con la licencia otorgada a los estudiantes de la UIS, por convenio de Microsoft Corporation.

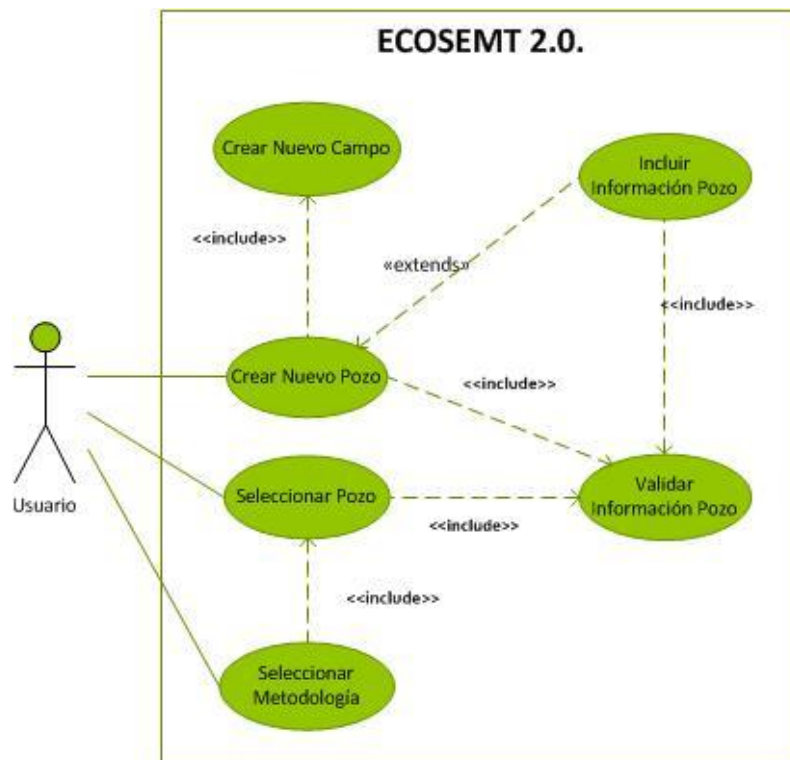


Figura 8. Caso de Uso, Asignación de pozo

Fuente: Autor.

<b>Caso de Uso</b>	<b>Descripción</b>
Crear Nuevo Pozo	En este caso el usuario decide crear un nuevo pozo, y adjudicarle la información básica si lo desea. Pero antes de crearlo, debe adjudicarle este pozo a un Campo, después de creado el pozo, el sistema verifica que no exista un pozo igual,
Seleccionar Pozo	El usuario selecciona alguno de los pozos ya incluidos en el sistema, y el software verifica que la información se encuentre correcta, y si lo desea el usuario Selecciona una metodología para evaluar el pozo en alguna de ellas.
Seleccionar Metodología	El usuario puede acceder a las metodologías pero antes se debe seleccionar un pozo al cual se quiera operar con las metodologías de Producción o completamiento.
Validar información Pozo	Esta acción es generada para cargar la información del pozo seleccionado para ser utilizado por quien lo solicite, y validar sus datos, dependiendo de la consulta.
Incluir información Pozo.	El usuario si lo desea, puede incluir información al pozo, después de crearlo, o esto puede ser editado posterior a ser creado.

**Tabla 1. Caso de Uso, Asignación Pozo.**

Fuente: Autor.

### **8.3.2. Diagrama de entidad relación**

El diagrama entidad relación refleja las interconexiones que han sido establecidas en la base de datos para el software ECOSEMT, donde se aprecian diecisiete tablas con su respectiva relación. Este diagrama de entidad relación está separado en tres partes, la primera parte (Figura 9. Entidad relación. Tablas A.) muestra la relación necesaria existente para la creación de un pozo, el cual procede de un campo, y este de una superintendencia, y el mismo en una gerencia.

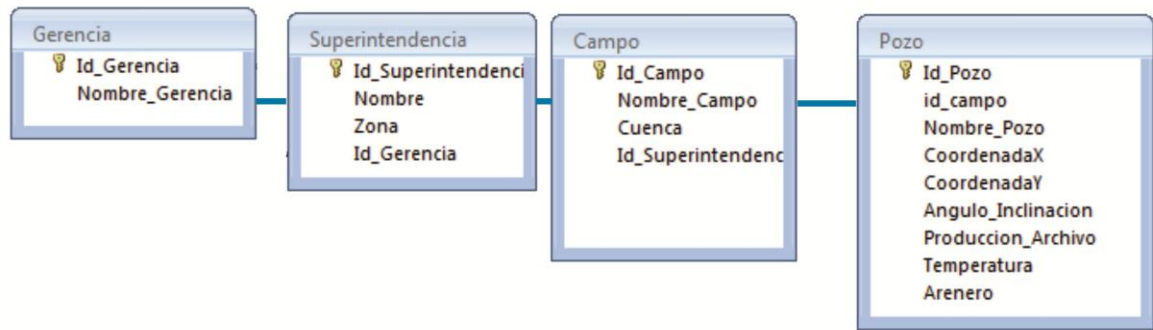


Figura 9. Entidad relación. Tablas A.

Fuente: Autor.

En una segunda parte (Figura 10. Entidad relación. Tablas B.), se pueden observar las tablas que contienen la información del pozo y las tablas que son dependientes de la tabla pozo, a excepción de la tabla costos tecnologías que depende de la tabla interpolaciones. Por otra parte en el proyecto se tienen tablas que operan manualmente obteniendo los tipos de tecnologías y los tipos de eventos.

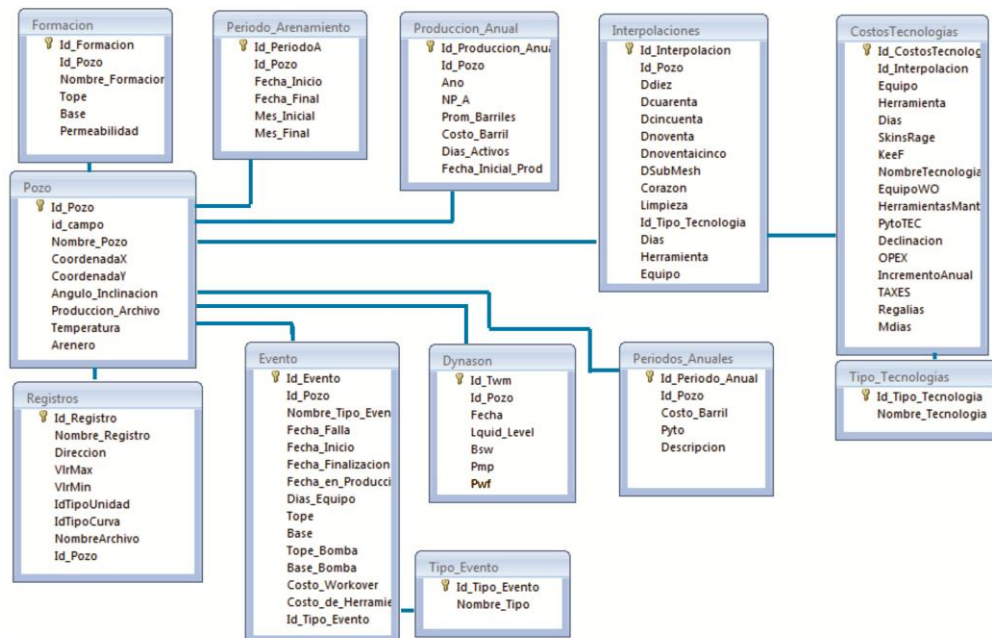
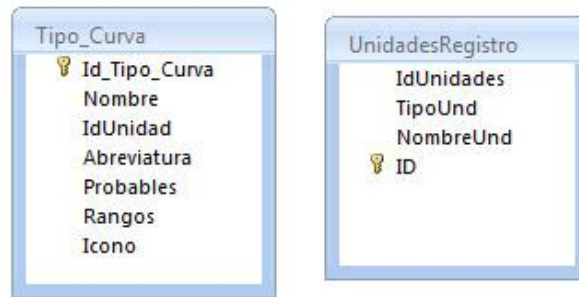


Figura 10. Entidad relación. Tablas B.

Fuente: Autor.

En la tercera parte, se muestran un par de tablas, en las cuales se ingresan valores manualmente (Solo acceso del programador). Estas tablas son las encargadas de tener la información representativa a cada registro de pozo y sus unidades respectivas.

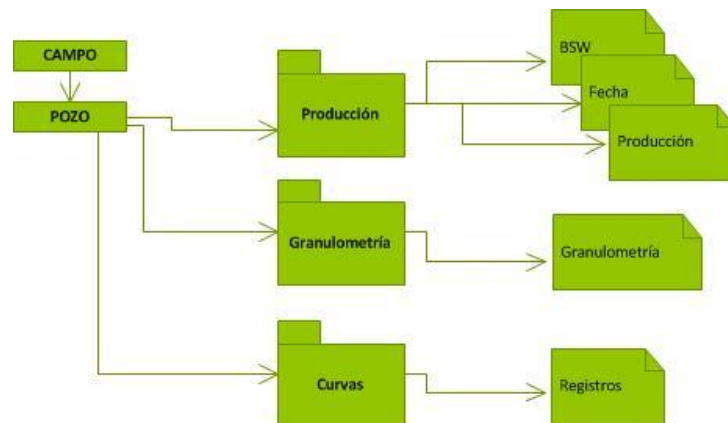


**Figura 11. Tablas Registros.**

**Fuente: Autor.**

### 8.3.3. Diseño de archivos planos

Este diseño fue modificado para esta segunda versión como se mencionó en un capítulo anterior, donde un campo dispone de distintos pozos y estos pozos tienen tres diferentes carpetas donde se almacenan los archivos planos (Ver Figura 12. Diseño de Almacenamiento de archivos planos). Esta estructura es organizada y permite una rápida lectura de la información que tiene el pozo para ser utilizado y/o exportado.



**Figura 12. Diseño de Almacenamiento de archivos planos**

**Fuente: Autor.**

## 9. DESARROLLO DE LAS OBJETIVOS DEL PROYECTO

### 9.1. Requerimientos para la metodología de Completamiento.

Diseñar un software para un área de conocimiento en específico, como es en este caso el entorno petrolero, puede prolongar un proyecto si no se tienen objetivos y tareas claras del mismo. Debido a esto, es necesario determinar las tareas a resolver, y así implementar la línea de desarrollo para el software.

Para el cumplimiento de este objetivo se siguió el método GQM (Figura 13. **Identificación de Objetivos en GQM (Modificado)**), que define los pasos de Planificación, Definición, recopilación de datos e interpretación. Para cada uno de los pasos se determinaron unos indicadores, que permitieron evaluar si se tenía claridad acerca de la metodología de completamiento e implícitamente los cambios de la metodología de producción.

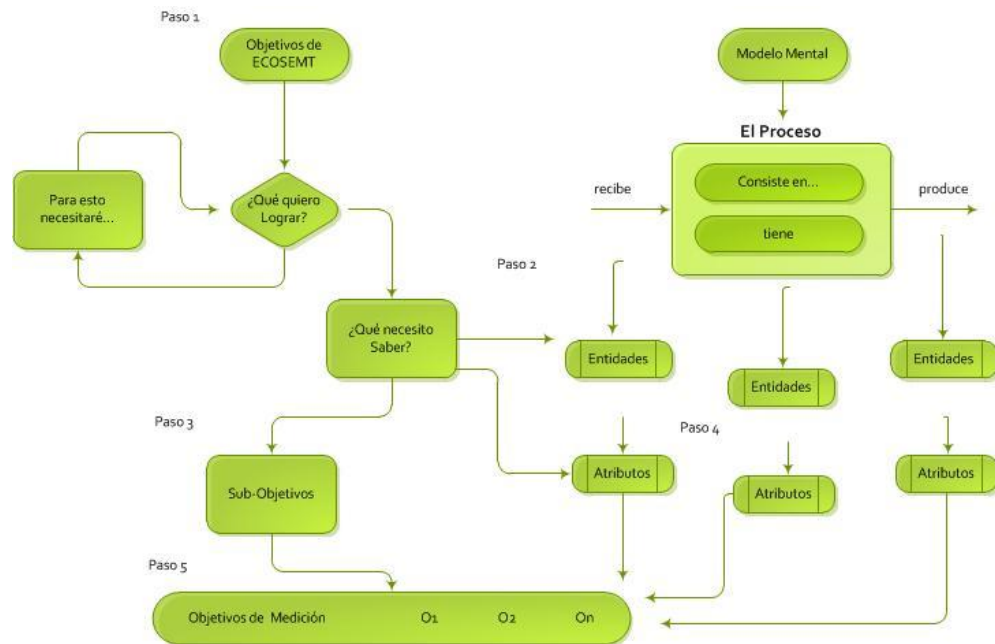


Figura 13. Identificación de Objetivos en GQM (Modificado)

Fuente: Autor

Los pasos que se siguieron determinaron lo siguiente.

- Paso 1: Identificar el objetivo general de negocio, en este caso se determinó el fin principal de lo que conformaría ECOSEMT 2.0.
- Paso 2: Identificar lo que se quiere conocer o aprender, dentro de este paso es necesario cuestionarse ¿qué actividades se tienen que gestionar o realizar? Y es aquí donde esos objetivos son enlazados a las inquietudes en el proceso de preguntas. Esto se maneja como modelo mental, porque no siempre se lleva un esquema total de las preguntas, y como fin se determinan las actividades a realizar. Aquí se encuentra el contenido de la metodología de completamiento de pozos, la identificación de las actividades que estas requieren e ir enlazando todo a un modelo mental de objetos, bases de datos, variables, entre otros.
- Paso 3: Se identifican los Sub-objetivos, Esto permite identificar claramente la relación entre los resultados obtenidos (respuestas a las preguntas) y los objetivos, los cuales son nombrados y desarrollados en este proyecto.
- Paso 4: Identificar las entidades y atributos relacionados con los sub-objetivos. En este paso es donde el modelo mental debe estar claro. De aquí se obtienen las preguntas más relevantes, las cuales van directamente asociadas a las entidades y atributos, pues se parte de una situación bajo diseño y se puede convertir en un proceso iterativo para refinar las preguntas.
- Paso 5: Formalizar los objetivos del negocio: En este paso se traducen los objetivos de negocio (Objetivo general) en objetivos de medición, que son los objetivos específicos de en este proyecto, y que permitirán finalmente la medición de los resultados.

## **9.2. Módulos para la Metodología de completamiento.**

Para el desarrollo de los módulos de completamiento, en cuanto a funcionalidades del software depende principalmente de archivos planos contenedores de los registros de pozo, que permiten la realización de operaciones para obtener los resultados de la metodología.

### **9.2.1. Cálculo de las propiedades mecánicas.**

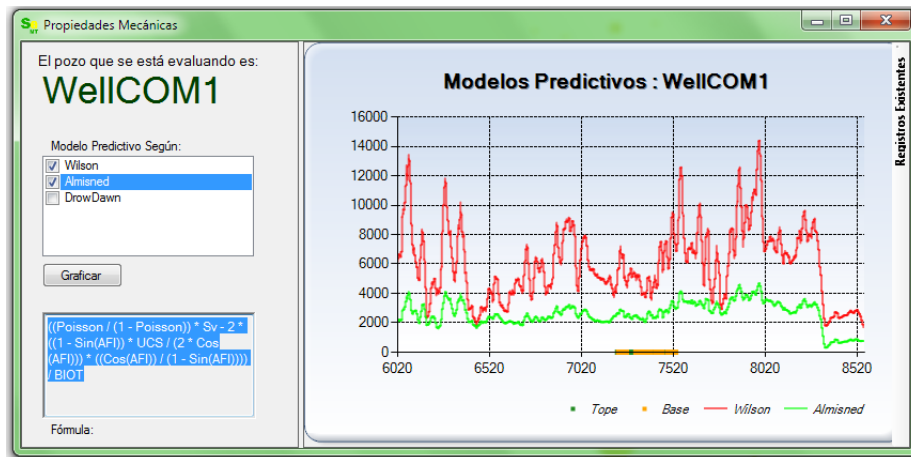
Para este módulo se desarrolló una clase que se encarga de ordenar los registros necesarios según la ecuación solicitada (ver Figura 14. Tarea, Modelos predictivos.), esta solicita los registros que necesita y los organiza de manera que se ejecute una operación cada cinco pies de distancia real. Seguido a esto, realiza

el cálculo y el resultado se almacena en un vector para ser posteriormente graficado, (ver Figura 15. Modelos Predictivos ECOSEMT 2.0.). Al final, se filtran los valores máximos de la grafica, mediante una propiedad que contiene el Chart de .NET Framework 4.0. Este nuevo resultado no se puede almacenar, pues si los registros del pozo cambian, así lo debe hacer el nuevo resultado.



**Figura 14. Tarea, Modelos predictivos.**

**Fuente: Autor.**

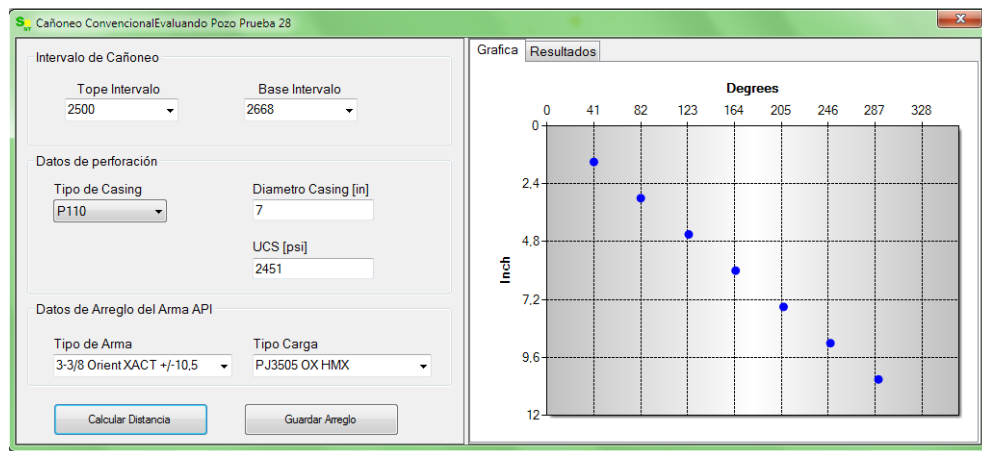


**Figura 15. Modelos Predictivos ECOSEMT 2.0.**

**Fuente: Autor.**

### 9.2.2. Cañoneo Convencional

Para el módulo de Cañoneo Convencional, fue necesario crear un graficador en particular y hacerlo como biblioteca dinámica, para que pueda ser utilizado por cualquier otro software o el mismo desde otras necesidades. La base de este graficador es el objeto chart que hace parte del paquete .NET Framework 4.0. Como resultado, se creó un estándar de graficador de cañoneo convencional, añadiendo algunas propiedades particulares, más las que incluía el graficador base.



**Figura 16. Cañoneo Convencional ECOSEMT 2.0.**

**Fuente: Autor.**

Este graficador recibe como parámetros de la función graficar:

- Los tiros pie en el Casing.
- La distancia vertical dada por la tabla API.
- La distancia horizontal dada en grados.
- Diámetro del Casing.

Y contiene las siguientes funciones:

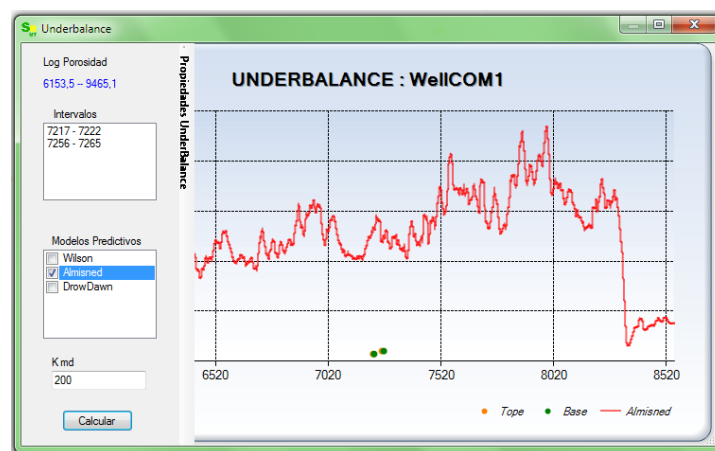
- Mostrar Etiquetas, mostrando en cada uno de los puntos el valor del eje Y.
- Tercera Dimensión, permite pasar la imagen mostrada en un gráfico a profundidad donde sus ejes, se ordenan usando la coordenada z como tercera dimensión.

- Pintar Diagonal, permite dibujar la primera diagonal del arreglo del arma representado.
- Copiar Imagen, copia la imagen mostrada en el portapapeles de Windows, esta opción se despliega con Click derecho sobre la imagen.
- Guardar Imagen, la cual abre un cuadro de dialogo para que el usuario almacene en el disco duro el gráfico generado, esta opción se despliega con Click derecho sobre la imagen.

Para este módulo fue necesario incluir una información privada sobre la capacidad de penetración de las variables armas y cargas, con tres tipos de Casing asociadas a estas variables. Esto es importante pues inhabilita la posibilidad de fuga de información respecto a estos datos, al contrario de que se adjuntara en un documento Excel.

### 9.2.3. Underbalance

Para este módulo se conserva la información obtenida del módulo de Cañoneo convencional, como intervalos de cañoneo y los cálculos realizados a las propiedades mecánicas de estos intervalos. Este módulo muestra al usuario por medio de una gráfica (Ver Figura 17. Modulo Underbalance ECOSEMT 2.0.), si los intervalos graficados en el cañoneo convencional son estables respecto a la presión y/o los modelos predictivos. Lo anterior se determina revisando los cañoneos a un punto de presión, comparados a la presión generada por la formación, lo anterior a una distancia en pies (eje X). Estos intervalos son los graficados con los puntos como tope y base del intervalo.

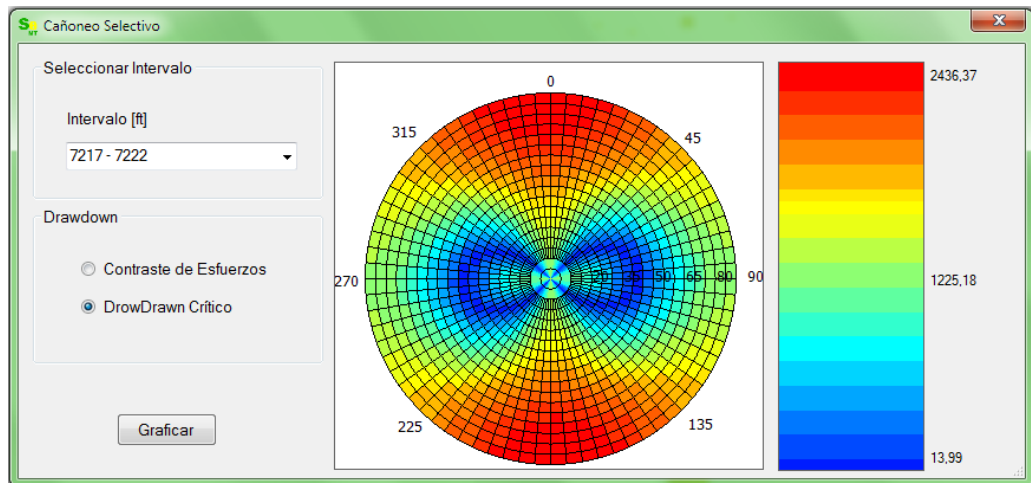


**Figura 17. Modulo Underbalance ECOSEMT 2.0.**

**Fuente: Autor.**

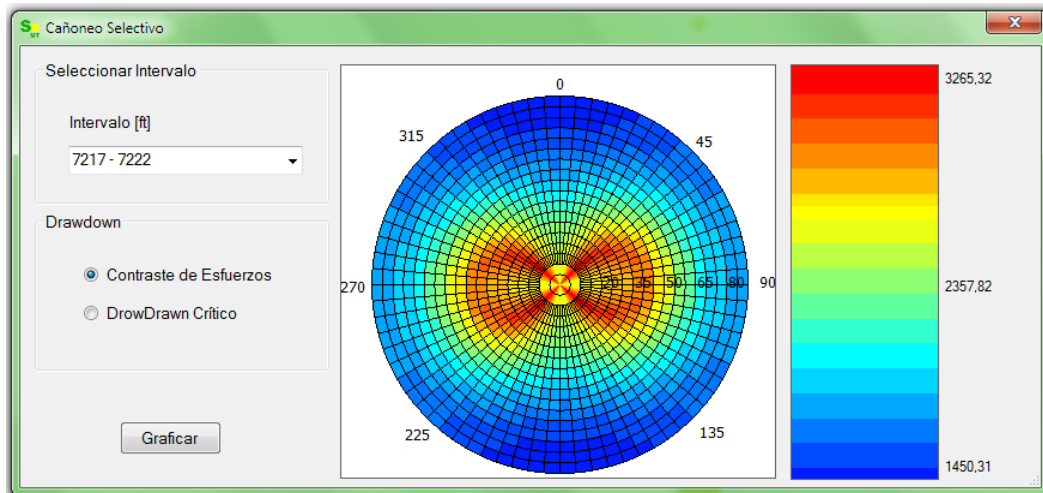
#### 9.2.4. Cañoneo selectivo

Para este módulo el resultado es representado en una gráfica de roseta, modificada por el autor. En este módulo se determina el ángulo de disparo máximo al cual se puede ubicar el arma para el cañoneo teniendo en cuenta las zonas sensibles en la formación para no obtener problemas de arenamiento, como se ve en la imagen (Figura 18. Cañoneo Selectivo ECOSEMT 2.0. Contraste de esfuerzos.) La zona con valores altos, es decir, un color aproximado al rojo, indica la zona del intervalo a la cual no debería disparar. Y el contraste de esfuerzos permite confirmar la gráfica de Drawdown crítico (Ver Figura 18. Cañoneo Selectivo ECOSEMT 2.0. Drawdown crítico).



**Figura 18. Cañoneo Selectivo ECOSEMT 2.0. Drawdown crítico**

**Fuente: Autor.**



**Figura 19. Cañoneo Selectivo ECOSEMT 2.0. Contraste de esfuerzos.**

**Fuente: Autor.**

### **9.3. Archivo ECOSEMT**

Para trabajar en este objetivo se realizó un cambio a la estructura del software el cual fue explicado en un capítulo anterior. Este módulo está dividido en dos partes:

- La creación del archivo ECOSEMT.
- La lectura del archivo ECOSEMT.

#### **9.3.1. Creación del archivo ECOSEMT**

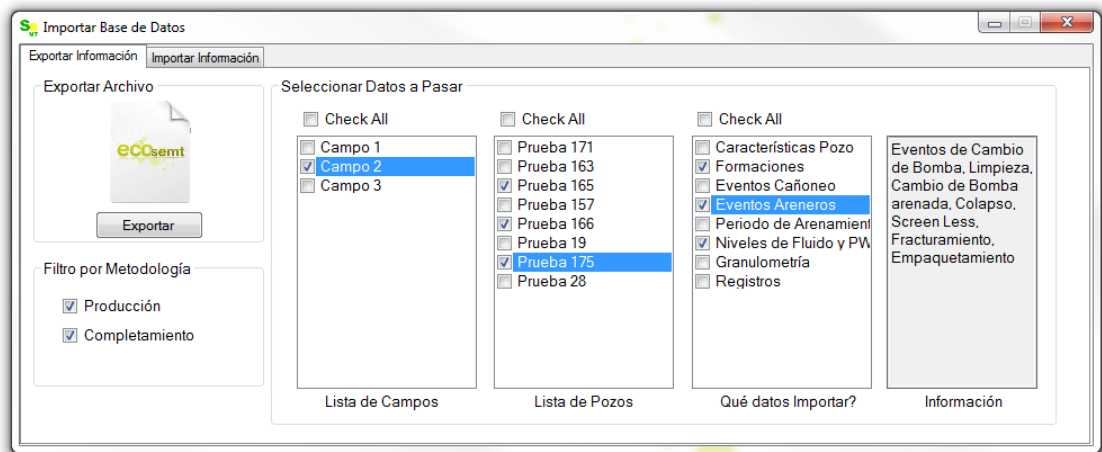
El software tiene una información base para exportar, pues por seguridad ECOSEMT no permite que se exporte cualquier dato, porque al leerlo en otro dispositivo, los módulos van a exigir datos que el usuario no exportó y requeriría nuevamente otro archivo.

Teniendo en cuenta lo anterior, y como primera instancia, se le pide al usuario que elija algún filtro por metodología, es decir, elegir los datos que desea exportar dependiendo de los datos que necesita, pues no todos los datos son necesarios en las dos metodologías, (Figura 20. Exportador de archivo ECOSEMT. Manteniendo un orden de izquierda a derecha, el usuario seguido de elegir el filtro por metodología, debe seleccionar un campo de los mostrados en la lista. Cada vez que se selecciona un campo, se listan los pozos de los cuales se tiene información, para que el usuario elija el que desea.

El software carga algunos datos necesarios dependiendo del elemento elegido, pero también carga la “información de seguro”, esta información es para evitar errores al abrir el archivo en otro dispositivo.

Por último el usuario acciona el evento exportar y se genera un cuadro de dialogo para guardar dicho archivo, con la extensión .esemt.

Como primera instancia, cabe notar que al instalar el software, ECOSEMT agrega el tipo de archivo .esemt al registro de Windows. Esto es para que el sistema operativo conozca el archivo y no permita mostrarlo a ninguna otra aplicación.



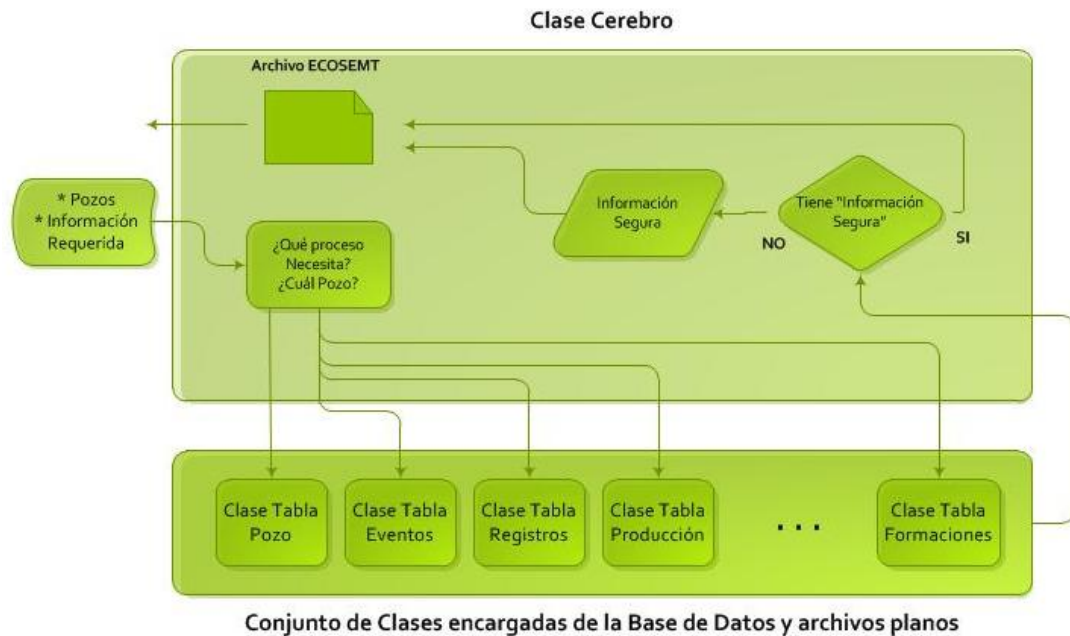
**Figura 20. Exportador de archivo ECOSEMT.**

**Fuente. Autor**

Hasta ahora todos los requisitos realizados por el usuario son guardados en dos (2) arreglos de tipo cadena. El primero almacena los pozos, y el siguiente los datos que el usuario quiere importar. Cuando el usuario hace la petición del archivo estos dos arreglos son enviados a la clase csT\_BrainBD.

La clase tiene una única clase pública, la cual recibe estos dos arreglos, que retorna en una variable tipo cadena, esta cadena de texto contiene toda la información requerida por el usuario, más la “Información Segura”, y esta es exportada con la dirección de disco duro que el usuario elija en el cuadro de dialogo.

El proceso que realiza la clase csT\_BrainBD, se puede ver (**Figura 21. Proceso Creación archivo ECOSEMT.**)



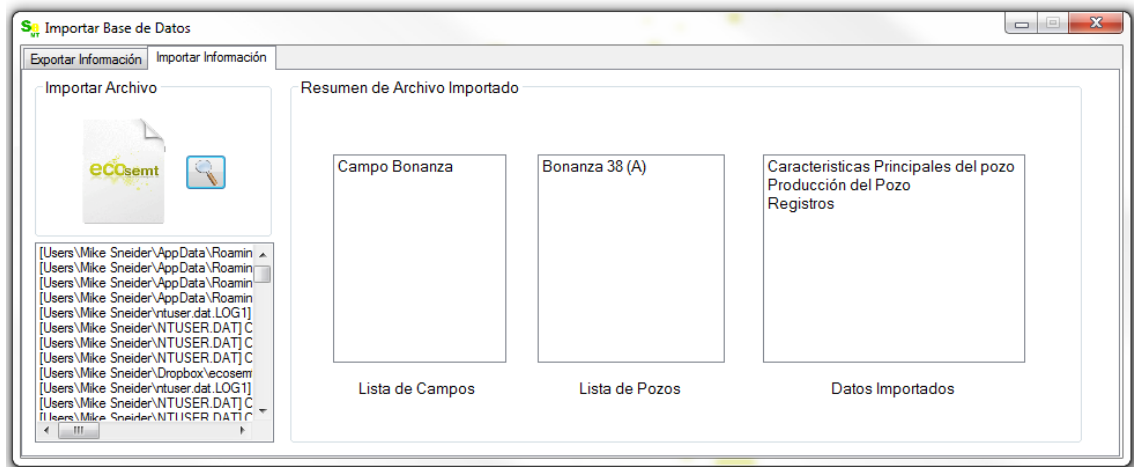
**Figura 21. Proceso Creación archivo ECOSEMT.**

**Fuente: Autor.**

Para poder realizar lo anterior, fue necesario organizar una estructura única, la cual es nombrada en un capítulo anterior. Para cada pozo se pregunta ¿qué proceso necesita? Y dependiendo del proceso la Clase Cerebro identifica que Clase Tabla tiene el proceso necesario para que retorne una cadena con la petición hecha, y se encarga de determinar si necesita información de la base de datos y/o archivo plano. Durante este proceso la Clase va añadiendo identificadores simbólicos que el lector tendrá como identificadores para determinar los nombres de los procesos, pozos y campos.

### 9.3.2. Lectura del archivo ECOSEMT

Para este proceso, el software Importa el archivo que tenga la extensión .esemt, y a continuación envía el archivo a la clase csO\_LectorBD. Esta clase se encarga de recorrer el archivo y adjudicarle la información a cada objeto del pozo, pero antes verifica si el campo y el pozo existen. Estos datos anteriores hacen parte de la "Información segura", descrita en un capítulo anterior.

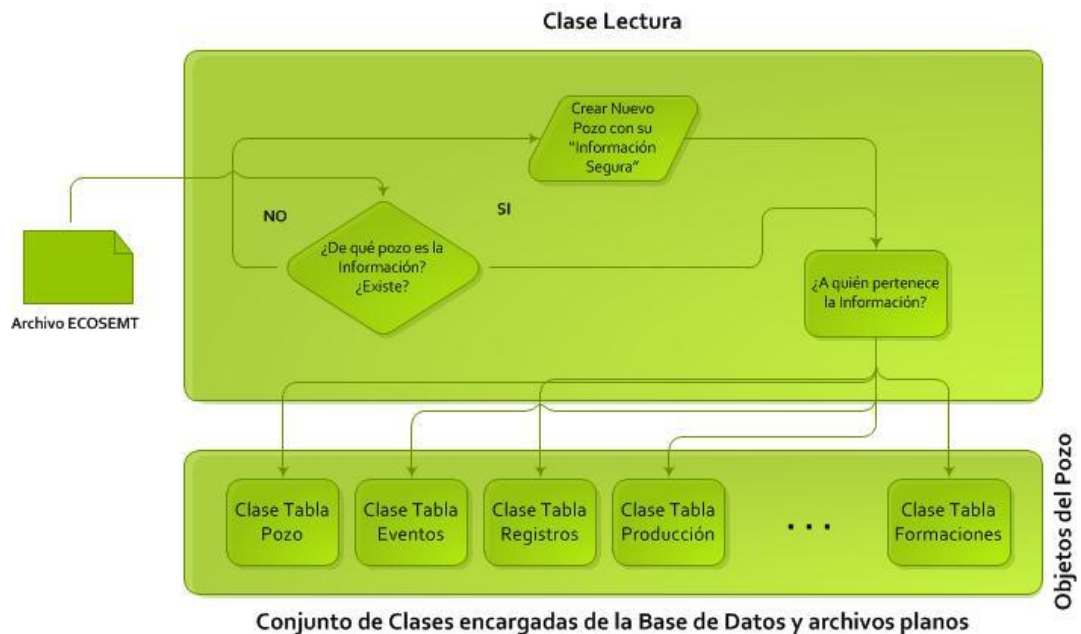


**Figura 22. Importador archivo ECOSEMT.**

**Fuente: Autor**

En la ventana que se muestra en la Figura 22. Importador archivo ECOSEMT, se pueden ver los datos que se van modificando en el disco duro durante la lectura del archivo ECOSEMT, para darle a conocer al usuario lo que está sucediendo, también se muestra la lista de campos incluida en el archivo, los datos importados y los pozos si fueron (A) actualizados, o (C) creados como nuevos pozos.

Este proceso es parecido al que realiza el proceso de exportación de archivo ECOSEMT. Ver **Figura 23. Proceso Importación de archivo ECOSEMT.**



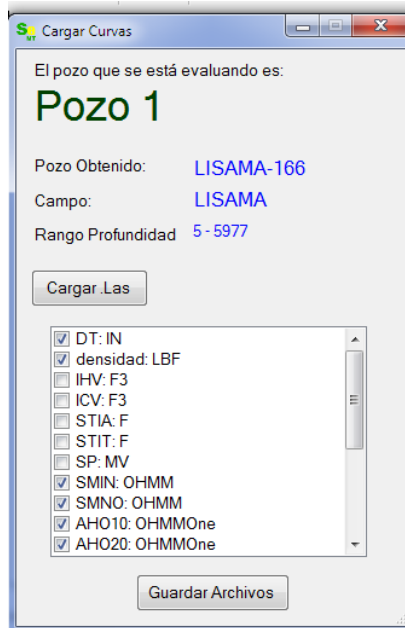
**Figura 23. Proceso Importación de archivo ECOSEMT.**

**Fuente Autor.**

En el proceso de importación, la Clase Lectura detiene la lectura del archivo en los identificadores simbólicos para determinar qué información contiene y a qué pozo pertenece. Al obtener esa información envía los datos a los objetos del pozo, pero antes debe consultar si el pozo existe, de existir pregunta al usuario si desea actualizar su información, de lo contrario, pregunta si desea crear un nuevo pozo. Al terminar este proceso, muestra el resumen del archivo cargado (ver Figura 22. Importador archivo ECOSEMT.).

#### **9.4. Lectura de registros**

Para este módulo cabe notar que ECOSEMT 1.0. Importaba registros, pero dada las necesidades del software en ese entonces, su proceso de importación cumplía esa única necesidad.



**Figura 24. Importación de Registros ECOSEMT 1.0.**

**Fuente: Autor**

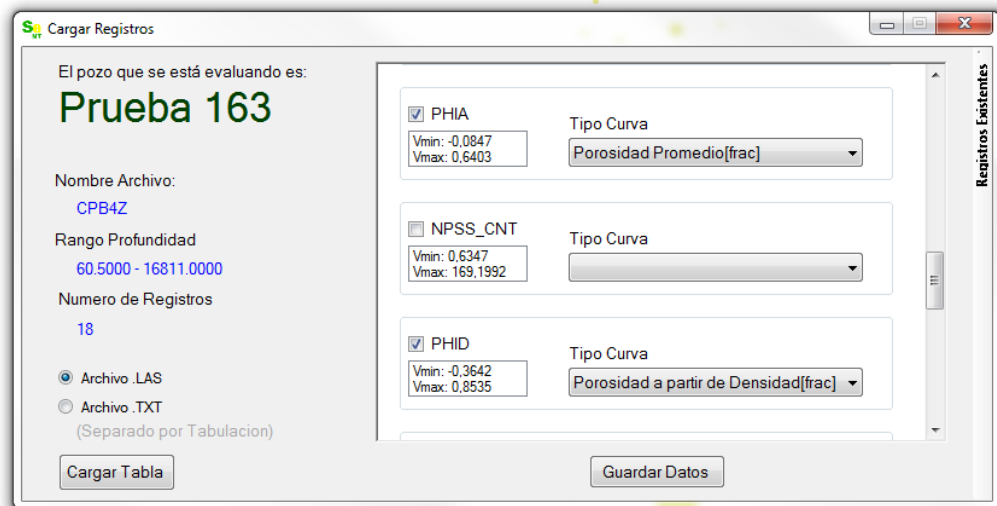
La necesidad que se tenía antes con los registros, era importar un archivo de registro con extensión .LAS (ver Figura 24. Importación de Registros ECOSEMT 1.0.), y con el nombre o iniciales con las cuales se importaba, así mismo eran mostrados al usuario para que eligiera el que necesitaba graficar. Este desarrollo cumplía sus necesidades pero bajo los nuevos requerimientos, esta forma de importación limita los nuevos procesos. Las necesidades que se presentaron con los registros fueron las siguientes:

- **Interpolar valores a partir de registros:** Esto es necesario para revisar la distancia real del pozo sin incluir su inclinación (True Vertical Depth), como es el caso del cálculo de porcentaje de agua en el aceite, este valor se tiene con referencia a una distancia real (MD), pero al calcular este valor es necesario interpolar a la distancia vertical (TVD) para que los resultados sean correctos.
- **Operaciones con registros:** Para realizar operaciones con registros, el software tiene incluida una ecuación donde sus variables de operación son registros de pozo, y el software debe buscar dentro de sus archivos planos

dichos registros, por lo cual es necesario un nombre estándar para cada pozo.

- **Archivos texto:** El software solo importaba registros con el formato que ofrece la extensión .LAS, ahora si el usuario desea modificar un registro, o proviene de algún software que exporte registros, ECOSEMT debe permitir importar archivos con extensión .TXT.

Se planteó una solución para este problema apoyado del software ECO-AGE ®. La solución es tener una tabla con la información de cada registro, su nombre, símbolo, unidades, y símbolos secundarios (dicha tabla no es mostrada por petición del Instituto Colombiano del Petróleo.) Cuando se carga un registro, se adjudican a cada registro unos valores máximo y mínimo, el símbolo que trae el registro, y la sugerencia del programa, (ver Figura 25. Importación de registros).



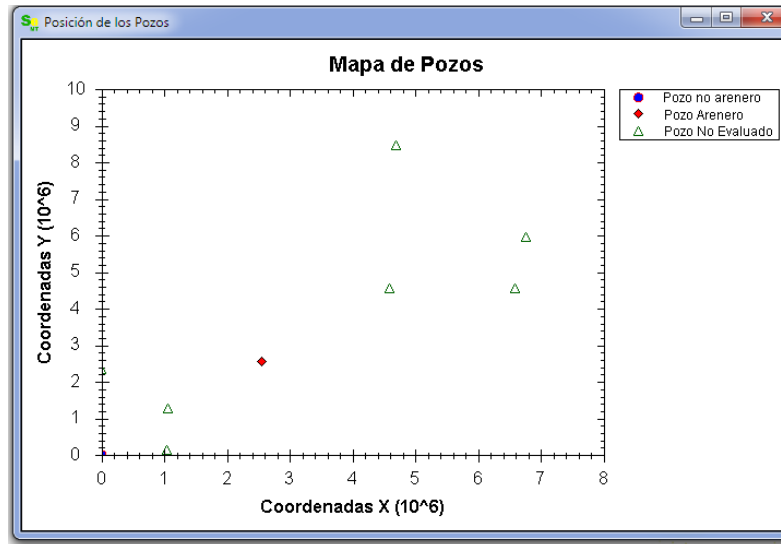
**Figura 25. Importación de registros ECOSEMT 2.0.**

**Fuente: Autor.**

El Usuario puede elegir el nombre de la curva si el software no lo puede determinar, o si dicho registro se cargó con un símbolo, y este no le pertenece. Por último, el usuario selecciona de los registros cargados, solo los que desee guardar, y en la parte lateral derecha se pueden ver los registros que tiene dicho pozo antes de guardarlos, o si desea remplazarlos.

## 9.5. Mostrar ubicaciones de los pozos

Para este módulo se quería determinar en qué lugar del mundo se encuentra el pozo, y no solo mostrar una ubicación de cercanía como se hacía en la primer versión (ver Figura 26. Mostrar pozos ECOSEMT 1.0.).



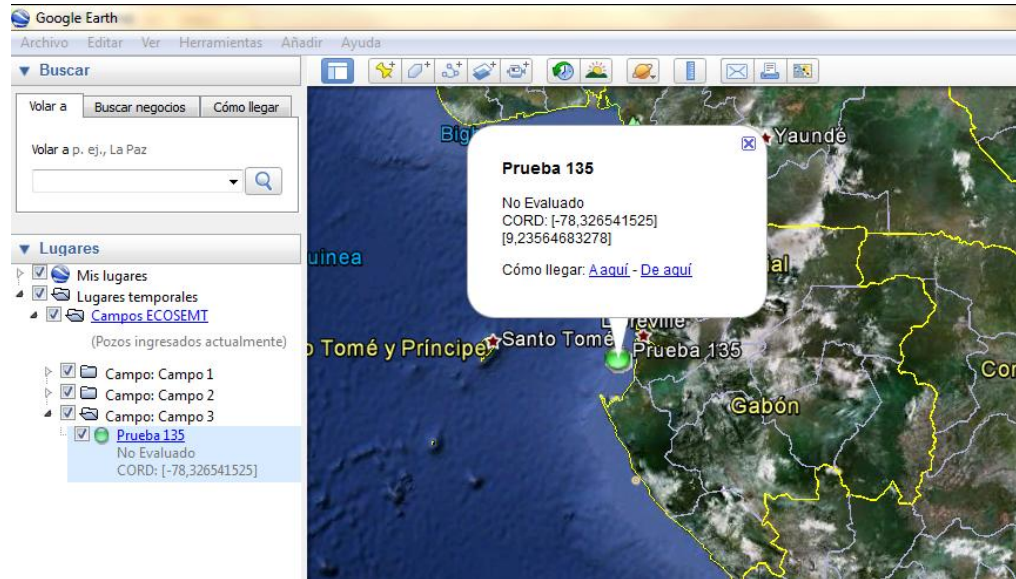
**Figura 26. Mostrar pozos ECOSEMT 1.0.**

**Fuente: Autor**

Para satisfacer este requerimiento se buscó un software que permitiera mostrar ubicaciones de forma gráfica y fuera configurable, la mejor opción fue utilizar la herramienta Google Earth. Esta herramienta software de licencia gratuita (Inc), recibe como parámetros de entrada archivos. KML, KMZ y GPS. Con Google Earth, es posible importar una gran variedad de datos geográficos e integrarlos en un mapa 2D y 3D. Los ficheros KML a menudo suelen distribuirse comprimidos como ficheros KMZ. Un fichero KML especifica una característica (un lugar, una imagen o un polígono) para Google Earth. Contiene título, una descripción básica del lugar, sus coordenadas (latitud y longitud) y alguna otra información, mostradas a partir de un lenguaje de marcado.

Se investigó el tipo de archivo que pudiera crear una estructura genérica para que el software construyera dicho archivo con lenguaje de marcado y lo ejecutara, así cada vez que se ejecute dicha ventana, si no ha cambiado la información de los pozos, genera un archivo .KML (Inc.), y lo ejecuta desde el software. Para que esto sea posible, es necesario instalar el software de licencia gratuita Google

Earth. Al ejecutar el archivo .KML automáticamente Google Earth muestra los pozos separando en carpetas los campos a los cuales hacen parte los pozos (Ver Figura 27. Mapas de Coordenadas con Google Earth.). Google Earth conserva las mismas características del software, solo que se ubican puntos de referencias, y estos pueden ser manipulados por el usuario.



**Figura 27. Mapas de Coordenadas con Google Earth.**

**Fuente: Autor.**

El archivo .KML incluye características de arenamiento del pozo, (sus coordenadas fueron cambiadas por privacidad de la información) y un color que referencia uno de los tres tipos de características, Arenero, no arenero y no evaluado. Para tener mejores resultados es preciso valerse de herramientas con recursos generales y obtener mejores resultados a necesidades particulares.

## **9.6. Soporte a ECOSEMT**

Durante una etapa de evaluación y pruebas a ECOSEMT 1.0., se creó un documento en el que se registraron las fallas, cambios y nuevas necesidades. Las fallas fueron reportes sobre el software, y los cambios y necesidades se registraron para la futura mejora de algunas características de la herramienta.

Cabe resaltar que estas necesidades, a su vez permitieron mejorar las capacidades de la metodología.

Este documento registró las fallas y/o nuevos requerimientos, desde Agosto 22 de 2011, hasta Diciembre 2 de 2011, algunos requerimientos se manejaron inmediatamente y otros fueron consignados en una nueva lista de requerimientos. Esta nueva lista fue la base del documento de requerimientos para ECOSEMT 2.0, que ha sido tenida en cuenta a cabalidad durante el desarrollo de este proyecto. Esto demuestra que la herramienta software se ha mantenido en uso hasta la fecha evaluando 20 pozos en 2 campos, algunos con información parcial, pues la metodología permite mostrar resultados parciales.

A continuación se mostrarán los cambios más relevantes que se le hicieron a la herramienta:

- **Costos por Arenamiento**, En algunos pozos se registraba un valor de costos por arenamiento el cual era incorrecto. El error se registraba porque algunos eventos calculaban mal los días de duración de los eventos, por lo tanto aumentaba o disminuía tal costo.
- **Nuevos eventos**, Se añadieron 2 eventos más a la tabla de eventos (Fracturamiento y Empaquetamiento). Para esta necesidad se agregaron los dos eventos en la tabla tipo evento de la Base de Datos, y se actualizaron los tipos de representación en el diagrama de diagnóstico (ver Figura 31. Diagrama de Diagnóstico ECOSEMT 2.0.).
- **Nueva forma de captar los informes de granulometría**, antes se incluían los datos de una tabla dato por dato en un control DataGridView, mientras se realizaba esta opción, era necesario ir modificando la opción de tipo de tamaño manualmente. Esto tomaba mucho tiempo en registrarse y podría contener errores respecto a la clase de tamaño (ver Figura 28. Módulo Granulometría, ECOSEMT 1.0.), con ayuda de la oficina de optimización de producción del ICP, se construyó una tabla estándar para poder ingresar la información al software como archivo plano, y el software realizaba sus operaciones de acuerdo a los valores (ver Figura 29. Módulo granulometría, ECOSEMT 2.0.) esto permitió arreglar el error en la clase de tamaño del grano y se agregó la visualización de una gráfica resumen de los datos incluidos.



Figura 28. Módulo Granulometría, ECOSEMT 1.0.

Fuente: Autor.

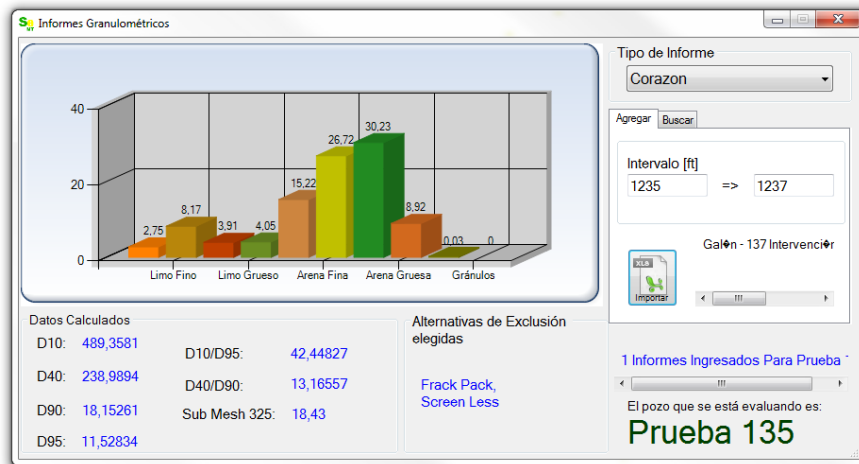
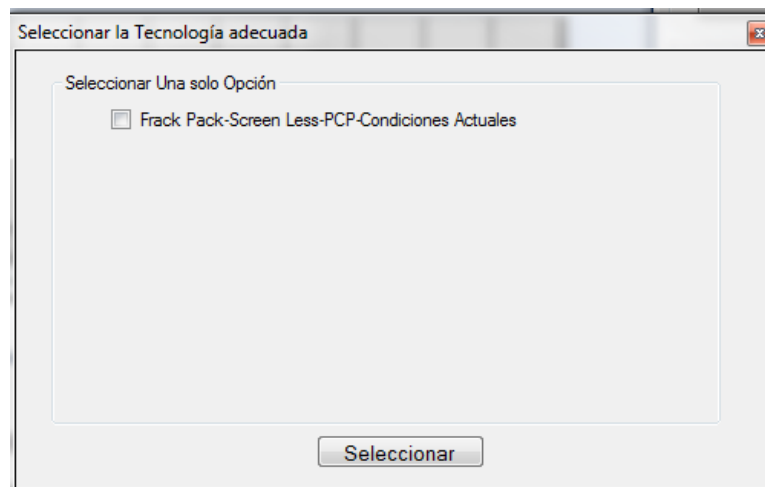


Figura 29. Módulo granulometría, ECOSEMT 2.0.

Fuente: Autor.

- **Notificar mejor opción en la evaluación del informe de granulometría,** Los informes de granulometría generan al software una serie de información, que se incluye en un árbol de decisiones, de acuerdo a este

árbol, el software le muestra al usuario la mejor opción en cuanto a la selección de tecnología adecuada. En un registro de errores se presentó que el software eligió una decisión incorrecta. Se determinó que el error provenía del árbol de decisiones, así que para solucionarlo, el software debería mostrar las mejores opciones (si hay más de una) y el usuario tomaría la decisión final. (Ver Figura 30. Lista de Opciones Granulometría.) En este caso, el árbol solo permite una opción, pero en caso de generar más de una opción el software muestra las mejores, y el usuario toma la decisión.



**Figura 30. Lista de Opciones Granulometría.**

**Fuente: Autor.**

- **Cambios en el diagrama de diagnóstico**, se realizaron una serie de correcciones como cambio de colores, figuras, mejoras en diseño además del evento limpieza, cambiar sus convenciones para apreciar de mejor manera el tope y la base de su distancia. (ver Figura 31. Diagrama de Diagnóstico ECOSEMT 2.0.)

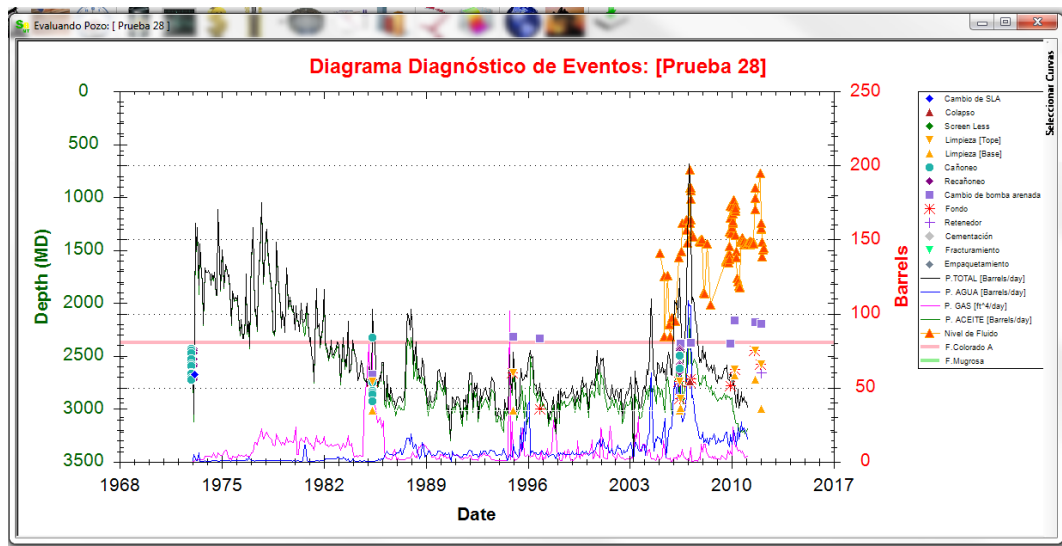


Figura 31. Diagrama de Diagnóstico ECOSEMT 2.0.

Fuente: Autor.

- **Cambio en el diseño de muestra de pozos.** En la primera versión se tenía una lista de todos los pozos, ahora mediante un control TreeView, se visualizan los campos, y según el campo elegido, se muestran los pozos en existencia y que pertenecen a dicho campo.

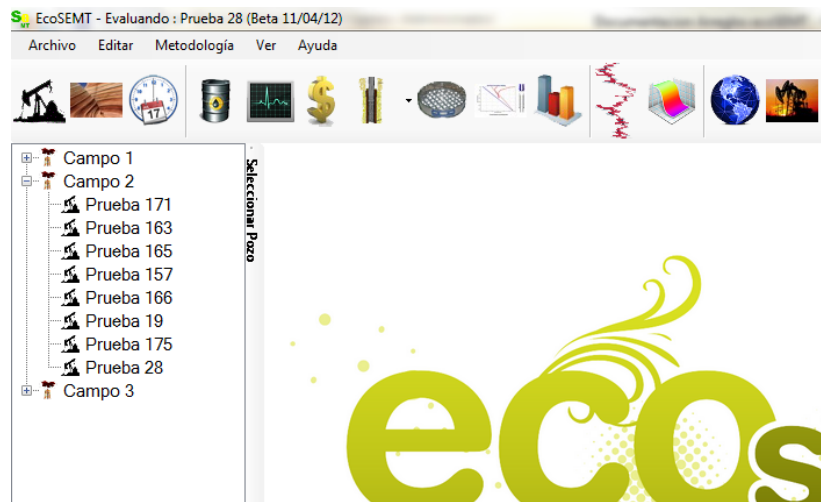
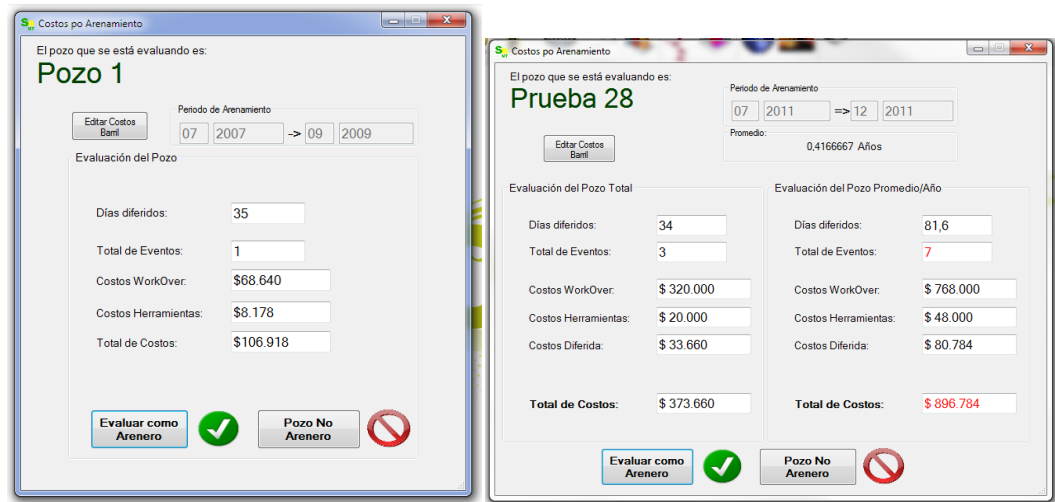


Figura 32. Muestra de pozos ECOSEMT 2.0.

Fuente: Autor.

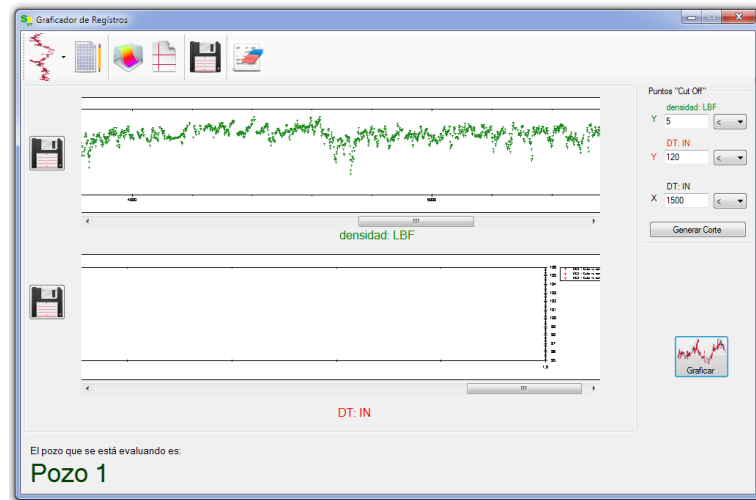
- **Evaluación de los costos por arenamiento**, en la primera versión solo se mostraban los datos en el periodo elegido. Para una mejor visualización de la evaluación, se agregó una sección que mostrara los costos por periodo promedio y en otro lado los costos totales por periodo, además de números en color rojo para valores que según la metodología indican que hay riesgo de arenamiento.



**Figura 33. Costos por arenamiento ECOSEMT 1.0. Y 2.0.**

**Fuente: Autor.**

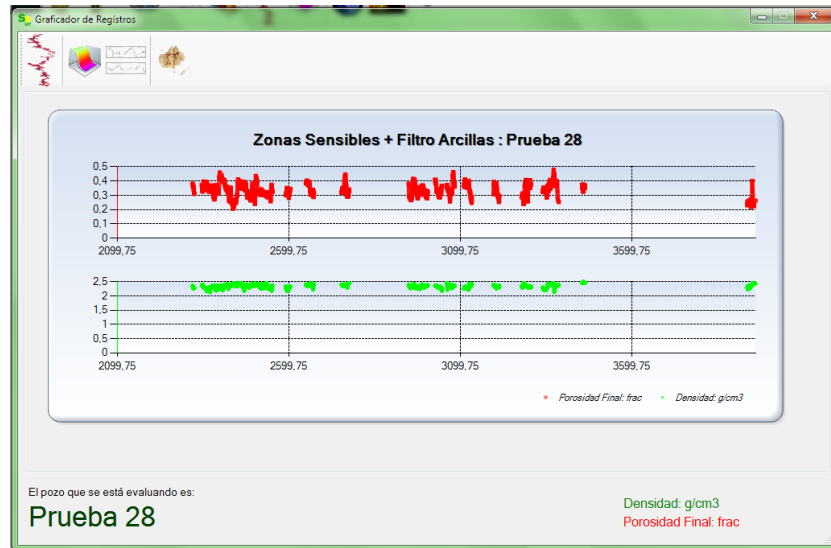
- **Comparar los resultados del CrossPlot de registros en distancias iguales**, Para este tipo de gráfica se comparaban tres registros, y estos se filtraban según el corte que el usuario determinaba. El resultado de esta operación se mostraba en dos gráficas, una para cada registro del eje Y, al comparar las gráficas del resultado de CrossPlot vs distancia, solo se podían igualar las distancias de los resultados manualmente (ver Figura 34. CrossPlot vs Distancia ECOSEMT 1.0.), esto fue solucionado con el cambio del ZedGraph, al graficador Chart de .NET Framework 4.0. (ver Figura 35. CrossPlot de Registros, más filtrado con arcillas ECOSEMT 2.0. Es notorio que poder alinear las distancias era complejo, aunque el resultado de esta gráfica fuera visual. Con la nueva versión son independientes y también se pueden alinear automáticamente, y con la propiedad click derecho incluida al nuevo graficador, se puede copiar o guardar el resultado, omitiendo los botones en la ventana y presentando un mejor diseño.



**Figura 34. CrossPlot vs Distancia ECOSEMT 1.0.**

**Fuente: Autor.**

- **Filtrado de arcillas**, además de mejorar la visualización de los registros, es necesario un nuevo filtrado a partir del anterior, este filtrado es posible gracias al manejo de los puntos que se tienen en el nuevo Chart, pues al realizar el filtrado solo permanecen los puntos que cumplen con la condición. Estas gráficas de resultado pueden ser guardadas para su valoración.



**Figura 35. CrossPlot de Registros, más filtrado con arcillas ECOSEMT 2.0.**

**Fuente: Autor**

- **Resumen del pozo:** En este módulo se realizaba un resumen del pozo, para que estos valores se llevaran a un software de modelamiento de producción de barriles, y retornara otro valor al software. Dentro de las modificaciones se pedía calcular estos valores por intervalo de cañón, y no solo por formación, pues esta metodología pretende evaluar no solo la formación afectada sino algún intervalo afectado por arenamiento. Además, exigía una nueva búsqueda de información por nuevos parámetros y se requería la interpolación de estos valores a la profundidad real del pozo (TVD). Los resultados, pueden observarse en la ventana Resumen por formación (Ver Figura 36. Resumen por pozo ECOSEMT 2.0.).

El pozo que se está evaluando es:  
**Prueba 28**

Ingresar Pyto y Temperatura

pmp Pozo: 2474,5 [MD]  
2474,5 [TVD]

Formación: Colorado A

Elige el Año de Evaluación: 2012

Intervalo: 2728 - 2852

Producción Total del Pozo: 70.24123 [Bd]	Espesor bruto: 124 [ft] [TVD]	Punto Medio Del Intervalo: 2790 [ft]	PS (Intervalo): 1076.763 [psi]
Pyto: 0.3859366 [psi/ft]	Espesor Neto: 95 [ft] [TVD]	PWF (intervalo): 28.87305 [psi]	Producción (intervalo): 0.1533651 [Bd/D]
PWF: 0.01034877 [psi/ft]	Topo: 2728 [ft]	Permeabilidad (Intervalo): 15 [mD]	Kh (intervalo): 555 [mD*ft]
Temperatura: 0.01939786 [°F/ft]	Base: 2852 [ft]	Temperatura (Intervalo): 54.12003 [°F]	Producción (intervalo): 100 [%]

**Figura 36. Resumen por pozo ECOSEMT 2.0.**

**Fuente: Autor.**

- **Evaluación económica,** Este módulo junto con los costos por arenamiento, es la base de los resultados de la metodología de producción de pozos (Ver Figura 37. Evaluación económica ECOSEMT 2.0. VNA.), teoría empleada para realizar el flujo de caja. En este, se omitieron los valores de depreciación y amortización, y se incluyó una gráfica de Costo-Beneficio (Ver Figura 38. Evaluación económica ECOSEMT 2.0. B-C.) utilizando el mismo flujo de caja. Todo esto además de una mejora en la gráfica mostrada.

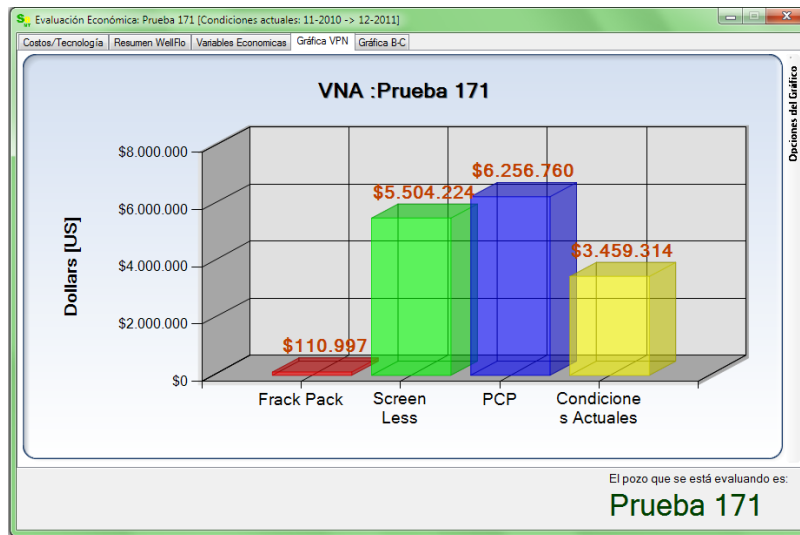


Figura 37. Evaluación económica ECOSEMT 2.0. VNA.

Fuente: Autor.

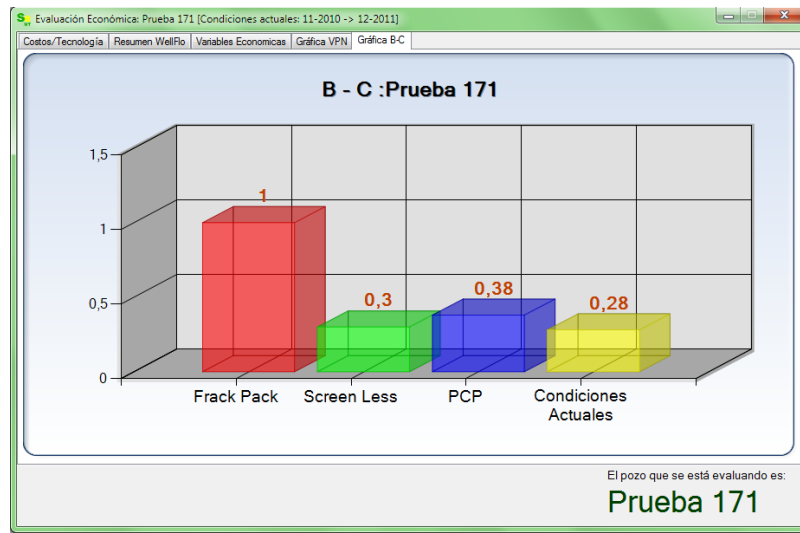
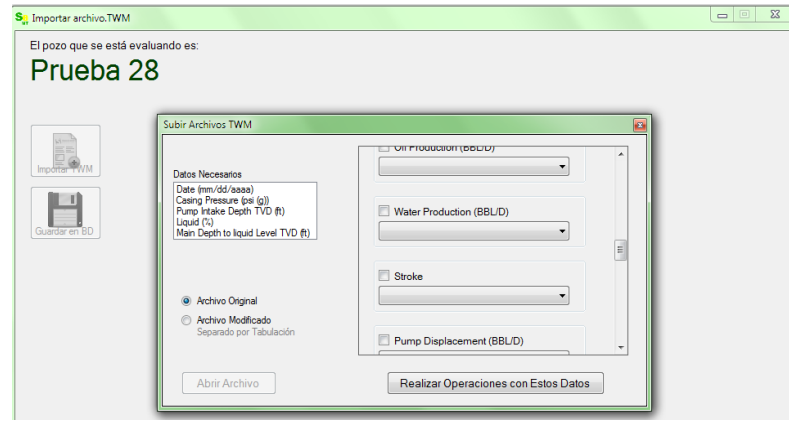


Figura 38. Evaluación económica ECOSEMT 2.0. B-C.

Fuente: Autor.

- **Cálculo de presión dinámica de fondo (PWF)**, el cambio de este módulo fue necesario debido a una modificación que sufrió la metodología de producción. Para calcular la PWF, se necesitaba cierta cantidad de datos. Algunos de estos datos no se conseguían, y en algunas ocasiones se tenía acceso a la PWF directamente, por lo que solo era necesario realizar cálculos. Por otra parte, los archivos incluidos podrían cambiar de nombre

por lo cual se le hizo un cambio similar al realizado con la importación de archivos de registro.

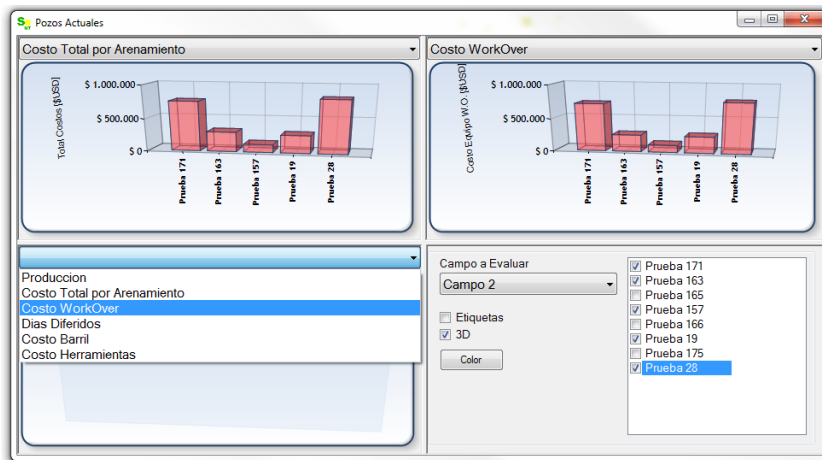


**Figura 39. Cálculo de PWF ECOSEMT 2.0.**

**Fuente: Autor.**

### 9.7. Generar reporte por campo

Para este Módulo, el problema que se tenía en la primera versión era que solo se podía revisar un pozo a la vez en cuanto a su balance de costo por arenamiento. La solución a esto, es la generación de gráficas para mostrar los resultados de los costos por arenamiento según el periodo determinado por el usuario, mostrando además otros datos y evaluarlos en los pozos que el usuario elija.



**Figura 40. Jerarquía de costos por Campo.**

**Fuente: Autor.**

Como se puede ver en la imagen anterior (Ver Figura 40. Jerarquía de costos por Campo.), se selecciona el campo a evaluar y a continuación los pozos de ese campo, y en cualquiera de las 3 ventanas se selecciona lo que desea, Producción promedio, Costos por arenamiento, días diferidos por eventos, costo Barril promedio o costo promedio de herramientas.

## 10. RESULTADOS

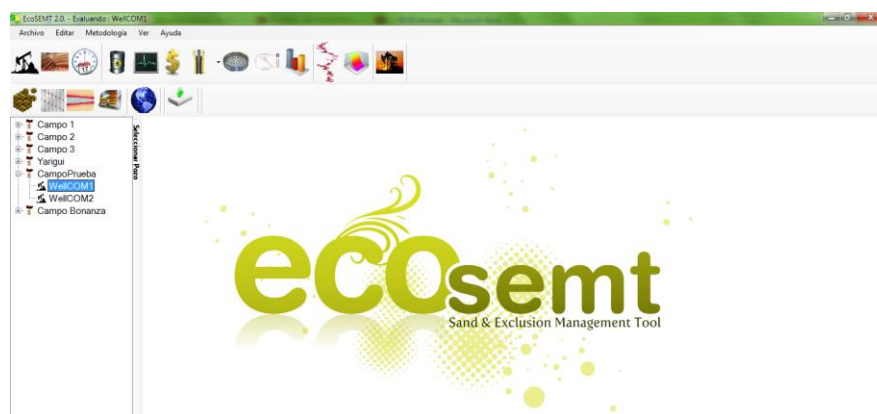


Figura 41. Pantalla inicial ECOSEMT 2.0.

Fuente: Autor.

### 10.1. Resultados metodología de Producción

A la fecha han sido evaluados 2 campos, que contienen 20 pozos en la metodología de control de arena durante la producción de pozos. Esto demuestra que la herramienta ha sido utilizada y se utiliza actualmente para obtener resultados en el área de arenamiento. Desde ECOSEMT 1.0., el software ha mostrado los resultados esperados frente a esta metodología. La primera prueba es realizada para el archivo ECOSEMT, se realizó la prueba con un archivo generado en el ICP, con datos reales, que generaron 5 pozos de un solo campo. Esta información se guardó correctamente en la base de datos, y se generaron sus archivos planos en las carpetas generadas por el software (Ver Figura 42. Prueba Archivo ECOSEMT, Campo Bonan).

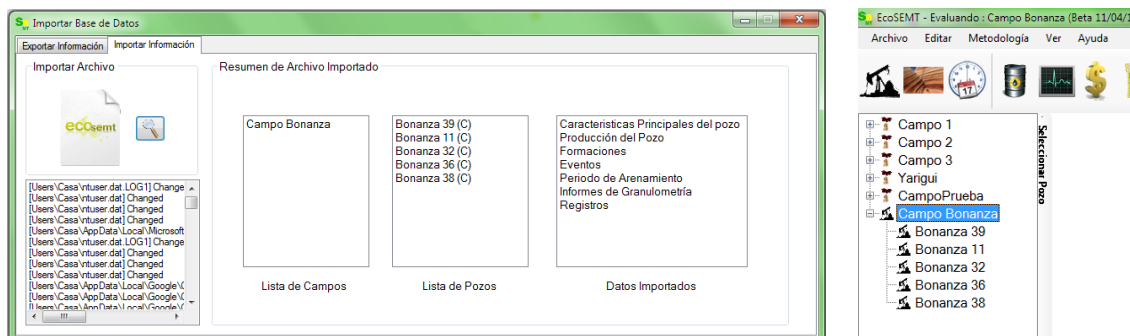
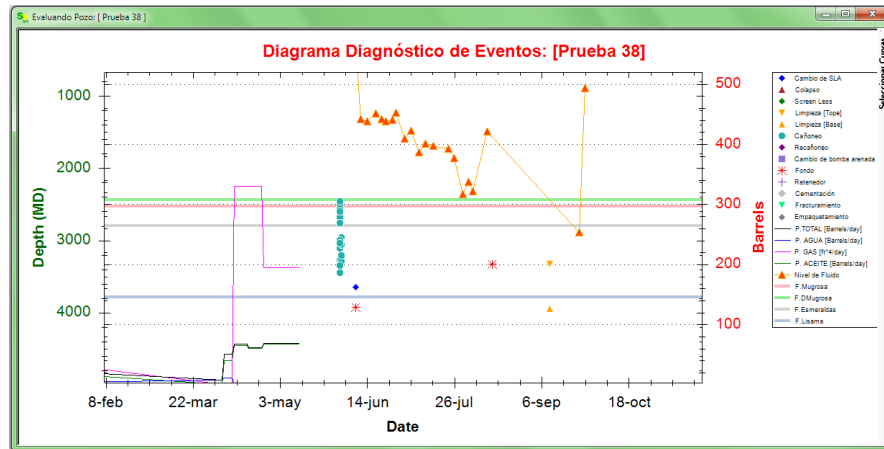


Figura 42. Prueba Archivo ECOSEMT, Campo Bonanza.

Fuente: Autor.

En la Figura 43. Resultados Diagrama de diagnóstico. Donde también se pueden apreciar los cambios realizados a dicho módulo que fueron nombrados en un capítulo anterior tales como inclusión de producción de pozo, nuevos eventos, entre otros.



**Figura 43. Resultados Diagrama de diagnóstico.**

**Fuente: Autor.**

La metodología de arenamiento en producción de pozos, tiene dos resultados claves y puntuales, que determinan la toma de decisiones del usuario, estos resultados son: los costos por arenamiento, y la evaluación económica. En la evaluación económica se grafica un VNA (Valor Presente Neto) (ver Figura 47. Evaluación Económica VNA Excel.) Determinado por un flujo de caja calculado, y junto con ese flujo de caja, un resultado de Costo-Beneficio.(ver Figura 49. Evaluación Económica B-C. Excel.), y en los costos por arenamiento, se determina la gravedad que tiene el pozo según la producción y los eventos asociados (ver Figura 44. Resultados de costos por arenamiento ICP.)

PRUEBA 38				
AÑO	COSTOS TRABAJOS U\$			TOTAL
	EQUIPO WO/VAR	DIFERIDA	HERRAMIENTAS	
06-11/10-11	\$ 210.000	\$ 277.521	\$ 10.000	\$ 497.521
2011	\$ 210.000	\$ 277.521	\$ 10.000	\$ 497.521
COSTOS/AÑO	\$ 630.000	\$ 832.563	\$ 30.000	\$ 1.492.563

**Figura 44. Resultados de costos por arenamiento ICP.**

**Fuente: Grupo arenamiento ICP.**



Figura 45. Resultados Costos por arenamiento ECOSEMT 2.0.

Fuente: Autor.

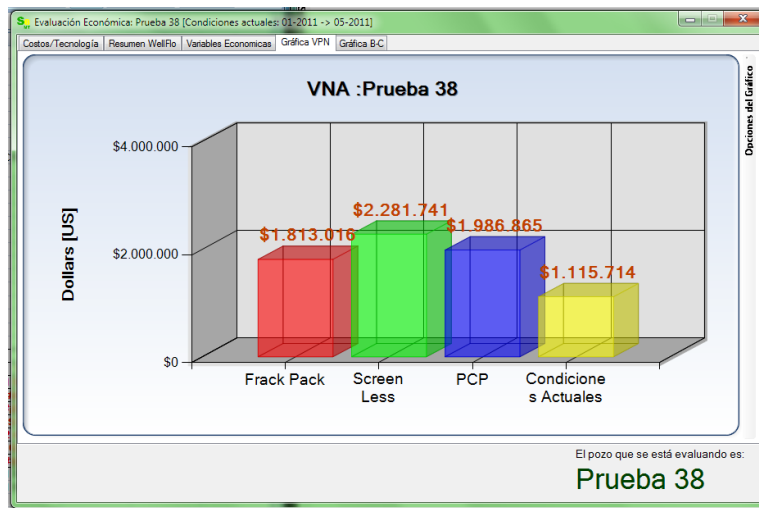
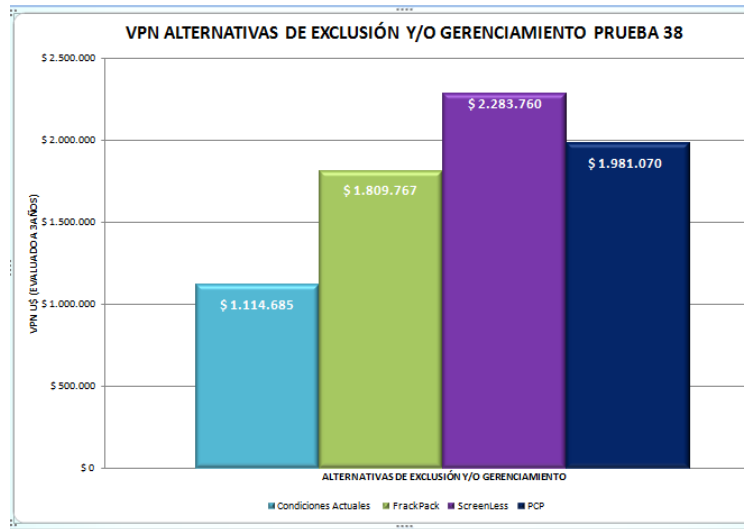


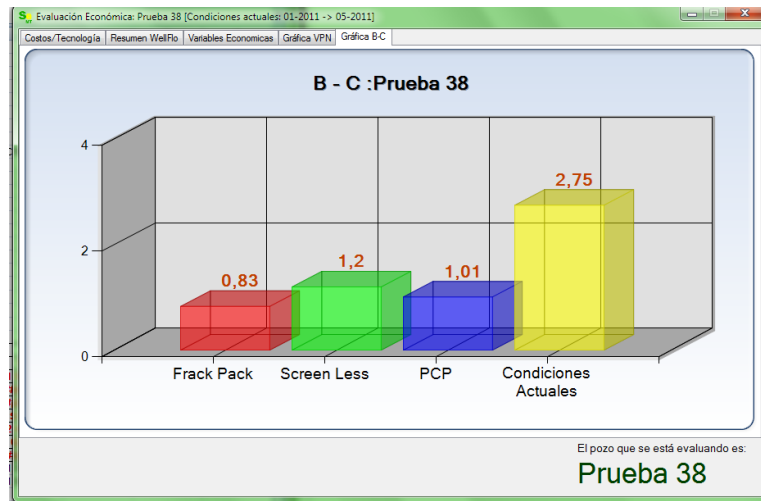
Figura 46. Evaluación Económica VNA ECOSEMT.

Fuente: Autor.



**Figura 47. Evaluación Económica VNA Excel.**

**Fuente: Grupo de arenamiento ICP.**



**Figura 48. Evaluación Económica B-C. ECOSEMT.**

**Fuente: Autor.**

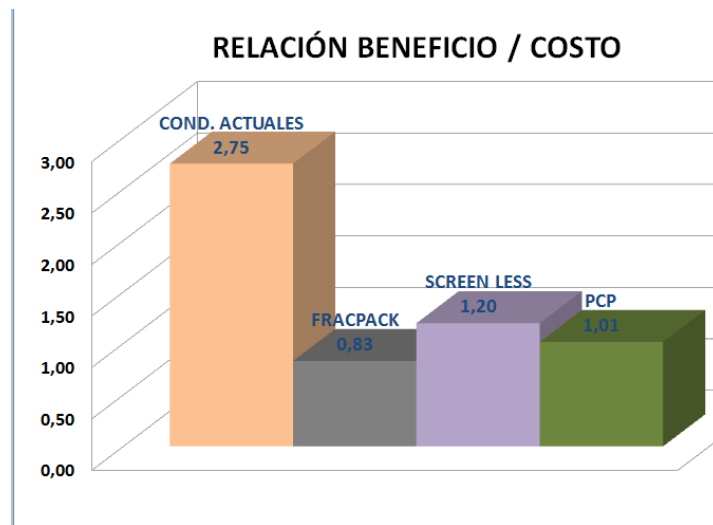


Figura 49. Evaluación Económica B-C. Excel.

Fuente: Grupo de arenamiento ICP.

#### 10.1.1. Tabla de resultados Evaluación económica y costos por arenamiento

Ante las pruebas de costo por arenamiento y evaluación económica, mostradas anteriormente, se comparan los resultados para determinar si se presenta algún error en cualquier parte del proceso, en comparación entre el software y las hojas de cálculo que se usaban para esta tarea.

Tecnología	Original (Excel)	ECOSEMT 2.0.	Error
<b>Costos WorkOver</b>	\$630.000	\$630.000	0.0000%
<b>Costos Herramienta</b>	\$832.563	\$832.562	0.0001%
<b>Costo Diferido</b>	\$30.000	\$30.000	0.0000%
<b>Costo Total</b>	\$1'492.563	\$1'492.562	0.0001%

Tabla 2. Comparación Resultados Costos por arenamiento

Fuente: Autor.

Tecnología	Original (Excel)	ECOSEMT 2.0.	Error
<b>Frack Pack</b>	\$1.809.767	\$1.813.016	0,1795%
<b>Screen Less</b>	\$2.283.760	\$2.281.714	0,0896%
<b>Bomba PCP</b>	\$1.981.070	\$1.986.865	0,2925%
<b>Condiciones Actuales</b>	\$1.114.685	\$1.115.714	0,0923%

Tabla 3. Comparación Resultados VNA

Fuente: Autor.

Tecnología	Original (Excel)	ECOSEMT 2.0.	Error
<b>Frack Pack</b>	0.83	0.83	0%
<b>Screen Less</b>	1.20	1.2	0%
<b>Bomba PCP</b>	1.01	1.01	0%
<b>Condiciones Actuales</b>	2.75	2.75	0%

**Tabla 4. Comparación resultados B - C.**

**Fuente: Autor.**

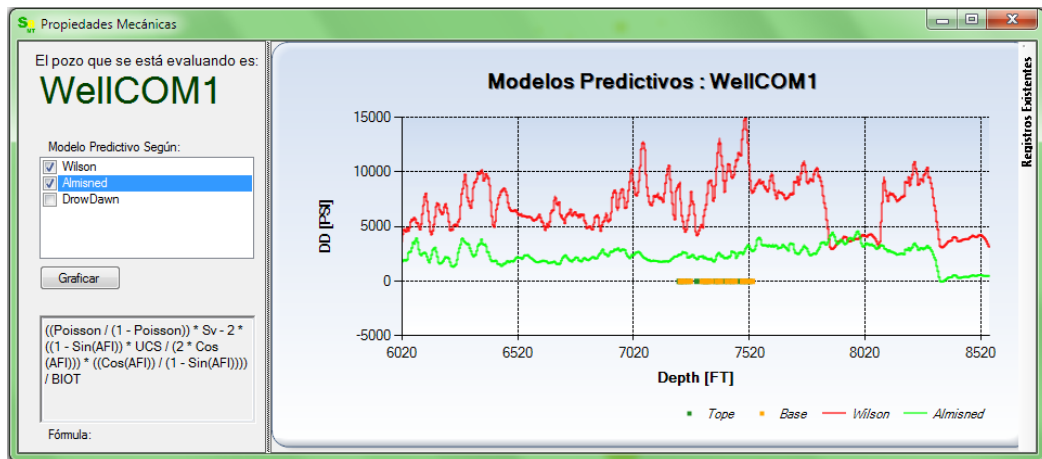
Para los anteriores resultados hay que tener en cuenta, la cantidad de decimales que utiliza el lenguaje C# frente a los decimales que utiliza Excel para realizar sus cálculos. Además que en la hoja de cálculo en ocasiones, omite decimales por decisión del usuario.

## **10.2. Resultados de la metodología de completamiento de pozos**

En la metodología de control de arena durante el completamiento de pozos, se evaluaron 2 pozos, esta metodología requiere cierta cantidad de información y registros, lo que hace demorada la recopilación de la información para mostrar resultados consistentes. Dentro del resultado se muestra la evaluación del pozo denominado WellCOM1. Para esta metodología los resultados mostrados al usuario son gráficos, pues se manejan registros de 5000 datos en adelante, y su resultado se aprecia visualmente.

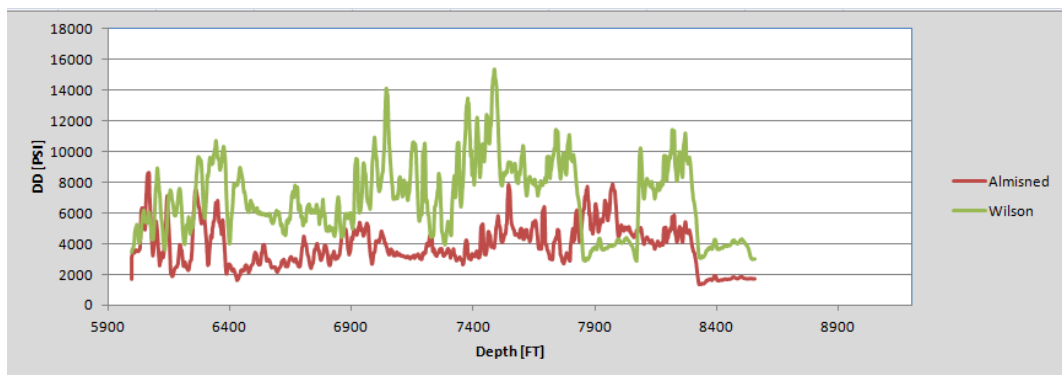
### **10.2.1. Modelos predictivos**

Para este módulo se generan a partir de registros de pozo tendencias de posibles presiones que pueden afectar la formación y por ende los intervalos que pueden ser cañoneados. En las Figura 50. Resultados Modelo Predictivo ECOSEMT. y Figura 51. Resultados Modelo Predictivo ICP. Se puede apreciar mejor el resultado del software comparando su resultado gráfico con la gráfica mostrada por una hoja de cálculo, ya que el software permite una filtración de picos para el resultado y apreciar mejor la tendencia encontrada. Además cuenta con las propiedades del graficador, como son guardar la imagen, ampliarla, ocultarla, y otras nombradas en un capítulo anterior.



**Figura 50. Resultados Modelo Predictivo ECOSEMT.**

**Fuente: Autor.**



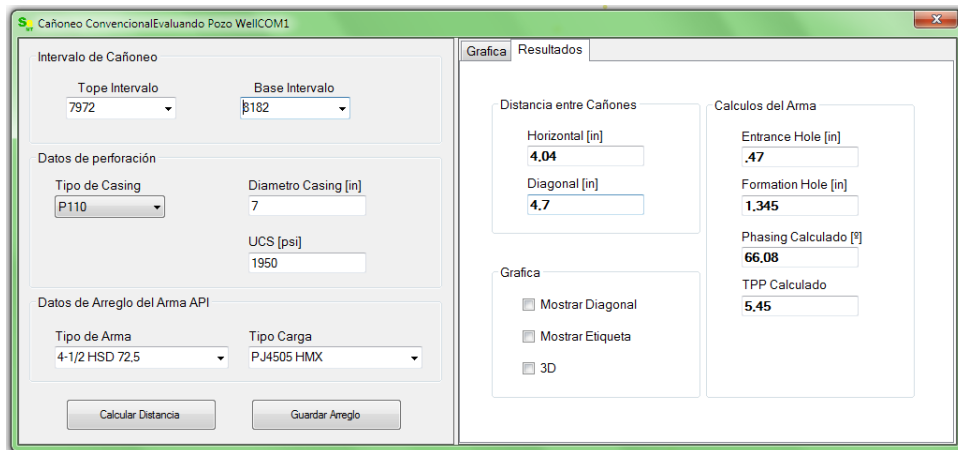
**Figura 51. Resultados Modelo Predictivo ICP.**

**Fuente: Grupo de arenamiento ICP.**

### 10.2.2. Cañoneo Convencional

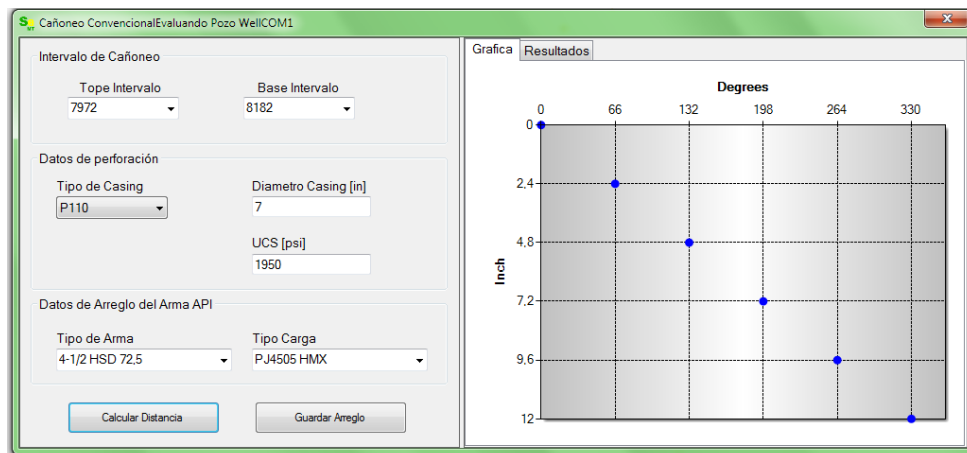
Para este módulo se busca encontrar el mejor arreglo que puede tener el arma que se baja por el pozo para realizar los cañones sin causar problemas de arenamiento, ni daño en la formación. En las hojas de cálculo Excel generados por el grupo de arenamiento del ICP, desafortunadamente no se encuentran gráficas respecto al arreglo generado por el arma de cañoneo para poder comparar. El arreglo que puede tener el arma en el Casing, es una funcionalidad adicional de la herramienta software, además de disponer de los datos de armas y cargas para distintos Casing. Los resultados son mostrados en la

Tabla 6. Comparación Resultados Cañoneo convencional.



**Figura 52. Resultados Cañoneo convencional, Valores**

**Fuente: Autor.**



**Figura 53. Resultados Cañoneo convencional, Gráfico**

**Fuente: Autor.**

POZO Prueba	
<b>TIPO DE ARMA</b>	4-½ HSD 72,5
<b>TIPO DE CARGA</b>	PJ 4505 HMX
<b>INTERVALO</b>	7972-8182
<b>UCS</b>	1950
<b>PRESION DE PORO</b>	2645
<b>OVERBURDEN</b>	7827

**Tabla 5. Parámetros de entrada Cañoneo Conventional**

**Fuente: Autor.**

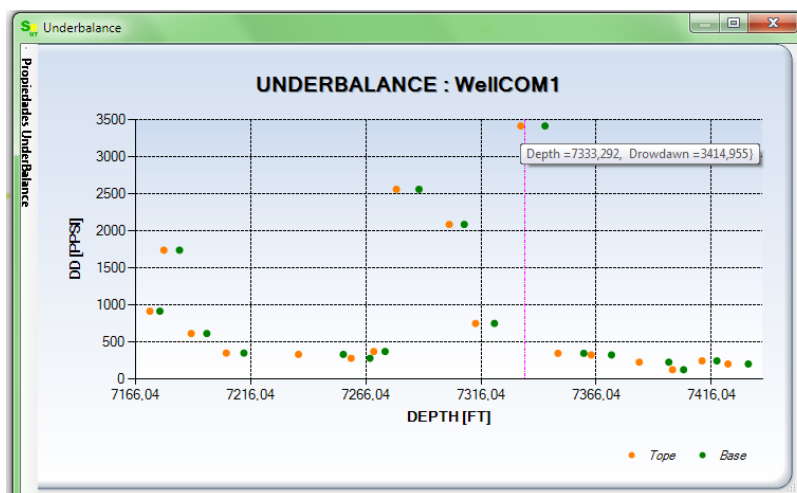
	Original (Excel)	ECOSEMT	Error
<b>PHASING CALCULADO</b>	66,07512925	66,08	7,37153E-05
<b>TPP CALCULADO</b>	5,448343486	5,45	0,00030404
<b>HORIZONTAL API DEL ARMA (in)</b>	4,03629996	4,04	0,000916691
<b>DIAGONAL API DEL ARMA (in)</b>	4,69592561	4.70	0,000867644
<b>TPP API</b>	5	5	0

**Tabla 6. Comparación Resultados Cañoneo convencional**

**Fuente: Autor.**

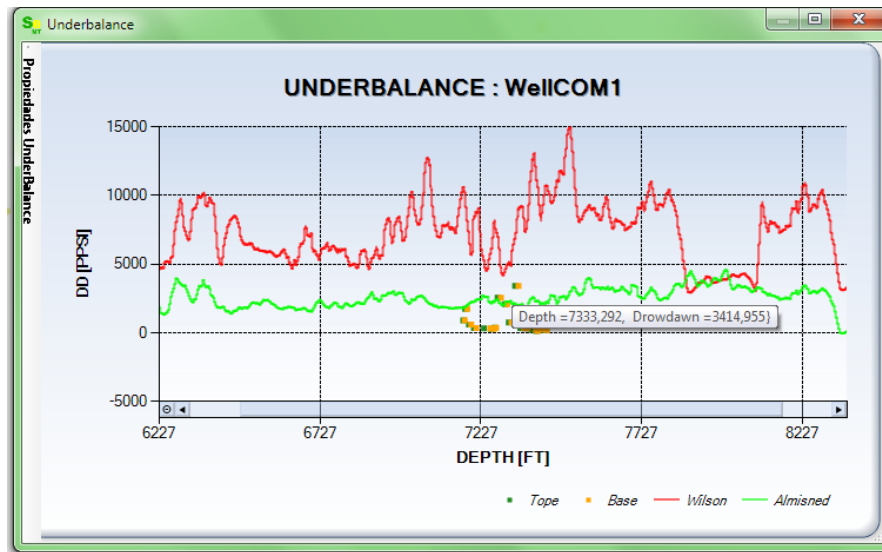
### 10.2.3. Underbalance

Para este módulo, solo se necesita ver qué intervalos están por encima de la referencia de Drawdown. A diferencia de las gráficas en Excel, en el software se pueden manipular las gráficas, y obtener resultados gráficos para informes (Ver Figura 54. Resultado Underbalance ECOSEMT, Solo intervalos.).



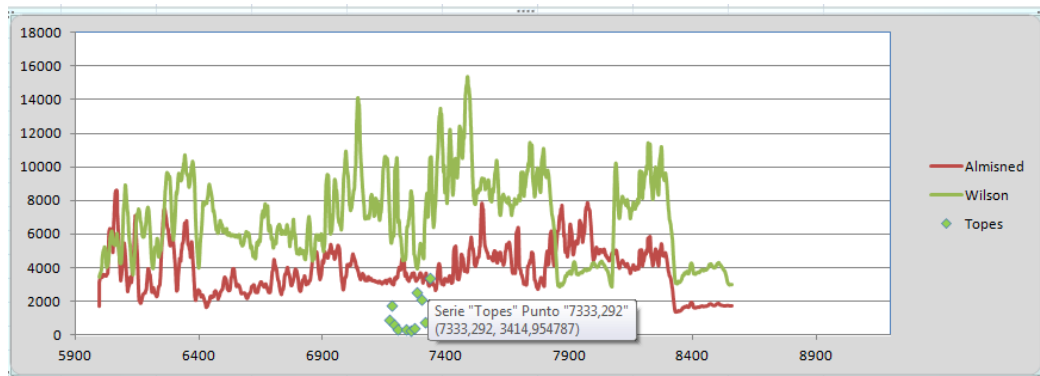
**Figura 54. Resultado Underbalance ECOSEMT, Solo intervalos.**

**Fuente: Autor.**



**Figura 55. Resultado Underbalance ECOSEMT.**

**Fuente: Autor.**



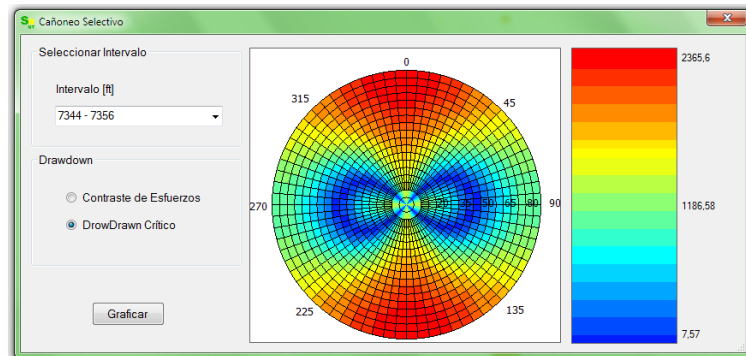
**Figura 56. Resultado Underbalance ICP.**

**Fuente: Grupo arenamiento ICP.**

#### 10.2.4. Cañoneo Orientado

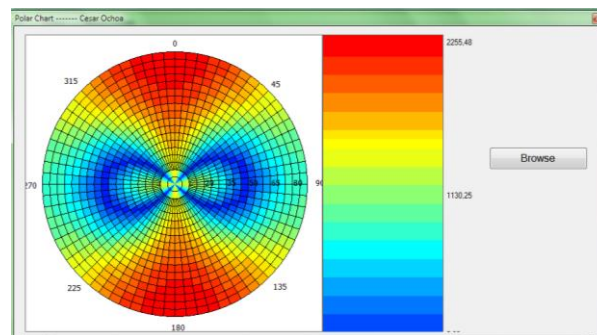
Para este módulo se busca encontrar la dirección de los menores contrastes de esfuerzos para que después de cañonear la zona, los esfuerzos no dañen la formación causando problemas de arenamiento. La metodología documentada en Excel no cuenta con un graficador para este módulo, por lo tanto para realizar las comparaciones, fue necesario utilizar el mismo graficador que usa el ECOSEMT, exportando los datos calculados en Excel a un archivo plano y graficando estos valores para ser comparados por los calculados por ECOSEMT. Los resultados

fueron aplicados al pozo en evaluación a un intervalo de 7344 – 7356 [Fts]. (ver Figura 56, Figura 57, Figura 58, Figura 59).



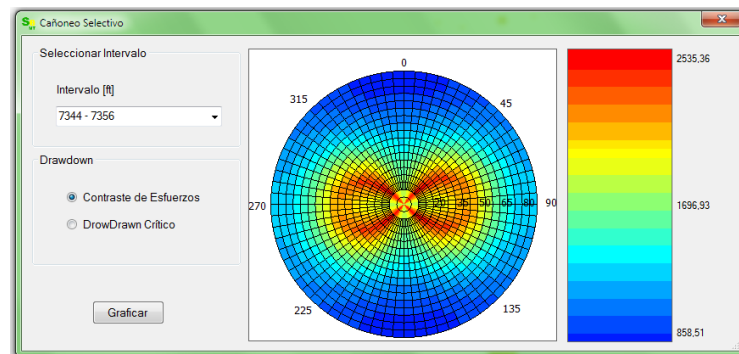
**Figura 57. Resultados Cañoneo Drowdown Crítico. ECOSEMT.**

**Fuente: Autor.**



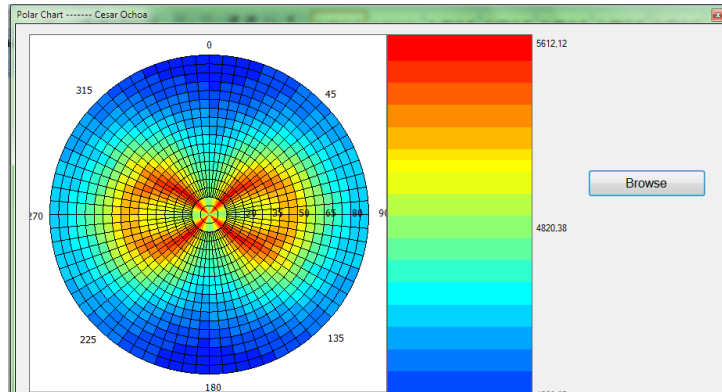
**Figura 58. Resultados Cañoneo Orientado Drowdown Crítico. ICP.**

**Fuente: Autor.**



**Figura 59. Resultados Cañoneo Orientado Contraste de esfuerzos. ECOSEMT.**

**Fuente: Autor.**



**Figura 60. Resultados Cañoneo Orientado Contraste de esfuerzos. ICP.**

**Fuente: Autor.**

### 13. CONCLUSIONES

- Esta herramienta ha demostrado la capacidad de responder ante las necesidades de las metodologías de producción y completamiento, mostrando una mayor eficiencia y exactitud frente a los métodos anteriormente utilizados y llenando las expectativas del usuario final.
- La aplicación durante la ejecución del proyecto de las diferentes técnicas y metodologías de ingeniería del software, como GQM y lenguaje UML facilitó el proceso de programación de los eventos, funciones y procedimientos que se implementaron en el sistema.
- Actualmente ECOSEMT es herramienta tecnológica en el ICP y se han evaluado hasta el momento 20 pozos de forma satisfactoria. Para cada pozo llega diferente cantidad de información lo que permite la evaluación de la misma en diferentes escenarios.
- Desde la puesta en funcionamiento de la primera versión de ECOSEMT 1.0 y hasta la fecha, cada fallo o cambio registrado en la etapa de prueba que hiciera parte de los alcances, fue solucionado. Es gracias a estas continuas mejoras que la aplicación que se entrega con este proyecto satisface las necesidades de los usuarios finales y a su vez los objetivos de este trabajo de grado.
- La estructura para generación de archivos ECOSEMT, permite ser actualizada si se incluye la petición en la clase `csT_Brain` a los recursos necesarios, y en la clase que tiene permiso a esos recursos como base de datos y archivos planos, esto demuestra robustez del software frente a nuevas actualizaciones.
- El cambio del graficador ZedGraph por Chart de .NET Framework 4.0, además de un mejor diseño, permitió manejar mayor volumen de datos y generar nuevas propiedades en el graficador, las cuales pueden ser ajustadas por el programador a las necesidades del proyecto. Su utilización generó un software que supera las características visuales de una herramienta de ofimática.
- El módulo de completamiento, es aún más útil, cuando se necesitan cambiar o actualizar registros. El cambio manual en Excel resulta extenso y propenso a errores, en su lugar, ECOSEMT se encarga de actualizar dichos valores, e interpolar esta información para determinar los nuevos valores, y calcular nuevamente las ecuaciones solicitadas.

## 14. RECOMENDACIONES

- En la importación del archivo ECOSEMT se podría generar un objeto en memoria durante la lectura del archivo, este objeto podría ser manipulado por el usuario y que solo se almacene la información si el usuario lo desea y en el momento que lo desee.
- Encriptar la información del archivo ECOSEMT, aunque puede demorar su lectura, logra seguridad en la información, lo cual es fundamental en una empresa de cualquier sector.
- Puede ser útil contar con una aplicación para localización que pueda acceder a mapas sin tener acceso a internet, o guardando imágenes ya utilizadas si se repiten ubicaciones.
- La creación del archivo ECOSEMT puede ser utilizado para realizar copias periódicas aportando seguridad a la información manejada y beneficiándose por el entorno que posee la herramienta ante este proceso.
- El uso de la herramienta requiere conocimiento en las metodologías, por lo que sería beneficioso adecuar el sistema a una serie de ayudas que guíe el usuario a entender parcialmente las metodologías y facilitar de esta manera el uso de la aplicación por usuarios que apenas se estén involucrando en el área de arenamiento.
- Crear un Módulo que permita incluir nuevas ecuaciones que puedan ser calculadas con los datos almacenados en el software, y que un cambio de factores en una ecuación pueda ser incluida por el usuario permitiéndole a la herramienta un mayor uso, con propósitos más generales.

## BIBLIOGRAFÍA

*Archive - Microsoft Corporation*. [En línea] [Citado el: 15 de Abril de 2012.] <http://archive.msdn.microsoft.com/mschart>.

al, Ian Sommerville et. 2005. *Ingeniería del Software*. s.l. : Pearson, 2005.

CodecProject. [En línea] [Citado el: 12 de 04 de 2012.] <http://www.codeproject.com/Articles/5431/A-flexible-charting-library-for-NET>.

Contreras, Oscar y Rodriguez, Wilmar. 2008. DESARROLLO DE LA METODOLOGIA PARA ESTIMAR EL GRADIENTE DE FRACTURA DE LA FORMACION K1 DE UN CAMPO DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES APIAY. s.l. : UIS, 2008.

Cristian Negel, Bill Evjen, Jay Gynn, Karli Watson, Morgan Skinner. 2010. *Profesional C# and .NET 4*. s.l. : Wrox, 2010.

*Geomecánica de Rocas*. Osorio, G. 2003. piedecuesta : ICP, 2003.

Geomechanics International. <http://www.geomi.com>. [En línea] [Citado el: 25 de 10 de 2011.] <http://www.geomi.com/AboutUs/publications.php>.

Gomez Galvis, Oscar Javier y Ramirez Silva, Luis Fernando. 2011. HERRAMIENTA SOFTWARE PARA AUTOMATIZAR LA INTERPRETACION DE PRUEBAS EN EL LABORATORIO DE MECANICA DE ROCAS DEL INSTITUTO COLOMBIANO DE PETROLEO. Bucaramanga : Tesis de Pregrado, 2011.

Inc, Google Earth - Google. [En línea] [Citado el: 12 de Abril de 2012.] <http://www.google.com/intl/es/earth/index.html>.

Inc., Developers - Google. [En línea] [Citado el: 12 de Abril de 2012.] <https://developers.google.com/kml/?hl=es-ES>.

Jaimes, Manuel Guillermo. 2009. Metodología de gerenciamiento y/o exclusión de arena. s.l. : ICP\_ECOPEPETROL, 2009.

Jaimes, Manuel Guillermo, Martin, Diana y Quintero, Yair. Metodología para la reduccion de riesgo al arenamiento a partir de completamiento. 2011. s.l. : ICP\_ECOPEPETROL.

Martin Sandoval, Diana Paola. 2011. IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN TÉCNICO - ECONÓMICA DE

ALTERNATIVAS DE EXCLUSIÓN Y/O GERENCIAMIENTO DE ARENA. APLICACIÓN CAMPO COLOMBIANO. Bucaramanga : s.n., 2011.

MSDN - Files - Microsoft Corporation. [En línea] [Citado el: 12 de Abril de 2012.] [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd997372\(v=VS.100\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd997372(v=VS.100).aspx).

MSDN - Microsoft Corporation. [En línea] [Citado el: 16 de Abril de 2012.] <http://msdn.microsoft.com/library/zw4w595w.aspx>.

MSDN - Microsoft Corporation. [En línea] [Citado el: 12 de Abril de 2012.] <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/ms171868.aspx>.

Oklahoma University. [En línea] [Citado el: 28 de Octubre de 2011.] <http://www.oilproduction.net/>.

Piatin Mario, Félix García, Caballero Isamael. 2007. *Calidad de Sistemas Informáticos*. Mexico D.F. : Alfaomega, 2007. 978-970-15-1267-8.

Pressman, Roger S. 2009. *Ingeniería del Software (Un enfoque práctico)*. s.l. : McGrawHill, 2009. ISBN 9701054733.

*Quality & Service*. InfoWorld Media Group, Inc. 2001. 25, 2001, Vol. 23. ISSN 0199-6649.

Rojas Gomez, Jorge Eliecer y Soler, Diego Fernando. 2011. DISEÑO, ESTRUCTURACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESTÁNDAR DE DESARROLLO SOFTWARE PARA EL MODELADO DE FENÓMENOS GEOMECÁNICOS EN EL GIEP (GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE ESTABILIDAD DE POZO). Bucaramanga : s.n., 2011. s 21890.

Schlumberger. 2004. [En línea] 2004. [Citado el: 2011 de Octubre de 25.] <http://www.slb.com>.

Society of Petroleum Engineering. <http://www.spe.org>. [En línea] [Citado el: 25 de Octubre de 2011.]

Sulbaran. 1999. *SPE 57954*. 1999.

Venkitaraman. 2000. *SPE 58788*. 2000.

### Anexo 1. Documentación de Arreglos

Fecha	Factor Causal	Tipo de Cambio
<b>Agosto 25 de 2011</b>	En la generación de costos, se calculan costos erróneos.	Corrección
	Se deben añadir 2 eventos más, fracturamiento y empaquetamiento. Estos deben poder graficarse.	Extensión
	Si se selecciona un evento editado, se deshabilitan campos necesarios.	Corrección
	Si se selecciona un evento editado el nuevo evento sobrescribe el anterior.	Corrección
	El evento LIMPIEZA debe ser dibujado como tope y base. Y habilitar esta casilla en eventos.	Adaptación
	Para el evento LIMPIEZA y FONDO se deben cambiar las figuras.	Adaptación
	Revisar datos de producción Cuando es por mes y no por día, el software debe identificarlos.	Corrección
	La sumatoria de granos finos en el informe de granulometría (SubMesh) está dando más de lo que debe ser.	Corrección
	En resumen de pozo, adaptar los intervalos de cañoneo dependiendo del tope.	Adaptación
Cambiar los colores del diagrama de Diagnostico al estándar.	Adaptación	
<b>Septiembre 1 de 2011</b>	En CrossPlot no se están graficando contra distancia vertical MD (el eje rojo).	Corrección
<b>Septiembre 7 de 2011</b>	Cuando las fechas de evaluación del periodo es menor a un año no muestra los resultados correctamente	Corrección

	<p>Algunas veces cuando hay bomba arenada hay limpieza, pero esta no debe generar costo (ni en valor de equipos ni como evento asociado).  Modificar las fechas en el evento Limpieza (Tope-fecha inicio, Base-Fecha Finalización).</p>	Extensión
	<p>La etiqueta de la base en limpieza es la mismo de tope en el diagrama de diagnóstico.</p>	Adaptación
	<p>La etiqueta del diagrama de diagnóstico debe mostrar el nombre del pozo</p>	Adaptación
	<p>Cambiar el color del evento fondo.</p>	Adaptación
<b>Octubre 12 de 2011</b>	<p>Al graficar más de una vez registros, no lo hace de forma correcta.</p>	Corrección
	<p>En la recuperación de los archivos planos de producción, se pierden los dos últimos datos.</p>	Corrección
	<p>En Granulometría, se debe asegurar la existencia del archivo.</p>	Corrección
<b>Octubre 20 de 2011</b>	<p>En el diagrama de diagnóstico y específicamente en las limpiezas colocar el tope y la base en la fecha de finalización.</p>	Adaptación
	<p>En Granulometría, cambiar "Alternativas elegidas" por "Alternativas de Exclusión Elegidas".</p>	Adaptación
	<p>Modificar la ecuación para hallar PWF en los archivos de TWM.</p>	Adaptación
	<p>Tomar PMP en TVD para los cálculos de TWM.</p>	Extensión
<b>Noviembre 1 de 2011</b>	<p>Extrapolar los datos cuando no se pueda interpolar en granulometría.</p>	Adaptación

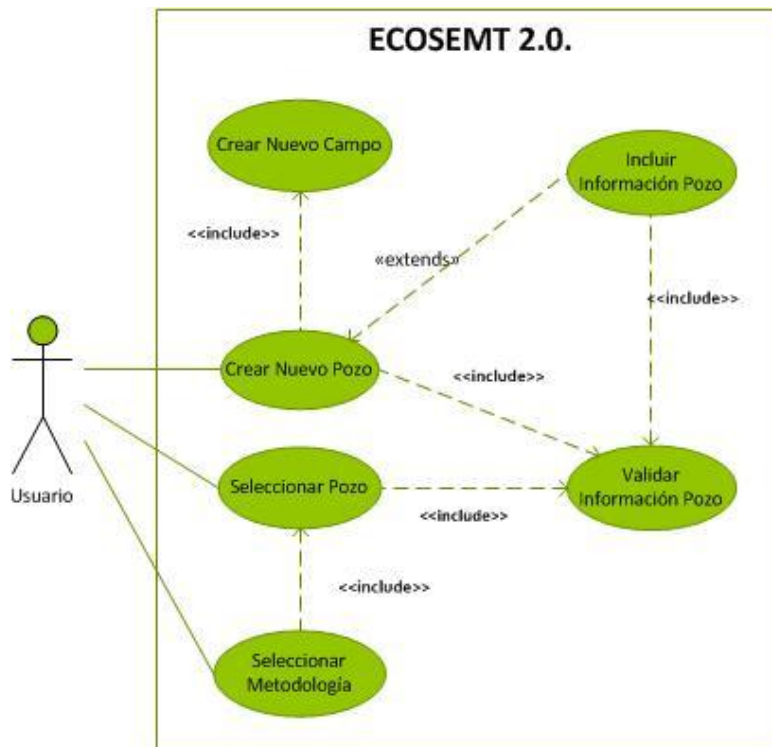
<b>Noviembre 21 de 2011</b>	Cambiar el diseño de muestra de pozos, tener en cuenta los diseños de PETREL o AGE.	Adaptación
<b>Noviembre 24 de 2011</b>	Si el pozo es vertical que no pida Survey	Adaptación
	En el resumen del pozo, revisar producción por intervalo.	Corrección
	Cuando se ubique el valor de BSW en el archivo TWM, buscarlo por mes si no está por día.	Adaptación
	Costos diferidos inconsistentes.	Corrección
<b>Noviembre 28 de 2011</b>	En Resumen Wellflo, corregir: Kh, Pwf.	Corrección
	En el CrossPlot, revisar el filtrado de arcillas.	Corrección
	En Evaluación económica, mostrar BSW	Extensión
	En evaluación económica avisar si no existe PWF.	Extensión
<b>Diciembre 5 de 2011</b>	En Jerarquía de Pozos que se pueda ver el Periodo Arenero.	Extensión

## Anexo 2. Documento de requisitos

### 1. TABLA DE INTERESADOS.

Interesados	Descripción
<b>Usuario</b>	Quien se encargará de utilizar el software, cargar la información requerida para cada cálculo, y exportar gráficas para informes.
<b>Ingeniero a cargo</b>	Quien recibirá los informes por parte de los usuarios, y los revisará según el historial manejado en el pozo.
<b>Equipo de Campo</b>	Quien recibirá sugerencias por parte del estudio de arenamiento realizado en el software, y decidirá la acción a realizar según las condiciones del pozo en el momento.

## 2. CASOS DE USO.



### Caso de Uso – ID:

Caso estudio Interfaz principal del software ECOSEMT 2.0.

**Precondiciones:** El usuario debe abrir la aplicación y aparecerá la pantalla principal del software.

### Flujo Normal:

- El Usuario Crea un nuevo Pozo, o selecciona uno si ya está registrado en la base de datos.
- Al crear el pozo Debe Crear un Nuevo Campo, y este a su vez debe tener los requisitos que lo preceden.
- Después de seleccionar al pozo, se puede acceder a alguna de las metodologías del software

### Autor

### Sistema

Usuario

El Software se encarga de verificar que no se encuentren nombres de pozos repetidos, validando la información requerida.

### Flujo Alternativo:

- El Usuario elige una metodología sin elegir antes un pozo.

### Autor

### Sistema

Usuario

El Software no mostrará la información requerida, pues no hay nadie (un Pozo) que la requiera.

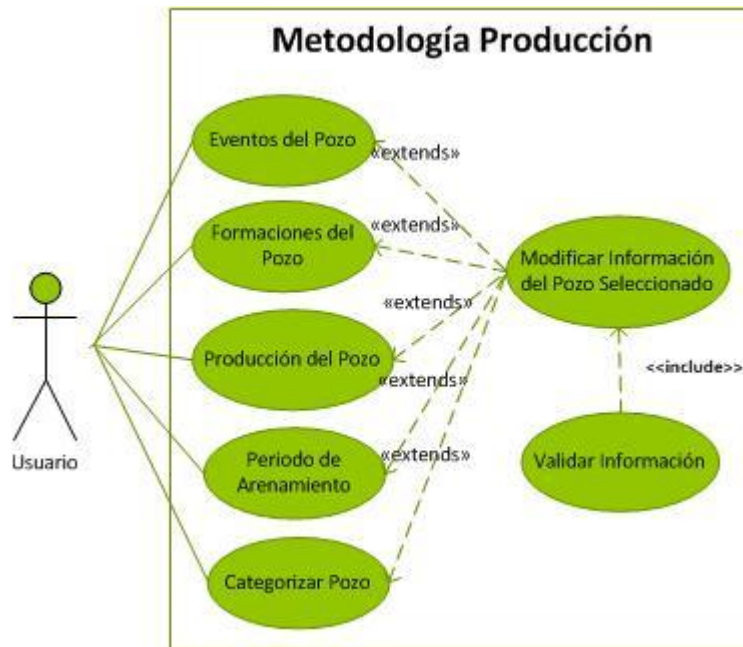
### Post-

Se tiene Seleccionado un pozo, listo para adjuntarle datos

<b>condiciones:</b>	para la evaluación.
<b>Puntos de Extensión:</b>	de Seleccionar Metodología: Se podrán seleccionar cualquiera de las dos metodologías.



<b>Caso de Uso – ID:</b>	
Caso estudio para seleccionar una metodología.	
<b>Precondiciones:</b>	El usuario debe tener seleccionado un pozo, y el software debe cargar la información básica de este pozo, como nombre y ID.
<b>Flujo Normal:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Usuario Selecciona alguna de las metodologías.</li> <li>• Selecciona la metodología de producción</li> <li>• Selecciona la metodología de completamiento.</li> </ul>
<b>Autor</b>	<b>Sistema</b>
Usuario	El Software habilita las metodologías para evaluar el pozo.
<b>Flujo Alternativo: -</b>	
<b>Autor</b>	<b>Sistema</b>
-	-
<b>Post-condiciones:</b>	El Usuario puede empezar a incluir información dependiendo de la evaluación que requiera hacer.
<b>Puntos de Extensión:</b>	de Metodología de completamiento y Metodología de Producción.



**Caso de Uso – ID:**

Caso Estudio para La metodología de producción.

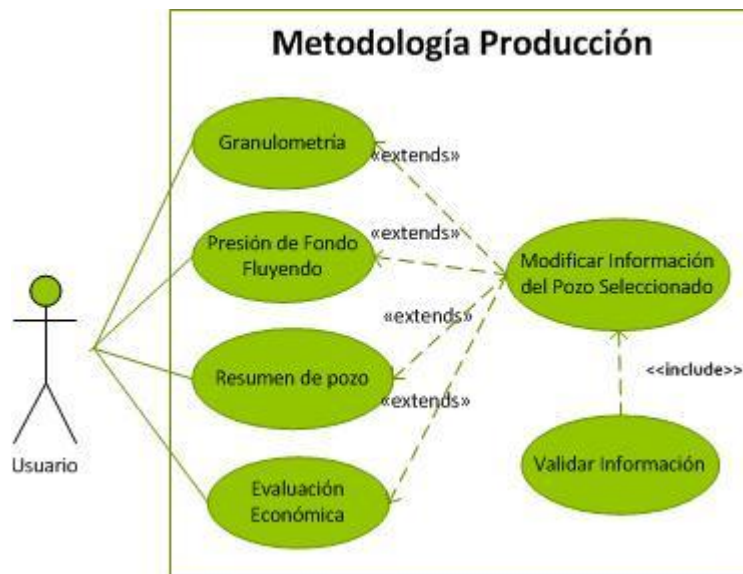
**Precondiciones:** El usuario debe tener seleccionado un pozo, para habilitar el uso de las metodologías.

**Flujo Normal:**

- El Usuario elige incluir/modificar eventos al pozo: En este paso el usuario digita los eventos asociados al pozo, y junto con los eventos areneros los costos asociados.
- El Usuario elige incluir/modificar Formaciones al pozo, digitando la información.
- El Usuario elige incluir registros de producción del pozo, subiendo un archivo al software.
- El Usuario elige un periodo de arenamiento según la apreciación que tenga el Usuario en el diagrama de diagnóstico
- El Usuario obtiene los costos por arenamiento según el periodo seleccionado, y valora el pozo como arenero o no arenero.

Autor	Sistema
Usuario	El Software, debe validar la información de cada evento registrado, y formaciones. Almacenándolas en la base de datos para futuras consultas.
Usuario	El Software debe leer el archivo de producción ingresado, identificar fechas que permitan su comparación con archivos anteriormente subidos al software, y asociar un único archivo plano con la producción existente para el pozo.
Usuario	El Software grafica la producción y los eventos asociados al pozo para que el Usuario determine el periodo de menor

	estabilidad para el pozo.
Usuario	El Software debe calcular según los eventos y producción del pozo los costos diferidos y asociados a arenamiento, para que el usuario determine si es un pozo arenoso o no, según el periodo elegido.
<b>Flujo Alternativo:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>El Usuario selecciona el periodo de arenamiento sin incluir producción y/o eventos. Si existen eventos se puede mostrar la gráfica, pero no se muestra si no hay producción, en este caso, la información no es suficiente para tomar una decisión por parte del usuario.</li> <li>EL Usuario selecciona un pozo como arenoso sin tener costos asociados para valorarlo.</li> </ul>	
<b>Autor</b>	<b>Sistema</b>
Usuario	El Software no permite entrar a ningún paso si no se tiene producción para el pozo.
<b>Post-condiciones:</b>	Se tiene el pozo condicionado como arenoso o no arenoso, y el usuario puede seguir con la evaluación económica.
<b>Puntos de Extensión:</b>	-



**Caso de Uso – ID:**

Caso estudio para continuar la metodología de producción

**Precondiciones:** El usuario debe tener seleccionado un pozo, e incluidos datos como eventos, formaciones, producción.

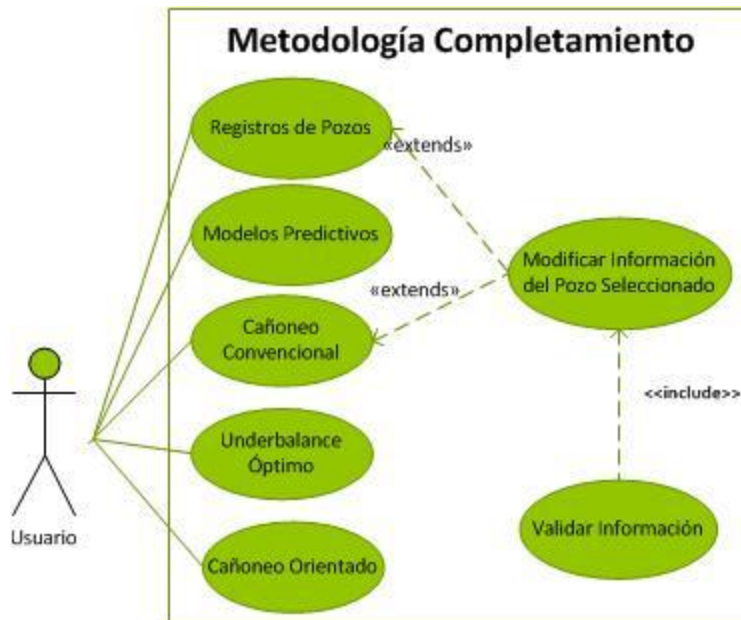
**Flujo Normal**

- El Usuario ingresa informes de granulometría por medio de un archivo

de texto, el cual deberá dar como resultado las mejores opciones de tecnologías según lo determine el informe.

- El Usuario ingresa información de presión de fondo digitando o subiendo un archivo para que el software realice operaciones y calcule los valores de presión.
- El Usuario puede revisar la información del pozo por intervalo seleccionado, y con esa información calcular nuevas producciones con un software externo.
- El Usuario realiza una evaluación económica con las tecnologías elegidas en granulometría, y digitando las variables económicas, se realiza un diagrama de barras el cual muestre los costos VPN en un periodo de tiempo, así como una gráfica de costo beneficio.

<b>Autor</b>	<b>Sistema</b>
Usuario	El Software leerá el archivo de texto con la información de granulometría almacenando datos del archivo calculado, un archivo plano con el informe y almacenando las tecnologías elegidas.
Usuario	El Software leerá un archivo de texto que contiene las variables necesarias para calcular los niveles de fluido y las presiones.
Usuario	El Software realiza una consulta por intervalo, para determinar un resumen de toda la información incluida a un pozo.
Usuario	El Software realiza un cálculo por años seleccionados, realizando una gráfica que permita observar cual es la mejor tecnología a intervenir en el pozo.
<b>Flujo Alternativo:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Usuario elige un intervalo sin ingresar las presiones, en este caso, los valores del resumen que dependen de este dato serán incorrectos.</li> </ul>	
<b>Autor</b>	<b>Sistema</b>
Usuario	El Software, le dice al usuario que falta ese dato para la evaluación y por lo tanto la información mostrada será incorrecta.
<b>Post-condiciones:</b>	Informe completo de la evaluación para el pozo seleccionado. Esta evaluación puede cambiarse y/o modificarse, según se actualice la información del pozo.
<b>Puntos de Extensión:</b>	-



### Caso de Uso – ID:

Caso estudio para la Metodología de Completamiento de pozos.

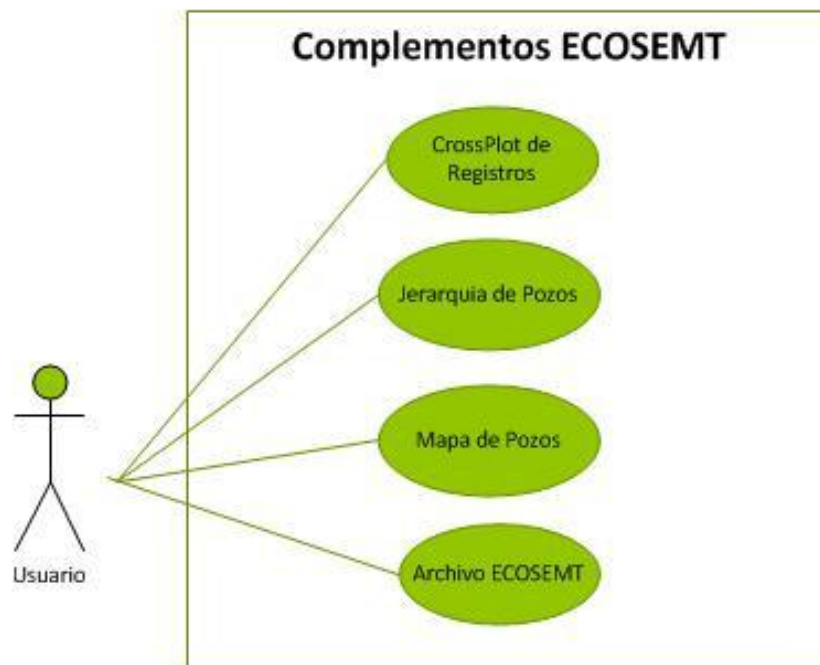
**Precondiciones:** El usuario debe tener seleccionado un pozo para realizar la evaluación según los pasos de la metodología de completamiento.

### Flujo Normal:

- El Usuario ingresa en un archivo los registros del pozo necesarios para la evaluación de la metodología.
- El Usuario grafica los modelos predictivos comparados con la diferencia de presión actual del pozo.
- El Usuario selecciona intervalos para su valoración y almacena estos datos para la evaluación de Underbalance.
- El Usuario puede ver graficados los intervalos contra las diferencias de presión y guardar esta imagen para archivarla en informes.
- El Usuario Selecciona uno de los intervalos escogidos y grafica en un chart de roseta el Drawdown crítico o Contraste de esfuerzos.

Autor	Sistema
Usuario	El Software debe leer los archivos de texto con los registros y ubicarlos con un nombre único para que puedan ser reconocidos por el software al realizar las peticiones que el usuario requiera.
Usuario	El Software debe utilizar los registros del pozo para calcular los modelos predictivos, graficarlos y compararlos con el Drowdown actual del pozo.
Usuario	El Software debe asociar un registro calculado a los intervalos seleccionados y compararlos con los modelos

	predictivos.
Usuario	El Software debe graficar el arreglo de disparos en un Casing dependiendo de los intervalos seleccionados y las operaciones que este realiza para completar el arreglo. Además, debe guardar estos intervalos para resolver el cañoneo bajo balance y el cañoneo orientado.
Usuario	El Software debe graficar una matriz que se calcula promediando todos los registros necesarios según el intervalo seleccionado y comparar las graficas entre el contraste de esfuerzos y el Drowdown crítico.
<b>Flujo Alternativo:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>El Usuario elige el cañoneo bajo balance pero no puede compararlo con los modelos predictivos si antes no ha realizado arreglos en el cañoneo convencional.</li> </ul>	
<b>Autor</b>	<b>Sistema</b>
Usuario	El Software no carga intervalos puesto que no los ha almacenado en la base de datos, y no realizará cálculos
<b>Post-condiciones:</b>	El Software tiene tres maneras distintas de evaluar un intervalo, para reducir al máximo el riesgo de arenamiento.
<b>Puntos de Extensión:</b>	



**Caso de Uso – ID:**

Caso estudio para los complementos de ECOSEMT

**Precondiciones:** El usuario debe tener seleccionado un pozo con toda su información completa, en lo posible.

**Flujo Normal:**

- El Usuario selecciona los registros poro-elásticos y algún registro de propiedad mecánica de la roca. Con estos registros se realiza un CrossPlot. Después de esto se hace un corte según los requisitos del Usuario para graficarlos contra la distancia vertical del registro. Luego, es posible filtrar los datos de arcillas del pozo, con otro registro.
- El Usuario debe Seleccionar un Campo, y de ahí seleccionar los pozos con los que desea trabajar, dependiendo de los costos que quiera mostrar, los cálculos se compararán con los de los pozos elegidos.
- El Usuario abre un mapa con las coordenadas de los pozos, para determinar en qué zona se encuentran los pozos problemáticos.
- El Usuario selecciona los pozos que desea exportar en un archivo para tener un archivo de recuperación de la información, este archivo podrá leerse en cualquier momento.

<b>Autor</b>	<b>Sistema</b>
Usuario	El Software debe mostrar todos los registros del pozo, y graficar los que el Usuario determine. El Software compara cada dato de los registros seleccionados por la distancia del pozo para realizar el CrossPlot, y graficar el corte que el usuario indique, y con este corte, filtrar los datos que quedaron fuera de dicho corte. Seguido a esto el software debe mostrar los registros existentes de arcillas y realizar un filtrado con el registro de arcillas seleccionado por el Usuario.
Usuario	El Software debe cargar los costos de todos los pozos de un campo seleccionado y mostrar la gráfica que el Usuario elija para su visualización en una gráfica de barras.
Usuario	El Software debe mostrar en un plano las coordenadas X,Y de un pozo, y ubicarlas en un mapa según las coordenadas geográficas del pozo.
Usuario	El Software debe Exportar un archivo con extensión única. El usuario debe elegir qué tipo de información exportará y así mismo el software deberá leer ese archivo para recopilar la información almacenada en dicho archivo y guardarla tanto en la base de datos como en archivos planos.
<b>Flujo Alterno: -</b>	
<b>Autor</b>	<b>Sistema</b>
<b>Post- condiciones:</b>	El Usuario tiene Resultados gráficos generados por el software que le permiten confirmar las decisiones que se toman, las cuales fueron determinadas siguiendo las metodologías.
<b>Puntos de Extensión: -</b>	

### 3. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

ID del 1 Requerimiento:	
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Lector de archivos planos
<b>Características</b>	El lector de archivos debe permitir al Usuario ingresar información al software por medio de archivos de texto como: registros, producción, granulometría, presión, entre otras.
<b>Descripción del requerimiento:</b>	Este requisito debe tener una característica en especial para cada necesidad del software, en el caso de registros, debe asociar una lista de registros para que el Usuario elija sobre un listado, los que importará y de esta forma el software identifique cada uno de los registros. Para registros de presión también se tendrá una lista mínima requerida para el cálculo de la presión dependiendo del archivo ingresado, así como lo es para el archivo de producción. Para los informes de granulometría es necesario diseñar un modelo estándar que permita darle al software las características para poder subir el archivo como informe al software.
<b>Requerimiento No funcional impactado:</b>	Funcionalidad y Usabilidad.

ID del 2 Requerimiento:	
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Cálculos con registros
<b>Características</b>	Un módulo que permita hacer operaciones pie a pie.
<b>Descripción del requerimiento:</b>	El Software necesita un módulo que distribuya la información del pozo en arreglos separados a una distancia igual en pies. Con esta distancia hará los cálculos que pida una clase externa.
<b>Requerimiento No funcional impactado:</b>	Usabilidad y Funcionalidad

ID del 3 Requerimiento:	
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Archivo ECOSEMT
<b>Características</b>	Crear un archivo que permita almacenar información de

	muchos proyectos del software.
<b>Descripción del requerimiento:</b>	Este módulo debe crear un archivo y leer un archivo, el cual se encargará de generar dentro del archivo los datos solicitados por el Usuario para ser leídas cuando lo desee. Este archivo solo debe ser identificado por este software para confidencialidad, y permitir ser almacenado en el disco duro.
<b>Requerimiento No funcional impactado:</b>	Portabilidad, Confiabilidad y Funcionalidad

<b>ID del 4</b>	
<b>Requerimiento:</b>	
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Graficador de registros
<b>Características</b>	Estos graficadores presentarán los registros vs su distancia vertical.
<b>Descripción del requerimiento:</b>	Estos graficadores, se usarán en distintos módulos del software pero deben permitir en constantes ocasiones Graficar resultados entre operaciones de registros, Y poder manipular del graficador para obtener la imagen que desee. Además de tener la posibilidad de guardar y/o copiar la imagen en el portapapeles.
<b>Requerimiento No funcional impactado:</b>	Eficiencia

<b>ID del 5</b>	
<b>Requerimiento:</b>	
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Manipulación Base de datos y archivos planos
<b>Características</b>	Poder almacenar la información en Base de datos y archivos planos para utilizarla según las necesidades del Usuario.
<b>Descripción del requerimiento:</b>	El software necesita guardar la información para utilizarla en futuras consultas, por lo tanto se necesitan almacenar tablas de información y archivos planos. Estas tablas serán almacenadas en un archivo Access, manejadas por una clase del software que se encarga de la comunicación, y también una clase encargada, de guardar, leer y modificar archivos planos. Estos archivos se guardarán en el Disco duro de forma organizada por carpetas en el equipo donde se encuentra instalado.
<b>Requerimiento No</b>	Usabilidad, Funcionalidad y Eficiencia.

**funcional impactado:**

ID del 6	
<b>Requerimiento:</b>	
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Plataforma Windows
<b>Características</b>	Que el software sea estable sobre plataforma Windows versiones XP, y 7.
<b>Descripción del requerimiento:</b>	Para la utilización del software se conoce que el sistema Operativo utilizado por los Usuarios, es Windows XP en su mayoría La ventaja que se tiene es que la primera versión de ECOSEMT ha sido desarrollada en Visual Studio, lo que permite una compatibilidad directa con el sistema operativo manejado por los usuarios de la misma empresa.
<b>Requerimiento No funcional impactado:</b>	Portabilidad

#### 4. REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES.

Basado en el estándar ISO/IEC 9126: se definen las siguientes características del software.

Funcionalidad, seguridad, Usabilidad, Eficiencia, Capacidad de mantenimiento, Portabilidad.

ID del 1 Requerimiento:	
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Actualizable
<b>Características</b>	Permitir que el software se pueda actualizar bajo condiciones del Usuario.
<b>Descripción del requerimiento:</b>	Que el software permita actualizarse, frente a problemas de seguridad, diseño o funcionalidad. Permitiendo así una mayor durabilidad de operación al software
<b>Requerimiento funcional impactado:</b>	Archivo ECOSEMT, diseño en Visual Studio.

ID del 2 Requerimiento:	
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Seguridad
<b>Características</b>	Que el Software tenga un soporte de información en caso de pérdida de la misma.
<b>Descripción del requerimiento:</b>	El software debe soportar pérdidas repentinas de energía o daño de sectores del disco duro. Para el manejo de la seguridad, el software tendrá a su disposición el archivo ECOSEMT, y la Base de Datos que se actualizará dependiendo del evento del Usuario.
<b>Requerimiento funcional impactado:</b>	Archivo ECOSEMT, Base de Datos.

ID del 3 Requerimiento:	
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Eficiencia
<b>Características</b>	Que se puede manejar rápidamente la información a pesar de la existencia de muchos proyectos o pozos.
<b>Descripción del requerimiento:</b>	El software contará con una base de datos, la cual solicitará información solo en el caso que se requiera, y

	accediendo una sola vez al disco duro para durabilidad del mismo. Los objetos se tendrán en memoria, lo que permitirá un rápido acceso.
<b>Requerimiento funcional impactado:</b>	Base de Datos Access.

<b>ID del 4</b>	
<b>Requerimiento:</b>	
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Capacidad de Mantenimiento
<b>Características</b>	Crear un diseño ajustable a nuevas peticiones del cliente y reclamos del Usuario.
<b>Descripción del requerimiento:</b>	El diseño del software debe permitir actualizaciones por parte del desarrollador, lo que significa un código comentado, y una estructura organizada por medio de clases que distribuyan las funciones dependiendo del módulo solicitado, para determinar funciones únicas, y un enfoque visible de programación orientada a objetos.
<b>Requerimiento funcional impactado:</b>	-