



Integrated Formation Damage Model

## INTEGRATED FORMATION DAMAGE MODEL

### *ANÁLISIS MULTIPARAMÉTRICO*

#### Manual de Usuario

Versión 2020



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA



## PRÓLOGO

INTEGRATED FORMATION DAMAGE MODEL (IFDM) constituye una herramienta computacional que permite el estudio integrado del daño de formación incluyendo opciones como análisis IPR, desagregación del daño de formación por componentes, discretización del daño de formación por mecanismos de daño mediante el análisis Multiparamétrico, diagnóstico de daño por asfaltenos precipitados y migración de finos, diagnóstico de daño geomecánico, análisis de sensibilidades, herramientas de visualización con bases de datos georreferenciadas, entre muchas otras. IFDM fue desarrollado con el fin de manejar la información del daño de formación de los campos colombianos operados por el grupo empresarial ECOPETROL para realizar un diagnóstico y discretización de los mecanismos de daño más relevantes, así como visualizar tendencias y riesgo de daño, presentando parámetros estadísticos de interés para los análisis y estudios integrados sobre este tema.

El presente Manual de Usuario detalla la entrada de datos para realizar los análisis mencionados previamente. Se requiere cierto conocimiento básico de ingeniería de yacimientos al igual que una experiencia sobre el estudio de daño de formación.

Si surgen consultas, sírvase contactar al:

### **Grupo de Investigación de Yacimientos e Hidrocarburos**

**Director:** Sergio Hernando Lopera Castro

Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas

Medellín, Colombia

**Teléfono:** 311 747 3294

**Sitio Web:** <http://ifdm-ecp.co/>

**Correo electrónico:** ifdm.ecp@gmail.com

**Confidencialidad:** Todos los componentes de la tecnología del IFDM, incluido el software y la documentación conexas, están protegidos por derechos de autor. Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra y la transmisión por cualquier medio o método, ya sea electrónico, mecánico u otro, incluyendo los sistemas de fotocopia, registro o tratamiento informático, que no esté autorizada por las entidades participantes.

## **1 INTRODUCCIÓN**

El objetivo del módulo Multiparamétrico es determinar el nivel relativo de influencia de seis factores causantes de daño de formación de forma estadística mediante diferentes parámetros del pozo y del campo asociados a cada uno de estos factores. Este módulo permite caracterizar la incidencia de los siguientes factores sobre el daño total de formación en las cernías del pozo productor:

- Escamas minerales
- Bloqueo por finos
- Escamas orgánicas
- Permeabilidad relativa
- Daño inducido
- Daño geomecánico

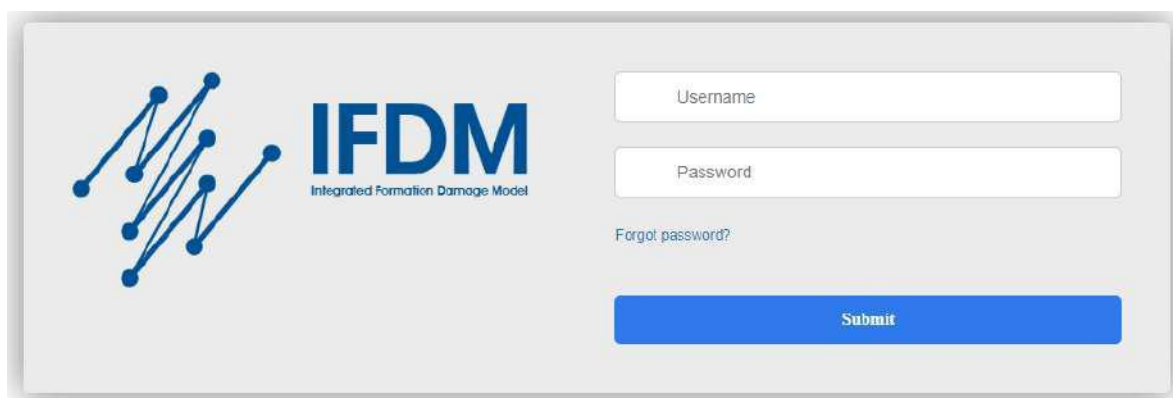
Dada la naturaleza estadística del modelo, se debe contar con suficiente información de pozos homólogos al pozo objetivo del análisis. Dicha información puede ser cargada previamente al IFDM o puede ser introducida al momento del estudio. Cabe resaltar que la confiabilidad de los resultados obtenidos con el modelo depende directamente de la fiabilidad y solidez de los datos alimentados al modelo.

## 2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

### 2.1 Acceso al sistema

Se denomina *Acceso* al sistema a la interfaz inicial que permite al usuario ingresar al aplicativo, esto lo puede hacer mediante el siguiente link: <http://ifdm-ecp.co/>

En el recuadro denotado como *Username* se ingresa el usuario que le será previamente asignado. En el recuadro denotado como *Password* se ingresa la contraseña de dicho usuario. Finalmente se hace clic en el botón azul con la descripción *Submit* para ingresar al sistema.

The image shows a login interface for the IFDM (Integrated Formation Damage Model) system. On the left, there is a logo consisting of a network of blue dots connected by lines, followed by the text "IFDM" in large blue letters and "Integrated Formation Damage Model" in smaller blue letters below it. To the right of the logo, there are two white input fields with light gray borders. The first field is labeled "Username" and the second is labeled "Password". Below the "Password" field, there is a link that says "Forgot password?". At the bottom right, there is a prominent blue button with the word "Submit" in white text.

*Ilustración 1. Interfaz de Ingreso de Usuario*

### 3 VERIFICAR INFORMACIÓN EXISTENTE

Previo a la evaluación o el diagnóstico del daño es pertinente confirmar si en la base de datos (*Database*) de la herramienta se encuentra la información correspondiente al pozo que se busca estudiar. En el menú *Database*, submenú *Database Management* verificar:

- Cuenca, *Basin*.
- Campo, *Field*.
- Formación, *Formation*.
- Pozo, *Well*.
- Intervalo productor, *Producing Interval*.
- Proyecto, *Project*.

De lo contrario puede dirigirse al Manual de Usuario Aplicativo IFDM (disponible en el menú *Help*), sección 3 *Database* y/o sección 4.2 Creación de un proyecto, para completar la información inexistente.

Para la ejecución del modelo Multiparamétrico – Estadístico se necesita tener información de las diferentes variables de daño para la mayor cantidad posible de pozos análogos al pozo de estudio. Para esto, el IFDM cuenta con una sección de creación de variables de daño (Manual de Usuario Aplicativo IFDM- 3.7). Antes de empezar la creación de un escenario de evaluación del daño es altamente recomendado haber diligenciado dicha sección para suficientes pozos pertenecientes al mismo campo o a campos con características similares que puedan usarse como base estadística del análisis. De lo contrario, el usuario debe tener a mano los histogramas de frecuencia (P10 y P90) de cada variable de daño del campo o campos con los que quiera comparar el pozo en estudio.

## 4 CREACIÓN DE UN ESCENARIO

Para ingresar un escenario primero se debe entrar en el menú *Project Management* y dar clic en el botón *Add Scenario* de color azul, que se observa en la Ilustración 2.

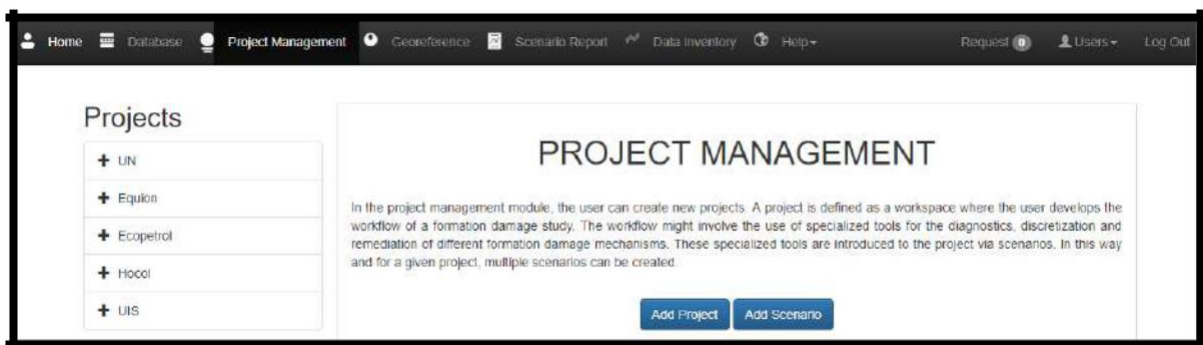


Ilustración 2. Interfaz principal de Project Management

A continuación, el usuario debe dar clic en el botón *Add Scenario* el cual dirige a la pantalla que se muestra en la Ilustración 3.

The screenshot displays a form titled 'Scenario' with various input fields. On the left side, there are dropdown menus for 'Type' (set to '-'), 'Project Name' (set to 'Nothing selected'), 'Study Date (DD/MM/YY)' (set to '04/21/2019'), 'Basin' (set to 'Nothing selected'), 'Well' (set to 'Nothing selected'), and 'Field' (set to 'Nothing selected'). On the right side, there is a 'Duplicate from...' dropdown (set to 'Scenario'), a 'Scenario Name' text field, and a 'Description' text area. At the bottom right, there are 'Save' and 'Cancel' buttons.

Ilustración 3. Interfaz Adición de Escenario

Se debe llenar cada recuadro de la siguiente manera:

- *Scenario name*: Aquí se ingresa el nombre que tendrá el escenario.
- *Project name*: Al hacer clic en el recuadro de *Project name* se abre un menú desplegable el cual muestra todos los proyectos visibles para ese usuario en donde se selecciona el de interés,

además también aparece un recuadro en blanco donde se puede escribir el nombre del proyecto.

- **Type:** Al hacer clic en el recuadro *Type* se abre un menú desplegable donde se escoge el tipo de análisis a realizar o también está la opción de escribir en el recuadro en blanco el análisis deseado.

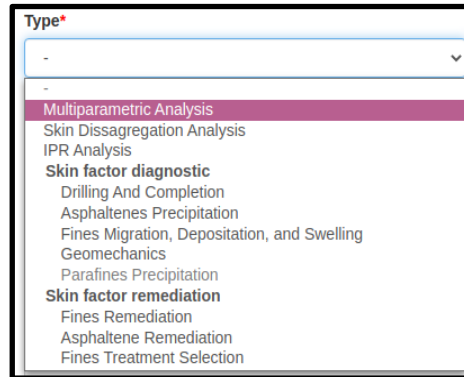
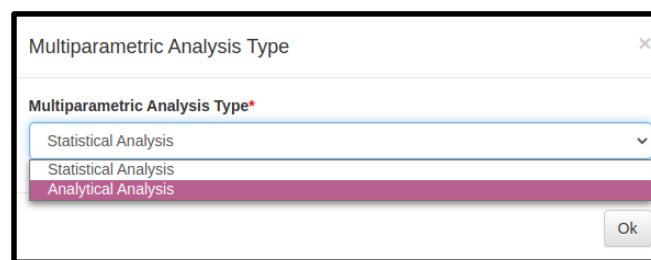


Ilustración 4. Menú desplegable de la sección *Type*

- **Multiparametric Type:** Al seleccionar el tipo de análisis Multidisciplinario, se abre un nuevo menú para seleccionar el tipo de análisis Multidisciplinario a desarrollar, se debe seleccionar una de las dos opciones.



- **Basin:** Al hacer clic en el recuadro *Basin* se abre un menú desplegable donde se escoge la cuenca a trabajar, además también aparece un recuadro en blanco donde se puede escribir el nombre de la cuenca.
- **Field:** Después de seleccionar la cuenca (*Basin*) al hacer clic en el recuadro *Field* se abrirá un menú desplegable donde se escoge el campo, además también aparece un recuadro en blanco donde se puede escribir el nombre del campo para buscarlo fácilmente, se tiene que tener seleccionado una cuenca (*Basin*) para que aparezcan los campos correspondientes.
- **Well:** Después de seleccionar el campo (*field*) al hacer clic en el recuadro *Well* se abrirá un menú desplegable donde se escoge el pozo, además aparece un recuadro en blanco donde se puede escribir el nombre del pozo para buscarlo con mayor facilidad, se tiene que tener seleccionado un campo (*Field*) para que aparezcan los pozos correspondientes.
- **Study date:** Aquí se selecciona la fecha del análisis en el que fue hecho, se puede ingresar manualmente con el teclado o desde la parte derecha del recuadro seleccionar la fecha deseada.
- **Description:** El usuario debe agregar cualquier información del escenario a crear.

Finalmente, debe dar clic en el botón verde *Save*, que lo llevara a la interfaz del módulo Multiparamétrico.

## 5 Análisis Multiparamétrico Estadístico

Durante la creación del escenario debió seleccionar la opción “*Statistical Analysis*”. Este módulo está compuesto de siete secciones para ingreso de datos, en todas las secciones el usuario siempre debe ingresar los datos marcados con \* de lo contrario el aplicativo lanzará un mensaje informando la falta de información necesaria para continuar.

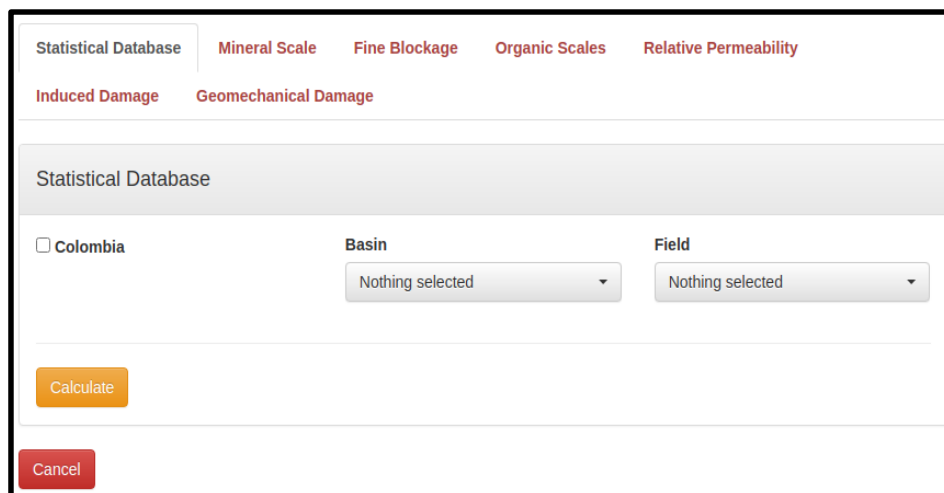


Ilustración 6. Selección de la base de datos estadística.

Este es el segundo paso para la creación de un escenario del módulo Multiparamétrico estadístico, se debe seleccionar la base datos con la que se va a trabajar. Hay dos opciones, usar las variables de daño guardadas para todos los pozos del IFDM, seleccionando la opción “Colombia” en el lado derecho, o especificar la cuenca y el o los campos con pozos análogos al pozo objeto de estudio.

A continuación, se debe dar clic en el botón “Calculate” y se activarán todas las otras pestañas de introducción de datos del módulo. En la parte inferior se encuentra el botón *cancel* que sirve para cancelar la creación o modificación del proyecto.

### 5.1 Escamas Minerales (*Mineral Scales*)

En la sección *Mineral Scales* se deben ingresar los datos correspondientes a los cinco subparámetros que se tienen en cuenta para calcular el aporte del daño por escamas minerales:

- *Scale Index of CaCO<sub>3</sub>*. Índice de escamas por carbonato de calcio.
- *Scale index of BaSO<sub>4</sub>*. índice de escamas por sulfato de bario.
- *Scale index of iron scales*. índice de escamas por hierro.
- *Backflow [Ca]*. Concentración de calcio en el agua de producción (ppm).
- *Backflow [Ba]*. Concentración de bario en el agua de producción (ppm).

Cada uno de estos subparámetros cuenta con una sección para ingresar datos y visualizar información de la base de datos y una casilla para activarlo o desactivarlo.



Ilustración 7. Sección Mineral Scales, subparámetro Scale Index of CaCO<sub>3</sub>.

Las secciones de los cinco subparámetros tienen los mismos botones y cuadros de texto. Empezando por la parte de introducción o selección de valores:

- *Stored Previously*: Al desplegar este selector se pueden ver y seleccionar valores previamente guardados de este subparámetro para el pozo en el que se está trabajando.
- *Value*: Valor del subparámetro correspondiente. En el caso de la Ilustración 7, el índice de escamas de carbonato de calcio.
- *Monitoring Date*: Fecha en la que fue tomado el registro.
- *Comment*: Comentarios relevantes respecto al valor ingresado.
- *p10* y *p90*: Valores de los percentiles 10 y 90 del histograma de frecuencias del subparámetro especificado respecto a los campos seleccionados en la primera pestaña “Statistical Database”. El IFDM calcula estos valores automáticamente, pero es decisión del usuario mantenerlos o asignar valores nuevos.
- *Weight*: A cada subparametro se le asigna un factor de peso correspondiente a su relevancia en el cálculo del daño por escamas minerales, en principio todos los subparámetros tienen el mismo peso (0.2).

Adicionalmente, cada subparámetro cuenta con cuatro botones que permiten acceder a la información de la base de datos correspondiente al pozo bajo análisis, estas opciones serán explicadas en la sección 5.7.

## 5.2 Bloqueo por finos (*Fine Blockage*)

En la sección *Fine Blockage* se deben ingresar los datos correspondientes a los cinco subparámetros que se tienen en cuenta para calcular el aporte del daño por bloqueo de finos:

- *[Al] on produced water*. Concentración de aluminio en el agua de producción(ppm).
- *[Si] on produced water*. Concentración de sílice en el agua de producción (ppm).
- *Critical Radius derived from maximum critical velocity*. Radio crítico (ft).
- *Mineralogy Factor*. Factor entre 0 y 1 correspondiente al contenido de arcillas de la formación.

- *Mass of crushed proppant inside Hydraulic Fractures.* Solo si la formación ha sido sometida a fracturamiento hidráulico se debe seleccionar este parámetro. Corresponde a la cantidad de propante triturado en la fractura.

Cada uno de estos subparámetros cuenta con una sección para ingresar datos y visualizar información de la base de datos y una casilla para activarlo o desactivarlo.

*Ilustración 8. Sección Fine Blockage, subparámetro [Al] on Produced Water.*

Las secciones de los cinco subparámetros tienen los mismos botones y cuadros de texto. Empezando por la parte de introducción o selección de valores:

- *Stored Previously:* Al desplegar este selector se pueden ver y seleccionar valores previamente guardados de este subparámetro para el pozo en el que se está trabajando.
- *Value:* Valor del subparámetro correspondiente. En el caso de la Ilustración 8, la concentración de aluminio en el agua de producción.
- *Monitoring Date:* Fecha en la que fue tomado el registro.
- *Comment:* Comentarios relevantes respecto al valor ingresado.
- *p10 y p90:* Valores de los percentiles 10 y 90 del histograma de frecuencias del subparámetro especificado respecto a los campos seleccionados en la primera pestaña “Statistical Database”. El IFDM calcula estos valores automáticamente, pero es decisión del usuario mantenerlos o asignar valores nuevos.
- *Weight:* A cada subparámetro se le asigna un factor de peso correspondiente a su relevancia en el cálculo del daño por finos, en principio todos los subparámetros tienen el mismo peso (0.2).

Adicionalmente, cada subparámetro cuenta con cuatro botones que permiten acceder a la información de la base de datos correspondiente al pozo bajo análisis, estas opciones serán explicadas en la sección 5.7.

### 5.3 Escamas Orgánicas (*Organic Scales*)

En la sección *Organic Scales* se deben ingresar los datos correspondientes a los cinco subparámetros que se tienen en cuenta para calcular el aporte del daño por escamas orgánicas:

- *CII Factor: Colloidal Instability Index*. Índice de Inestabilidad Coloidal en función del Análisis SARA.
- *Volume of HCl pumped into the formation*. Volumen de ácido clorhídrico inyectado en la formación (bbl).
- *Cumulative Gas Produced*. Producción acumulada de gas del pozo (mMMSCF).
- *Number of Days below Saturation Pressure*. Número de días desde que la presión de yacimiento está por debajo de la presión de saturación del fluido.
- *de Boer Criteria*. Criterio de Boer basado en la presión del yacimiento y la densidad del fluido.

Cada uno de estos subparámetros cuenta con una sección para ingresar datos y visualizar información de la base de datos y una casilla para activarlo o desactivarlo.

The screenshot shows a web application interface with a top navigation bar containing tabs: Statistical DataBase, Mineral Scales, Fine Blockage, Organic Scales (selected), Relative Permeability, and Induced Damage. Below the tabs is a sub-tab for Geomechanical Damage. The main content area is titled 'Organic Scales' and features a sub-section for 'CII Factor: Colloidal Instability Index'. This section includes a 'Stored previously' dropdown menu (currently showing 'Nothing selected'), a 'Value\*' input field (containing '0'), a 'Monitoring Date\*' input field (containing '02/11/2020'), a 'Comment' input field, a 'p10\*' input field (containing '1.1'), a 'p90\*' input field (containing '6.5'), and a 'Weight' input field (containing '0.2'). A blue checkmark and the text 'Available' are visible in the top right corner of the sub-section.

Ilustración 9. Sección *Organic Scale*, subparámetro *CII Factor: Colloidal Instability Index*.

Las secciones de los cinco subparámetros tienen los mismos botones y cuadros de texto. Empezando por la parte de introducción o selección de valores:

- *Stored Previously*: Al desplegar este selector se pueden ver y seleccionar valores previamente guardados de este subparámetro para el pozo en el que se está trabajando.
- *Value*: Valor del subparámetro correspondiente. En el caso de la Ilustración 8, la concentración de aluminio en el agua de producción.
- *Monitoring Date*: Fecha en la que fue tomado el registro.
- *Comment*: Comentarios relevantes respecto al valor ingresado.
- *p10* y *p90*: Valores de los percentiles 10 y 90 del histograma de frecuencias del subparámetro especificado respecto a los campos seleccionados en la primera pestaña "*Statistical Database*". El IFDM calcula estos valores automáticamente, pero es decisión del usuario mantenerlos o asignar valores nuevos.

- *Weight*: A cada subparámetro se le asigna un factor de peso correspondiente a su relevancia en el cálculo del daño por escamas orgánicas, en principio todos los subparámetros tienen el mismo peso (0.2).

Adicionalmente, cada subparámetro cuenta con cuatro botones que permiten acceder a la información de la base de datos correspondiente al pozo bajo análisis, estas opciones serán explicadas en la sección 5.7.

#### 5.4 Permeabilidad Relativa (*Relative Permeability*)

En la sección *Relative Permeability* se deben ingresar los datos correspondientes a los cinco subparámetros que se tienen en cuenta para calcular el aporte del daño por permeabilidad relativa:

- *Number Of Days Below Saturation Pressure*. Número de días desde que la presión de yacimiento está por debajo de la presión de saturación del fluido. Este subparámetro está relacionado con el subparámetro del mismo nombre en la pestaña *Organic Scales*.
- *Difference between current reservoir pressure and saturation pressure*. Delta de presión entre la presión de saturación y la presión actual de yacimiento (psi).
- *Cumulative Water Produced*. Producción acumulada de agua del pozo (MMbbl).
- *Pore Size Diameter Approximation By Katz And Thompson Correlation* ( $d = 1/\sqrt{\phi * k}$ ). Aproximación de tamaño de poro en función de la porosidad y la permeabilidad.
- *Velocity parameter estimated from maximum critical velocity*. Velocidad crítica máxima (cm3/min).

Cada uno de estos subparámetros cuenta con una sección para ingresar datos y visualizar información de la base de datos y una casilla para activarlo o desactivarlo.

Ilustración 10. Sección *Relative Permeability*, subparámetro *Number of Days below Saturation Pressure*.

Las secciones de los cinco subparámetros tienen los mismos botones y cuadros de texto. Empezando por la parte de introducción o selección de valores:

- *Stored Previously*: Al desplegar este selector se pueden ver y seleccionar valores previamente guardados de este subparámetro para el pozo en el que se está trabajando.

- *Value*: Valor del subparámetro correspondiente. En el caso de la Ilustración 8, la concentración de aluminio en el agua de producción.
- *Monitoring Date*: Fecha en la que fue tomado el registro.
- *Comment*: Comentarios relevantes respecto al valor ingresado.
- *p10 y p90*: Valores de los percentiles 10 y 90 del histograma de frecuencias del subparámetro especificado respecto a los campos seleccionados en la primera pestaña “*Statistical Database*”. El IFDM calcula estos valores automáticamente, pero es decisión del usuario mantenerlos o asignar valores nuevos.
- *Weight*: A cada subparámetro se le asigna un factor de peso correspondiente a su relevancia en el cálculo del daño por permeabilidad relativa, en principio todos los subparámetros tienen el mismo peso (0.2).

Adicionalmente, cada subparámetro cuenta con cuatro botones que permiten acceder a la información de la base de datos correspondiente al pozo bajo análisis, estas opciones serán explicadas en la sección 5.7.

## 5.5 Daño Inducido (*Induced Damage*)

En la sección *Induced Damage* se deben ingresar los datos correspondientes a los cuatro subparámetros que se tienen en cuenta para calcular el aporte del daño inducido:

- *Gross Pay*. Espesor total de la formación (ft).
- *Total polymer pumped during Hydraulic Fracturing*. En caso de que en el pozo se haya hecho fracturamiento hidráulico, se debe activar este subparámetro, y especificar la masa de polímero inyectado (lb).
- *Total volume of water based fluids pumped into the well*. Volumen de fluidos base agua inyectados en el pozo (bbl).
- *Mud Losses*. Volumen de lodo perdido durante la perforación del pozo (bbl).

Cada uno de estos subparámetros cuenta con una sección para ingresar datos y visualizar información de la base de datos y una casilla para activarlo o desactivarlo.

The screenshot displays the 'Induced Damage' section of the IFDM software. At the top, there is a horizontal menu with tabs: 'Statistical DataBase', 'Mineral Scales', 'Fine Blockage', 'Organic Scales', 'Relative Permeability', and 'Induced Damage'. Below this menu, the 'Induced Damage' section is active. It features a sub-section titled 'Gross Pay' with a 'Stored previously' dropdown menu (currently showing 'Nothing selected'). Below the dropdown, there are input fields for 'Value\*' (0 ft), 'Monitoring Date\*' (02/11/2020), 'Comment', 'p10\*' (1.54), 'p90\*' (499), and 'Weight' (0.25). A checkbox labeled 'Available' is checked.

*Ilustración 11. Sección Induced Damage, subparámetro Gross Pay.*

Las secciones de los cuatro subparámetros tienen los mismos botones y cuadros de texto. Empezando por la parte de introducción o selección de valores:

- *Stored Previously*: Al desplegar este selector se pueden ver y seleccionar valores previamente guardados de este subparámetro para el pozo en el que se está trabajando.
- *Value*: Valor del subparámetro correspondiente. En el caso de la Ilustración 8, la concentración de aluminio en el agua de producción.
- *Monitoring Date*: Fecha en la que fue tomado el registro.
- *Comment*: Comentarios relevantes respecto al valor ingresado.
- *p10 y p90*: Valores de los percentiles 10 y 90 del histograma de frecuencias del subparámetro especificado respecto a los campos seleccionados en la primera pestaña “*Statistical Database*”. El IFDM calcula estos valores automáticamente, pero es decisión del usuario mantenerlos o asignar valores nuevos.
- *Weight*: A cada subparámetro se le asigna un factor de peso correspondiente a su relevancia en el cálculo del daño inducido, en principio todos los subparámetros tienen el mismo peso (0.25).

Adicionalmente, cada subparámetro cuenta con cuatro botones que permiten acceder a la información de la base de datos correspondiente al pozo bajo análisis, estas opciones serán explicadas en la sección 5.7.

## **5.6 Daño Geomecánico (*Geomechanical Damage*)**

En la sección *Geomechanical Damage* se deben ingresar los datos correspondientes a los cuatro subparámetros que se tienen en cuenta para calcular el aporte del daño geomecánico:

- *Percentage of Net Pay exhibiting Natural Fractures*. Fracción del espesor neto con fracturas naturales.
- *Drawdown, i.e., reservoir pressure minus BHFP*. Diferencia entre la presión de yacimiento y la presión de fondo fluyente (psi).
- *Ratio of  $(kh)_{matrix + fracture} / (kh)_{matrix}$* . Razón entre el factor kh correspondiente a matriz+fracturas naturales (proveniente de pruebas de presión) y el correspondiente solo a la matriz (proveniente de registros).
- *Geomechanical Damage Expressed As Fraction Of Base Permeability at BHFP*. Fracción de la permeabilidad base dañada por efecto geomecánico a condición de presión de fondo fluyente.

Cada uno de estos subparámetros cuenta con una sección para ingresar datos y visualizar información de la base de datos y una casilla para activarlo o desactivarlo.

Ilustración 12. Sección Geomechanical Damage, subparámetro Fraction of Net Pay exhibiting Natural Fractures.

Las secciones de los cuatro subparámetros tienen los mismos botones y cuadros de texto. Empezando por la parte de introducción o selección de valores:

- **Stored Previously:** Al desplegar este selector se pueden ver y seleccionar valores previamente guardados de este subparámetro para el pozo en el que se está trabajando.
- **Value:** Valor del subparámetro correspondiente. En el caso de la Ilustración 8, la concentración de aluminio en el agua de producción.
- **Monitoring Date:** Fecha en la que fue tomado el registro.
- **Comment:** Comentarios relevantes respecto al valor ingresado.
- **p10 y p90:** Valores de los percentiles 10 y 90 del histograma de frecuencias del subparámetro especificado respecto a los campos seleccionados en la primera pestaña “Statistical Database”. El IFDM calcula estos valores automáticamente, pero es decisión del usuario mantenerlos o asignar valores nuevos.
- **Weight:** A cada subparámetro se le asigna un factor de peso correspondiente a su relevancia en el cálculo del daño geomecánico, en principio todos los subparámetros tienen el mismo peso (0.25).

Adicionalmente, cada subparámetro cuenta con cuatro botones que permiten acceder a la información de la base de datos correspondiente al pozo bajo análisis, estas opciones serán explicadas en la siguiente sección.

## 5.7 Visualización de datos

Al lado izquierdo de cada subparámetro se encuentran 4 botones:

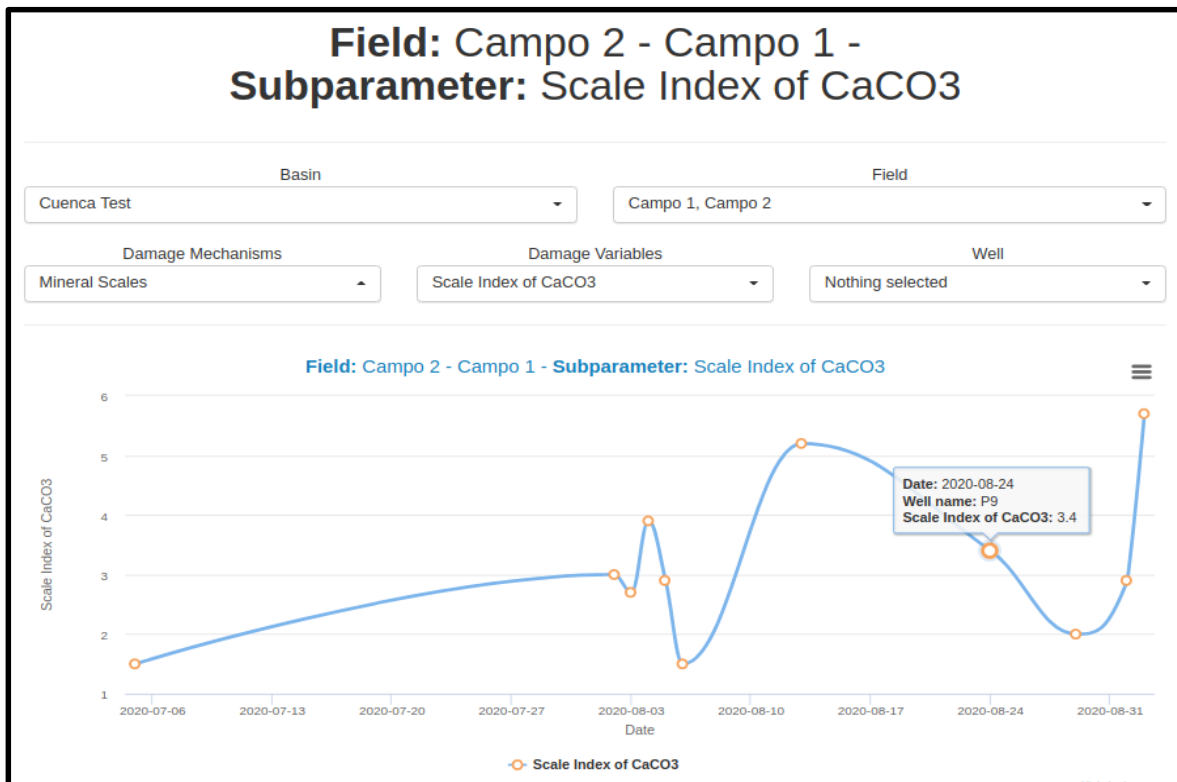


Ilustración 13. Botones de visualización de datos

### 5.7.1 Visualización de datos históricos -



Al dar clic en este botón se abre una nueva ventana en el navegador:



*Ilustración 14. Interfaz de visualización de datos históricos de variables de daño.*

En esta interfaz se muestra una gráfica con los valores del subparámetro desde el que se hizo clic, para el pozo del que se está haciendo el estudio en función del tiempo. Los datos tenidos en cuenta para esta grafica pueden ser cambiados mediante los selectores en la parte superior:

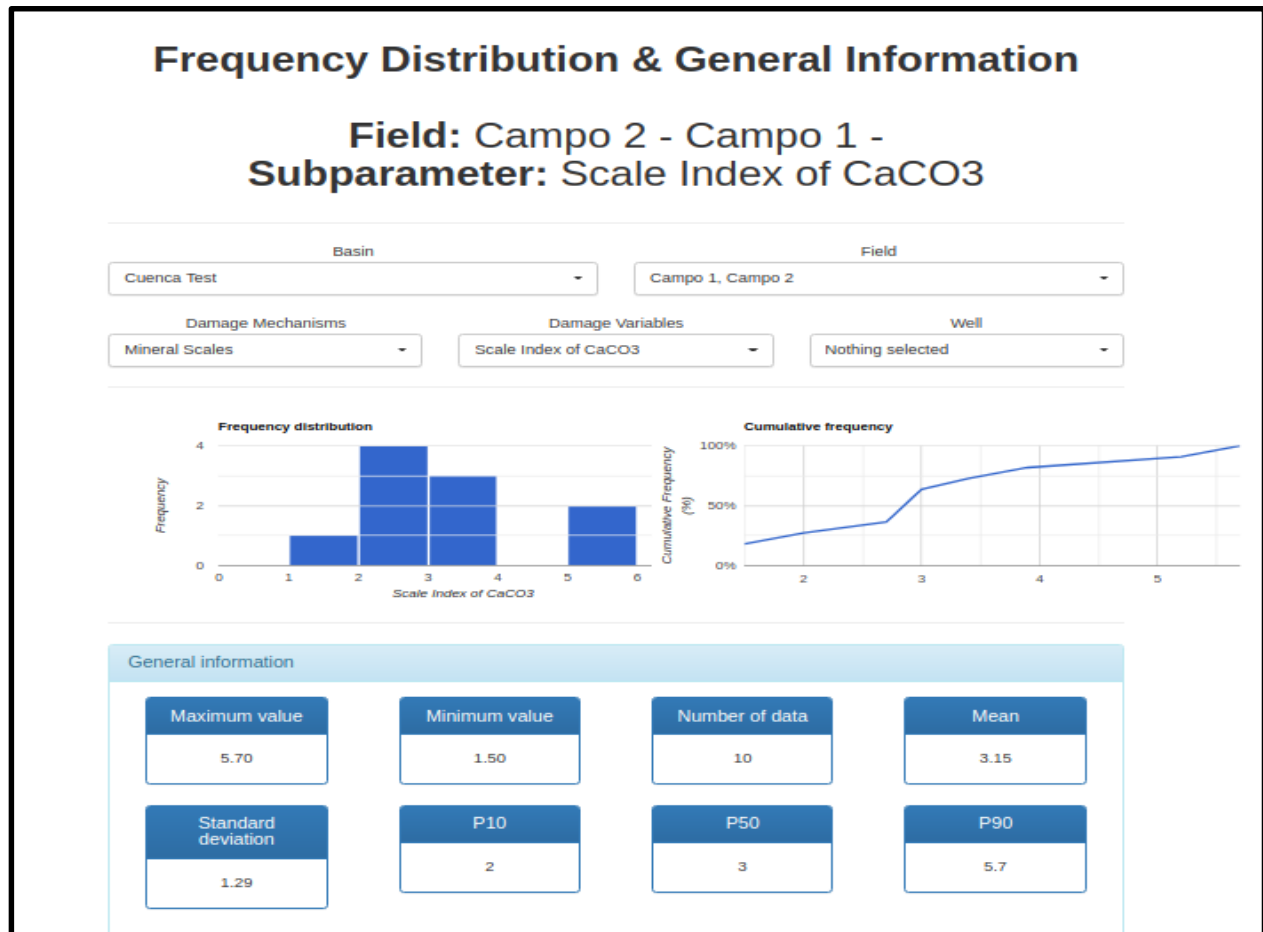
- **Basin:** Al hacer clic en el recuadro *Basin* se abre un menú desplegable donde se escoge la cuenca de la que se quieren ver datos.
- **Field:** Se abrirá un menú desplegable donde se seccionan el o los campos de interés.
- **Damage Mechanism:** Se selecciona uno de los seis mecanismos de daño correspondientes al módulo Multiparamétrico del menú desplegable.
- **Damage Variables:** Cada mecanismo de daño tiene sus propios subparámetros asociados, se debe seleccionar el que se quiere visualizar en la gráfica inferior.
- **Well:** Se puede seleccionar delimitar la gráfica a un pozo en específico o no seleccionar ninguno para que muestre la información de todos los pozos pertenecientes a los campos seleccionados.

Esta grafica se puede descargar en diferentes formatos al dar clic en el icono con tres líneas horizontales en la esquina superior derecha de la misma.

### 5.7.2 Distribuciones de frecuencia -

Al dar clic en este botón se abre una nueva ventana en el navegador:





*Ilustración 15. Interfaz de distribuciones de frecuencia e información general.*

En esta interfaz se muestran dos graficas en función del subparámetro desde el que se hizo clic, para el campo al que pertenece el pozo del que se está haciendo el estudio:

- *Frequency Distribution*: Histograma de frecuencias del subparámetro en cuestión.
- *Cumulative frequency*: Frecuencia acumulada del subparámetro seleccionado.

Así mismo, se muestra:

- *Maximum value and minimum value*: Valores máximo y mínimo para el parámetro seleccionado en el o los campos determinados como muestra estadística.
- *Number of data*: Numero de valores en la base de datos con los que se está haciendo la distribución estadística y los cálculos del subparámetro en cuestión.
- *Mean and Standard Deviation*: Media y desviación estándar de los datos guardados para dicho subparámetro.
- *P10, P50 and P90*: Percentiles 10, 50 y 90. Valores de baja, media y alta influencia para el subparámetro seleccionado.

Al igual que en la interfaz anterior, los datos tenidos en cuenta para el cálculo de estas gráficas y la información mostrada se pueden seleccionar mediante los selectores en la parte superior de la página:

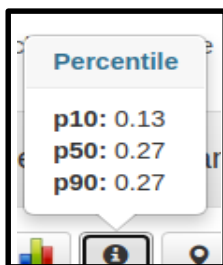
- *Basin*: Al hacer clic en el recuadro *Basin* se abre un menú desplegable donde se escoge la cuenca de la que se quieren ver datos.

- *Field*: Se abrirá un menú desplegable donde se seccionan el o los campos de interés.
- *Damage Mechanism*: Se selecciona uno de los seis mecanismos de daño correspondientes al módulo Multiparamétrico del menú desplegable.
- *Damage Variables*: Cada mecanismo de daño tiene sus propios subparámetros asociados, se debe seleccionar el que se quiere visualizar en la gráfica inferior.
- *Well*: Se puede seleccionar delimitar la gráfica a un pozo en específico o no seleccionar ninguno para que muestre la información de todos los pozos pertenecientes a los campos seleccionados.

### 5.7.3 Percentiles -



Al dar clic en este botón se muestran los percentiles calculados para este subparámetro con base en la selección hecha en la primera pestaña del módulo, *Statistical Database*.



*Ilustración 16. Percentiles de cada subparámetro.*

### 5.7.4 Georreferenciacion-



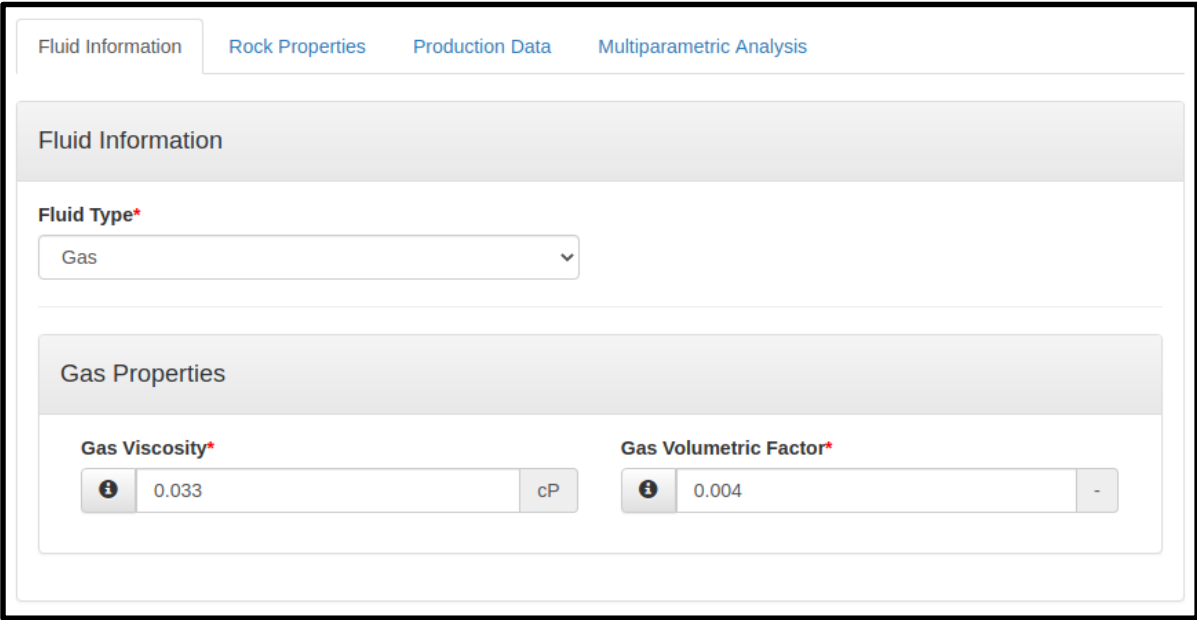
Al dar clic en este botón se abre la interfaz de georreferenciación del IFDM, su uso está ampliamente explicado en el Manual de Usuario,

## 6 Análisis Multiparamétrico Analítico

Durante la creación del escenario debió seleccionar la opción “*Analytical Analysis*”. Este módulo está compuesto de cuatro secciones para ingreso de datos, en todas las secciones el usuario siempre debe ingresar los datos marcados con \* de lo contrario el aplicativo lanzará un mensaje informando la falta de información necesaria para continuar.

### 6.1 Información del Fluido (Fluid Information)

Esta sección requiere la información básica del fluido del pozo.



The screenshot shows the 'Fluid Information' section of a software interface. At the top, there are four tabs: 'Fluid Information' (selected), 'Rock Properties', 'Production Data', and 'Multiparametric Analysis'. Below the tabs, the 'Fluid Information' section is highlighted. It contains a 'Fluid Type\*' dropdown menu with 'Gas' selected. Below this, the 'Gas Properties' section is highlighted. It contains two input fields: 'Gas Viscosity\*' with a value of 0.033 and a unit of cP, and 'Gas Volumetric Factor\*' with a value of 0.004 and a unit of -. Both input fields have an information icon (i) on the left.

Ilustración 17. Información del fluido.

En esta sección hay un selector y dos recuadros de introducción de texto:

- *Fluid Type*. Se debe seleccionar el tipo de fluido producido. Gas (*gas*) o aceite (*oil*).

En función del tipo de fluido seleccionado, en el siguiente panel “*Oil or Gas Properties*” se requerirá la información correspondiente al gas o al aceite, en ambos casos la misma:

- *Oil or Gas Viscosity*. Viscosidad del fluido producido (cp).
- *Oil or Gas Volumetric Factor*. Factor volumétrico del fluido.

### 6.2 Propiedades de la roca (Rock Properties)

Esta sección requiere la información básica de la formación.

The screenshot shows the 'Rock Properties' section of a software interface. At the top, there are four tabs: 'Fluid Information', 'Rock Properties' (which is selected), 'Production Data', and 'Multiparametric Analysis'. Below the tabs, the 'Rock Properties' section is titled. It contains three input fields, each with an information icon (i) on the left and a unit dropdown on the right. The first field is 'NetPay\*' with a value of 60 and a unit of 'ft'. The second field is 'Condensate Permeability\*' with a value of 0.31 and a unit of 'mD'. The third field is 'Porosity\*' with a value of 0.035 and a unit of '-'. Each field has a small 'i' icon to its left.

*Ilustración 18. Propiedades de la roca.*

En esta sección hay tres recuadros de introducción de texto:

- *Net Pay*. Espesor neto de la formación productora (ft).
- *Porosity*. Porosidad de la formación.

En función del tipo de fluido seleccionado en la sección anterior, se requerirá:

- *Oil or Condensate Permeability*. Permeabilidad de la roca al aceite o al gas condensado.

### 6.3 Datos de producción (Production Data)

Esta sección requiere la información del pozo y de producción.

The screenshot shows the 'Production Data' section of a software interface. At the top, there are four tabs: 'Fluid Information', 'Rock Properties', 'Production Data' (which is selected), and 'Multiparametric Analysis'. Below the tabs, the 'Production Data' section is titled. It contains five input fields, each with an information icon (i) on the left and a unit dropdown on the right. The first field is 'Well Radius\*' with a value of 0.25 and a unit of 'ft'. The second field is 'Drainage Radius\*' with a value of 1000 and a unit of 'ft'. The third field is 'Reservoir Pressure\*' with a value of 4600 and a unit of 'psia'. The fourth field is 'Gas Rate\*' with a value of 0.98 and a unit of 'MMSCF/D'. The fifth field is 'BHP\*' with a value of 1406 and a unit of 'BHP'. Each field has a small 'i' icon to its left.

*Ilustración 19. Datos de producción.*

En esta sección hay cinco recuadros de introducción de texto:

- *Well Radius*. Radio de pozo (ft).
- *Drainage Radius*. Radio de drenaje (ft).
- *Reservoir Pressure*. Presión actual de yacimiento (psi).
- *BHP*. Presión de Fondo de pozo (psi).

En función del tipo de fluido seleccionado en la primera sección, se requerirá:

- *Oil or Gas Rate*. Tasa de producción de gas o aceite (MMSCF/d o bbl/d).

## 6.4 Análisis Multiparamétrico (*Multiparametric Analysis*)

Esta sección tiene tres paneles:

### 6.4.1 Variables de daño (*Damage variables*)

The screenshot shows a software interface titled "Damage Variables". It contains three main input sections:

- Critical Radius Derived From Maximum Critical Velocity, Vc**: A dropdown menu labeled "Stored previously" with "Nothing selected", and a text input field with the value "0.5" and unit "ft".
- Total Volume Of Water Based Fluids Pumped Into The Well**: A dropdown menu labeled "Stored previously" with "Nothing selected", and a text input field with the value "1000" and unit "bbl".
- Saturation Pressure\***: A text input field with the value "5050" and unit "psia".

Ilustración 20. Variables de daño.

En esta sección hay tres parámetros:

- *Critical radius Derived From Maximum Critical Velocity, Vc*. Radio critico derivado de la velocidad critica máxima, de una prueba de tasa critica (ft). Cuenta con un selector, para ver o seleccionar valores previamente guardados de esta variable y un cuadro de texto para introducción manual.
- *Total Volume of Water Based Fluid pumped into the Well*. Volumen total de fluidos base agua inyectados en el pozo (bbl). Cuenta con un selector, para ver o seleccionar valores previamente guardados de esta variable y un cuadro de texto para introducción manual.
- *Saturation Pressure*. Presión de saturación del fluido producido (psi).

### 6.4.2 Presiones Críticas (*Critical Pressure by Damage Parameters*)

The screenshot shows a software interface titled "Critical Pressure By Damage Parameters". It contains three input fields:

- Mineral Scales\***: A text input field with the value "2447" and unit "psia".
- Organic Scales\***: A text input field with the value "2447" and unit "psia".
- Geomechanical Damage - Drawdown\***: A text input field with the value "2368" and unit "psia".

A "Plot" button is located at the bottom right of the panel.

Ilustración 21. Presiones críticas para diferentes parámetros.

En esta sección se requieren tres presiones críticas:

- *Mineral Scales*. Presión crítica para el parámetro de escamas minerales (psi).
- *Organic Scales*. Presión crítica para el parámetro de escamas orgánicas (psi).
- *Geomechanical Damage - Drawdown*. Diferencia entre la presión actual de yacimiento y la presión de fondo fluyente (psi).

Debajo de los tres cuadros de texto de esta sección se encuentra un botón, “Plot”, para graficar la presión de yacimiento en función del radio y obtener un estimativo de los radios correspondientes a cada mecanismo de daño:

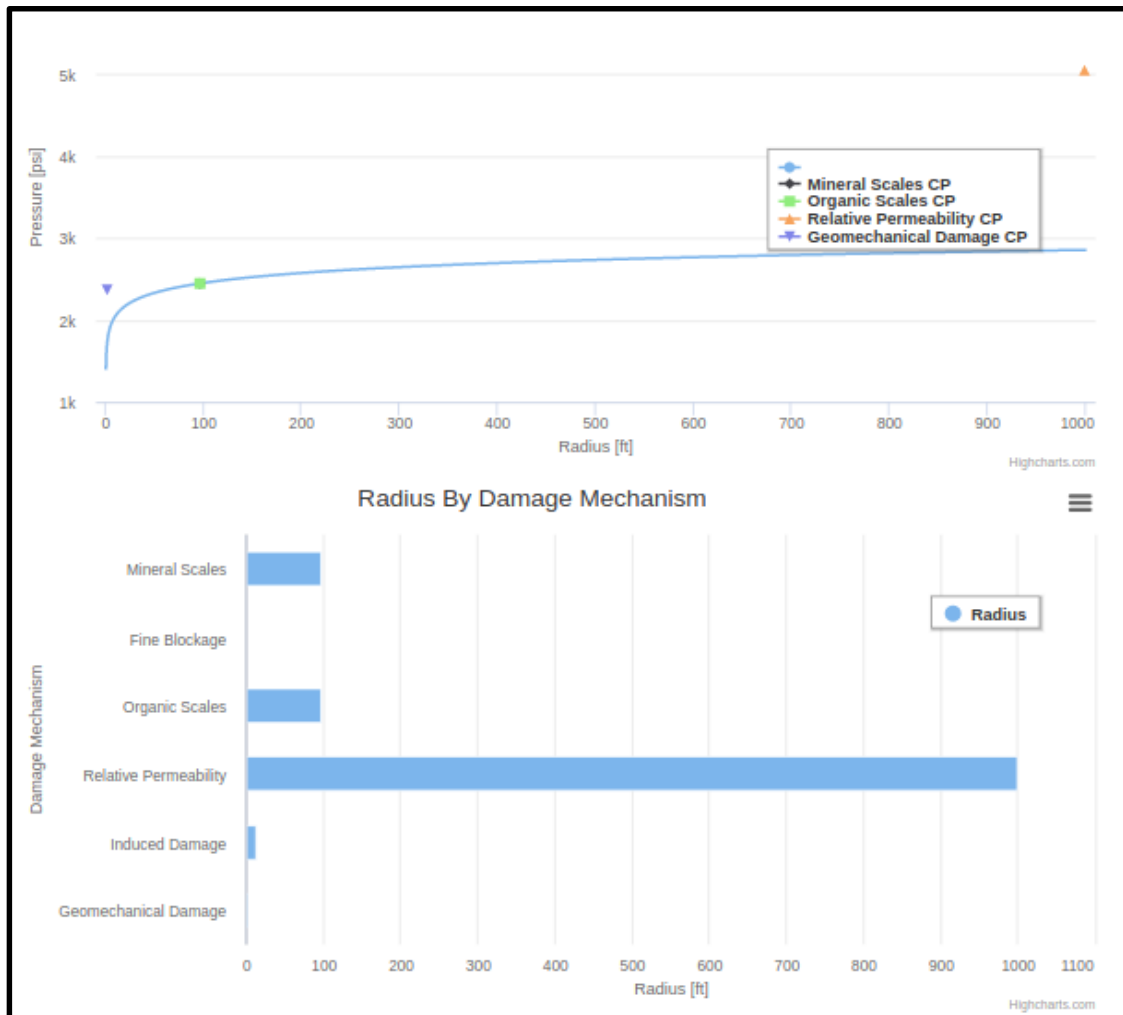


Ilustración 22. Presiones críticas para diferentes parámetros y radios de daño correspondientes.

### 6.4.3 Permeabilidades de Pruebas de Desplazamiento (*K Damaged And K Base Ratio (Kd/Kb) By Damage Parameter*)

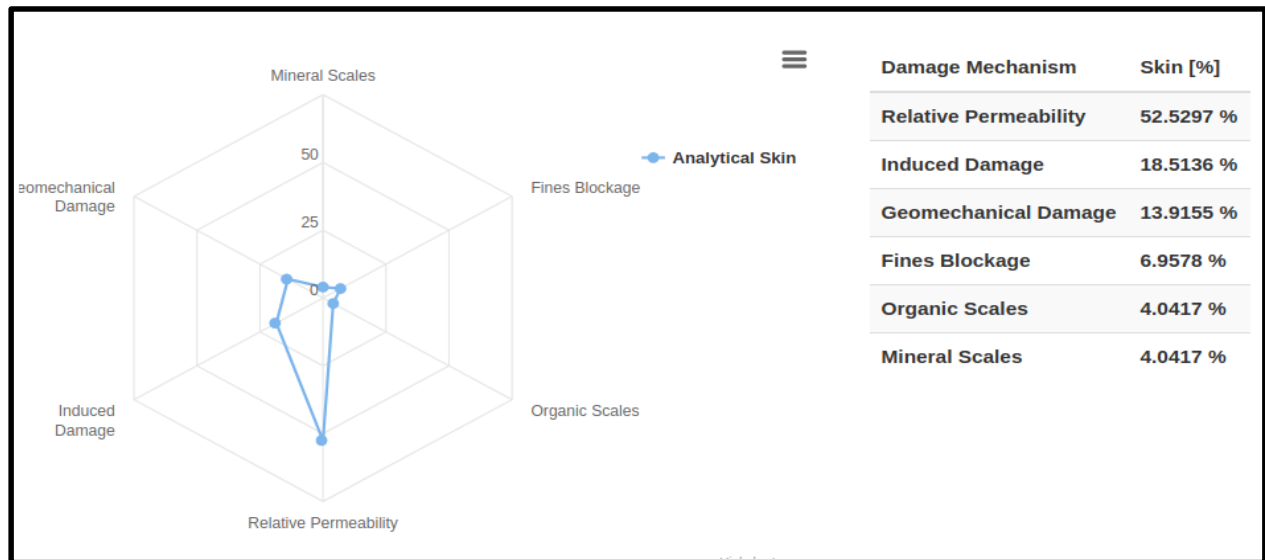
K Damaged And K Base Ratio (Kd/Kb) By Damage Parameter	
<b>Mineral Scales*</b> 0.7	<b>Fines Blockage*</b> 0.2
<b>Organic Scales*</b> 0.7	<b>Relative Permeability*</b> 0.2
<b>Induced Damage*</b> 0.25	<b>Geomechanical Damage*</b> 0.2

Ilustración 23. Permeabilidad dañada por cada mecanismo de daño en pruebas de desplazamiento.

En esta sección se requieren seis relaciones de permeabilidad dañada sobre permeabilidad original obtenidas mediante pruebas de desplazamiento para cada uno de los tipos de mecanismos de daño evaluados:

- *Mineral Scales*. Escamas minerales.
- *Fines Blockage*. Bloqueo por finos.
- *Organic Scales*. Escamas orgánicas
- *Relative Permeability*. Permeabilidad relativa.
- *Induced Damage*. Daño inducido.
- *Geomechanical Damage*. Daño geomecánico.

## 7 Resultados



*Ilustración 24. Resultados modulo Multiparamétrico.*

Al darle clic en el botón “Run” en la última pestaña de los dos tipos de modulo Multiparamétrico, se ejecuta el modelo y la vista es redirigida hacia los resultados, donde se ve un gráfico de tipo *spider* que presenta la influencia porcentual de cada uno de los seis parámetros de daño tenidos en cuenta. En el lado derecho están ordenados de mayor a menor porcentaje de daño.