

**ESTUDIO DEL POTENCIAL DE REACTIVACIÓN DE FALLAS EN EL
PIEDEMONTE LLANERO MEDIANTE ANALISIS DE SENSIBILIDAD**

LEILY JOHANNA CANDELA BECERRA

DAVID ENRIQUE DUARTE CORONADO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA**

2015

**ESTUDIO DEL POTENCIAL DE REACTIVACIÓN DE FALLAS EN EL
PIEDEMONTE LLANERO MEDIANTE ANALISIS DE SENSIBILIDAD**

LEILY JOHANNA CANDELA BECERRA

DAVID ENRIQUE DUARTE CORONADO

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE
GEÓLOGO**

DIRECTOR:

LUIS EDUARDO MORENO TORRES

ING. CIVIL

CODIRECTOR:

DARWIN MATEUS TARAZONA

GEÓLOGO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA**

2015

DEDICATORIA

A Dios, por la sabiduría y la fuerza entregadas para lograr mis metas y superar todos los obstáculos.

A mis padres, Javier y Ana, por el apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por su amor, entrega y compañía, son el motor de mi vida y finalmente este logro es especialmente para ellos.

A mi hermano Dieguito porque desde que llegó mi vida se inundó de magia y felicidad.

A mis primas Diana y Silvia por ser simplemente parte de mi vida y por regalarme su apoyo y confianza.

A César, por su total apoyo, amor y energía, por ser un motivo más para sonreír y por sus infinitas enseñanzas.

A toda mi familia y amigos (especialmente Eduard y Nathalia) por haber sido parte de este proceso, por su compañía y constante apoyo.

Leily Johanna Candela Becerra

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y colmarme de sabiduría.

A mis padres Luz Mery y Jaime por apoyarme en cada etapa de mi vida, por ser mis guías y convertirme en la persona que ahora soy, sin ellos sería imposible estar acá.

A mi abuela Eloísa, por acompañarme en los años más importantes de mi vida, este triunfo va especialmente dedicado a ella.

David Enrique Duarte Coronado

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Luis Eduardo Moreno, por su colaboración durante el desarrollo del proyecto y por ser parte de nuestra formación académica.

Al M.Sc. César López por su gran apoyo, el tiempo empleado en consultas, comprender y resolver nuestras dudas.

Al M.Sc. Darwin Mateus y al Grupo de Investigación Estabilidad de Pozo (GIEP), por su colaboración e íntegra formación académica.

A todas las personas que directa o indirectamente hicieron parte de este proyecto.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	22
1. OBJETIVOS.....	24
1.1. OBJETIVO GENERAL	24
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
2. ANTECEDENTES	25
2.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	25
2.2. CAMBIOS EN LA PRESIÓN DE PORO POR PROCESOS DE PRODUCCIÓN/INYECCIÓN	28
3. CRITERIOS DE REACTIVACIÓN DE FALLA.....	32
3.1. TENDENCIA DE DESLIZAMIENTO MODIFICADO.....	32
3.2. COULOMB FAILURE STRESS CHANGE (CFS).....	33
3.3. CRITERIO DE MOHR-COULOMB.....	33
3.3.1. Circulo de esfuerzos de mohr-coulomb	35
3.3.2. Ecuaciones de esfuerzos de corte y normal en el círculo de Mohr	36
3.3.3. Envoltente de falla de Mohr-Coulomb	43
3.3.4. Esfuerzos efectivos.....	45
3.3.5. Presión de poro.....	47
3.3.6. Coeficiente de fricción.....	49
3.3.7. Falla de cizalla en el circulo de Mohr	50
3.3.8. Condiciones limite para la reactivacion de fallas.....	51
4. MODELO ANALITICO.....	53
4.1. DATOS DE ENTRADA DEL MODELO.....	53
4.1.1. Esfuerzos <i>IN- SITU</i> (σ_v , σ_H , σ_h)	53
4.1.2. Azimut σ_H	53
4.1.3. Presión de poro (Pp).....	54
4.1.4. Coeficiente de fricción (μ).....	54
4.1.5. Coeficiente de Biot (α).....	55
4.1.6. Coeficiente cohesión (So).....	55
4.1.7. Plano de falla	56

4.2.	ESFUERZOS EFECTIVOS	56
4.3.	CIRCULO DE MOHR	58
4.4.	ENVOLVENTE DE FALLA.....	59
4.5.	GEOMETRÍA DE LA FALLA	60
4.5.1.	Vector normal al plano.....	63
4.5.2.	Esfuerzo normal y de corte en el plano de falla	70
4.5.3.	Criterios de reactivación de falla	76
4.6.	GRÁFICA POTENCIAL DE REACTIVACIÓN.....	77
4.7.	VALIDACIÓN MODELO	78
5.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	88
5.1.	SENSIBILIDAD COEFICIENTE DE BIOT	88
5.2.	SENSIBILIDAD PRESIÓN DE PORO	90
5.3.	SENSIBILIDAD COEFICIENTE DE FRICCIÓN.....	92
5.4.	SENSIBILIDAD AZIMUT Σ_H - ORIENTACIÓN DE LA FALLA	94
5.5.	SENSIBILIDAD DIFERENCIAL DE ESFUERZOS.....	97
5.5.1.	Régimen rumbo	98
5.5.2.	Régimen normal.....	99
5.5.3.	Régimen inverso	101
5.6.	RESULTADOS ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	103
6.	APLICACIÓN A UNA ZONA DEL PIEDEMONTES LLANERO	105
6.1.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	105
6.2.	MODELO GEOMECÁNICO.....	111
6.3.	PROCESOS DE PRODUCCIÓN E INYECCIÓN	114
6.4.	APLICACIÓN DEL MODELO	115
7.	CONCLUSIONES	122
8.	RECOMENDACIONES	124
	BIBLIOGRAFÍA	126
	ANEXOS	129

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Proceso de inyección de agua.....	29
Figura 2: Efecto del cambio en la presión de poro.....	30
Figura 3: Cuerpo sometido a dos fuerzas normales a su área.	36
Figura 4: Descomposición de fuerzas F_1 y F_3 sobre el plano inclinado S.....	36
Figura 5: plano inclinado S y áreas en las que actúan las fuerzas.....	38
Figura 6: Diagrama del círculo de Mohr.....	42
Figura 7: Distribución de esfuerzos y ángulo β	42
Figura 8: Envolvente de falla de Mohr-Coulomb.....	43
Figura 9: Esfuerzo efectivo.....	45
Figura 10: Presión de poro.....	47
Figura 11: Falla por cizalla.....	50
Figura 12: Envolvente de reactivación de falla y fallamiento de la roca intacta.	51
Figura 13: Datos de Entrada Modelo Excel.....	55
Figura 14: Esfuerzos efectivos. Modelo Excel.....	57
Figura 15: Construcción Círculo de Mohr. Modelo Excel.....	58
Figura 16: Construcción Envolvente de falla. Modelo Excel.....	59
Figura 17: Representación Gráfica geometría de la falla.....	60
Figura 18: Campo de esfuerzos en un cubo.....	61
Figura 19: Tetraedro generado a partir de corte en el cubo (Izquierda). Representación plano (Derecha).....	62
Figura 20: Vector normal al plano de falla.....	63
Figura 21: Cosenos directores del vector normal que representa el plano de falla.....	64
Figura 22: Cosenos directores del vector normal, Buzamiento y ángulo gama (γ) para simplificar la representación en triángulos rectángulos.....	65
Figura 23: representación de triángulos rectángulos para hallar valores de ángulos directores.....	66
Figura 24: Datos de Geometría del plano de falla. Modelo Excel.....	69
Figura 25: esfuerzo que actúa en el plano de la falla σ_r , vector normal n y área del plano de falla A.....	70
Figura 26: esfuerzo que actúa en el plano de la falla, esfuerzos normales y de corte en las caras 1, 2, 3 del tetraedro, vector normal al plano.....	71
Figura 27: Descomposición de σ_r en sus componentes cartesianos.....	72
Figura 28: Esfuerzo normal y de corte que actúan en el plano de falla.....	74
Figura 29: Esfuerzo normal y de corte que actúan en el plano de falla. Modelo Excel.....	75
Figura 30: Criterios de Reactivación. Modelo Excel.....	76
Figura 31: Gráfica potencial de reactivación. Modelo Excel.....	77

Figura 32: Resultados arrojados por los Software GMI • ModelBuilder, GMI • SFIB y el software GMI • FaultSeal.	80
Figura 33: <i>Tendencia de deslizamiento para diferentes geometrías de plano de falla. Datos de entrada Validación. (Ver Anexo A).</i>	81
Figura 34: Potencial de Reactivación en Régimen Normal. Datos de entrada validación. (Ver Anexo A)	84
Figura 35: Potencial de Reactivación en Régimen Rumbo. Datos de entrada validación. (Ver anexo A)	86
Figura 36: Gráfica de sensibilidad para el coeficiente de Biot. (a) Régimen Rumbo (RR), (b) Régimen Normal, (c) Régimen inverso. (ver Anexo B)	88
Figura 37: Gráfica de sensibilidad para la presión de poro. (a) Régimen Rumbo (RR), (b) Régimen Normal, (c) Régimen inverso. (Ver Anexo B)	90
Figura 38: Gráfica de sensibilidad para el coeficiente de fricción. (a) Régimen Rumbo (RR), (b) Régimen Normal, (c) Régimen inverso.(Ver Anexo B)	92
Figura 39: Gráfica de sensibilidad para Azimuth del esfuerzo máximo horizontal y el Azimuth de la Falla. (a) Régimen Rumbo (RR), (b) Régimen Normal, (c) Régimen inverso. (Ver anexo B)	94
Figura 40: Gráfica de sensibilidad para diferencial de esfuerzos para régimen Rumbo (RR). (Ver anexo B)	98
Figura 41: Gráfica de sensibilidad para diferencial de esfuerzos en régimen Normal. (Ver Anexo B)	99
Figura 42: Gráfica de sensibilidad para diferencial de esfuerzos para régimen inverso. (Ver Anexo B)	101
Figura 43: Ubicación del campo de estudio en el Piedemonte Llanero	105
Figura 44: Cortes Geológicos del campo de estudio.	107
Figura 45: Diagrama de rosas para las principales orientaciones de planos de falla en la zona Norte, media y Sur del campo de estudio.....	108
Figura 46: Componentes de un Modelo Geomecánico.	111
Figura 47: Diagrama de rosas para las principales orientaciones de planos de falla en la zona Norte, media y Sur del campo de estudio.....	113
Figura 48: Historia de presión del campo de estudio.....	115
Figura 49: Fallas evaluadas a 13400 ft	116
Figura 50: Fallas evaluadas en un escenario de producción. (Ver Anexo E)	117
Figura 51: Fallas evaluadas en un escenario de Inyección. (Ver Anexo E)	117
Figura 52: Reactivación de fallas para el campo de estudio a diferentes valores de presión de poro. Diagramas de rosa. (Ver Anexo F).	118

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Datos de entrada para validación 1	79
Tabla 2: <i>Datos de entrada para validación 2</i>	82
Tabla 3: <i>Resultados de sensibilidad</i>	103
Tabla 4: Datos estructurales de las principales fallas presentes en el campo de estudio.	107
Tabla 5: Rangos de Orientación e inclinación de las principales fallas presentes en el campo de estudio. Datos a modelar.	109
Tabla 6: Datos Geomecánicos del campo de estudio.	112

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Datos de Validación del modelo.....	129
Anexo B: Datos de Sensibilidad del modelo.....	135
Anexo C: Datos de perfil de esfuerzos y presión de poro del campo de estudio.	159
Anexo D: Datos para los principales planos de falla evaluados en la zona de estudio..	159
Anexo E: Datos de producción e inyección en el campo de estudio.....	163
Anexo F: Datos de prueba de presión de poro para el campo de estudio.....	164

NOMENCLATURA

σ = *esfuerzo*

τ_s = *esfuerzo critico de cizallamiento.*

τ = *esfuerzo de cizalla en el plano de falla*

$\sigma_v, \sigma_H, \sigma_h$ = *esfuerzos principales*

σ_n = *esfuerzo normal*

σ'_n = *esfuerzo normal efectivo*

ε = *deformacion*

θ = *angulo de inclinacion de la falla*

β

= *angulo entre la normal al plano de falla y el esfuerzo principal maximo σ_1*

ϕ = *angulo de friccion*

ρ = *densidad*

P_p = *presion de poro*

μ = *coeficiente de friccion*

μ_i = *coeficiente de friccion interna*

S_0 = *coeficiente de cohesion de la roca.*

α = *factor de Biot*

RR = Régimen Rumbo

RN = Régimen Normal

RI = Régimen Inverso

A σ H = Azimuth esfuerzo Horizontal máximo

CFRI = Coeficiente de fricción interna

APF = Azimuth plano de falla

dep = Depleción

Iny = Inyección

TITULO: ESTUDIO DEL POTENCIAL DE REACTIVACIÓN DE FALLAS EN EL PIEDEMONTE LLANERO MEDIANTE ANALISIS DE SENSIBILIDAD

AUTORES: LEILY JOHANNA CANDELA BECERRA

DAVID ENRIQUE DUARTE CORONADO

Palabras claves: Reactivación de fallas, presión de poro, inyección, producción, Esfuerzos, Criterios de falla.

Resumen

La reactivación de fallas es un fenómeno producido por una variación en el campo de esfuerzos que está ligado principalmente a procesos naturales como los movimientos tectónicos y a procesos antrópicos como cambios en presión de poro. Este fenómeno ocurre cuando el esfuerzo de cizalla que actúa en el plano de la falla supera la resistencia de la roca generando un desplazamiento. Basados en un análisis de sensibilidad, con el modelo analítico propuesto, se determinan los parámetros que mayor incidencia tienen sobre el problema de reactivación durante procesos que impliquen cambios en la presión de poro. El modelo analítico se plantea para un escenario en 3-Dimensiones que busca determinar de forma gráfica y numérica el potencial de reactivación de diferentes planos de falla, basándose en la geometría de la falla y parámetros geomecánicos como los esfuerzos *in situ*, presión de poro, coeficiente de Biot, fricción y cohesión. Para esto se propone un análisis de cada uno de los datos de entrada del modelo con el fin de determinar la importancia de cada uno. Usando el modelo con datos reales de un campo en el Piedemonte Llanero Colombiano, se encontró que en un régimen de rumbo los procesos de inyección y la orientación del esfuerzo Horizontal máximo aumentan el potencial de reactivación de fallas. El modelo y el análisis de sensibilidad realizado en esta investigación constituyen una herramienta útil para el análisis del potencial de reactivación, ya que ayuda a prevenir riesgos, como pérdidas de hidrocarburos, inestabilidad de rocas sellos y daños de acuíferos, evidenciados con este fenómeno durante etapas de producción e inyección.

**TITLE: STUDY OF FAULT REACTIVATION POTENTIAL IN THE COLOMBIAN
FOOTHILLS BASED ON SENSIBILITY ANALYSIS**

AUTHORS: LEILY JOHANNA CANDELA BECERRA

DAVID ENRIQUE DUARTE CORONADO

Keywords: Fault reactivation, pore pressure, injection, production, stress, Failure criteria.

ABSTRACT

Fault reactivation is a phenomenon caused by variations in the stress field that is linked mostly to natural processes such as plate tectonics and anthropogenic processes as changes in pore pressure. This phenomenon occurs when the shear stress that acts in the plane of the flaw exceeds the rock strength generating slip. Based on a sensitivity analysis, with proposed analytical model, the parameters with the greatest impact on the problem of reactivation during processes involving changes in pore pressure are determined. The analytical model proposed for a 3-dimensions scene which seeks to determine graphically and numerically the potential reactivation of different fault planes, based on the geometry of the fault and geomechanical parameters as in situ stresses, pore pressure, Biot coefficient, friction and cohesion. For this we proposed an analysis of the input data model in order to determine the importance of each one. Using the model with real data from a field in the Colombian Foothills, we found that in a strike-slip regime injection processes and maximum horizontal stress orientation increase the fault reactivation potential. The model and the sensitivity analysis performed in this study are a useful tool for analyzing the potential for reactivation, as it helps to prevent risks such as loss of hydrocarbons, instability and damage seals rocks and aquifers, evidenced with this phenomenon during stages production and injection.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en Colombia se está apostando a la búsqueda de recursos no convencionales y se ha dejado a un lado la producción de recursos convencionales debido al bajo factor de recobro que este genera, el cual corresponde a un 19% según cifras de Ecopetrol. En Colombia el 88% del crudo explotado viene de la producción primaria y tan solo el 12% del recobro secundario y recobro mejorado. Estas cifras generan gran inquietud en cuanto al uso de tecnología e implementación de estudios adecuados que permitan aumentar el factor de recobro en los campos colombianos. La búsqueda de nuevas estrategias y soluciones en procesos como estos tienen el fin de disminuir tiempos no productivos y mitigar impactos ambientales durante las etapas de producción y explotación de los hidrocarburos.

Cuando un yacimiento convencional está produciendo hidrocarburos va perdiendo energía a medida que este se va depletando (disminución en la presión de poro), debido a esta pérdida de energía se hace necesario aplicar nuevos procedimientos para seguir extrayendo los hidrocarburos, uno de los procesos más viables tanto económico como ambientalmente es el recobro secundario por inyección de agua.

La zona del piedemonte llanero y la cuenca de los llanos orientales son regidas por un régimen compresivo y/o rumbo deslizante, la presencia de fallas afectan estos procedimientos de inyección de agua pues el aumento en la presión de poro puede causar que las fallas preexistentes se reactiven, esto podría ocasionar el escape del crudo hacia la superficie, acuíferos o puede generar disminución brusca y repentina

en la presión de poro del yacimiento lo cual hace inoficioso la inyección de agua y disminuye el factor de recobro.

En este trabajo se realiza un modelo analítico con el fin de entender cómo funciona la reactivación de fallas en el reservorio, ya que alrededor del mundo se han identificado casos donde se produce este fenómeno producto a cambios en la presión de poro ligados a procesos de producción e inyección. Esta investigación pretende ser de gran utilidad para la industria de hidrocarburos debido que disminuyendo el riesgo de reactivación de fallas se disminuyen los costos operacionales, se evitan desastres ambientales debido al escape de hidrocarburos por las fallas reactivadas, se aumenta el factor de recobro posicionando a los yacimientos convencionales otra vez como una de las mejores opciones y evita riesgos ligados a procesos de fracturamiento hidráulico.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Elaborar un modelo analítico con el fin de determinar el potencial de reactivación de fallas mediante análisis de sensibilidad.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una revisión bibliográfica de los casos a nivel mundial donde se han reactivado fallas producto a etapas de producción o inyección de fluidos.
- Establecer los criterios usados para definir cuando se produce la reactivación de fallas.
- Elaborar y validar un modelo analítico en hojas de cálculo que indique cuando se reactivan las fallas a partir de datos de esfuerzos, propiedades geomecánicas de las rocas, geometría de la falla y cambios en la presión de poro.
- Aplicar el modelo analítico con datos del piedemonte llanero para determinar cómo influyen las diferentes variables que intervienen en la reactivación de fallas mediante un análisis de sensibilidad.

2. ANTECEDENTES

2.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Las fallas o sistema de fallas existentes en los yacimientos funcionan como planos de discontinuidad en el macizo rocoso, pero no conducen fluidos o generan problemas graves hasta que son reactivadas por diferentes procesos. El problema generado con la reactivación de fallas radica en que se comportan como conductos por los cuales pueden migrar fluidos (gases, hidrocarburo, entre otros) a superficie y/o acuíferos aledaños, generando pérdidas de los mismos u ocasionando impactos ambientales, otro de los problemas evidenciados con la reactivación de fallas es el daño de capas sello, movimientos sísmicos, entre otros.

La principal causa de reactivación de fallas consiste en el cambio en los esfuerzos *in situ* en cercanías a estos planos, el cambio en los esfuerzos *in situ* pueden deberse a diferentes causas relacionadas con la perforación y producción de hidrocarburos, dentro de estas causas las etapas de depletamiento e inyección de fluidos son las principales culpables de este fenómeno de reactivación ya que están estrechamente ligadas a cambios en la presión de poro de las rocas y por consiguiente conducen a mecanismos de falla de las mismas.

Las principales investigaciones hechas alrededor del mundo sobre el fenómeno de reactivación de fallas son hechas en el Mar del Norte. En Noruega, (Wiprut & Zoback, 2000), muestran que en el Campo Visund se presenta reactivación de la falla principalmente como resultado de la acumulación de gas alrededor de una zona

de la falla, lo cual produjo que sus planos sufrieran lubricación y una acumulación de energía suficiente para que la falla se reactivará. En este campo se lleva a cabo inyección de CO₂ para extraer por métodos de recobro secundario los hidrocarburos del yacimiento, los principales mecanismos de falla en este campo corresponden a presión de poro elevada y orientación de fallas optima al deslizamiento y los efectos negativos evidenciados son fugas de Hidrocarburos por reactivación de fallas que irrumpen rocas sello y aumenta la microactividad sísmica.

En el campo de gas Lacq localizado al Suroeste de Francia se llevó a cabo un estudio por (Maury, Grasso, & Wittlinger, 1992). El estudio correspondiente a reactivación de fallas se lleva a cabo luego de evidenciarse un aumento en la actividad sísmica la cual se mostraba diferente a la sismicidad regional, la repetitividad de estos eventos cerca al campo de gas fue traducida como producto de reactivación de fallas y fracturas preexistentes. La metodología desarrollada para estudiar el fenómeno de reactivación se basó en análisis poro-elásticos, en los cuales observaban los cambios en la presión de poro y a su vez determinaron el riesgo de activación con el criterio de falla Coulomb Failure Stress Change (CFS), el cual determina rangos de valores en los cuales la reactivación será inminente. Como conclusión de su trabajo asumieron que valores de cambio tan pequeños como 0,1 MPa en la presión de poro y en la magnitud de los esfuerzos, pueden perturbar el estado de esfuerzos general del yacimiento y puede ser suficiente para reactivar fallas.

El campo Ekofisk ubicado en el sector Noruego del Mar del Norte ha sido estudiado por (Teufel & Rhett, 1991). En este campo se han realizado procesos tanto de producción como inyección, los eventos sísmicos se registraron durante toda la etapa de producción del campo sugiriendo que la reactivación de fallas se ha generado, ya que los estudios de microsísmica inducida muestra que los eventos

sísmicos se concentra en alineaciones paralelas a la orientación dominante de fallas ya preexistentes, indicando reactivaciones en esta dirección. El análisis de reactivación se hizo para un régimen extensivo de fallamiento normal, en el cual se determinaron inclinaciones de falla susceptibles a reactivarse y se mide el potencial de estas mediante un criterio de reactivación. Otro estudio realizado por Streit & Hillis, 2002, en el campo Ekofisk, Noruega, muestran que los procesos de producción, implican cambios en la presión de poro y redistribución de los esfuerzos. La anisotropía preexistente de este campo se ve reflejada en las fallas normales inactivas, estas fallas muestran un alto riesgo de reactivación producto a los procesos de producción. Streit & Hillis, 2002, concluyen que en regímenes normales la reactivación de fallas se alcanza más fácilmente con la producción de hidrocarburos que con la inyección de un fluido, es decir, cuando se depleta el yacimiento.

Un análisis de reactivación de fallas hecho por (Chalaturnyk, Jimenez, Moreno, Deisman, & Talman, 2003) en el campo Weyburn ubicado en el Sureste de Saskatchewan (Provincia de Canadá), ha sido objeto de diferentes etapas de recobro de hidrocarburos, desde recobro primario, pasando luego por inyección de agua y finalmente por inyección de CO_2 , el objetivo de este estudio se basó en implementar metodologías desarrolladas en búsqueda de evaluar la integridad de la roca sello del campo considerando el riesgo de reactivación de fallas. Los análisis realizados mostraron que dentro del yacimiento no hubo reactivación de fallas, pero midieron un potencial de reactivación alto si el cambio en la presión de poro tomaba valores considerables.

El campo Naylor está ubicado en la cuenca de Otway, Victoria al sur de Australia y se encuentra regido por un régimen normal de fallas, este campo ha sido objeto de etapas de producción e inyección de CO_2 . El objetivo del estudio se basa en

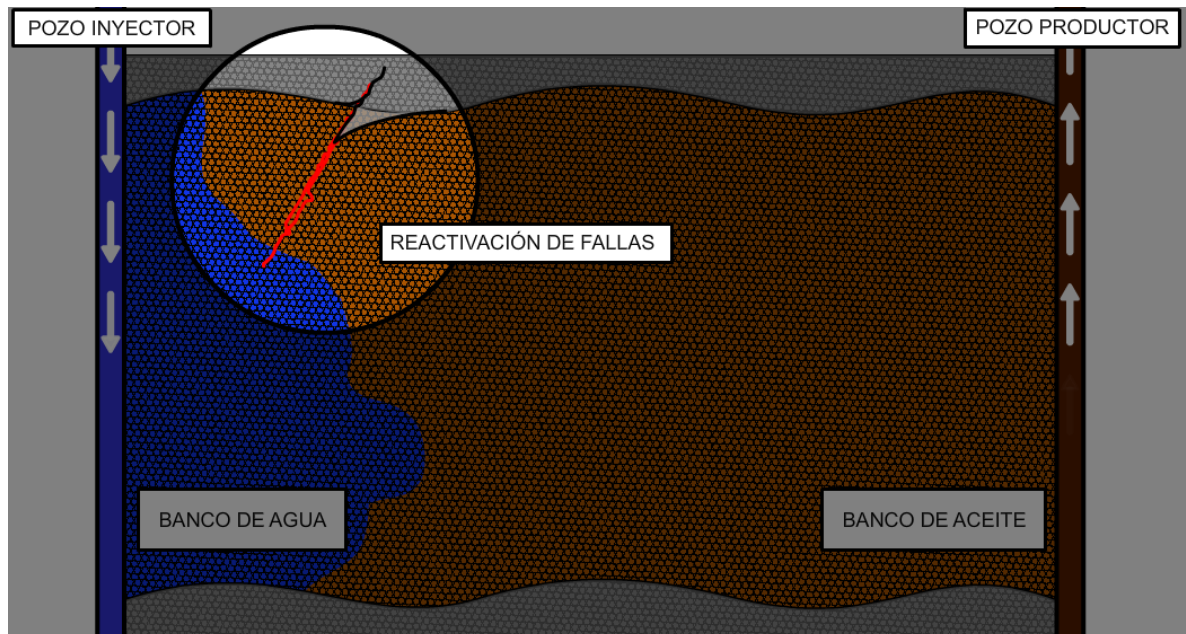
realizar un modelo geomecánico en el cual se tuvo en cuenta el campo de esfuerzo *in-situ* y las propiedades mecánicas de las rocas, con el fin de determinar la presión de poro mínima para reactivar las fallas teniendo en cuenta variaciones en el factor de Biot, el campo de esfuerzos y la trayectoria de esfuerzos, la cual corresponde a la relación entre el delta del esfuerzo mínimo horizontal y el delta de la presión de poro (VidalGilberta, et al. 2010). A partir de la medición de los esfuerzos *in-situ* con diferentes metodologías se plantearon tres escenarios distintos; un escenario de régimen normal y dos escenarios de rumbo, para cada uno de estos se determina el delta de presión de poro mínima que reactiva las fallas para cada caso.

En la Cuenca Bight, ubicada en el margen sur de Australia se investiga el riesgo de reactivación de fallas, la cual está estrechamente relacionada con el flujo de fluido en el subsuelo y por lo tanto a los procesos de migración de hidrocarburos primaria, secundaria y terciaria. Las fallas que funcionan como sello son evidencia de que estas mismas pueden proporcionar conductos de alta permeabilidad para el flujo de fluido durante la deformación, ya que se encuentran próximas a esfuerzos que podrían inducir su reactivación (Sibson, 1995). En este estudio se utilizó la técnica FAST, la cual consiste en la evaluación del fallamiento de la roca sello, para evaluar el riesgo de reactivación de falla en la cuenca Bight. El riesgo de reactivación de falla y el rompimiento del sello se expresa en términos de aumento de la presión de poro que se requeriría para inducir el fallo de la roca. Se consideró régimen de fallamiento de Rumbo y Normal, los resultados obtenidos para este campo muestran que las fallas verticales son las que mayor riesgo de reactivación presentan y sucede cuando el esfuerzo horizontal máximo incide aproximadamente a 30° sobre su plano (Reynolds, Hillis, & Paraschivoiu, 2003).

2.2. CAMBIOS EN LA PRESIÓN DE PORO POR PROCESOS DE PRODUCCIÓN/INYECCIÓN

Como se mencionó anteriormente las etapas de producción/inyección son los procesos más comunes registrados como los causantes de reactivación de fallas, estos hacen parte de métodos de extracción convencional. La producción primaria corresponde a la salida del crudo del yacimiento con la energía inicial y natural del mismo, cuando esta energía o empuje natural se agotan lo que se busca es implementar prácticas que permitan aportar fuente de energía extra para obtener el crudo restante, esta nueva fuente de energía es aportada mediante inyección de fluidos ya sea agua o gas con el fin de aumentar nuevamente la producción y el factor de recobro, la inyección de fluidos es finalmente conocida como recobro secundario. La energía extra que es aportada en el yacimiento se debe a la disolución de gas libre en el aceite, la cual permite la circulación del hidrocarburo desde un pozo inyector a uno productor. La Figura 1 muestra un caso general de inyección de agua en un pozo vertical.

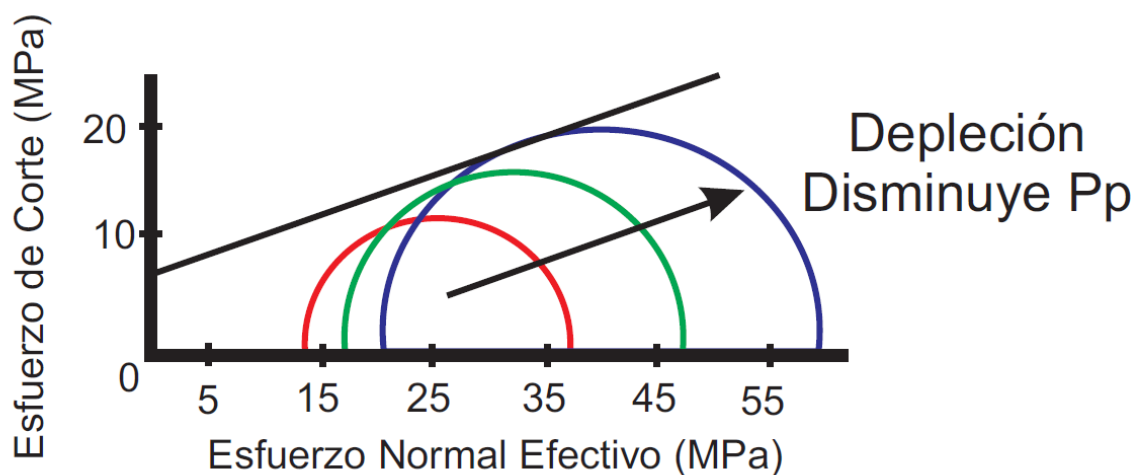
Figura 1: *Proceso de inyección de agua.*

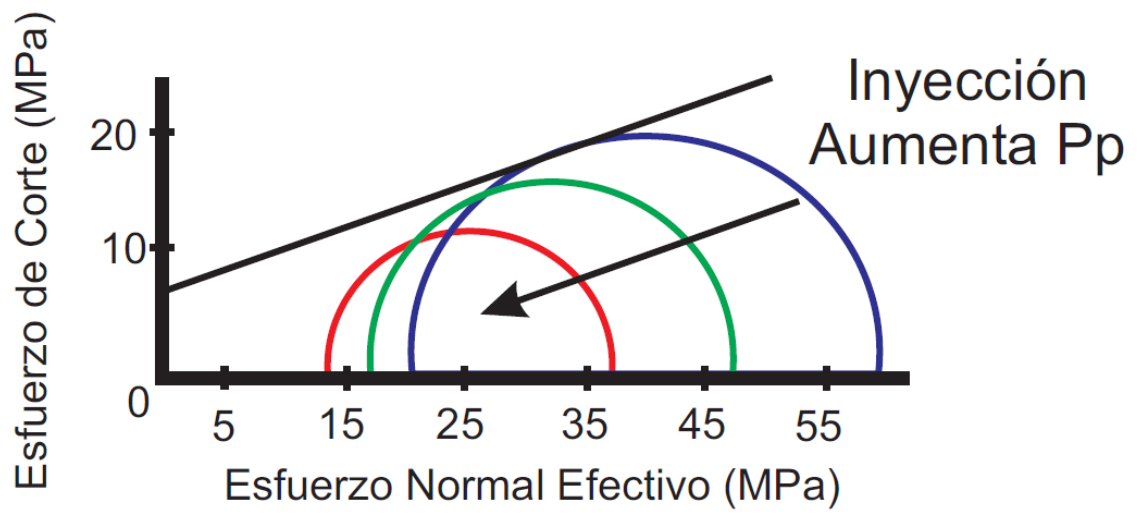


El principal parámetro afectado en estos procesos y que induce a la reactivación inminente de planos de falla corresponde a la presión de poro. Durante las etapas de producción/depletamiento en las cuales los fluidos que se encuentran atrapados en las rocas están siendo extraídos, la presión de poro disminuye y los esfuerzos efectivos van a aumentar, este aumento en los esfuerzos efectivos genera un incremento en el diferencial de los mismos ya que el esfuerzo principal máximo aumenta a una tasa mayor en contraste a la tasa de aumento del esfuerzo principal mínimo, alcanzando de esta manera un alto potencial de reactivación.

En contraste, los procesos de inyección de agua los cuales aportan fluidos a la roca, generan un aumento en la presión de poro y una disminución en los esfuerzos efectivos, esto genera una disminución en el diferencial de esfuerzos ya que el esfuerzo principal máximo disminuye a una tasa mayor en contraste a la tasa de disminución del esfuerzo principal mínimo acercando al plano a su reactivación, tal como lo muestra la Figura 2.

Figura 2: Efecto del cambio en la presión de poro.





3. CRITERIOS DE REACTIVACIÓN DE FALLA

Los principales criterios de reactivación encontrados en la literatura corresponden a Tendencia de deslizamiento modificado (Tsm) (Hawkes, Mclellan, Zimmer, & Bachu, 2004), Coulomb Failure Stress (CFS) (King, Stein, & Lin, 1994), y criterio de Mohr Coulomb (Coulomb 1973), cuales establecen un rango de valor en el cual puede o no producirse la reactivación. El criterio utilizado en esta investigación corresponde al criterio de Mohr Coulomb, pero además de este se usará el criterio de Tendencia de deslizamiento modificado como un valor cuantitativo para establecer similitudes en cuando a los resultados arrojados y finalmente correlacionar los dos criterios.

3.1. TENDENCIA DE DESLIZAMIENTO MODIFICADO

Este criterio de reactivación utilizado en el modelo corresponde a la tendencia de deslizamiento modificado la cual establece valores de reactivación para la relación del esfuerzo de corte representado por los parametros τ y τ_{slip} que corresponde al límite dado por la envolvente de falla. Para relaciones mayores o iguales a 1, la falla se reactivará, mientras que los valores menores a 1 indica que no se reactiva la falla, tal como lo muestra la siguiente relación matemática:¹

$$Tsm = \frac{\tau}{\tau_{slip}} \geq 1 \quad (1)$$

¹ C.D. Hawkes, P.J. Mclellan, U. Zimmer, S. Bachu. "Geomechanical Factors Affecting Geological Storage of CO2 in Depleted Oil and Gas Reservoirs". Canadian International Petroleum Conference. 2004.

En el modelo de Excel se utiliza para el valor de τ , el esfuerzo de corte que actúa en un plano de falla y para el valor de τ_{slip} se determina la ecuación general de la envolvente de falla.

3.2. COULOMB FAILURE STRESS CHANGE (CFS)

Este criterio de falla evalúa escenarios generales en los cuales se quiere considerar el riesgo de reactivación de fallas y obedece al mismo criterio de Mohr Coulomb, considerando la relación de esfuerzo normal, el esfuerzo de corte y el coeficiente de fricción pero se define matemáticamente diferente (como lo muestra la ecuación 2) y tiene rangos de valor en los cuales se determina o no la reactivación.

$$CFS = \tau - \mu\sigma'_n \quad (2)$$

Donde τ y σ'_n , respectivamente, son el esfuerzo de corte y el esfuerzo normal efectivo que actúan en el plano de falla y μ es coeficiente de fricción en el mismo plano de falla. Una falla se activa cuando CFS es igual o mayor que cero².

3.3. CRITERIO DE MOHR-COULOMB

El criterio de falla de Mohr-Coulomb es un método gráfico desarrollado para determinar el estado tensional en los distintos puntos de un cuerpo, sometido a un cierto estado de cargas y con unas ciertas restricciones, donde importan en general

² Hamidreza Soltanzadeh, Christopher D. Hawkes, "Assessing fault reactivation tendency within and surrounding porous reservoirs during fluid production or injection", ELSEVIER. 2009.

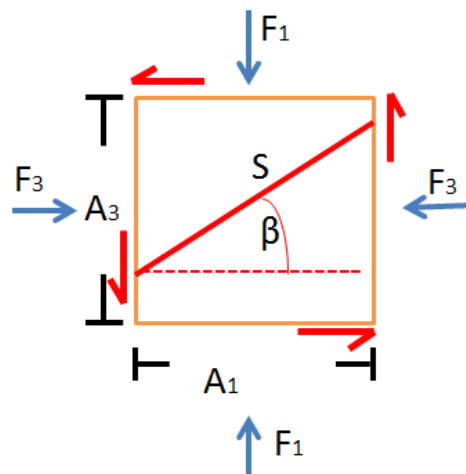
los esfuerzos principales, que corresponden a los esfuerzos que existen sobre ciertos planos del cuerpo y que son normales a estos, y los esfuerzos de corte los cuales son considerados nulos. Es un criterio de rotura lineal, esto significa que la ecuación que define la superficie de falla en un plano es una ecuación lineal. Este método tiene aplicación para estados tensionales en dos y tres dimensiones.

3.3.1. Circulo de esfuerzos de mohr-coulomb. El círculo de Mohr representa las relaciones entre σ'_n (esfuerzo normal efectivo) y τ (esfuerzo de corte) gráficamente. Dicho círculo constituye un medio gráfico de predicción de los esfuerzos de corte y el esfuerzo normal en el momento de la falla, además de determinar la orientación del plano de falla. El círculo de Mohr representa gráficamente el estado tensional de distintos puntos de un sólido en un instante determinado y sirve para establecer en que momento y bajo qué valores de esfuerzos puede fallar la roca intacta o bajo qué estado de esfuerzos se puede generar reactivación de fallas. El criterio de falla de Coulomb (1973), basa sus extensas investigaciones experimentales en la fricción, Coulomb asume que la falla en una roca o suelo se lleva a cabo a lo largo de un plano debido al esfuerzo de corte τ actuando a lo largo de ese plano. El desplazamiento a lo largo de superficies no cohesivas, se supone que va a estar condicionado por una fuerza de fricción cuya magnitud es igual al esfuerzo normal efectivo σ'_n que actúa a lo largo de este plano, multiplicada por un factor constante μ que indica el coeficiente de fricción, Pero en contraste con el deslizamiento a lo largo de superficies cohesivas, el movimiento a lo largo del plano de falla inicialmente intacto se supone también que es resistido por una fuerza de cohesión interna del material, esto indica que para iniciar la falla en una roca es necesario vencer esta fuerza cohesiva que pueden presentar los materiales³.

³E. fjær, R.M. holt, P. horsrud, A.M. raaen & r. risnes, "Petroleum Related Rock Mechanics", 2nd EDITION.2008.

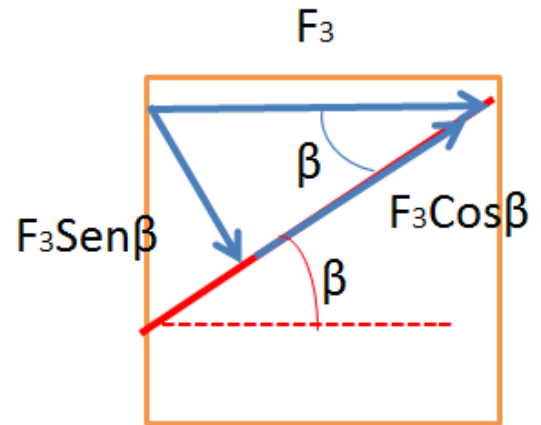
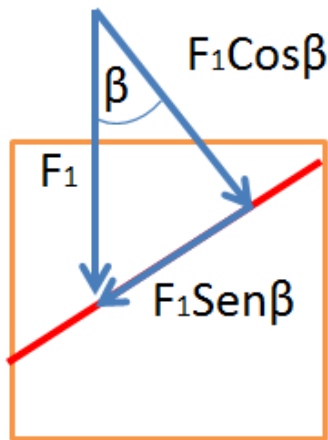
3.3.2. Ecuaciones de esfuerzos de corte y normal en el círculo de Mohr. Para obtener las ecuaciones que rigen el criterio de falla de Mohr-Coulomb se parte del análisis de un cuerpo sometido a diferentes fuerzas. En la Figura 3 un cuerpo es sometido a dos fuerzas F_1 y F_3 , estas fuerzas actúan sobre un plano S con inclinación β y son perpendiculares a las áreas A_1 y A_3 , respectivamente. Las flechas rojas indican los posibles movimientos de corte sobre la cara de cada área.

Figura 3: Cuerpo sometido a dos fuerzas normales a su área.



Al considerar estas fuerzas actuando sobre el plano inclinado S , se puede generar una descomposición de las mismas sobre el plano para establecer el movimiento en corte que pueden generar estas, tal cual lo muestra la Figura 4. La fuerza normal F_1 y F_3 se descomponen en el plano.

Figura 4: Descomposición de fuerzas F_1 y F_3 sobre el plano inclinado S .



La fuerza F_1 y F_3 se descomponen en senos y cosenos de la siguiente manera:

$$\mathbf{F_1: } F_1 \sin \beta \text{ y } F_1 \cos \beta \quad (3)$$

$$\mathbf{F_3: } F_3 \sin \beta \text{ y } F_3 \cos \beta$$

Ahora, considerando que un cuerpo está en equilibrio, se lleva a cabo la sumatoria de fuerzas normales las cuales se igualan a cero:

$$\mathbf{F_n = } F_1 \cos \beta + F_3 \sin \beta \quad (4)$$

Dividiendo la expresión anterior por el área que representa el plano inclinado S , con el fin de dejar expresado la fuerza sobre un área, esta queda:

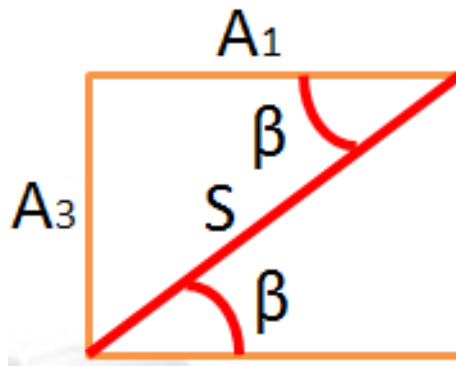
$$\frac{F_n}{S} = \frac{F_1 \cos\beta + F_3 \sin\beta}{S} \quad (5)$$

Aplicando el concepto de esfuerzo el cual indica que un esfuerzo es igual a una fuerza actuando sobre un área ($\sigma = F/A$), se aplica la siguiente relación de acuerdo a la Figura 5:

$$\cos\beta = \frac{A_1}{S} \quad (6)$$

$$\sin\beta = \frac{A_3}{S}$$

Figura 5: plano inclinado S y áreas en las que actúan las fuerzas.



Partiendo de las expresiones anteriores se despeja S para dejar finalmente expresada la ecuación 5 en fuerzas sobre áreas.

$$S = \frac{A_1}{\cos\beta} \quad (7)$$

$$S = \frac{A3}{\text{Sen}\beta}$$

Reemplazando en la ecuación 5 y aplicando el concepto de esfuerzo la expresión queda:

$$\frac{FN}{S} = \frac{F1\text{Cos}\beta}{\frac{A1}{\text{Cos}\beta}} + \frac{F3\text{Sen}\beta}{\frac{A3}{\text{Sen}\beta}} \quad (8)$$

$$\sigma_n = \sigma_1 \text{Cos}^2\beta + \sigma_3 \text{Sen}^2\beta \quad (9)$$

Usando las siguientes identidades trigonométricas se obtiene finalmente la ecuación para determinar el esfuerzo normal a cualquier plano inclinado:

$$\text{Cos}^2\beta = \frac{1 + \text{Cos}(2\beta)}{2} \quad \text{Sen}^2\beta = \frac{1 - \text{Cos}(2\beta)}{2} \quad (10)$$

$$\sigma'_n = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \text{cos } 2\beta$$

(21)

Ya obteniendo la ecuación del esfuerzo normal, ahora se hace la sumatoria para obtener el esfuerzo de corte en el plano, para ello se suman las fuerzas que actúan paralelas al plano de la Figura 4.

$$F_c = F_1 \text{Sen } \beta + (- F_3 \text{Cos } \beta) \quad (12)$$

Al igual que se hizo con el esfuerzo normal, se divide por S y se deja expresado como fuerza sobre área para aplicar el concepto de esfuerzo:

$$\frac{F_c}{S} = \frac{F_1 \text{Sen } \beta - F_3 \text{Cos } \beta}{S} \quad (33)$$

$$\frac{F_c}{S} = \frac{F_1 \text{Sen } \beta}{A_1 / \text{Cos } \beta} - \frac{F_3 \text{ Cos } \beta}{A_3 / \text{Sen } \beta} \quad (44)$$

$$\tau = \sigma_1 \text{Sen } \beta \text{Cos } \beta - \sigma_3 \text{Cos } \beta \text{Sen } \beta \quad (55)$$

Usando la siguiente identidad trigonométrica se obtiene finalmente la ecuación para determinar el esfuerzo de corte a cualquier plano inclinado:

$$2 \text{ Sen } \beta \text{ Cos } \beta = \text{Sen } (2 \beta) \quad (66)$$

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \text{sen } 2\beta \quad (77)$$

Después de determinarse las ecuaciones del criterio de falla del círculo de Mohr, se puede explicar por qué este se representa como un círculo. La representación

mediante un círculo se debe a que la descomposición de fuerzas y las expresiones del esfuerzo de corte y esfuerzo normal coinciden con la representación matemática que define la ecuación de un círculo, ya que estas son análogas a las ecuaciones paramétricas del mismo, tal como se muestra a continuación:

$$\sigma'_n = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos 2\beta$$



$$X = C + R \cos \beta$$

(88)

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sen 2\beta$$



$$Y = R \sen \beta$$

(19)

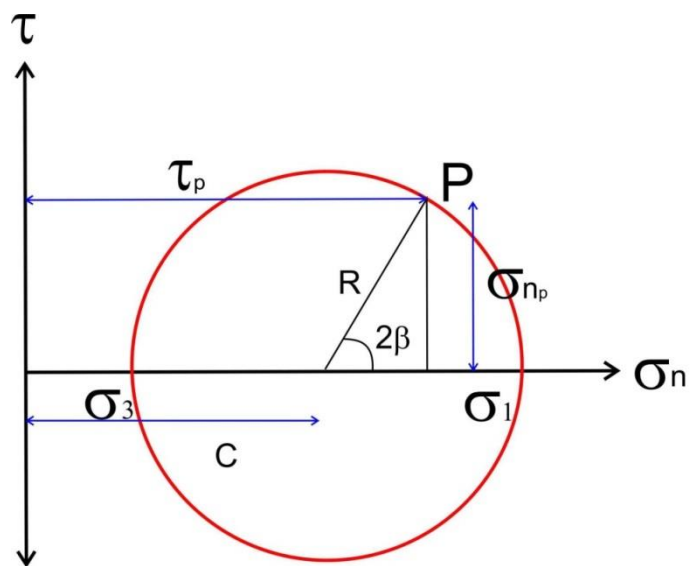
Donde R corresponde al radio del círculo y C corresponde al centro del círculo.

$$R = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \tag{90}$$

$$C = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \tag{101}$$

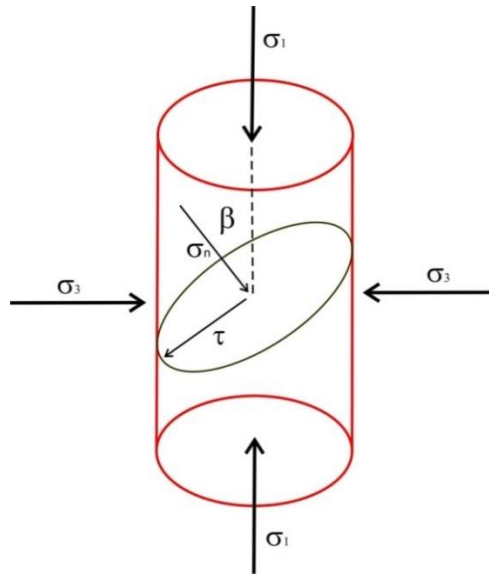
Estas ecuaciones graficadas en el círculo de Mohr quedan:

Figura 6: Diagrama del círculo de Mohr.



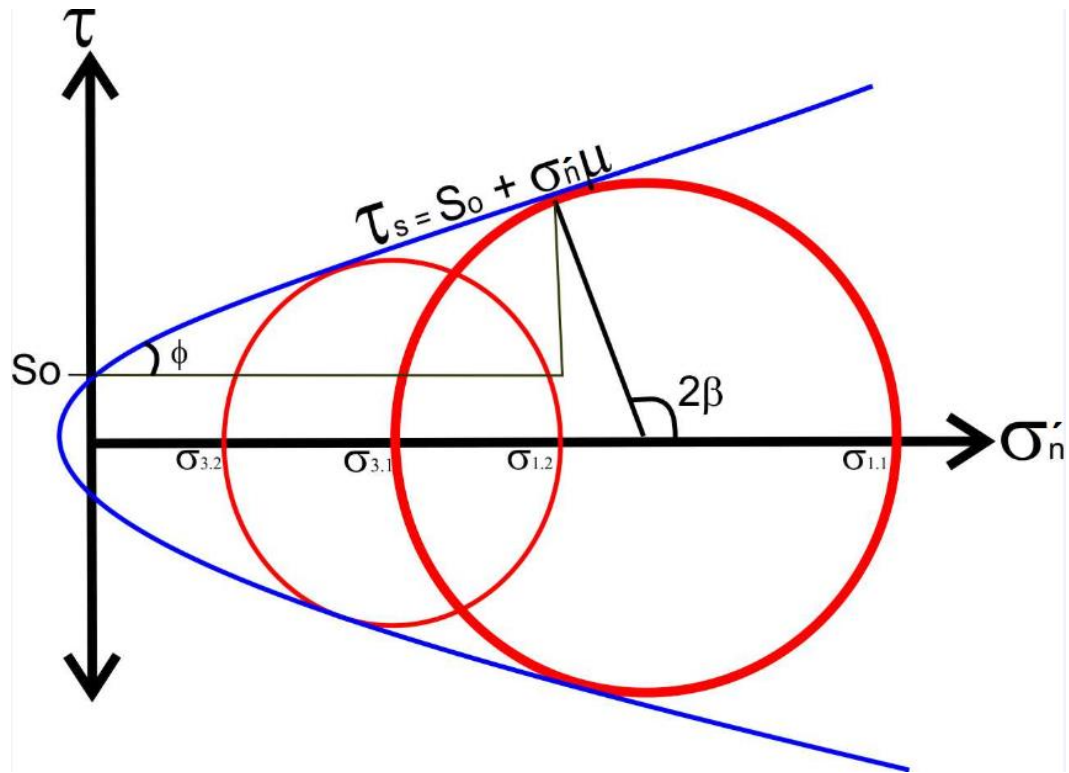
En el eje horizontal se marcan los esfuerzos principales máximo σ_1 y mínimo σ_3 para construir el círculo y estos representan el esfuerzo normal. En el eje vertical se marca el esfuerzo de cizalla, el ángulo 2β da la posición del punto P en el círculo de Mohr que toca la línea de falla. Dado que β es el ángulo para el cual se cumple el criterio de falla, este ángulo β corresponde al ángulo formado por la normal al plano de falla y σ_1 o el ángulo entre el plano de falla y σ_3 , como lo muestra la Figura 7.

Figura 7: Distribución de esfuerzos y ángulo β .



3.3.3. Envolvente de falla de Mohr-Coulomb. El objetivo principal del Criterio de falla de Mohr-Coulomb es poder establecer en qué punto y a que condiciones de esfuerzo falla la roca, es por eso que además de considerar los valores de esfuerzo normal y de cizalla, se habla de la envolvente de falla de Mohr-Coulomb o ley de fracturamiento de Coulomb, la cual se muestra en la siguiente figura:

Figura 8: *Envolvente de falla de Mohr-Coulomb.*



La envolvente de falla de Mohr-Coulomb es generada a partir de diferentes ensayos en un mismo material al cual se le aplican diferentes esfuerzos σ_1 , σ_3 y/o σ_2 . Esta envolvente permite establecer el límite en el cual la roca falla por rotura frágil, antes de que llegue a ese límite se puede considerar que la roca se comporta como un material plástico. Finalmente las coordenadas del punto de contacto entre el círculo de Mohr y la recta tangente representada por la envolvente de falla, dan conocimiento del valor de los esfuerzos que generarán la ruptura. Para calcular el ángulo β se tiene que⁴;

⁴ J. C. Jaeger, N. G.W. Cook, and R. W. Zimmerman, "Fundamentals of Rock Mechanics", 4ta edición. 2007.

$$\beta = \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}$$

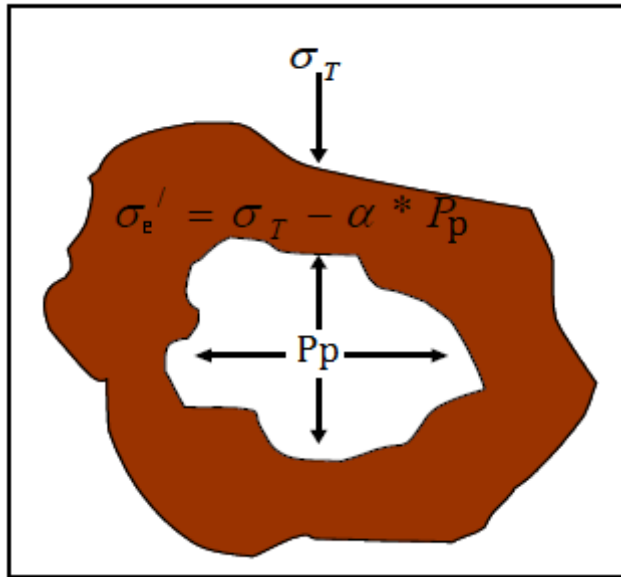
(
112)

El intervalo permitido para ϕ es de 0° a 90° (en la práctica, ϕ será más pequeño, de aproximadamente 30°), por lo tanto, está claro que β puede variar entre 45° y 90° , se concluye así que el plano de falla siempre está inclinado en un ángulo menor que 45° respecto a la dirección de σ_1 .

3.3.4. Esfuerzos efectivos. El esfuerzo efectivo en cualquier dirección está definido como la diferencia entre el esfuerzo total en dicha dirección y la presión de los poros, el esfuerzo efectivo es por lo tanto una diferencia de esfuerzos. Este concepto fue introducido por (Terzaghi, 1923) y (Biot, 1962) sugieren que la presión del fluido contenido en el poro ayuda a contrarrestar el esfuerzo mecánico total llevado a través del contacto grano a grano de la roca⁵.

Figura 9: Esfuerzo efectivo.

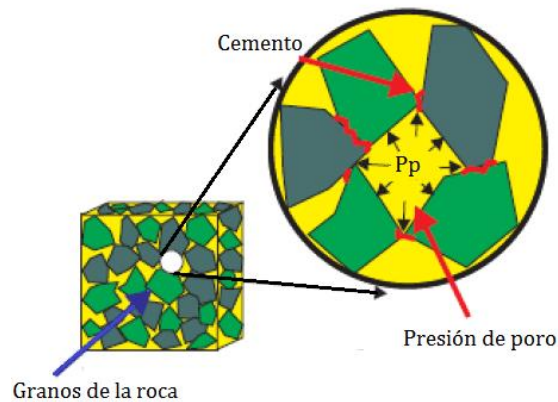
⁵ L. Coronel, D. Mateus Tarazona. "Evaluación de los mecanismos de falla que conducen a la inestabilidad de pozo", UIS. 2004.



La expresión planteada por Terzaghi y su concepto del esfuerzo efectivo se resume como $\sigma' = \sigma_T - \alpha P_p$, donde σ' es el esfuerzo efectivo, σ_T es el esfuerzo mecánico total, P_p es la presión de poro y α es un factor poro elástico (Biot) que comprende valores entre 0 y 1. Tanto el análisis geomecánico de los yacimientos como el análisis de la estabilidad de pozo, el comportamiento mecánico de la roca no está regido por el esfuerzo total sino por los esfuerzos efectivos.

3.3.5. Presión de poro. La presión de poro es un parámetro importante en cualquier estudio de la mecánica de las rocas y se define como la presión que ejercen los fluidos contenidos en los poros sobre los granos de la roca. El fluido de los poros lleva parte del total de los esfuerzos aplicados al sistema, liberando a la matriz de la roca parte de la carga que esta soporta, tal como lo muestra la Figura 10. El estudio de la presión de poro dentro de la formación es importante porque esta es responsable de algunos cambios en cuanto a las magnitudes de los esfuerzos⁶.

Figura 10: Presión de poro.



Fuente: Amoco, *Wellbore stability. Drilling handbook.* EPTG.

En las últimas décadas los diferentes estudios realizados alrededor del mundo dejan como evidencia la relación ligada que existe entre los cambios en la presión de poro y los esfuerzos que actúan en las rocas, ya que este cambio tiene un impacto directo en las magnitudes de los esfuerzos, producto de los llamados esfuerzo poro-elásticos. La presión de poro que puede ser sostenida por las fallas y la roca intacta

⁶ Uribe R., Solano Y. Predicción de la presión de poro en problemas relacionados con la estabilidad de pozo. Tesis de Pregrado. UIS. Bucaramanga. 2006.

puede ser estimada de la siguiente manera mediante un reemplazamiento matemático, en el cual se asume el esfuerzo de corte τ como el esfuerzo de corte crítico τ_s ⁷;

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \text{sen}2\beta \quad (23)$$

$$\sigma'_n = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \text{cos} 2\beta \quad (24)$$

Se reemplaza en



$$|\tau_s| = S_0 + \mu\sigma'_n \quad (25)$$

$$|\tau_s| = S_0 + \mu(\sigma_n - \alpha P_p) \quad (26)$$



$$P_p = \frac{1}{\alpha} \left[\frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) + \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) \text{cos} 2\beta - \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) + \frac{\text{sen}2\beta}{\mu} \right] \quad (27)$$

⁷ Vidal Gilbert S, Tenthorey E., Dewhurst D., EnnisKing J., Van Ruth P., Hillis R., " Geomechanical analysis of the Naylor field, Otway Basin, Australia: Implications for CO2 injection storage" ELSEVIER. 2010.

Donde α es el factor de Biot agregado a partir de la teoría del esfuerzo efectivo de Terzaghi. La ecuación 27 indicará la presión de poro máxima que resistirá la roca, los valores de esfuerzos, coeficiente de fricción, inclinación de la falla y factor de Biot corresponden a los valores críticos en los cuales el deslizamiento de la falla ocurrirá.

3.3.6. Coeficiente de fricción. Para establecer las condiciones críticas en cuanto al coeficiente de fricción de las fallas, se asume un coeficiente de cohesión S_0 igual a 0, debido a que en un plano de falla donde se supone que los granos de la roca rompieron su unión y se creó este plano de discontinuidad, la cohesión entre ellos ya se considera nula, al ser considerada como nula, el deslizamiento se inducirá una vez que la relación $\frac{\tau}{\sigma'_n - \alpha P_p}$, supere ese coeficiente de fricción estática, es decir³,

$$\tau = S_0 + \mu \sigma'_n$$

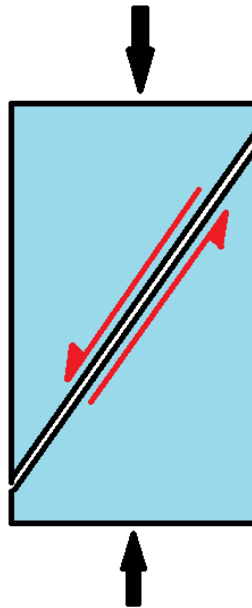
$$\mu \leq \frac{\tau}{\sigma'_n - \alpha P_p} \quad (28)$$

Donde $\sigma'_n = \sigma_n - \alpha P_p$, μ es el coeficiente de fricción de la falla. En esta expresión el coeficiente de fricción estática o interno (μ), es un parámetro clave en la estimación del potencial de deslizamiento de la falla. Las observaciones hechas en campo han demostrado que la tendencia de reactivación de las fallas se lleva a cabo a ángulos ϕ entre 30° y 35° entre el esfuerzo máximo principal (σ_1) y el plano de

falla, por lo tanto los rangos de (μ) oscilan aproximadamente entre los valores de 0,6 y 0,7, respectivamente.

3.3.7. Falla de cizalla en el circulo de Mohr. La Falla por cizalla ocurre cuando el esfuerzo de corte a lo largo de un plano en una roca es suficientemente alta. Una zona de falla puede desarrollarse a lo largo de un plano de falla, cuando esto ocurre los dos lados del plano se moveran uno en relación al otro en un proceso de fricción, como se muestra en la Figura 11.

Figura 11: Falla por cizalla



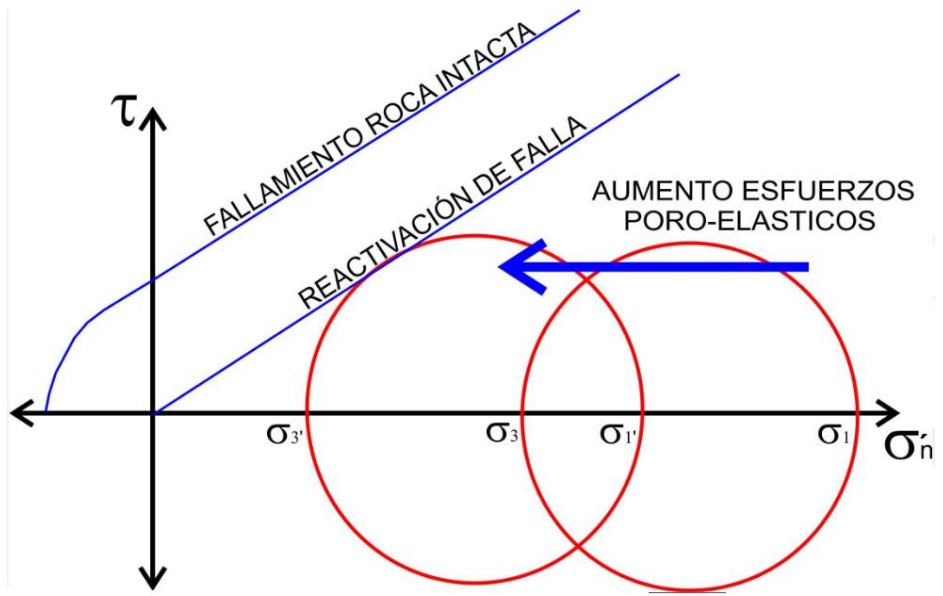
La fuerza de fricción que actúa contra el movimiento de dos cuerpos en contacto depende de la fuerza que presiona los dos cuerpos juntos, por lo tanto se supone que el esfuerzo $|\tau_{\max}|$ para el que se produce una falla por cizalla, depende del esfuerzo normal (σ_n) que actúa sobre el plano de falla. Esto es:

$$|\tau_{\max}| = f(\sigma' n) \quad (29)$$

En conclusión El esfuerzo de cizalla crítico para que se produzca una falla por cizalla depende del esfuerzo normal que actúa sobre el plano de falla, a esto se le denomina hipótesis de Mohr ³.

3.3.8. Condiciones límite para la reactivación de fallas. Durante la producción de hidrocarburos los cambios en la presión de poro y en los esfuerzos efectivos aumentan el riesgo de fallamiento o reactivación de fallas en las rocas del yacimiento. Para analizar el efecto de la producción primaria y secundaria con el criterio de Mohr-Coulomb, se limitan dos envolventes de falla las cuales indican el límite máximo de deslizamiento de planos preexistentes y el límite máximo de rotura frágil de la roca intacta. Para la reactivación de fallas el límite puede conocerse mediante la relación del esfuerzo de corte actuando en el plano de la falla y condición lineal que describe la envolvente, mientras que el límite de fallamiento de la roca intacta debe considerar , además de las relaciones mencionadas anteriormente, un valor de cohesión de la roca. Como se muestra en la Figura 12, es más fácil que la envolvente de reactivación de falla sea alcanzada por el círculo que representa la condición de esfuerzos en el yacimiento a medida que se van cambiando los esfuerzos efectivos y la presión de poro, es por eso que antes de considerar el problema de posible fallamiento de la roca intacta, debe considerarse primero el deslizamiento de planos ya existentes.

Figura 12: *Envolvente de reactivación de falla y fallamiento de la roca intacta.*



4. MODELO ANALITICO

4.1. DATOS DE ENTRADA DEL MODELO

Los Datos de entrada del modelo corresponden a la información principal que se tiene en el área estudiada, como lo son el régimen de esfuerzos, la magnitud de esfuerzos, presión de poro, coeficiente de fricción, entre otros. A partir de la configuración y valor de estos datos se parte para comenzar a elaborar el modelo.

4.1.1. Esfuerzos *IN- SITU* (σ_v , σ_H , σ_h). Los esfuerzos *in situ* son los esfuerzos mayores que actúan sobre un cuerpo, se presentan cuando los esfuerzos cortantes son nulos, es decir, solo existen esfuerzos normales y se denotan como σ_v , σ_H y σ_h . El esfuerzo vertical σ_v se halla a partir de registros de densidad, multiplicando el valor de la densidad de la roca por la gravedad a cierta profundidad. El esfuerzo horizontal mayor es obtenido a partir de análisis de break-out y el esfuerzo horizontal menor es hallado en base a test de mini-frac.

4.1.2. Azimut σ_H . Es la orientación del esfuerzo horizontal mayor medido respecto al Norte, este se usa como referencia para determinar el ángulo con el cual están incidiendo los esfuerzos en el plano de falla.

4.1.3. Presión de poro (P_p). La presión de poro se le llama a la presión ejercida por los fluidos presentes en los poros. Se le denominan también esfuerzos poro-elástico. Un aumento en la presión de poro indica una disminución en los esfuerzos efectivos, este es el caso de procesos de inyección.

$$\sigma'_n = \sigma_n - \alpha P_p \quad (30)$$

4.1.4. Coeficiente de fricción (μ). Es la pendiente de la línea de falla y físicamente este criterio obedece a la condición para que ocurra la falla por cizalladura. El ángulo ϕ se forma entre una línea normal al plano de falla y el esfuerzo responsable para que la roca falle. Este ángulo es el mismo en rocas de igual litología tanto a gran escala (fallas regionales) como a pequeña escala (ensayos de laboratorio) y debe ser menor de 45° en rocas intactas.

$$\mu = \tan\phi \quad (31)$$

4.1.5. Coeficiente de Biot (α). Esta constante mide la cantidad de esfuerzo que soporta un fluido en la roca. En materiales muy porosos (arenas no consolidados), el valor de Biot tiene un máximo igual a 1, lo que significa que toda la presión de poro está contribuyendo a soportar el esfuerzo total. En rocas de baja porosidad es posible que este número sea cercano a 0,8, en materiales sin poros como los metales, no existe presión de poro y por lo tanto el esfuerzo efectivo es igual al esfuerzo total. (Ver ecuación 28).

4.1.6. Coeficiente cohesión (S_0). La cohesión se considera igual a 0 debido a que hay anisotropía preexistente, esto quiere decir que la ruptura se generó previamente y las fuerzas internas de la roca han sido sobrepasadas permitiendo que las partículas se separen por completo. Cuando se fractura la roca intacta se considera un valor de cohesión cercano a 0, este supuesto es la base para definir el modelo de esta investigación puesto que en el círculo de Mohr se llega primero a la reactivación de fallas y fracturas en las cuales su cohesión es considerada igual a 0, que ha rocas intactas donde el valor de cohesión sea diferente de 0.

Figura 13: Datos de Entrada Modelo Excel.

INPUT		
NOMBRE		
Esfuerzos In-situ (Psi)	σ_v	
	σ_H	
	σ_h	
Azimut σ_H (°)	Azimuth σ_H	
Presión de poro (Psi)	Pp	
Coefficiente de Fricción	μ	
Coefficiente de Biot	α	
Coefficiente Cohesión	Co	
Plano de falla	Azimuth	
	Dip	
Tao	T	0
Sigma Normal	σ	0
Tendencia de Deslizamiento Modificado	TSM	#¡DIV/0!

4.1.7. Plano de falla. Los datos de entrada del plano de falla corresponden a los valores del *azimuth* (*rumbo*) y el *dip* (inclinación) del plano. El azimut de rumbo corresponde al ángulo medido en un plano horizontal, tomado en el sentido de las manecillas del reloj, entre una línea horizontal contenida en el plano y la dirección Norte-Sur, este ángulo adquiere valores entre 0° y 360°. El dip corresponde al ángulo medido desde una horizontal hasta la línea de máxima pendiente contenida en la falla, este ángulo toma valores entre 0° y 90°.

4.2. ESFUERZOS EFECTIVOS

Con los esfuerzos in-situ se determinan los esfuerzos efectivos mediante el postulado de Terzaghi, el cual establece que el esfuerzo normal total será igual al

esfuerzo normal efectivo más la presión de poro multiplicado por el factor de Biot, su deducción matemática se muestra en la siguiente formula, donde σ_n corresponde al valor de cada uno de los esfuerzos principales $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$:

$$\sigma'_n = \sigma_n - \alpha P_p$$

En esta parte del modelo se toman los esfuerzos in-situ y se define los esfuerzos principales el esfuerzo mayor (σ_1), esfuerzo intermedio (σ_2) y esfuerzo menor (σ_3) en base a sus magnitudes y régimen de esfuerzos ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$), con el fin de aplicarlos al círculo de Mohr. Para ordenar los valores de esfuerzos en la casilla del σ_1 se establece el valor máximo de los esfuerzos in situ, en la casilla σ_3 se establece el valor mínimo y en la casilla de σ_2 el valor intermedio, como lo muestra la Figura 14.

Figura 14: Esfuerzos efectivos. Modelo Excel.

Datos de Entrada - Esfuerzos principales		
Esfuerzos In-situ	σ_v	0
	σ_H	0
	σ_h	0
Esfuerzos principales	σ_1	0
	σ_2	0
	σ_3	0
Esfuerzos Efectivos	σ_1'	0
	σ_2'	0
	σ_3'	0

Finalmente se calculan los esfuerzos efectivos aplicando la fórmula de Terzaghi en la cual se resta la presión de Poro y el coeficiente de Biot al valor de esfuerzo principal y se obtiene cada uno de los esfuerzos efectivos (σ_1' , σ_2' , σ_3').

4.3. CIRCULO DE MOHR

Con los valores de esfuerzos efectivos se grafican los tres círculos de Mohr ($\sigma_1' - \sigma_2'$, $\sigma_1' - \sigma_3'$, $\sigma_2' - \sigma_3'$) en una gráfica de esfuerzo normal efectivo (σ_n') versus esfuerzo de corte (τ). Los esfuerzos en el círculo de Mohr son graficados como círculos debido a que las ecuaciones de los esfuerzos corresponden con las ecuaciones paramétricas de una circunferencia.

Para obtener los círculos se toman ángulos de 0° a 180° , se convierten a radianes y se reemplazan en las ecuaciones 11 y 17, donde los sigmas (σ_1' , σ_2' , σ_3') corresponden a los valores de sigma normal efectivo. Para cada ángulo (0° - 180°), se halla un punto con coordenadas sigma normal efectivo, τ (σ_n' , τ).

Figura 15: Construcción Círculo de Mohr. Modelo Excel.

Angulo de la Falla	Angulo de Falla (Radianes)	$\sigma_1 - \sigma_3$		$\sigma_1 - \sigma_2$		$\sigma_2 - \sigma_3$		Esfuerzos Efectivos		
		T	σ_n'	T	σ_n'	T	σ_n'	σ_1'	σ_2'	σ_3'
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0.26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0.37	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4.4. ENVOLVENTE DE FALLA

Para hallar la envolvente de falla, se usa la siguiente ecuacion donde τ_s corresponde al esfuerzo de corte critico en el que la falla se desliza y se activa, S_0 es el coeficiente de cohesión el cual es considerado como un valor nulo, como se mencionó anteriormente, μ es el coeficiente de fricción de la roca y σ'_n es el esfuerzo normal efectivo.

$$\tau_s = S_0 + \mu \sigma'_n \tag{32}$$

La envolvente es hallada para determinar el area donde el par de esfuerzos (σ'_n, τ) fractura la roca intacta, pero en esta investigación al considerar cohesion igual a 0, se considera envolvente de reactivacion de la falla.

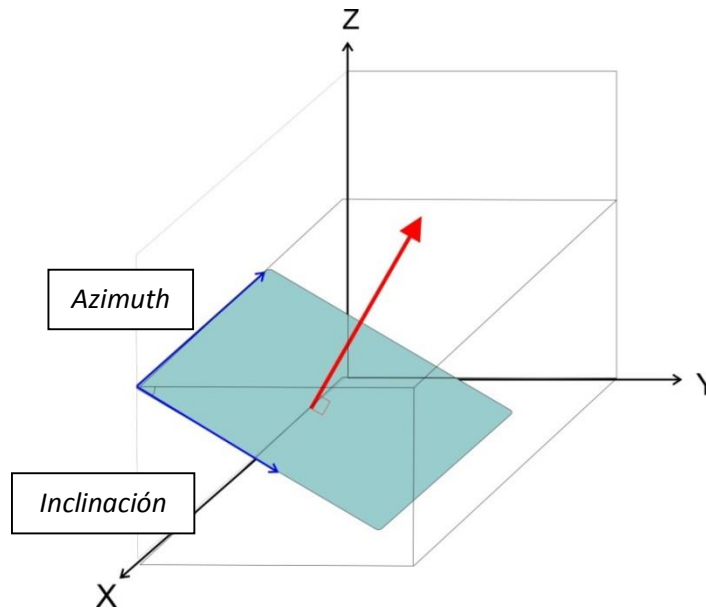
Figura 16: Construcción Envolvente de falla. Modelo Excel.

B	C
Envolvente de reactivacion de fallas	
Esfuerzo Normal efectivo	Tao
0	0
4	2,4
6	3,6
9	5,4
12	7,2
20	12
0	0

4.5. GEOMETRÍA DE LA FALLA

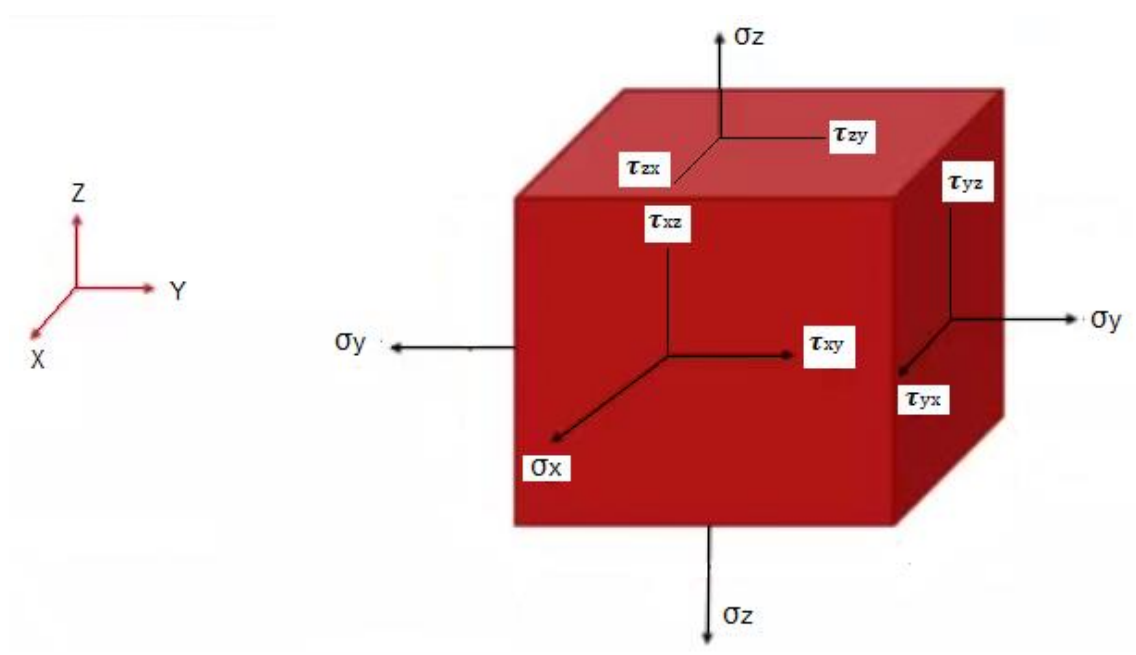
Para conocer la geometría de la falla, se cuentan con los valores de los datos de entrada, los cuales corresponde al dato de *Azimuth* (Rumbo) y *Dip* (inclinación), estos valores se utilizan para determinar el vector normal que representa finalmente el plano de falla.

Figura 17: Representación Gráfica geometría de la falla.



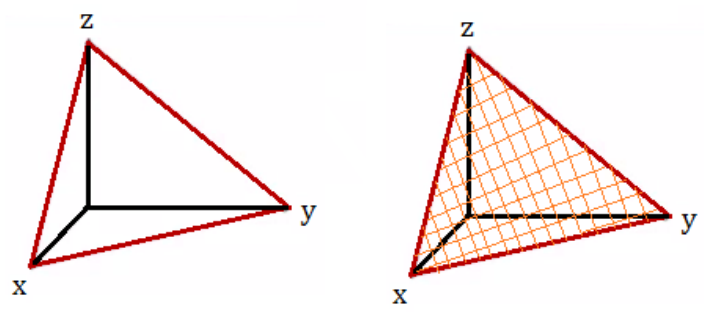
Como ya se mencionó anteriormente la geometría del plano de falla puede representarse o definirse como un vector normal a dicho plano, los ángulos formados entre el vector normal y cada uno de los esfuerzos principales definirá la orientación del plano de falla respecto a la distribución de cada uno de los esfuerzos. Para representar gráfica y matemáticamente el plano de falla, su vector normal y los esfuerzos actuantes sobre el mismo, se considera inicialmente un cubo, ya que en este se pueden representar fácilmente las tres dimensiones, tal como lo muestra la Figura 18, en la cual se denotan los esfuerzos que actúan en los ejes horizontales X, Y y en el eje vertical Z. Considerando un plano inclinado general el cual se encuentra sometido a un campo de esfuerzos, se realiza un corte a este cubo obteniendo finalmente un tetraedro para continuar con el análisis de transformación de esfuerzos en tres dimensiones.

Figura 18: Campo de esfuerzos en un cubo.



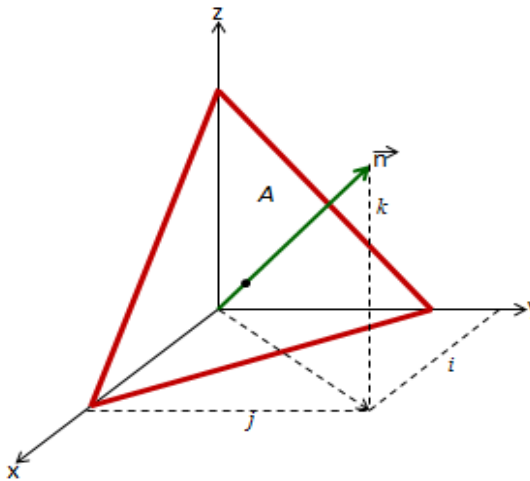
El tetraedro generado a partir de un corte en el cubo permite establecer la distribución de esfuerzos normales y de corte en un plano en general (en este caso, el plano de falla analizado), como se muestra en la Figura 19.

Figura 19: Tetraedro generado a partir de corte en el cubo (Izquierda). Representación plano (Derecha).



4.5.1. Vector normal al plano. Un vector normal representado en las tres dimensiones corresponde a una línea con coordenadas (x, y, z) la cual es perpendicular a una superficie o un plano en particular. Para analizar el vector normal al plano de falla, se parte de la consideración de este como un vector unitario con el fin de especificar la dirección de la cantidad vectorial en el sistema de coordenadas respectivo, en este caso el vector unidad se representa mediante i, j, k , es decir, en la dirección x, y, z respectivamente.

Figura 20: Vector normal al plano de falla.

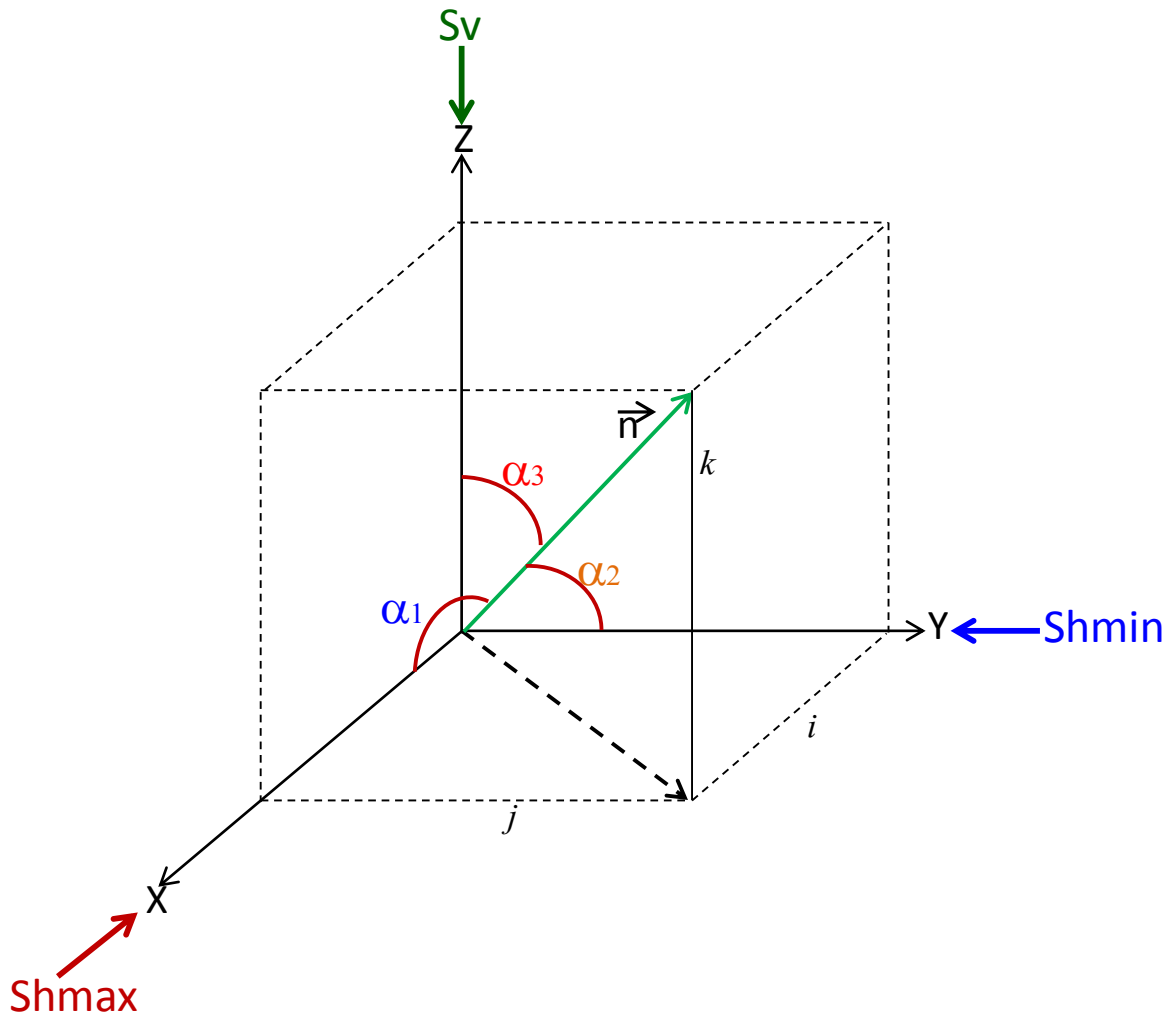


Vector Normal $\vec{n} = \langle i, j, k \rangle$ (33)

Modulo del vector (Magnitud) $\|\vec{n}\| = \sqrt{i^2 + j^2 + k^2}$ (34)

El plano de falla es representado por el vector normal con el fin de conocer los ángulos que hay entre este último y cada uno de los esfuerzos principales, estos ángulos son los denominados cosenos directores. Para evaluar los esfuerzos en un plano en tres dimensiones es preciso conocer los cosenos directores del plano.

Figura 21: Cosenos directores del vector normal que representa el plano de falla.



En base a los cosenos directores se determina las coordenadas del vector normal teniendo en cuenta las siguientes expresiones matemáticas:

$$\cos \alpha_1 = \frac{i}{1} ; \quad \cos \alpha_2 = \frac{j}{1} ; \quad \cos \alpha_3 = \frac{k}{1} \quad (35)$$

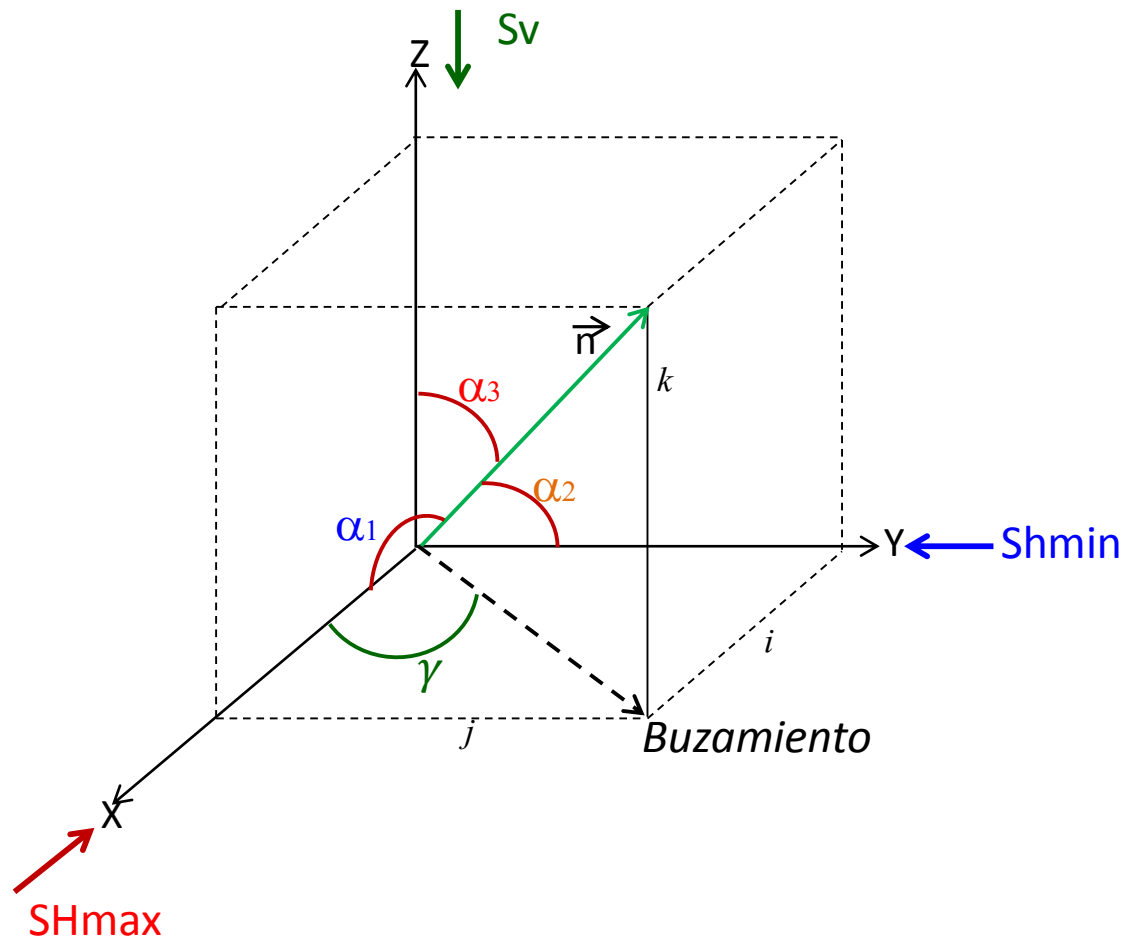
$$i = \cos \alpha_1 ; \quad j = \cos \alpha_2 ; \quad k = \cos \alpha_3 \quad (36)$$

El denominador 1 en la ecuación 35 corresponde a la magnitud del vector unitario, el cual queda finalmente con coordenadas:

$$\vec{n} = \langle \cos \alpha_1 , \cos \alpha_2 , \cos \alpha_3 \rangle \quad (37)$$

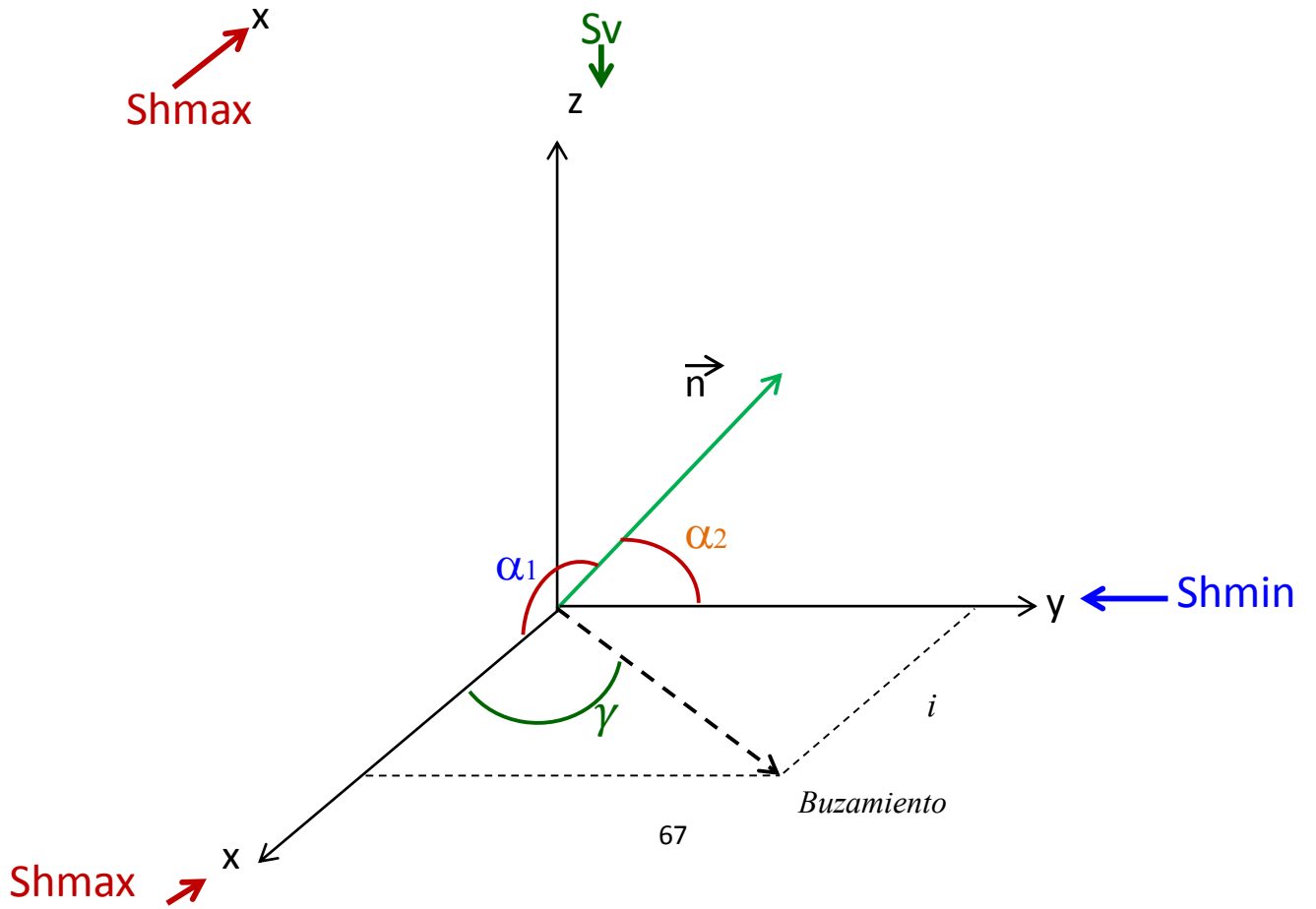
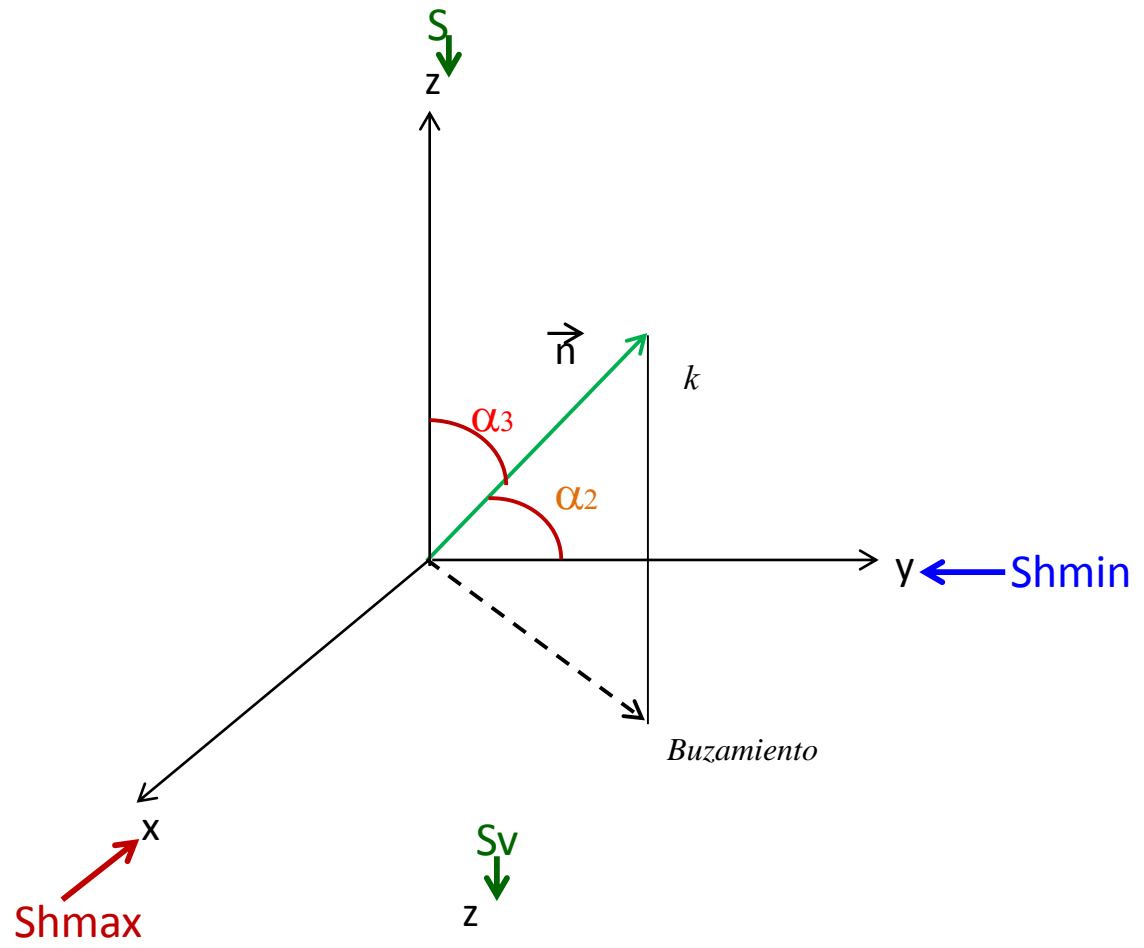
Para determinar el valor de los ángulos $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, donde α_1 se toma respecto al esfuerzo principal horizontal mayor, α_2 se toma respecto al esfuerzo principal horizontal menor y α_3 se toma respecto al esfuerzo principal vertical, es necesario descomponer en un sistema de triángulos rectángulos en el cual la hipotenusa de estos corresponderá a la magnitud del vector normal unitario, la descomposición se hace con el fin de determinar las diferentes relaciones geométricas posibles y poder obtener los valores de los ángulos directores.

Figura 22: Cosenos directores del vector normal, Buzamiento y ángulo gama (γ) para simplificar la representación en triángulos rectángulos.



El valor del ángulo formado entre la normal y el esfuerzo principal Vertical α_3 corresponde al mismo valor de inclinación del plano de falla de los datos de entrada del modelo. Para determinar el valor del ángulo entre la normal y el esfuerzo principal horizontal mayor α_1 se realiza la descomposición mostrada en la Figura 23.

Figura 23: representación de triángulos rectángulos para hallar valores de ángulos directores.



Para determinar α_1 el triángulo que lo contiene tiene como catetos el eje i y el vector normal, según esto el ángulo quedaría expresado como:

$$\text{Cos } \alpha_1 = \frac{i}{\vec{n}} \quad (38)$$

Para poder determinar este ángulo es necesario conocer el valor que representa \hat{i} , para ello, se genera el triángulo mostrado en la Figura 23 superior y se obtiene la siguiente expresión:

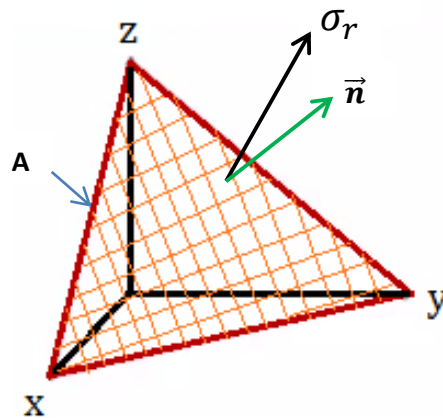
$$\text{Cos } 90 - \alpha_3 = \frac{\|Buzamiento\|}{\vec{n}} \quad (39)$$

Las variables de la ecuación anterior son valores ya conocidos, ahora partiendo de esta, se genera otro triángulo que ayuda igualmente a obtener el valor de las variables desconocidas necesarias para determinar α_1 , en la Figura 23 inferior se ilustra un segundo triángulo cuyos catetos corresponden a \hat{i} y al *Buzamiento* (*Azimuth*+90°), el ángulo formado entre estos dos catetos se expresa como Gama (γ):

$$\text{Cos } \gamma = \frac{i}{\|Buzamiento\|} \quad (40)$$

4.5.2. Esfuerzo normal y de corte en el plano de falla. Para el tetraedro que representa el plano de falla se suponen un esfuerzo principal σ_r que actúa en el plano, la normal al plano como se mostró en el inciso anterior y una área A como se muestra en la Figura 25.

Figura 25: esfuerzo que actúa en el plano de la falla σ_r , vector normal \vec{n} y área del plano de falla A .



Donde \vec{n} está representado por los cosenos directores y cuya coordenada está dada más específicamente por:

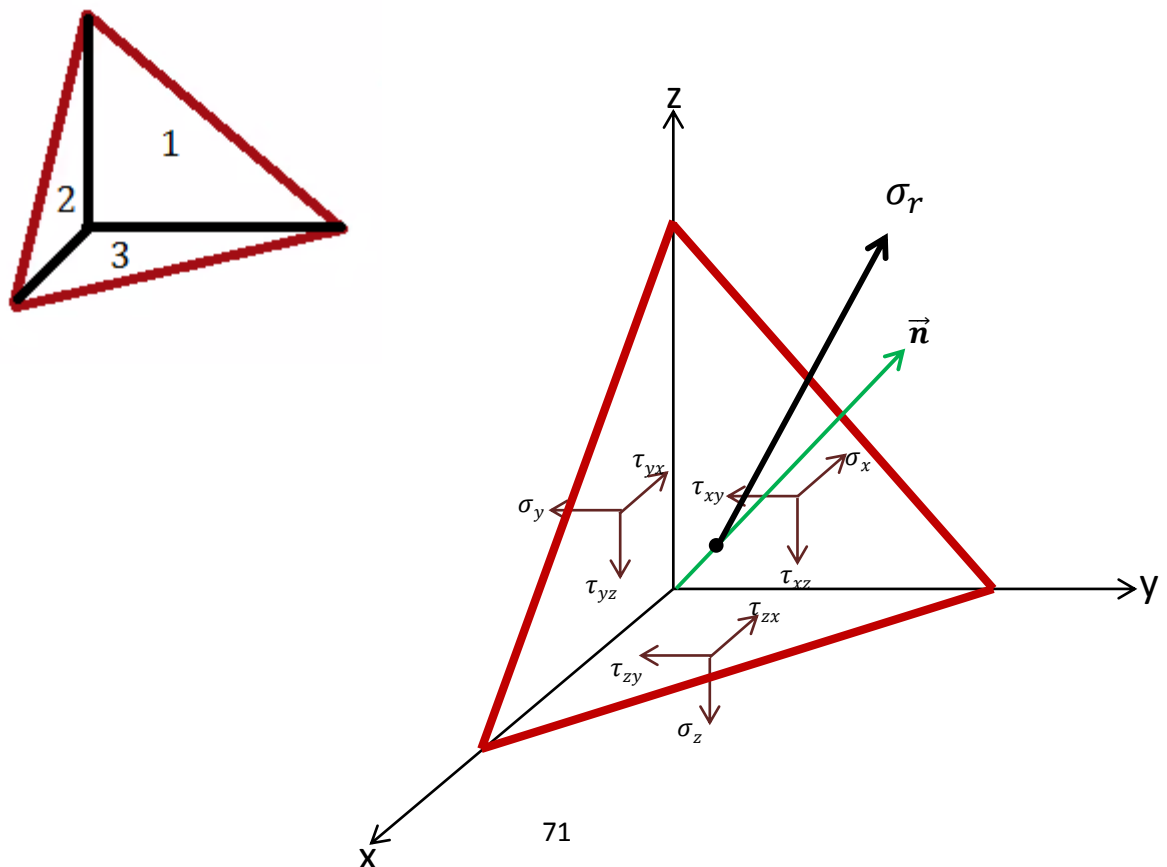
$$\vec{n} = \cos (x) i + \cos (y) j + \cos (z) k \quad (43)$$

El área la podemos expresar multiplicando el área A , que es un escalar, por la normal, ya que necesitamos conocer la proyección de esta área en las caras del tetraedro, es decir, mirar su proyección en cada uno de los ejes x , y , z , esto puede realizarse mediante el producto punto, obteniendo finalmente las áreas en las caras del tetraedro (1,2,3):

$$A = A \cos(x) i + A \cos(y) j + A \cos(z) k \quad (44)$$

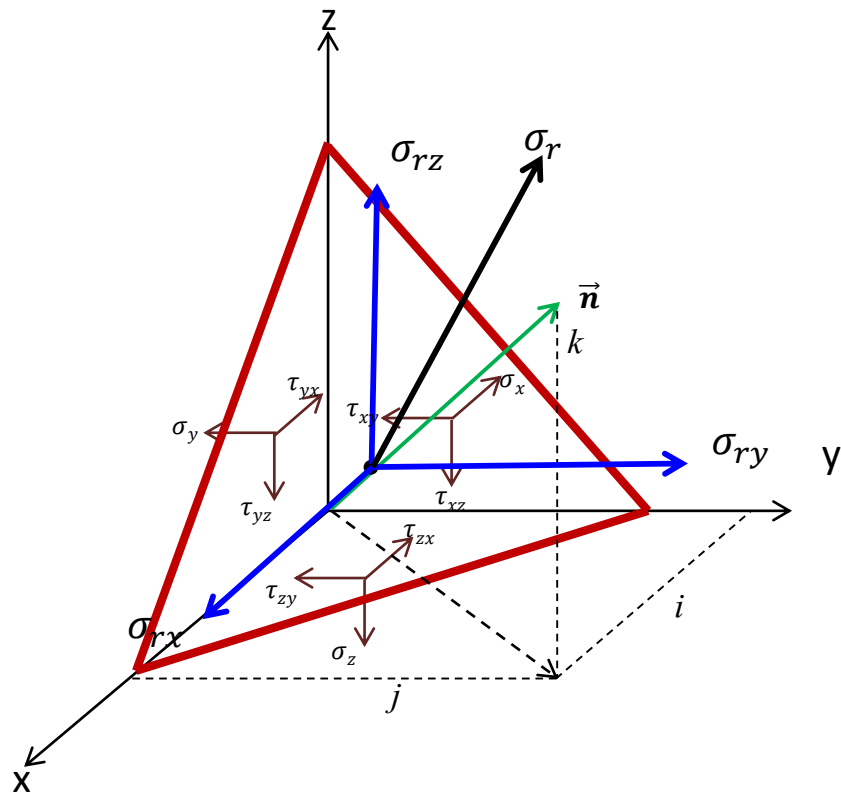
Teniendo las áreas en cada cara del tetraedro, se puede realizar la suma de fuerzas en x , y , z .

Figura 26: esfuerzo que actúa en el plano de la falla, esfuerzos normales y de corte en las caras 1, 2, 3 del tetraedro, vector normal al plano.



En la Figura 27 se muestra la descomposición en esfuerzos normales y de corte en las caras del tetraedro y el esfuerzo σ_r que actúa sobre la cara del plano de falla que se analiza. La sumatoria en x, y, z, permite descomponer σ_r en σ_{rx} , σ_{ry} , σ_{rz} ya que son sus componentes cartesianos (Figura 27).

Figura 27: Descomposición de σ_r en sus componentes cartesianos.



$$\sum \sigma_{rx} = \sigma_{rx}A - \sigma_x A \cos \alpha_1 - \tau_{yx}A \cos \alpha_2 - \tau_{zx}A \cos \alpha_3 \quad (45)$$

$$\sigma_{rx} = \sigma_x \cos \alpha_1 + \tau_{yx} \cos \alpha_2 + \tau_{zx} \cos \alpha_3$$

$$\sum \sigma_{ry} = \sigma_{ry}A - \sigma_y A \cos \alpha_2 - \tau_{xy}A \cos \alpha_1 - \tau_{zy}A \cos \alpha_3$$

$$\sigma_{ry} = \tau_{xy} \cos \alpha_1 + \sigma_y \cos \alpha_2 + \tau_{zy} \cos \alpha_3$$

$$\sum \sigma_{rz} = \sigma_{rz}A - \sigma_z A \cos \alpha_3 - \tau_{xz}A \cos \alpha_1 - \tau_{yz}A \cos \alpha_2$$

$$\sigma_{rz} = \tau_{xz} \cos \alpha_1 + \tau_{yz} \cos \alpha_2 + \sigma_z \cos \alpha_3$$

$$\sigma_{rx} = \sigma_x \cos \alpha_1 + \tau_{yx} \cos \alpha_2 + \tau_{zx} \cos \alpha_3$$

(46)

$$\sigma_{ry} = \tau_{xy} \cos \alpha_1 + \sigma_y \cos \alpha_2 + \tau_{zy} \cos \alpha_3$$

$$\sigma_{rz} = \tau_{xz} \cos \alpha_1 + \tau_{yz} \cos \alpha_2 + \sigma_z \cos \alpha_3$$



Representado en forma matricial

$$\begin{bmatrix} \sigma_{rx} \\ \sigma_{ry} \\ \sigma_{rz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{yx} & \tau_{zx} \\ \tau_{xy} & \sigma_y & \tau_{zy} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \alpha_1 \\ \cos \alpha_2 \\ \cos \alpha_3 \end{bmatrix}$$

(47)

Los esfuerzos normales de la diagonal σ_x , σ_y , σ_z , corresponden a los esfuerzos efectivos que actúan en el plano de falla y los esfuerzos de corte se consideran nulos.

Finalmente el esfuerzo normal se obtiene mediante el producto punto entre σ_{rx} , σ_{ry} , σ_{rz} y el vector normal al plano de falla.

$$\sigma_r = \langle \sigma_{rx}, \sigma_{ry}, \sigma_{rz} \rangle \quad (48)$$

$$\vec{n} = \cos(x) i + \cos(y) j + \cos(z) k$$

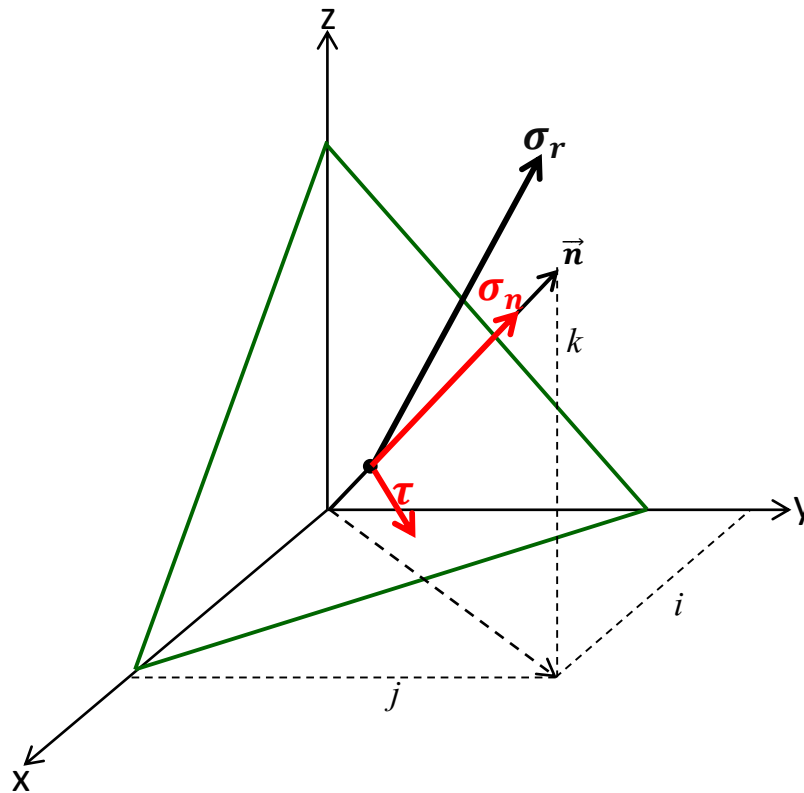


$$\sigma_n = \sigma_r \cdot \vec{n} \quad (49)$$

El esfuerzo de corte se puede determinar mediante:

$$\tau = \sqrt{\sigma_r^2 - \sigma_n^2} \quad (50)$$

Figura 28: Esfuerzo normal y de corte que actúan en el plano de falla.



En la Figura 28, quedan expresados el esfuerzo normal, y de corte que actúan en el plano de falla, el esfuerzo normal actúa paralelo a la normal al área del plano.

Figura 29: Esfuerzo normal y de corte que actúan en el plano de falla. Modelo Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		X	Y	Z	MAGNITUD			
2	SIGMA R	-0,314403156	0,503892417	0,64278761	0,875175882			
3	VECTOR NORMAL	-0,26200263	0,71984631	0,64278761	1			
4								
5	SIGMA NORMAL	0,858275462						
6	TAO	0,171160903						
7								
8								
9	SIGMA RX	-0,314403156		1,2	0	0		-0,2620026
10	SIGMA RY	0,503892417		0	0,7	0		0,71984631
11	SIGMA RZ	0,64278761		0	0	1		0,64278761
12								
13								
14								

4.5.3. Criterios de reactivación de falla. Los criterios de reactivación como se mencionó en el capítulo 2, proporcionan rangos de valores en los cuales se puede establecer si se produce o no generar reactivación. El criterio de tendencia de deslizamiento modificado y el criterio de *Coulomb Failure Stress Change (CFS)* en el modelo de Excel proporcionan cifras que indican a qué condiciones un plano de falla en general se está acercando a la reactivación, el primero para relaciones mayores o iguales a 1, la falla se reactivará, mientras que los valores menores a 1 indicarán que no se reactiva y el segundo establece que un plano de falla se activa cuando el CFS es igual o mayor que cero como se muestra en la Figura 30, estos límites de valores son establecidos dependiendo de la relación matemática que representa cada criterio. El criterio de Mohr Coulomb queda expresado gráficamente.

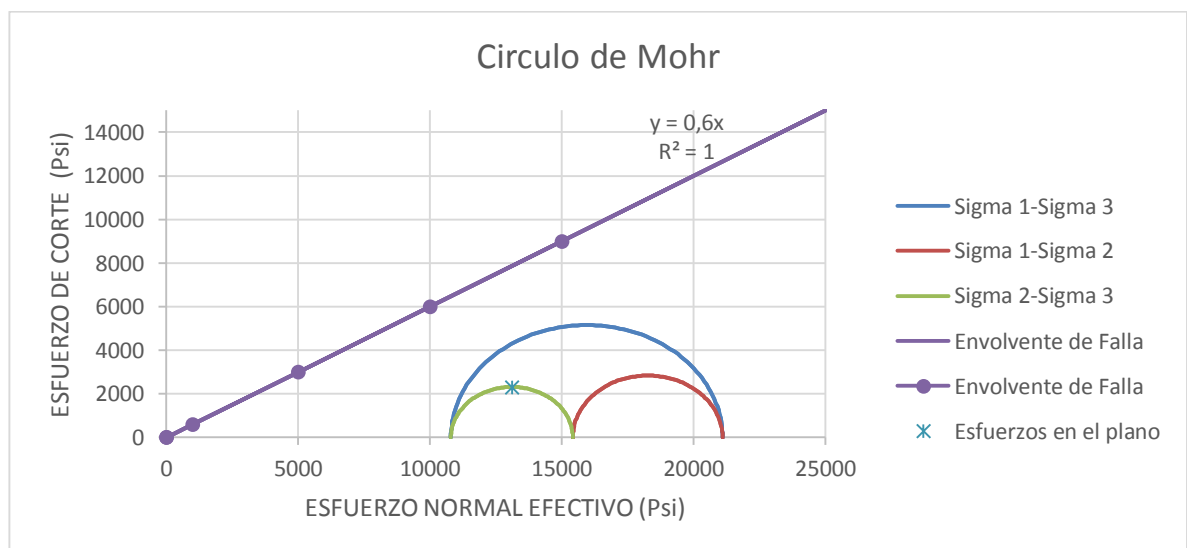
Figura 30: Criterios de Reactivación. Modelo Excel.

	F	G	H	I
Criterios de Reactivación de Falla				
Tendencia de Deslizamiento Modificado (TSM)				
Tao		0,171160903	0,332373676	NO SE REACTIVA
Tao slip		0,514965277		
Coulomb Failure Stress Change (CFS)				
CFS		-0,343804375		NO SE REACTIVA

4.6. GRÁFICA POTENCIAL DE REACTIVACIÓN

Finalmente la gráfica del potencial de reactivación que el modelo genera con valores generales en los datos de entrada queda como lo muestra la Figura 31.

Figura 31: Gráfica potencial de reactivación. Modelo Excel.



4.7. VALIDACIÓN MODELO

La validación de un modelo implica hacer pruebas sobre este con datos reales tomados de otros documentos ya publicados, en el cual se analicen los mismos parámetros para poder hacer una buena correlación en los resultados y encontrar correctamente la aplicabilidad de nuestra herramienta. El modelo de esta investigación se validó con dos documentos publicados, el primer documento fue publicado por la Multinacional Baker Hughes en 2012, el cual utilizan un software para generar modelos en 3D del Potencial de Reactivación de fallas basados en el conocimiento preciso de la presión de poro y la orientación y magnitudes de los esfuerzos in situ. El segundo documento publicado por la International Journal of Greenhouse Gas Control, generan un modelamiento geomecánico en el cual analizan y describen los cambios de esfuerzos en el Campo Naylor, Australia, incorporando análisis de reactivación de fallas para estimar el incremento mínimo de presión de poro requerida para causar reactivación de fallas. La validación será descrita a continuación.

- **Título de la Publicación:** Geomechanics Modeling for Fault Reactivation Forecasting.
Año de Publicación: 2012
Entidad: Baker Hughes

En la Compañía Baker Hughes, los expertos en geomecánica utilizan los Software GMI • ModelBuilder, GMI • SFIB y el software GMI • FaultSeal, para construir modelos 3D de potencial reactivación de fallas. Estos modelos son usados para predecir el riesgo de reactivación debido a la inyección o producción de

hidrocarburos a diferentes profundidades asumiendo que la producción o la inyección en un reservorio puede conducir a cambios en los esfuerzos locales y la presión del yacimiento, generando una reactivación de fallas, antiguamente "inactivas", y por lo tanto hidráulicamente conductoras. La herramienta que es utilizada permite realizar un análisis de riesgo cuantitativo de las incertidumbres asociadas con las determinaciones de magnitudes de esfuerzos y orientaciones, la presión de poro y orientaciones de las fallas y su posible escenario de reactivación.

Los datos de esfuerzos, presión de poro, coeficientes de fricción y cohesión, utilizados y modelados en el documento publicado se muestran en la tabla 1.

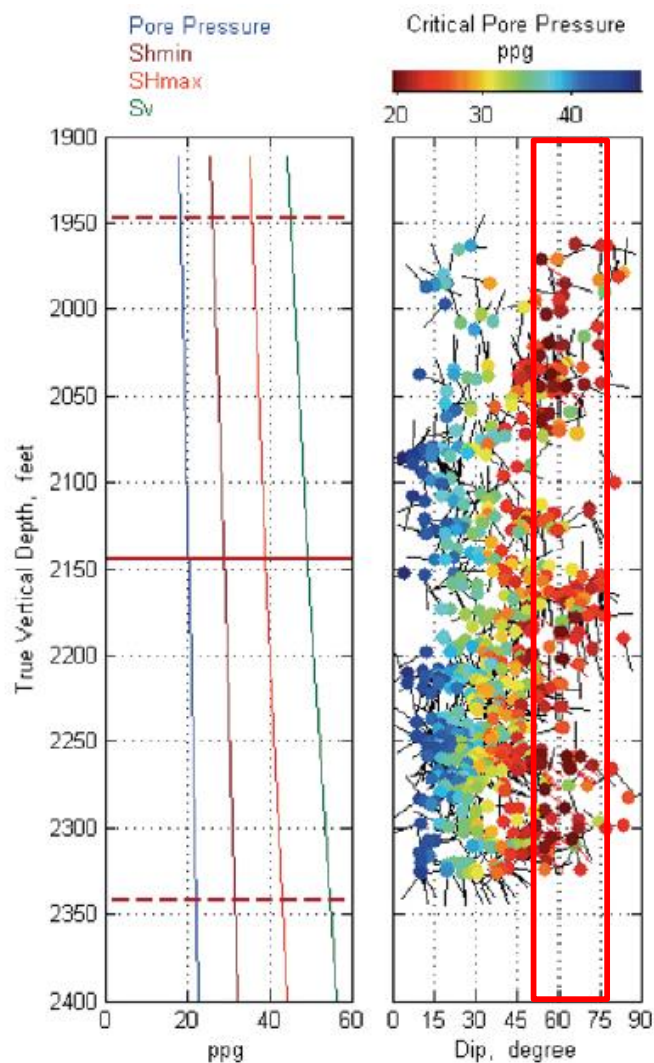
Tabla 1: Datos de entrada para validación 1

Datos	
σ_v	5505,27 Psi
σ_H	4366,98 Psi
σ_h	3228,69 Psi
Coeficiente de fricción	0,6
Coeficiente de Biot	1
Azimut del σ_H	38°
Presión de Poro	2281,04 Psi
Cohesión	0
Profundidad	2144 ft

Fuente: Baker Hughes, *Geomechanics Modeling for Fault Reactivation Forecasting*, 2012.

En un régimen normal de fallamiento los resultados arrojados por el Software utilizado en esta publicación muestran que las fallas con ángulos de inclinación entre los 45° - 60°, tienen más potencial de reactivación como lo muestra la Figura 32.

Figura 32: Resultados arrojados por los Software *GMI • ModelBuilder*, *GMI • SFIB* y el software *GMI • FaultSeal*.

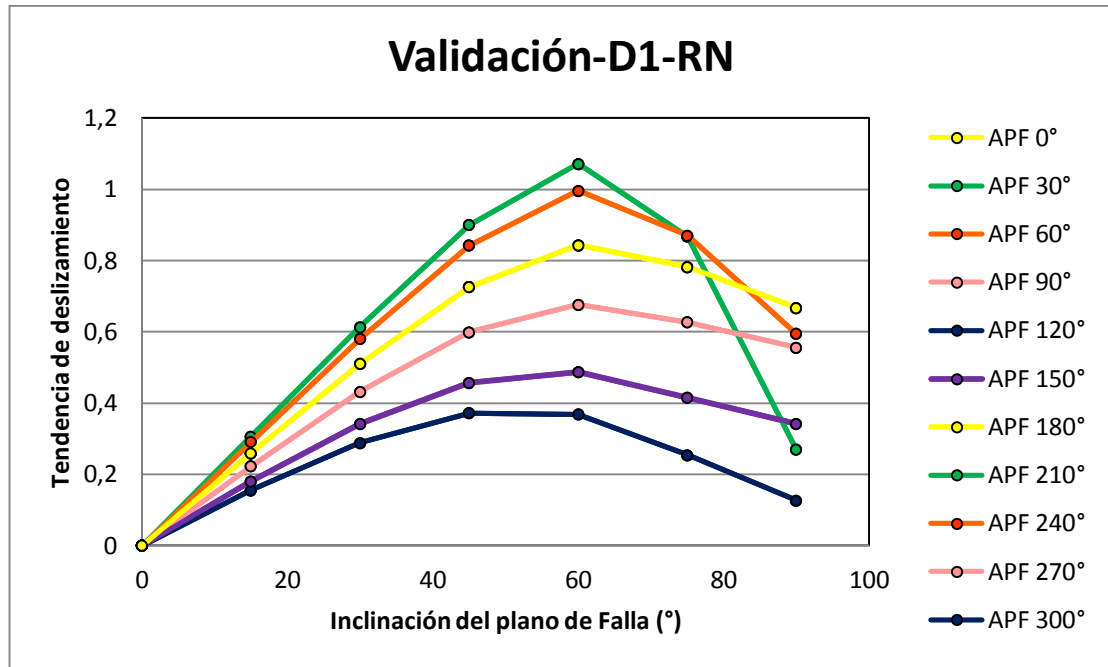


Fuente: Baker Hughes, *Geomechanics Modeling for Fault Reactivation Forecasting*, 2012.

Luego de tomar estos datos reales, se inserta en el modelo de reactivación hecho en esta investigación para comprobar si los resultados arrojados concuerdan con los resultados anteriormente mostrados del documento.

Primero se insertan los valores de la tabla 1 y luego comenzamos a variar los valores de la geometría de cada plano de falla, se varían los ángulos de inclinación desde 0° - 90° dentro de un rango de azimut de plano de falla desde 0° - 360° . Los resultados que se obtienen con el modelo de esta investigación muestra que los valores con más potencial de reactivación son los planos de fallas con *Azimuth* entre los 30° , 60° , 210° y 240° con inclinaciones entre los 45° y 60° (Ver Anexo A), pues tienen los valores más altos de tendencia al deslizamiento como lo muestra la Figura 33. Según los resultados mencionados anteriormente este modelo tiene validez ya que concuerda con los resultados de la Figura 32, en la cual los colores más rojos, indican que el mayor potencial de reactivación se encuentra sobre las líneas verticales que representan planos de fallas inclinados a 45° y 60° .

Figura 33: *Tendencia de deslizamiento para diferentes geometrías de plano de falla. Datos de entrada Validación. (Ver Anexo A).*



- Titulo de la Publicación:** Geomechanical analysis of the Naylor Field, Otway Basin, Australia: Implications for CO₂ injection and storage
Año de Publicación: 2010
Entidad: International Journal of Greenhouse Gas Control.

El riesgo de reactivación de fallas se calcula aquí usando un modelamiento en 3D mediante los datos que se describen en la tabla 2. La técnica usada determina el riesgo de reactivación de fallas mediante la estimación del aumento de la presión de poro requerida para causar la reactivación.

Tabla 2: Datos de entrada para validación 2

Régimen de falla	σ_v (Psi)	σ_H (Psi)	σ_h (Psi)	Presión de Poro (Psi)	Azimut σ_H (N)
------------------	------------------	------------------	------------------	-----------------------	-----------------------

R. Normal	6294.63	5076.31	4264.10	2538.15	142
R. Rumbo	6294.63	7628.98	4264.10	2538.15	142

Fuente: *International Journal of Greenhouse Gas Control, Geomechanical analysis of the Naylor Field, Otway Basin, Australia: Implications for CO2 injection and storage, 2010.*

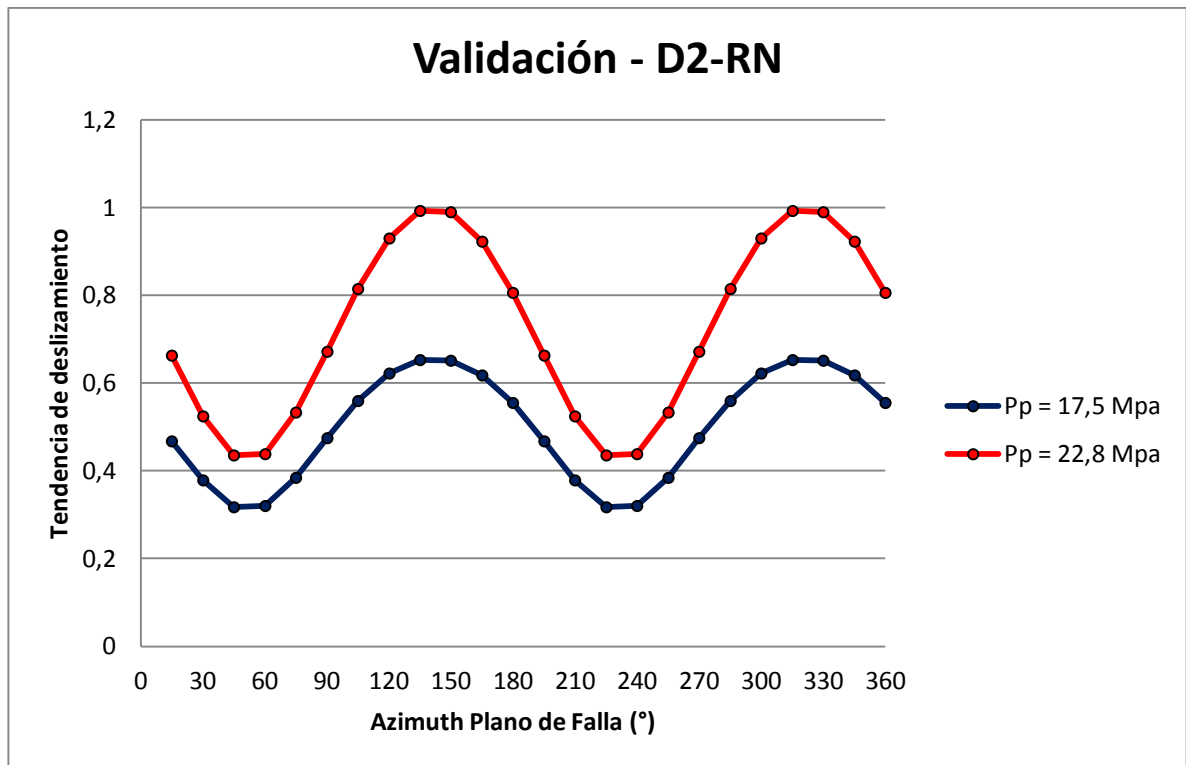
En el documento se evalúan 3 escenarios de posible reactivación, dos escenarios para régimen de rumbo y un escenario para régimen normal, pero como lo muestra la tabla 2 solo se valida con un escenario de cada régimen. Los resultados arrojados en esta investigación muestran que para el régimen normal, las fallas con rumbos subparalelos a la orientación del esfuerzo horizontal máximo y con inclinaciones de 60° tienen el mayor riesgo de ser reactivadas. Para el régimen de rumbo los resultados muestran que las fallas que mayor riesgo presentan para ser reactivadas corresponden a aquellas que estén orientadas a 60° del esfuerzo horizontal menor y que este inclinadas casi verticalmente. Luego de calcular el nivel de riesgo de reactivación, establecen la presión de poro mínima que puede reactivar estas fallas con alto riesgo. Para el régimen normal establecen que con un cambio mínimo de presión de poro de 769 Psi (5,3 Mpa) las fallas en alto riesgo serán reactivadas, mientras que para el régimen de rumbo el cambio mínimo en presión de poro que puede llegar a reactivar corresponde a tan solo 145 Psi (1 Mpa).

Según los resultados mencionados anteriormente, se valida el modelo de esta investigación con los datos de entrada de la tabla 2. Los resultados arrojados por el modelo, al incluir estos datos reales para su validación son los que se muestran a continuación:

➤ **Régimen Normal**

- **Presión de poro Inicial:** 2538,15 Psi (17,5 Mpa)
 - **Delta de Presión de poro necesaria para reactivar:** 769 Psi (5,3 Mpa)
 - **Azimut de plano de falla con más riesgo de reactivación:** Planos de falla subparalelas al esfuerzo Horizontal mayor. (ver Anexo A)
-
- **Presión de poro para reactivar:** 3306.85 Psi (22,8 Mpa)
 - **Delta de Presión de poro necesaria para reactivar:** 769 Psi (5,3 Mpa).
 - **Azimuth de plano de falla con más riesgo de reactivación:** subparalelas al esfuerzo Horizontal mayor (Ver Anexo A)

Figura 34: *Potencial de Reactivación en Régimen Normal. Datos de entrada validación. (Ver Anexo A)*



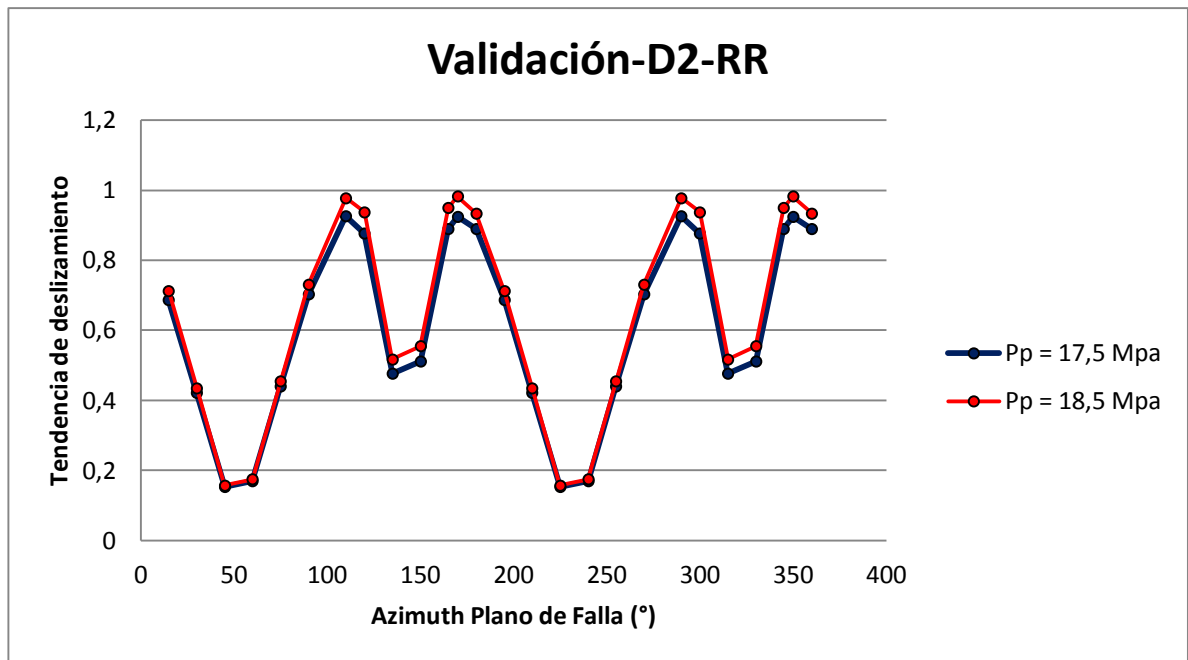
La Figura 34 muestra que con tan solo 769 Psi (5,3 Mpa), de aumento en la presión de poro se pueden reactivar las fallas con mayor riesgo, las cuales corresponde a aquellas que tienen rumbos de 135° - 150° y de 315° - 330° siendo estos ángulos de Azimuth subparalelos a la orientación del esfuerzo horizontal mayor.

➤ Régimen Rumbo

- **Presión de poro Inicial:** 2538,15 Psi (17,5 Mpa)
- **Delta de Presión de poro necesaria para reactivar:** 145 Psi (1 Mpa)

- **Azimuth de plano de falla con mayor riesgo de reactivación:** fallas con inclinación subvertical (80° para esta prueba), rumbo de plano de falla a 60° desde el esfuerzo horizontal mínimo. (Ver Anexo A)
- **Presión de poro para reactivar:** 2683.19 (18,5 Mpa)
- **Delta de Presión de poro necesaria para reactivar:** 145 Psi (1 Mpa)
- **Azimuth de plano de falla con más riesgo de reactivación:** fallas con inclinación subvertical, rumbo a 60° desde el esfuerzo horizontal mínimo. (Ver Anexo A)

Figura 35: Potencial de Reactivación en Régimen Rumbo. Datos de entrada validación. (Ver anexo A).



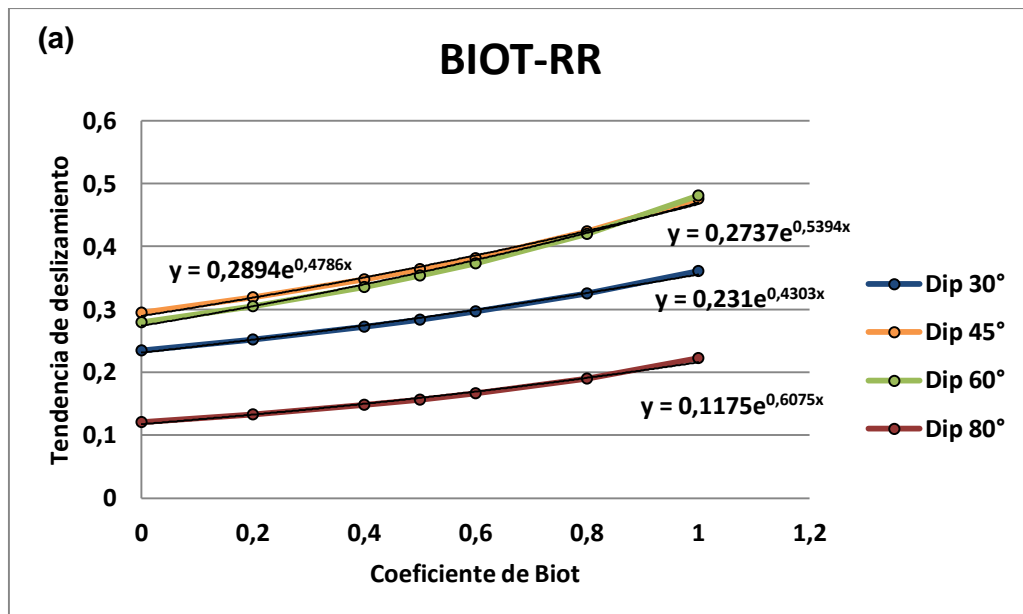
Para el régimen rumbo las fallas inclinadas casi verticalmente tienden a reactivarse cuando tienen *azimuth* entre los 110° , 170° , 290° y 350° como lo muestra la figura 35, estos ángulos corresponden a ángulos que están a 60° desde el esfuerzo horizontal mínimo, ya sea tomado en dirección a las manecillas del reloj o en contra

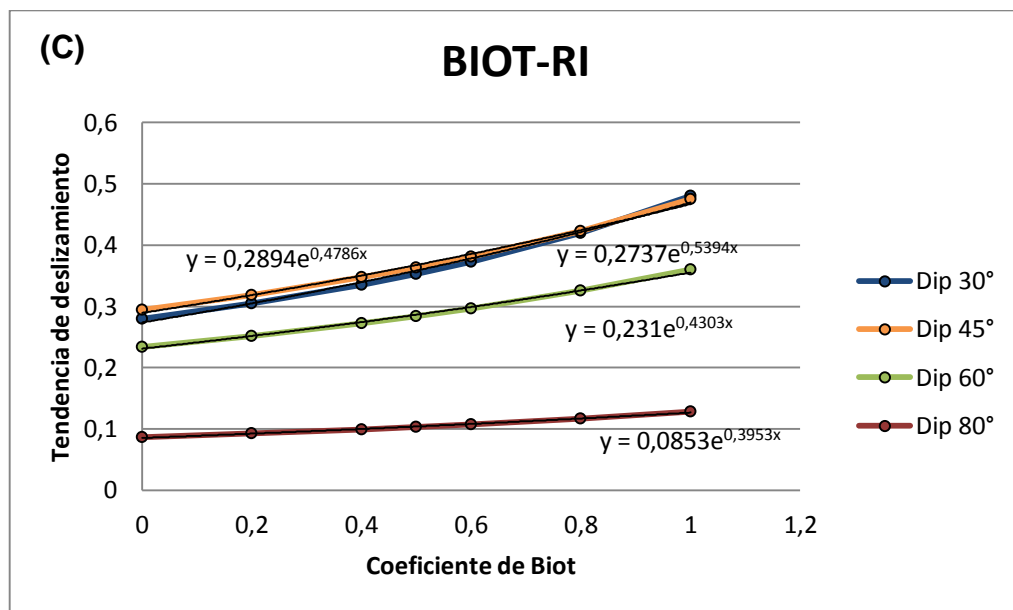
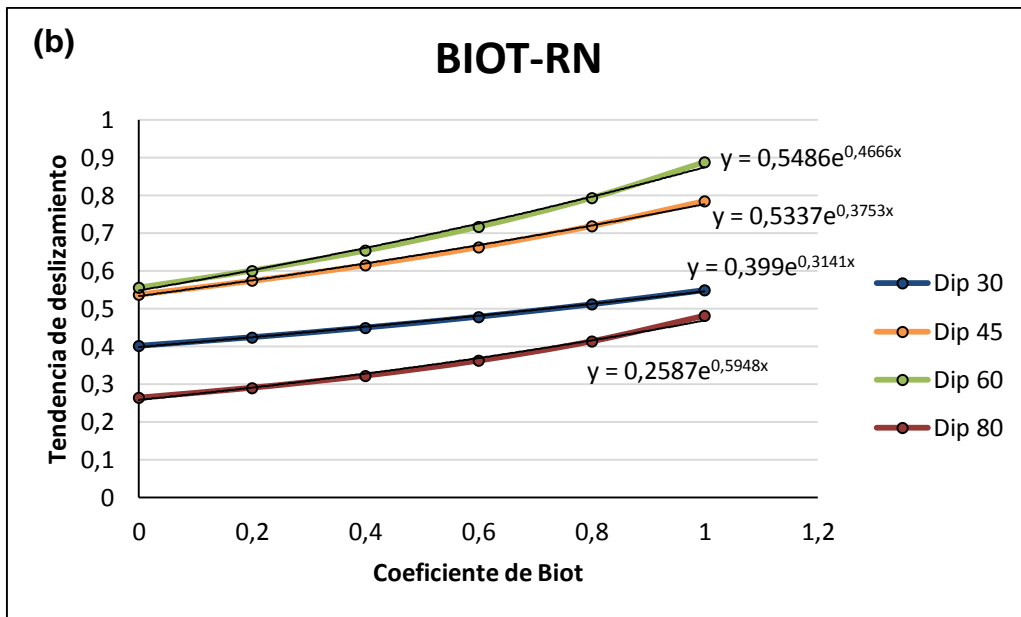
de ellas. El cambio mínimo en la presión de poro que induce a la reactivación para fallas en este régimen corresponde a 145 Psi (1 Mpa), cabe mencionar que a medida que el ángulo de inclinación se acerca a 90° la tendencia de deslizamiento del plano de falla aumenta.

5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

5.1. SENSIBILIDAD COEFICIENTE DE BIOT

Figura 36: Gráfica de sensibilidad para el coeficiente de Biot. (a) Régimen Rumbo (RR), (b) Régimen Normal, (c) Régimen inverso. (ver Anexo B)



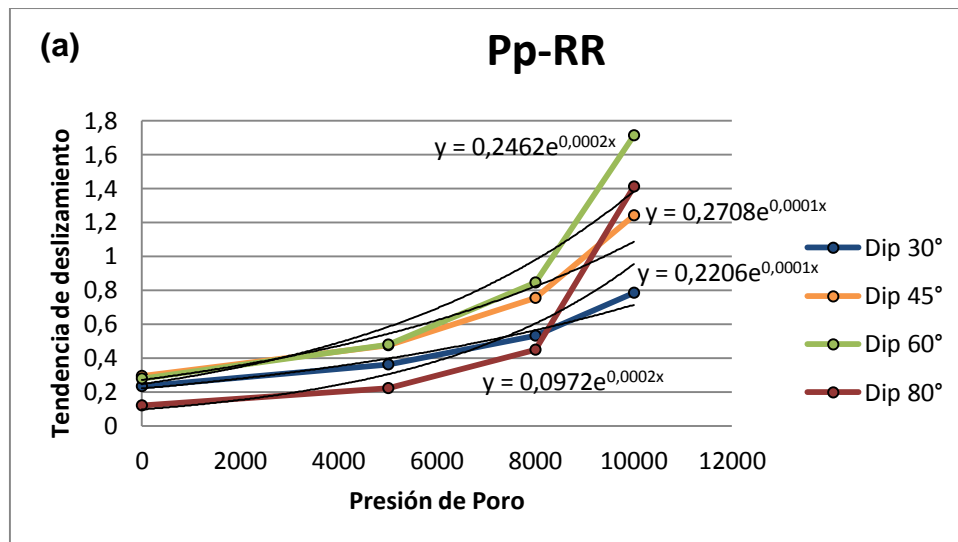


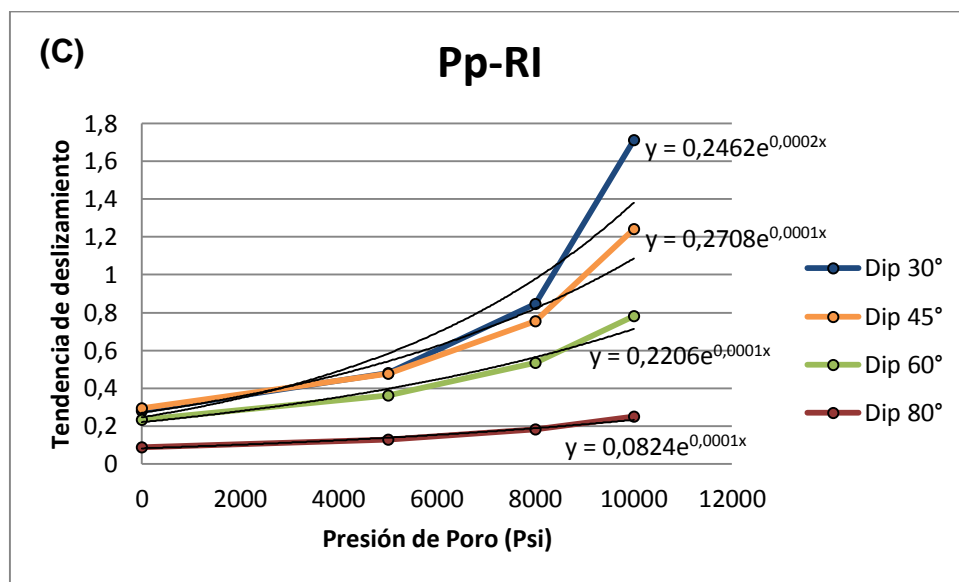
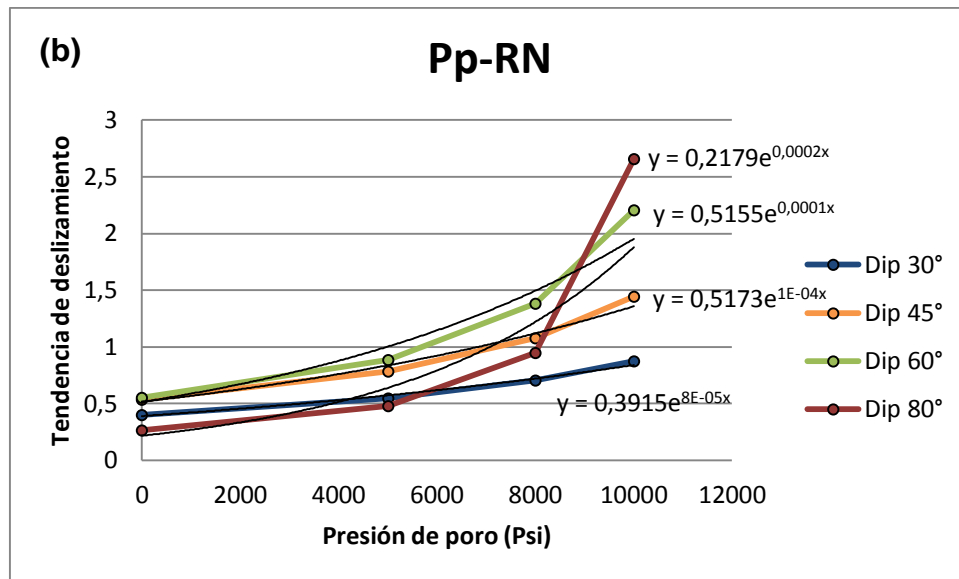
Las gráficas de sensibilidad para el Coeficiente de Biot, generadas por el modelo de reactivación, muestran que las curvas tienen tendencia exponencial, es decir, a medida que el valor de Biot se acerca a 1, la razón de cambio entre Biot y la tendencia de deslizamiento es mayor. La pendiente positiva de cada curva indica que a medida que el valor del coeficiente de Biot aumenta la tendencia de

deslizamiento también aumenta incrementado a su vez el potencial de reactivación para todas las fallas a cualquier ángulo de inclinación. Para el régimen de falla Normal y Rumbo, las fallas más sensibles al aumento en el coeficiente de Biot son las fallas con ángulo de inclinación $> 45^\circ$ a diferencia en el régimen inverso en el cual la mayor sensibilidad al cambio de Biot la presentan las fallas inclinadas a ángulos $< 45^\circ$.

5.2. SENSIBILIDAD PRESIÓN DE PORO

Figura 37: Gráfica de sensibilidad para la presión de poro. (a) Régimen Rumbo (RR), (b) Régimen Normal, (c) Régimen inverso. (Ver Anexo B)



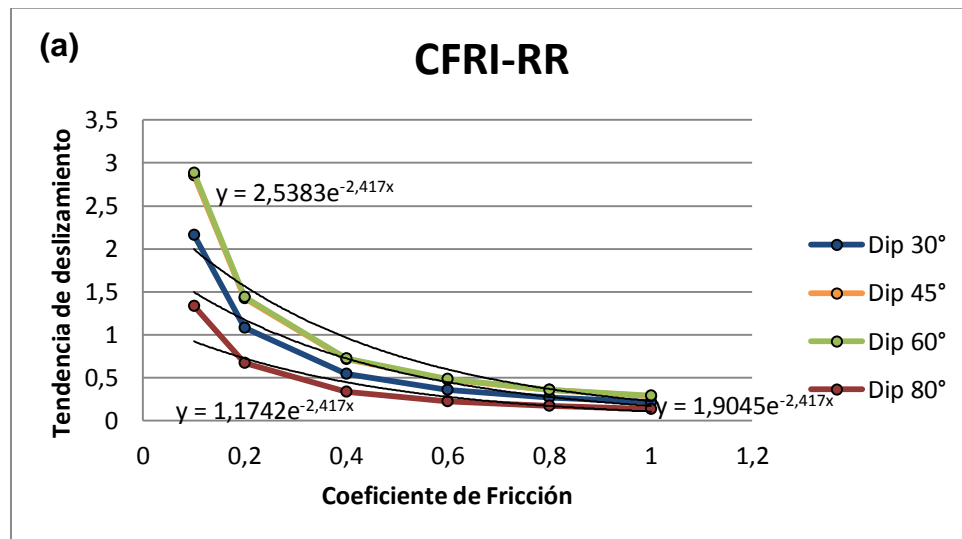


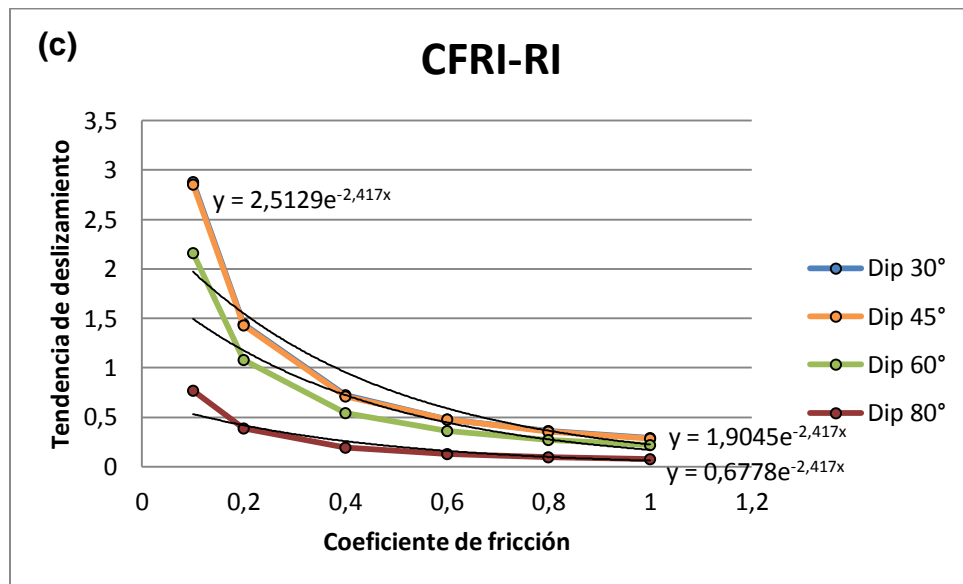
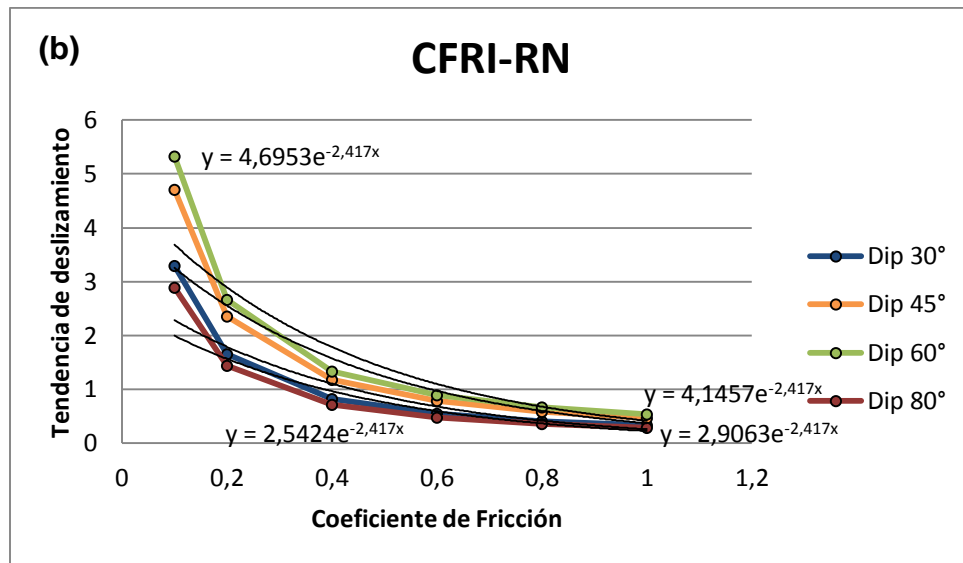
Las gráficas para los diferentes regímenes tienen tendencia exponencial indicando que a medida que aumenta la presión de poro la razón de cambio entre este valor y la tendencia de deslizamiento se hace mayor. La pendiente positiva sugiere que el aumento en el valor de presión de poro incrementa los valores de tendencia al

deslizamiento y el potencial de reactivación se hace mayor. A medida que la presión de poro se acerca al valor del esfuerzo mínimo principal aumenta el riesgo de reactivación y fracturamiento de la roca. De forma análoga a la tendencia que muestra el coeficiente de Biot, la presión de poro para el régimen de falla Normal y Rumbo, las fallas más sensibles al aumento en la presión de poro son las fallas con ángulo de inclinación $> 45^\circ$ a diferencia en el régimen inverso en el cual la mayor sensibilidad al cambio en la presión de poro la presentan las fallas inclinadas a ángulos $< 45^\circ$.

5.3. SENSIBILIDAD COEFICIENTE DE FRICCIÓN

Figura 38: Gráfica de sensibilidad para el coeficiente de fricción. (a) Régimen Rumbo (RR), (b) Régimen Normal, (c) Régimen inverso. (Ver Anexo B)



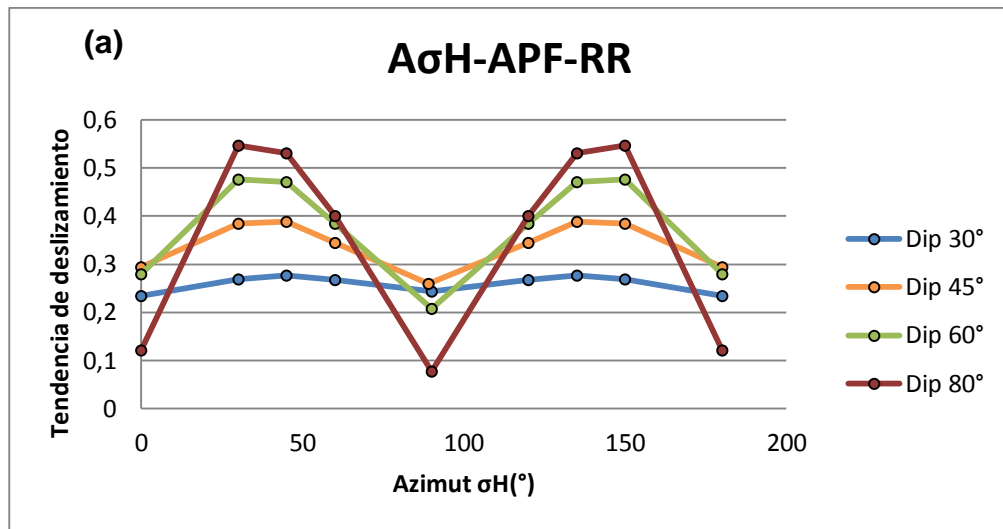


La tendencia potencial que muestran las gráficas para los diferentes regímenes indica que la tendencia al deslizamiento disminuye cuando el valor de coeficiente de fricción se acerca a 1, indicando de esta manera una pendiente negativa. En un régimen inverso las fallas más sensibles con el cambio en el coeficiente de fricción son aquellas inclinadas a ángulos $<45^\circ$, para el régimen Normal las fallas más sensibles son las inclinadas a 60° , es decir, que el esfuerzo mayor principal incida

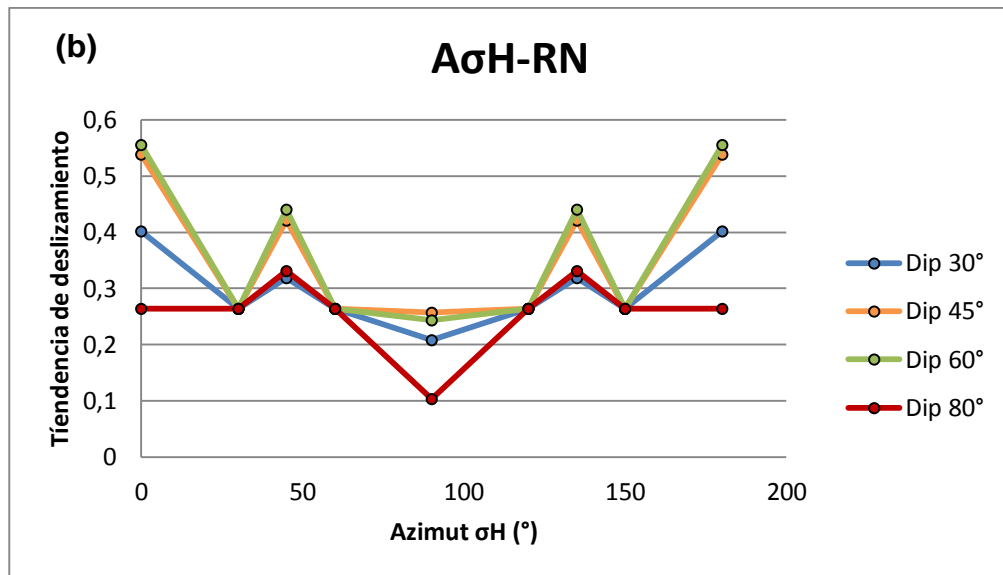
a 30° de la falla, para el régimen rumbo las fallas con inclinaciones entre 45° y 60° son las más sensibles. Este resultado en el régimen rumbo se debe a la configuración de esfuerzos, es decir, si en un caso ideal se tiene una falla inclinada a 90° y orientada a 30° del esfuerzo principal mayor serán las que presenten los mayores potenciales de reactivación. Los valores más bajos en el coeficiente de fricción los presentan las arcillas, debido a la poca o nula adherencia que tienen los granos que la componen entre sí, estos valores se encuentran dentro del rango ~ 0,4 – 0 (Colmenares & Zoback, 2002), los cuales muestran la mayor sensibilidad en los resultados, debido a esto podemos sugerir que aquellos planos de falla que contengan un gran espesor de material arcilloso o gouge de falla, puede presentar un potencial de reactivación muy elevado, mientras que para planos de falla con materiales más fuertes y resistentes el potencial de reactivación de falla disminuye considerablemente.

5.4. SENSIBILIDAD AZIMUT Σ_H - ORIENTACIÓN DE LA FALLA

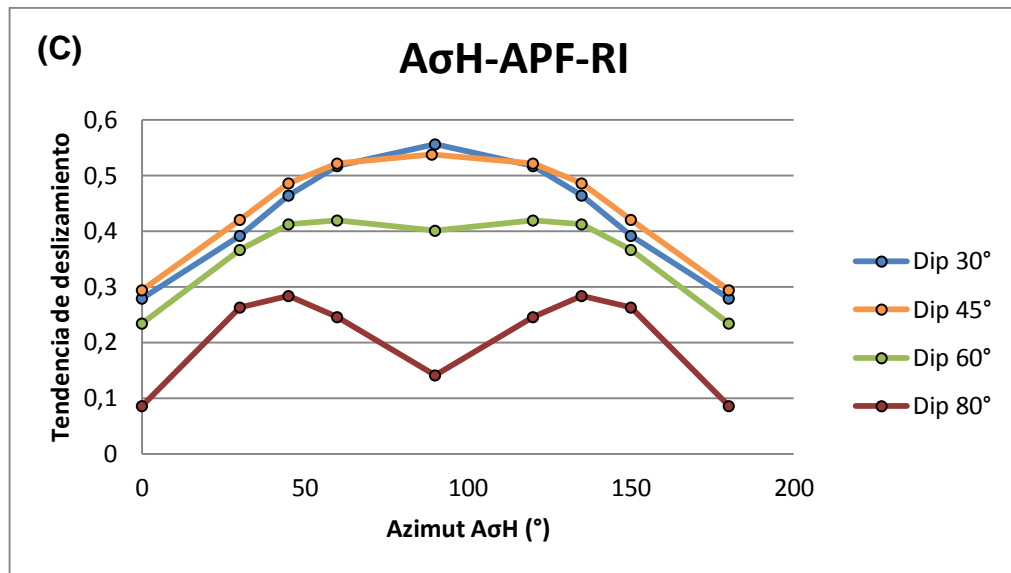
Figura 39: Gráfica de sensibilidad para Azimuth del esfuerzo máximo horizontal y el Azimuth de la Falla. (a) Régimen Rumbo (RR), (b) Régimen Normal, (c) Régimen inverso. (Ver anexo B)



Para el régimen de rumbo las fallas con inclinaciones subverticales a verticales tienen mayor potencial de reactivación cuando el esfuerzo horizontal máximo (σ_H) incide a 30° sobre el plano de falla, tal como lo muestra el dato de mayor tendencia de deslizamiento mostrado en la figura 46 (a). Las fallas con inclinaciones menores a los 45° tienen mayor tendencia al deslizamiento cuando el esfuerzo horizontal mayor (σ_H) incide a 45° del plano de falla, como estas fallas se alejan del valor de inclinación que cumple con el régimen rumbo (inclinaciones verticales) comienzan a tener tendencias diferentes.



Para régimen normal, puesto que el esfuerzo horizontal mayor (σ_H) corresponde al esfuerzo principal intermedio y no al esfuerzo principal mayor como lo hacen el régimen inverso y rumbo, los resultados muestran que las fallas con inclinaciones características de un régimen normal, entre los 45° y 60°, tienen mayor tendencia de deslizamiento cuando el σ_H incide paralelo al plano de falla, es decir, no hay una resistencia en dirección a este esfuerzo. pero si el análisis se hace en base al esfuerzo principal mayor en este régimen (σ_v), tal como se hizo en régimen normal e inverso, las fallas con mayor tendencia de deslizamiento e inclinaciones de 60° características del régimen, son aquellas en las que el esfuerzo principal mayor σ_v incida a 30° sobre el plano de falla.

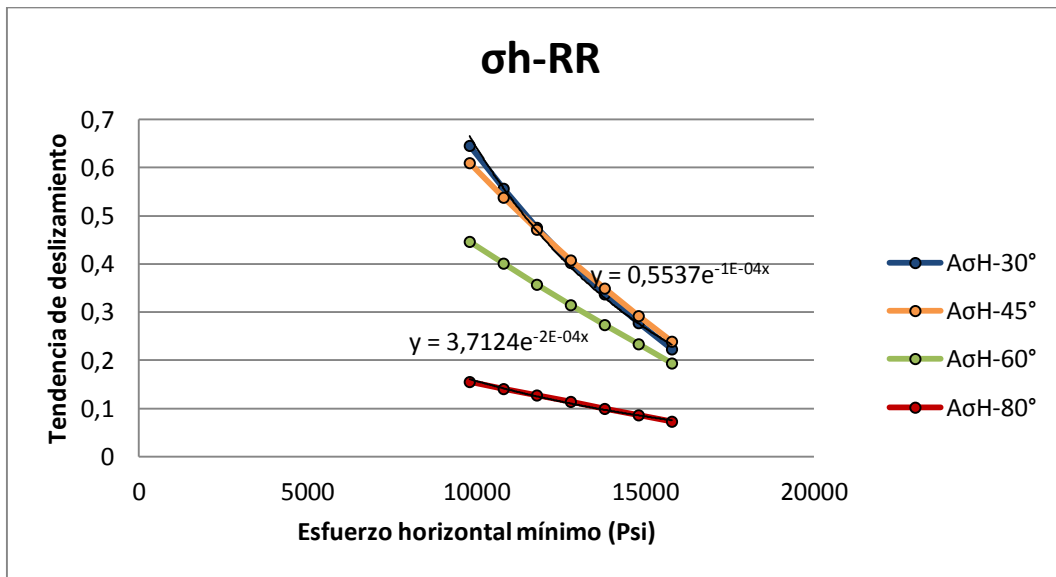
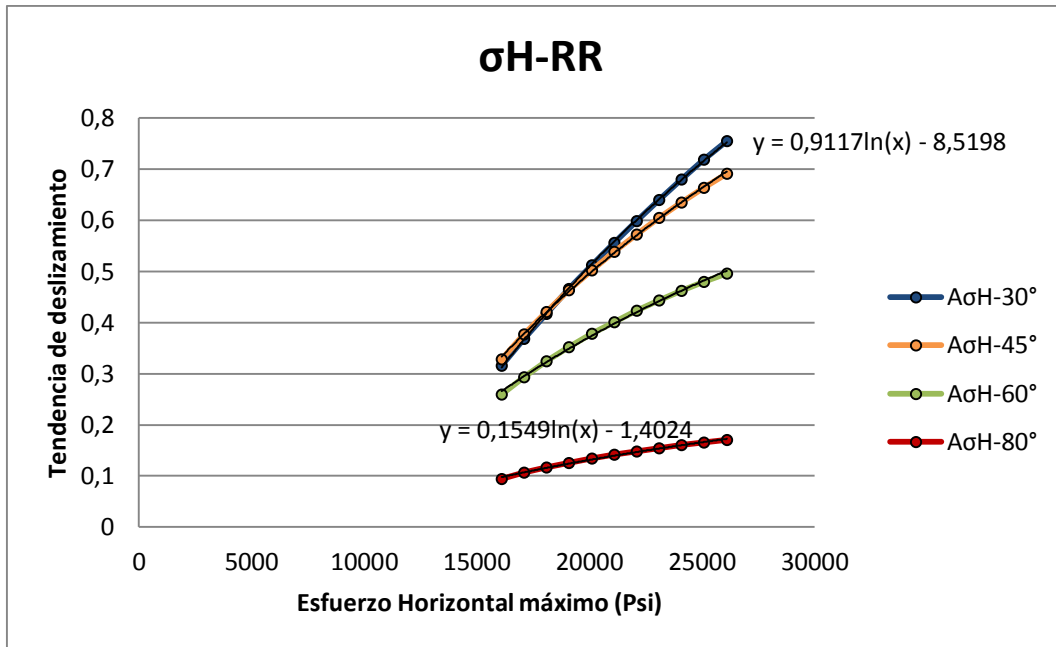


Para el régimen Inverso las fallas con inclinaciones menores a los 45° tienen mayor potencial de reactivación cuando el esfuerzo horizontal máximo (σ_H) incide perpendicular, es decir a 90° al plano de falla, tal como lo muestra el dato de mayor tendencia de deslizamiento mostrado en la Figura 39 (C). Las fallas con inclinaciones mayores a los 45° tienen mayor potencial de reactivación cuando el σ_H incida sobre ellas con ángulos menores a 45° puesto que no cumplen con el ángulo de inclinación característico del régimen inverso.

5.5. SENSIBILIDAD DIFERENCIAL DE ESFUERZOS

5.5.1. Régimen rumbo

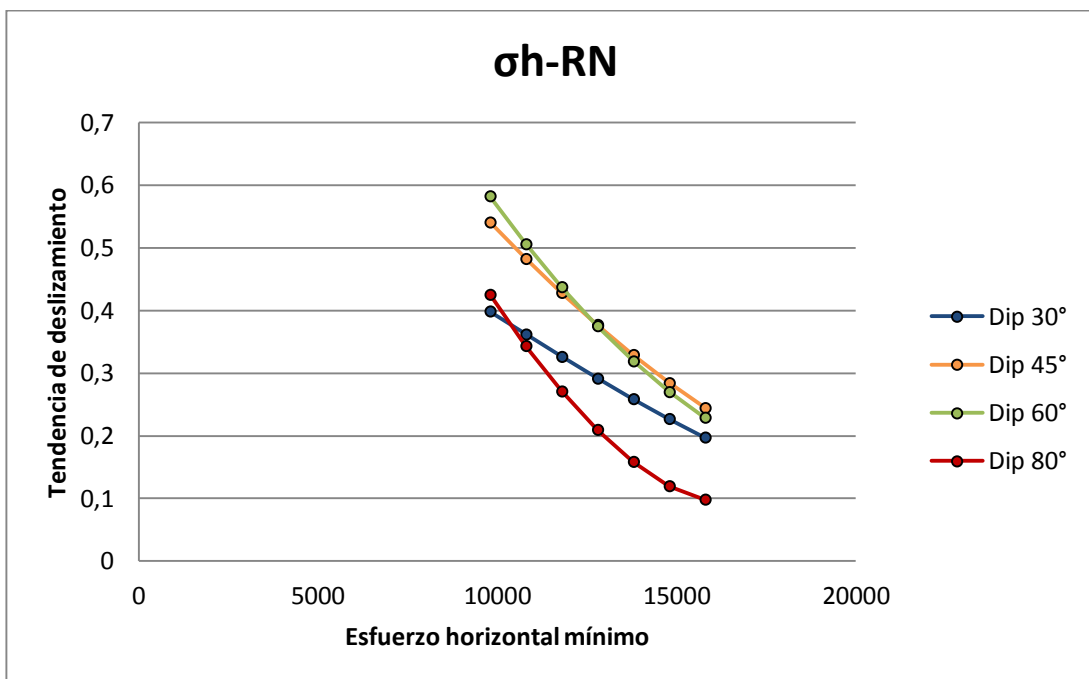
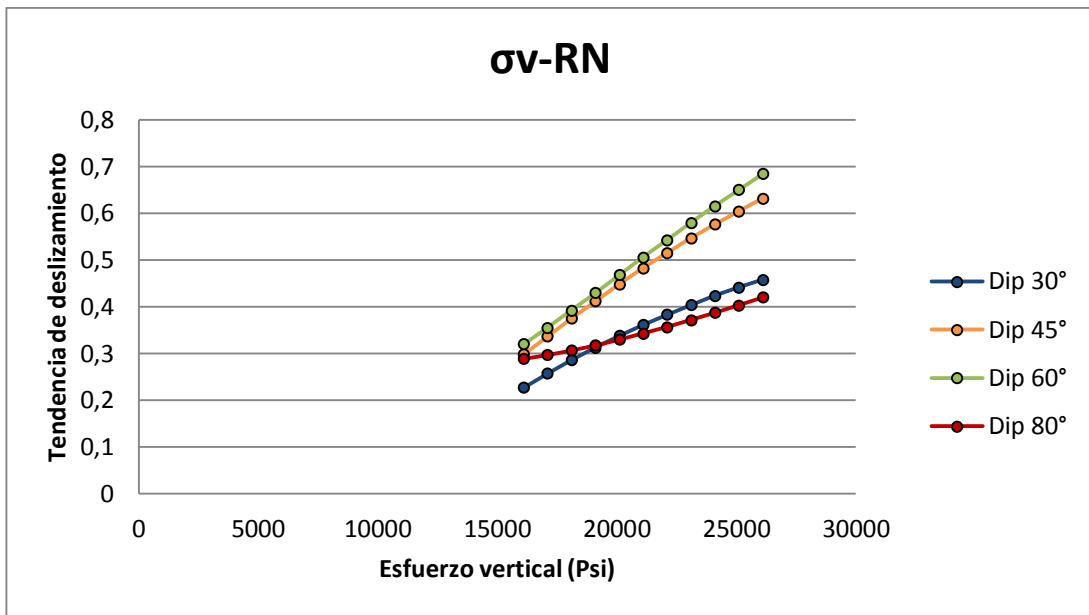
Figura 40: Gráfica de sensibilidad para diferencial de esfuerzos para régimen Rumbo (RR). (Ver anexo B)



El diferencial de esfuerzos es el parámetro que indica la diferencia entre el esfuerzo principal mayor y menor, debido a que estos esfuerzos son los que constituyen el diámetro de la circunferencia mayor en el círculo de Mohr, es decir, en 2 Dimensiones. La disposición de estos condiciona el régimen de fallamiento y las estructuras que se observan en un contexto geológico. Para el régimen rumbo el esfuerzo σ_1 corresponde al esfuerzo horizontal mayor y σ_3 corresponde al esfuerzo horizontal menor. Las gráficas muestran una variación en uno de estos dos esfuerzos, para el caso σ_3 (Esfuerzo horizontal mínimo) los valores aumentan y el diferencial de esfuerzos se hace menor disminuyendo a su vez la tendencia al deslizamiento, por otra parte, para el caso del σ_1 (Esfuerzo máximo horizontal) cuando los valores aumentan el diferencial de esfuerzos se hace mayor incrementando la tendencia de deslizamiento y por ende el potencial de reactivación. En este caso las curvas no indican la inclinación de la falla sino el ángulo con el que incide σ_H en el plano de falla, por tal motivo, en un régimen rumbo cuando aumenta el esfuerzo horizontal mínimo las fallas que estén orientadas a 60° de este van a ser más sensibles a la alteración en las magnitud de los esfuerzos, de igual manera ocurre con el aumento del esfuerzo horizontal máximo, el cual indica que las fallas más sensibles ante cualquier cambio en su magnitud corresponde a las que se encuentran a 30° del mismo.

5.5.2. Régimen normal

Figura 41: Gráfica de sensibilidad para diferencial de esfuerzos en régimen Normal. (Ver Anexo B)

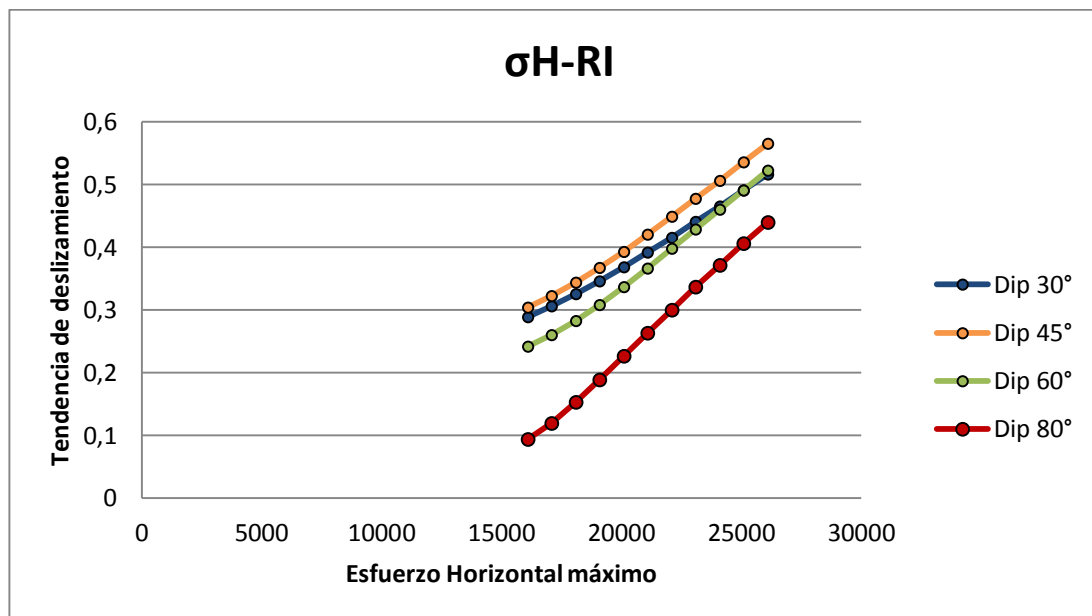


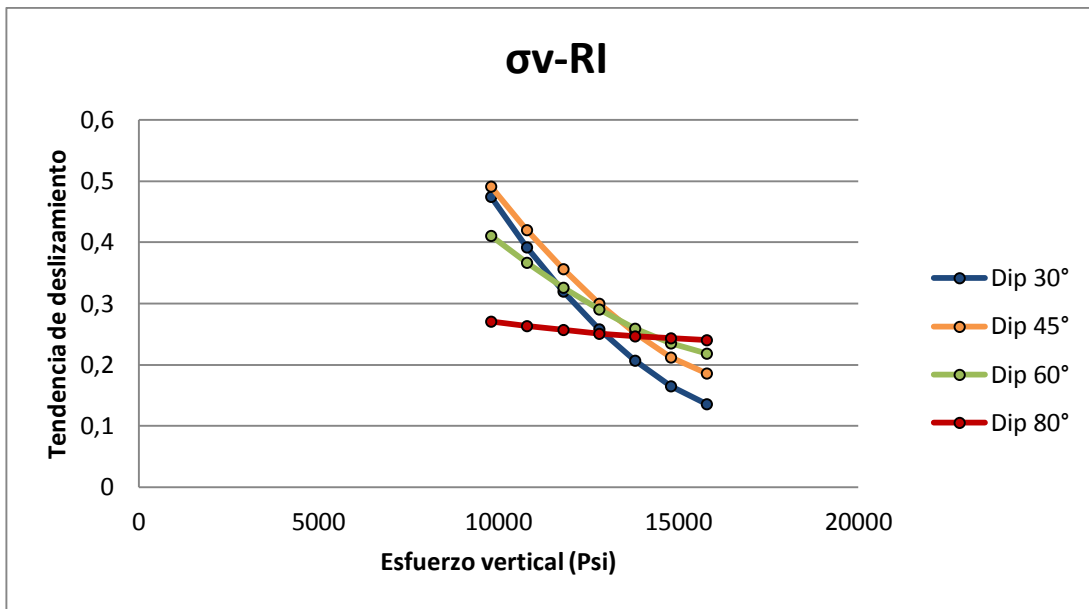
Para el régimen Normal el esfuerzo σ_1 corresponde al esfuerzo vertical y σ_3 corresponde al esfuerzo horizontal menor. Las gráficas muestran una variación en uno de estos dos esfuerzos, para incrementos del esfuerzo σ_3 (Esfuerzo mínimo

horizontal) el diferencial de esfuerzos se hace menor disminuyendo a su vez la tendencia al deslizamiento, por otra parte, para el caso del σ_1 (Esfuerzo vertical) cuando los valores aumentan el diferencial de esfuerzos se hace mayor incrementando la tendencia de deslizamiento y por ende el potencial de reactivación. En régimen Normal a medida que el esfuerzo σ_1 aumenta las fallas cercanas a 60° de inclinación (30° de σ_1) tienen mayor potencial de reactivación, de igual manera, a medida que el esfuerzo σ_3 aumenta, las fallas inclinadas 60° tienen mayor pendiente negativa indicando disminución en el potencial de reactivación.

5.5.3. Régimen inverso

Figura 42: Gráfica de sensibilidad para diferencial de esfuerzos para régimen inverso. (Ver Anexo B)





Para el régimen Inverso el esfuerzo σ_1 corresponde al esfuerzo Horizontal mayor y σ_3 corresponde al esfuerzo vertical. Las gráficas muestran una variación en uno de estos dos esfuerzos, para incrementos del esfuerzo σ_3 (Esfuerzo vertical) el diferencial de esfuerzos se hace menor disminuyendo a su vez la tendencia al deslizamiento, por otra parte, para el caso del σ_1 (Esfuerzo Horizontal máximo) cuando los valores aumentan el diferencial de esfuerzos se hace mayor incrementando la tendencia de deslizamiento y por ende el potencial de reactivación. En régimen Inverso a medida que el esfuerzo σ_1 aumenta las fallas cercanas a 30° de inclinación tienen mayor potencial de reactivación, de igual manera, a medida que el esfuerzo σ_3 aumenta, las fallas inclinadas 30° tienen mayor pendiente negativa indicando disminución en el potencial de reactivación.

5.6. RESULTADOS ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Tabla 3: Resultados de sensibilidad

Análisis de Sensibilidad
1. Orientación del plano de falla respecto al campo de esfuerzos
2. Variación de la Presión de Poro
3. Diferencial de esfuerzos
4. Parámetros geomecánicos de la roca

Como resultado final del análisis de sensibilidad se tuvo en cuenta todos los factores que influyen en el potencial de reactivación de fallas. El parámetro más sensible es la disposición del plano de falla respecto al campo de esfuerzos en 3-dimensiones, el caso más propicio en cualquier escenario para que las fallas se reactiven se da cuando el esfuerzo principal mayor (σ_1) incida a 30° en el plano de falla.

El segundo parámetro más sensible es el aumento en la presión de poro, ya que este causa un aumento en la tendencia de deslizamiento, indicando que todas las fallas están más propensas a la reactivación. La presión de poro tiene un efecto inverso al de los esfuerzos efectivos, esto quiere decir que cuando aumenta la presión de poro, los esfuerzos efectivos disminuyen o en caso contrario, cuando disminuye la presión de poro los esfuerzos efectivos aumentan.

Por ultimo hay que tener en cuenta las propiedades mecánicas de la roca como; los coeficientes de biot, fricción y cohesión. En el coeficiente de biot a medida que aumenta este parámetro la tendencia de deslizamiento se hace mayor, ósea que en rocas muy porosas y poco consolidadas el potencial de reactivación de fallas se hace mayor. Cuando el coeficiente de fricción aumenta la tendencia de

deslizamiento disminuye y por lo tanto el potencial de reactivación de fallas. Por ultimo si el coeficiente de cohesión aumenta la envolvente de falla se va alejando de los esfuerzos, esto quiere decir que es más difícil que los esfuerzos medidos en el plano alcancen la envolvente. En esta investigación se considera una cohesión de 0 debido a que hay anisotropía preexistente (reactivación), pero en procesos de fracturamiento la cohesión es diferente de cero y es más difícil alcanzar la envolvente de falla.

El diferencial de esfuerzos es un parámetro importante cuando se quiere determinar la reactivación de fallas puesto que indica el incremento o disminución en el diámetro de la circunferencia representada en el círculo de Mohr. En el presente modelo no se consideró la variación en el diferencial de esfuerzos debido a que en esta investigación la presión de poro afecta de igual manera a todas las componentes del campo de esfuerzos. Pero en un modelo numérico que se aproxime a la realidad, la variación en el diferencial de esfuerzos debe ser considerada como uno de los parámetros más sensibles en el fenómeno de reactivación de fallas.

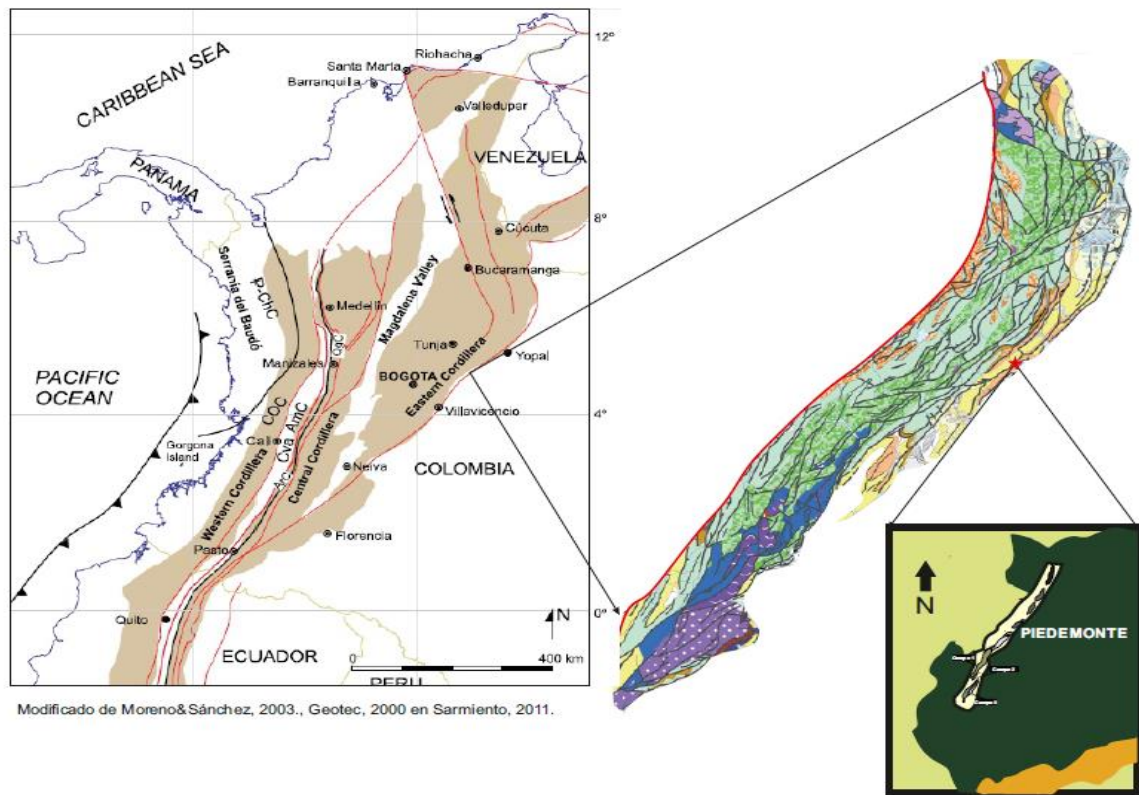
6. APLICACIÓN A UNA ZONA DEL PIEDEMONTE LLANERO

6.1. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Los Datos aplicados en el modelo de reactivación de fallas corresponden a un campo situado en el Piedemonte Llanero en el Margen Sur Occidental del Departamento del Casanare (Figura 43). El piedemonte llanero tiene como límites estructurales hacia el Occidente el Sistema de falla de Guaicáramo y hacia el oriente el sistema de fallas del borde llanero, sus dominios estructurales hacia la parte alta, media y baja del Piedemonte están constituidos por diferentes regímenes de fallamiento debido a la complejidad tectónica que la zona ha adquirido a través de su evolución geológica.

Los principales estilos estructurales que definen el Piedemonte Llanero corresponden a fallas de cabalgamiento y fallas de rumbo, estos dos regímenes exhiben una variedad de estructuras amplias las cuales se encuentran dispuestas en diferentes direcciones e inclinaciones.

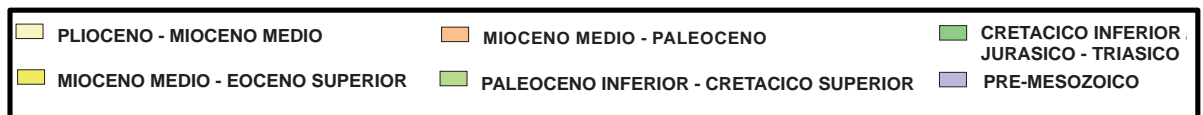
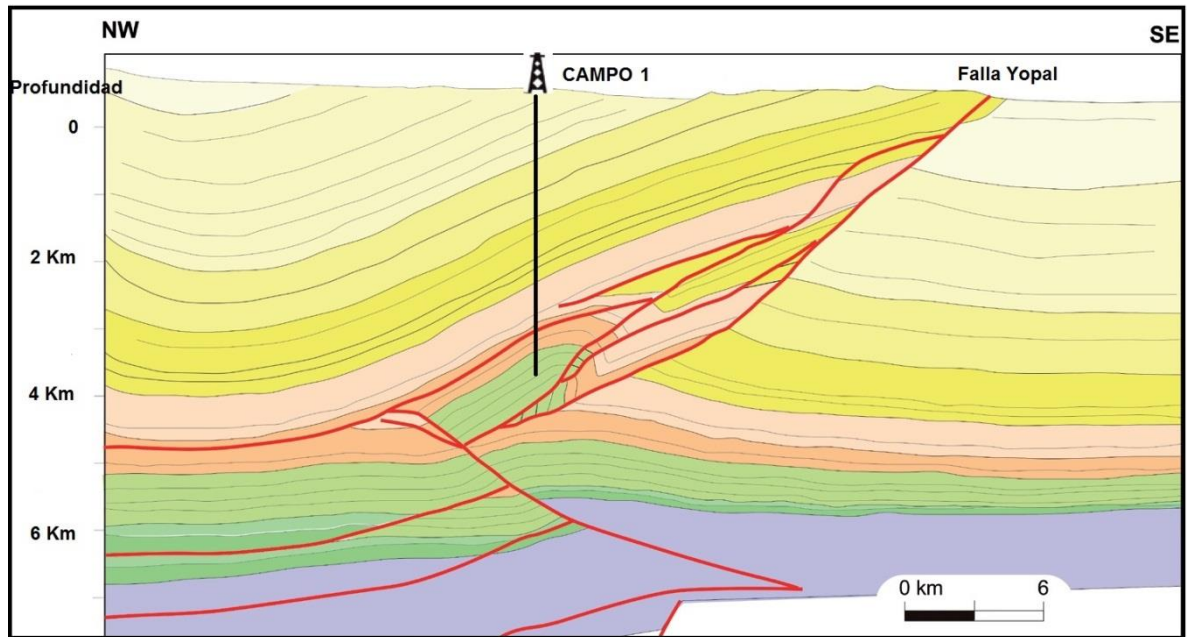
Figura 43: *Ubicación del campo de estudio en el Piedemonte Llanero*



Fuente: Modificado de Moreno y Sanchez, 2003., Geotec, 2000 en Sarmiento, 2011.

El campo de estudio mostrado en el corte de la Figura 44, se encuentra afectado por diferentes fallas que se encuentra bajo un régimen de rumbo, en el cual la disposición del esfuerzo principal mayor (σ_1) define las estructuras presentes y condiciona escenarios de reactivación dependiendo de su influencia sobre los planos de fallas existentes en la zona. Las principales fallas que definen el área en el cual se encuentra el campo de estudio corresponden al sistema de fallas de Guaicáramo, La falla de Yopal y falla de Cusiana. En la tabla 4, se muestran las principales orientaciones de cada una de las fallas anteriormente mostradas con sus respectivas inclinaciones.

Figura 44: Cortes Geológicos del campo de estudio.



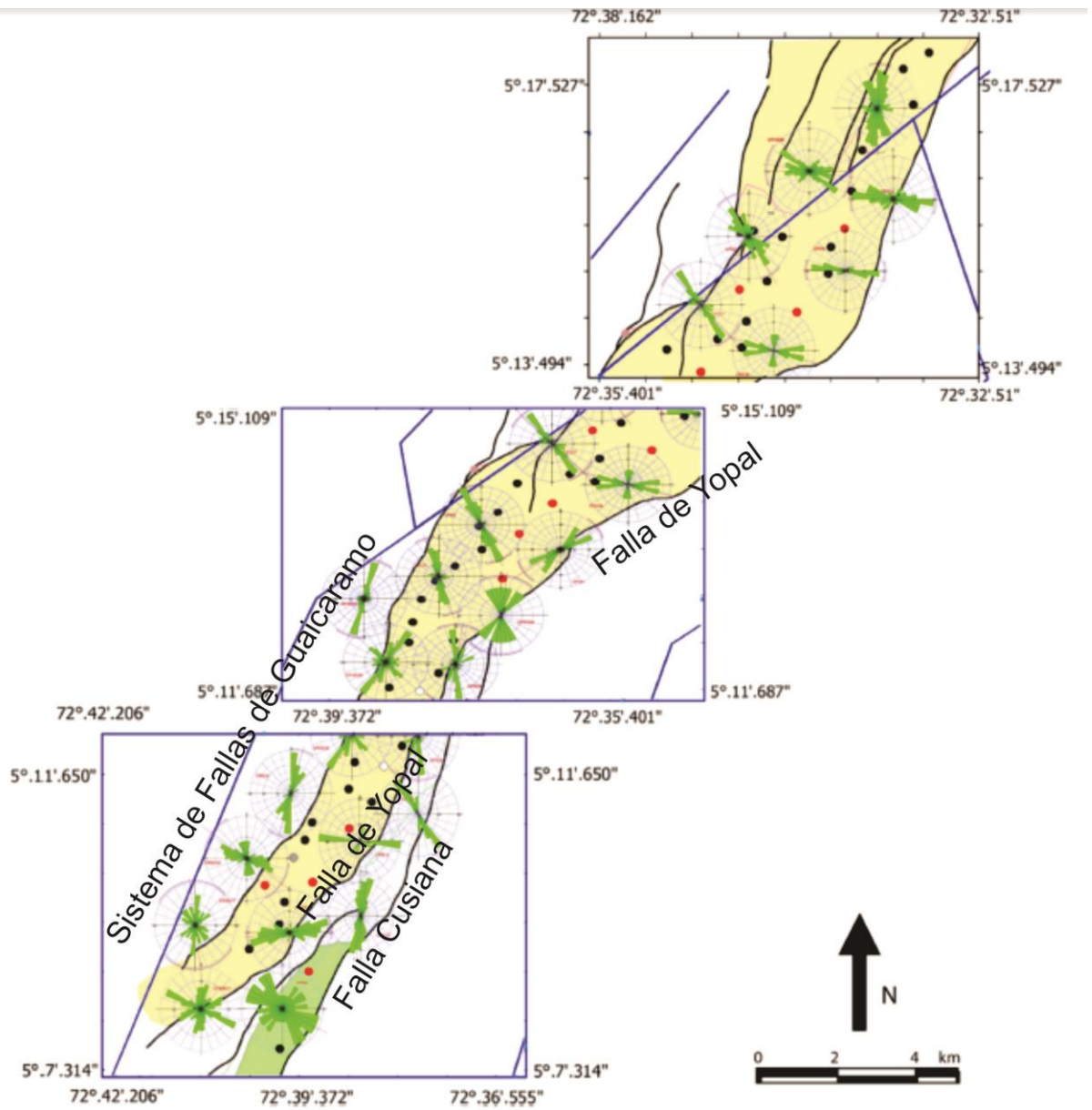
Fuente: Modificado de (Sarmiento, 2011)

Tabla 4: Datos estructurales de las principales fallas presentes en el campo de estudio.

Fallas Principales		
	Dirección	Inclinación
Falla de Guaicáramo	NW-SE NE-SW	20° - 50° NW
Falla Yopal – San Miguel	NE-SW	15°-30°NW
Falla de Cusiana	NE	30° - 35°

La Figura 45 muestra diagramas de rosa con la orientación de los principales planos de fallas en la parte norte, media y sur del campo analizado. Para el sistema de fallas de Guaicáramo la orientación de los planos de falla es variable, hacia la zona sur del campo prevalece una orientación NE-SW con buzamientos hacia el NW, hacia la parte central y Norte del campo este sistema de fallas contiene planos con orientaciones hacia el NW-SE principalmente. La falla de Yopal a través de todo su trazo conserva orientación de NE-SW y la falla de Cusiana, Mapeada solamente en la zona Sur del campo comprende planos orientados NE-SW.

Figura 45: Diagrama de rosas para las principales orientaciones de planos de falla en la zona Norte, media y Sur del campo de estudio.



Fuente: Modificado de (Egbue, Kellogg, & Hector Aguirre, 2014)

Tabla 5: Rangos de Orientación e inclinación de las principales fallas presentes en el campo de estudio. Datos a modelar.

Falla Evaluada	Datos de Orientación de la Falla	Rango de inclinación
Sistema de Falla Guaicáramo	300°N 320°N 340°N 210°N 190°N	20°- 30°- 45°- 50°
Falla de Yopal	250°N 260°N 270°N	15°- 20°- 30°- 45°- 60°- 90°
Falla de Cusiana	180°N 190°N 220°N	30°- 35°- 40°- 45°- 60°- 90°

Los datos de la Tabla 5 corresponde al rango de datos estructurales de los planos de falla analizados, estos datos corresponden a los rangos de valores de la tabla 4 encontrada en la literatura, pero además de estos se tienen en cuenta ángulos de inclinación mayores (45°- 60°- 90°) para considerar fallas verticales a subverticales en el régimen rumbo en el que se encuentra la zona.

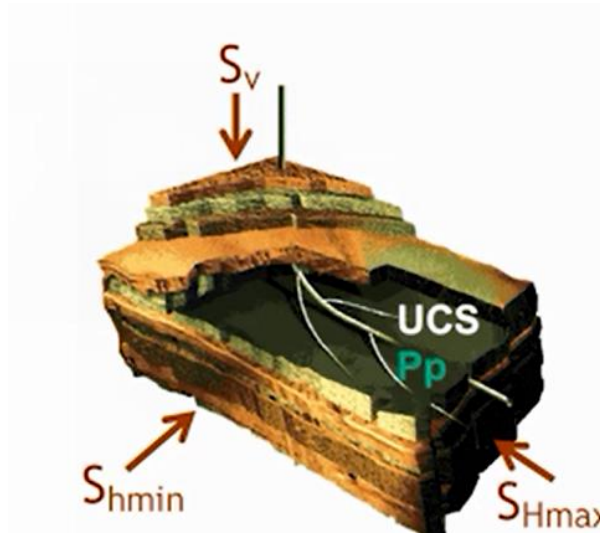
6.2. MODELO GEOMECÁNICO

El modelo geomecánico de un yacimiento se basa en conocer el estado de esfuerzos *in situ*, la presión de poro y las propiedades mecánicas de las rocas con el fin de definir la estabilidad de los pozos y reducir riesgos durante la perforación petrolera. Uno de los resultados que aporta un modelo geomecánico consiste en contar con datos suficientes para llevar a cabo estudios de reactivación de fallas durante procesos de producción, inyección de fluidos y/o operaciones de fracturamiento hidráulico.

Los componentes de un modelo geomecánico incluye:

- Esfuerzos principales a profundidad: Esfuerzo de sobrecarga (σ_v), esfuerzo horizontal máximo (σ_H) y esfuerzo horizontal mínimo (σ_h).
- Presión de poro
- Propiedades mecánicas de la roca: Coeficiente de cohesión, Coeficiente de Biot y coeficiente de fricción.
- Datos de fallas y fracturas.

Figura 46: Componentes de un Modelo Geomecánico.



Fuente: (Zoback, 2007)

Los datos geomecánicos del campo de estudio son mostrados en la tabla 6, estos datos son utilizados para evaluar la reactivación de fallas bajo el estado de esfuerzos y propiedades de la roca a la cual se encuentra.

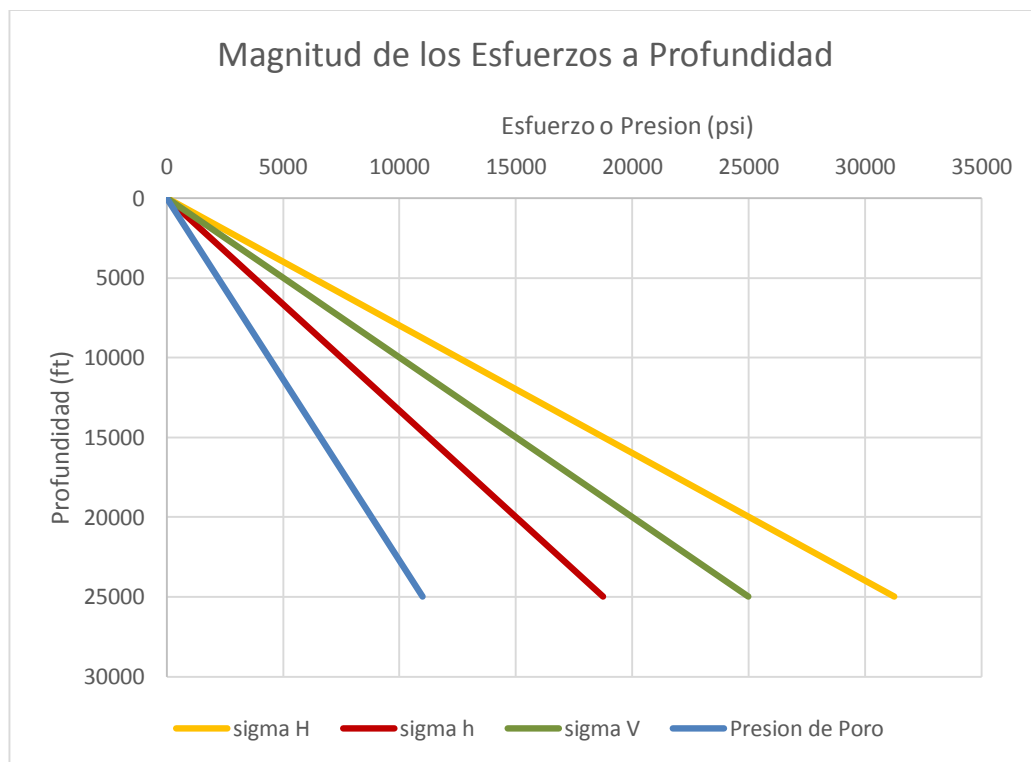
Tabla 6: Datos Geomecánicos del campo de estudio.

Profundidad del Campo 1 (ft)	13000 – 18000
Presión de Poro (Psi)	5400 – 6000
σ_H (Psi)	21100
σ_h (Psi)	10795
σ_v (Psi)	15422
Gradiente de σ_H (Psi/ft)	1.25
Gradiente de σ_h (Psi/ft)	0,75
Gradiente de σ_v (Psi/ft)	1.0
Gradiente de P_p (Psi/ft)	0,44

Azimet del σ_H	115°-160°
Coefficiente de Fricción	0,6
Fuerza Cohesiva de la falla	0
Coefficiente de Biot	1

Fuente: (Gelvez & Méndez, 2004)

Figura 47: Diagrama de rosas para las principales orientaciones de planos de falla en la zona Norte, media y Sur del campo de estudio.



La Figura 47 muestra la magnitud de los esfuerzos a profundidad en el campo de estudio (Ver Anexo C), los gradientes de cada uno de ellos son mostrados en la tabla 6. El campo de esfuerzos debe ser tal que el esfuerzo mínimo principal siempre sea mayor que la presión de poro, si por el contrario la presión de poro supera el

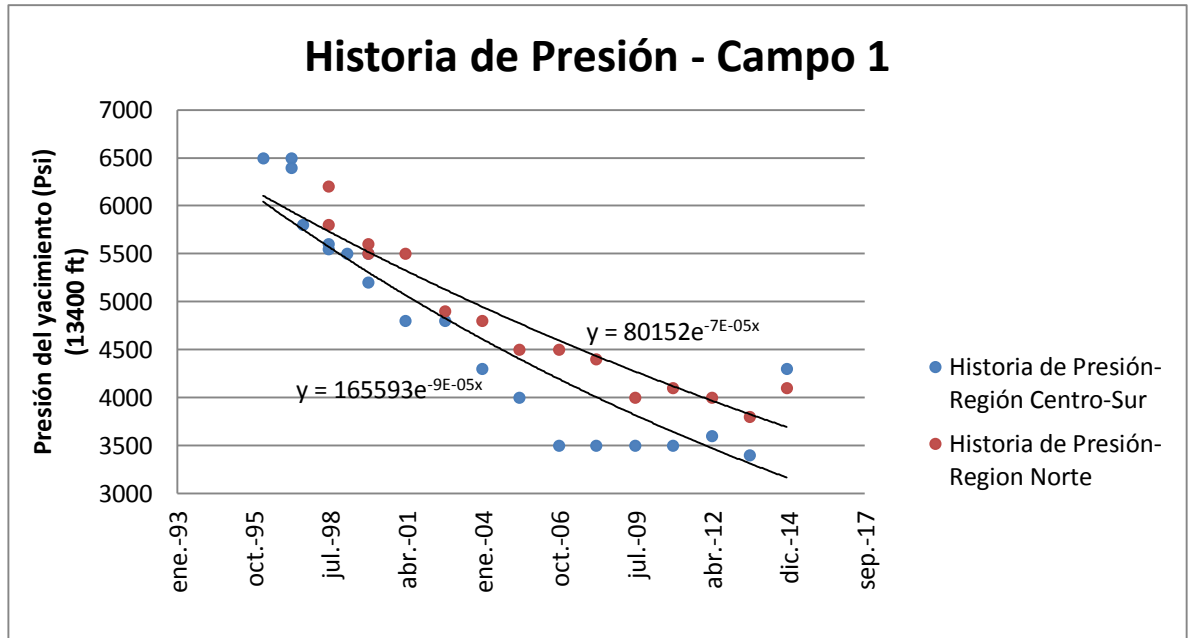
valor del esfuerzo mínimo principal la roca se va a fracturar. En este caso por tratarse de un régimen rumbo el esfuerzo mínimo que debe superar el valor de la presión de poro corresponde al esfuerzo horizontal mínimo.

El valor del coeficiente de cohesión es considerado 0, ya que se analiza un plano de falla que ya se ha fracturado y que ha vencido la unión entre sus granos. El coeficiente de fricción es considerado 0,6 debido a que (Byerlee, 1978) mediante pruebas hechas en laboratorio muestra que a elevados esfuerzos normales efectivos (~10 Mpa) la fricción sobre las superficies de las fallas es independiente de la rugosidad o tipo de roca.

6.3. PROCESOS DE PRODUCCIÓN E INYECCIÓN

El campo de estudio desde 1995 muestra un descenso en los valores de presión del yacimiento durante su historia de producción. Este descenso de presión ha sido controlado mediante la inyección de fluidos para contrarrestar los valores mínimos que se alcanzan y suministrar energía en el yacimiento. La Inyección de gas en el campo comenzó en 1998 pero no se observaron resultados muy favorables en el aumento de energía ya que los valores de presión subían en ciertos puntos pero continuaba la tendencia de pérdida de presión como lo muestra la Figura 48. Una disminución drástica en la presión del yacimiento puede inducir a reactivación de fallas al igual que un aumento de presión, es decir, procesos de producción e inyección respectivamente. Para el campo de estudio se evalúa el potencial de reactivación para la tendencia que ha mostrado el campo desde 1993 hasta la fecha, es decir, se evalúa la reactivación con valores mínimos de presión de poro, y además de esto se propone un escenario común de inyección de fluidos en el cual la energía aportada al yacimiento se manifieste en aumentos de presión de poro, con el fin de analizar el potencial de reactivación de falla bajo diferentes escenarios.

Figura 48: Historia de presión del campo de estudio.



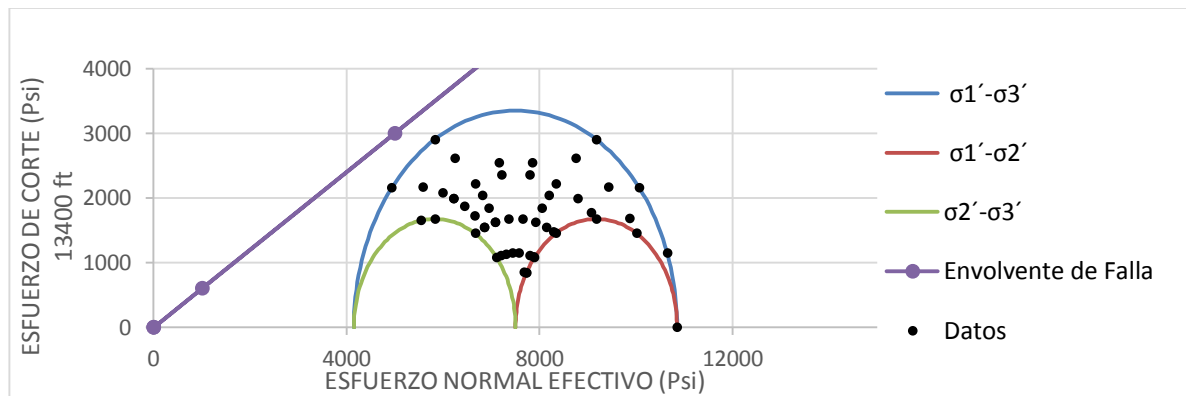
6.4. APLICACIÓN DEL MODELO

La aplicación del modelo se realizó para diferentes planos de fallas con el fin de determinar la relación crítica entre el campo de esfuerzos y la geometría de la falla (Ver Anexo D). Los yacimientos en el Piedemonte están a profundidades dentro del rango de 13000 – 18000 ft. Basándose en esta información se seleccionaron 3 una de las profundidades para ser evaluada ya que se contaban con datos de historia de presión completas. Para esta profundidad se calcularon los esfuerzos y la presión de poro teniendo en cuenta el gradiente de cada uno de estos mostrado el tabla 6.

Según la Geología Estructural de la zona, se consideraron 3 tendencias de fallas principales, el sistema de fallas de Guaicáramo, la Falla de Yopal y Cusiana. Para

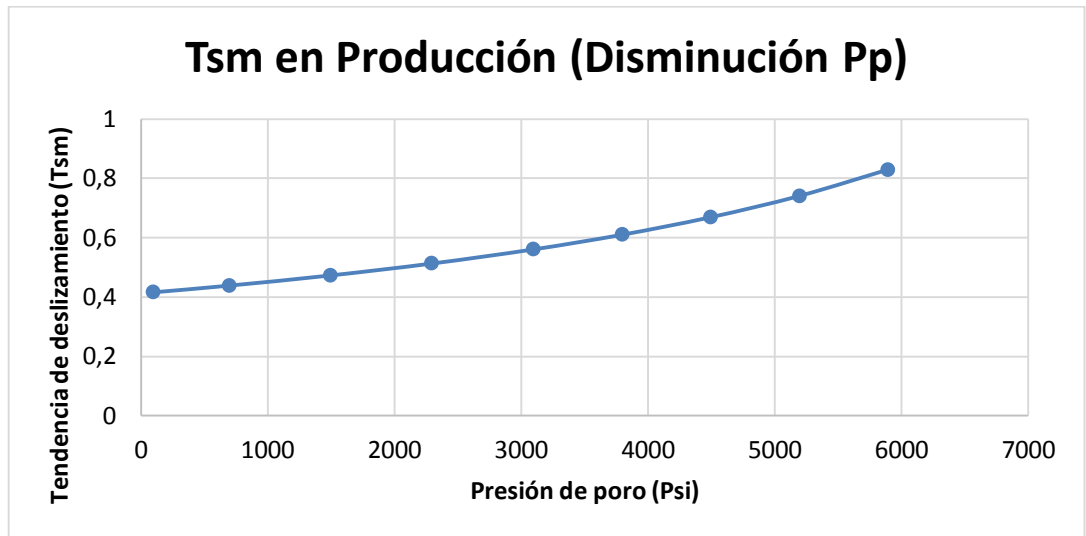
cada una de ellas se analizaron los datos de fracturas mostrados en la Figura 45 con el fin de determinar la orientación e inclinación de diferentes planos de fallas. En la tabla 5 con estos datos se define la relación crítica entre cada plano de falla y el campo de esfuerzos. Para las 3 profundidades evaluadas, los planos con ángulo de inclinación de 90° y orientados a 30° (Figura 49) desde el esfuerzo horizontal máximo (σ_1) mostraron la mayor tendencia al deslizamiento, pero ninguno alcanzó el punto de reactivación. Basados en estos resultados se tomaron los datos de falla con mayor tendencia a la reactivación y se analizaron en otros escenarios.

Figura 49: Fallas evaluadas a 13400 ft



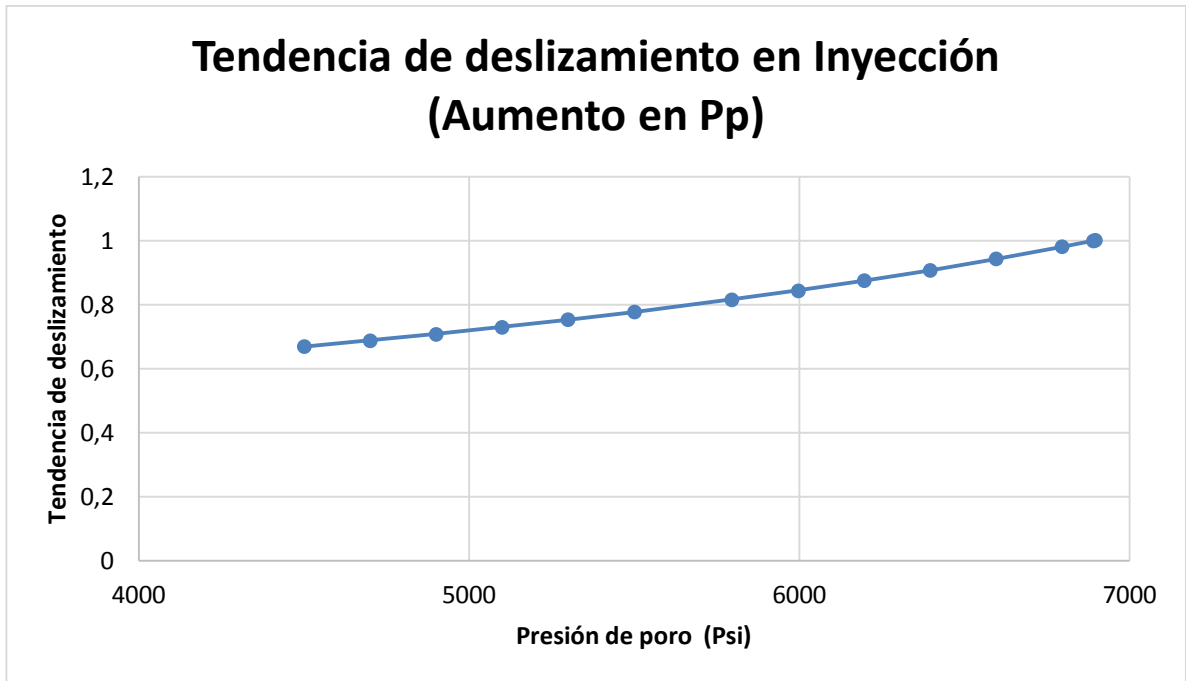
En un primer escenario se contempla la producción del campo en base a la Figura 49. Se tomó el dato de falla que mayor tendencia al deslizamiento presentó y se evaluó para una etapa de producción en la cual disminuye la presión de poro (depletamiento) a una tasa constante. Los resultados mostraron que las fallas con mayor potencial no llegan a la reactivación a ningún valor de presión de poro Figura 50.

Figura 50: Fallas evaluadas en un escenario de producción. (Ver Anexo E)



En un segundo escenario se propuso un proceso de inyección en el cual se aumenta la presión de poro a una tasa constante como lo muestra la Figura 51, los resultados muestran que para aumento de presión de poro, la falla con mayor tendencia de deslizamiento se reactiva.

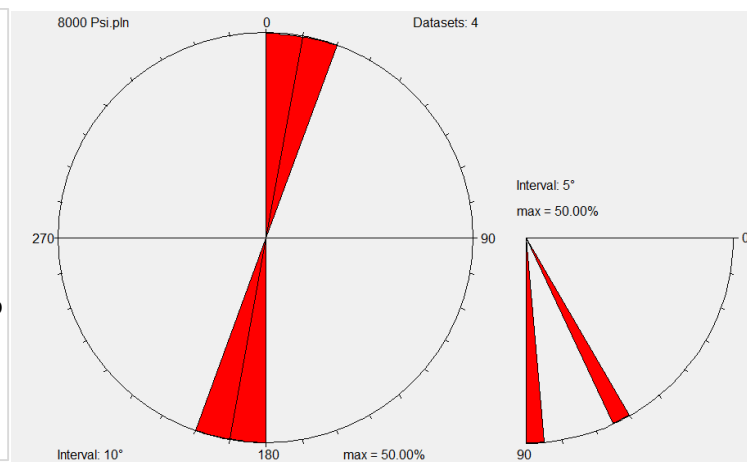
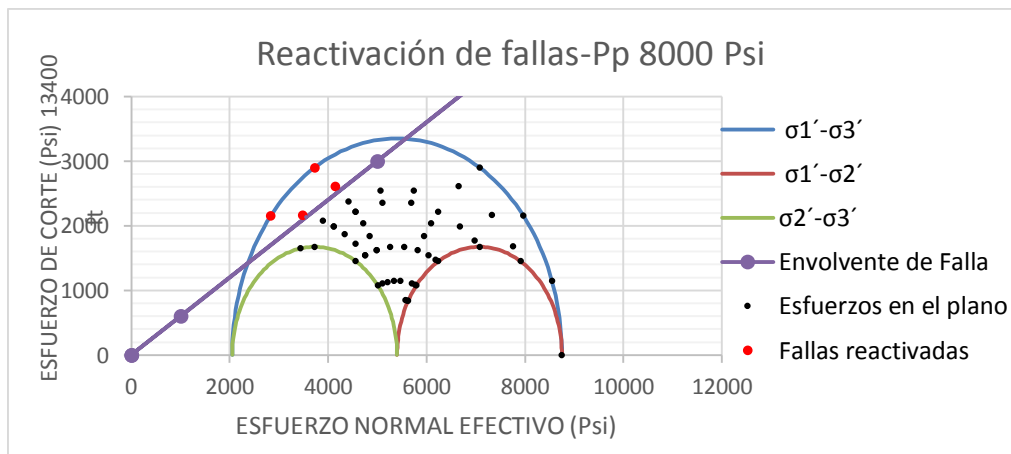
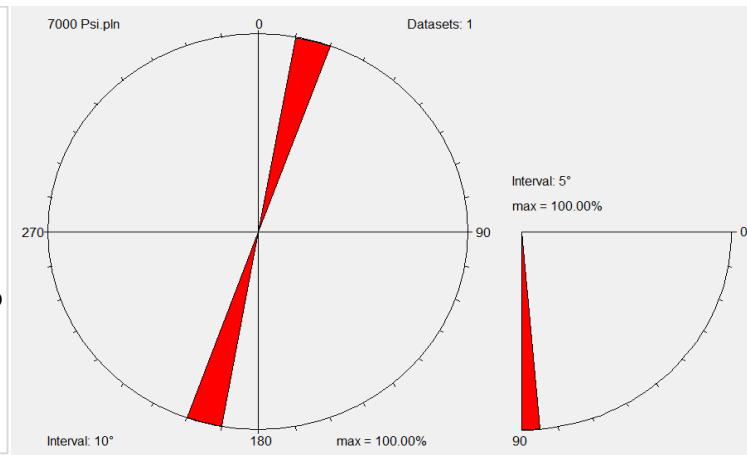
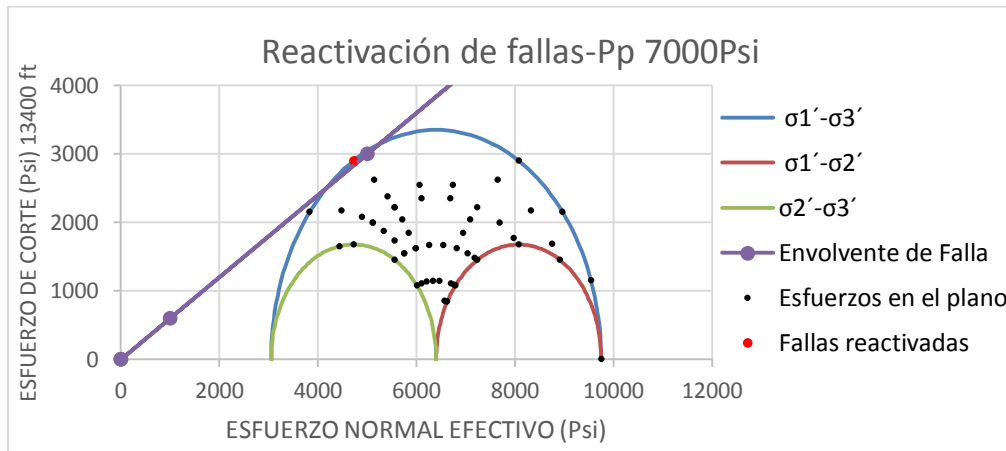
Figura 51: Fallas evaluadas en un escenario de Inyección. (Ver Anexo E)

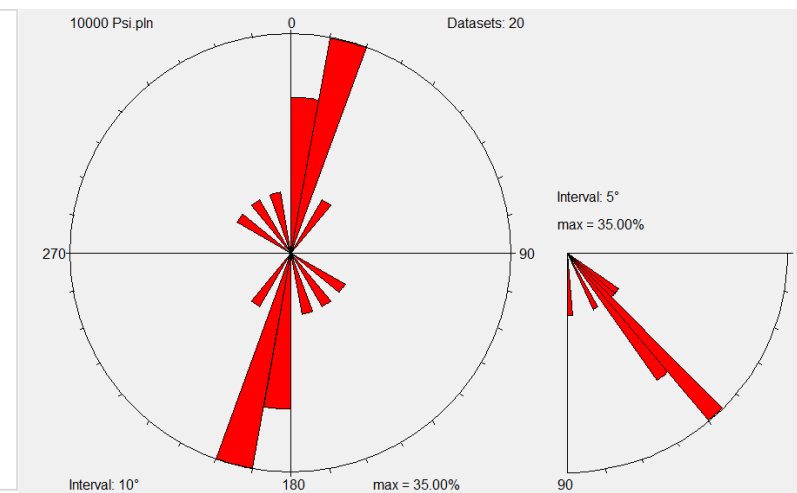
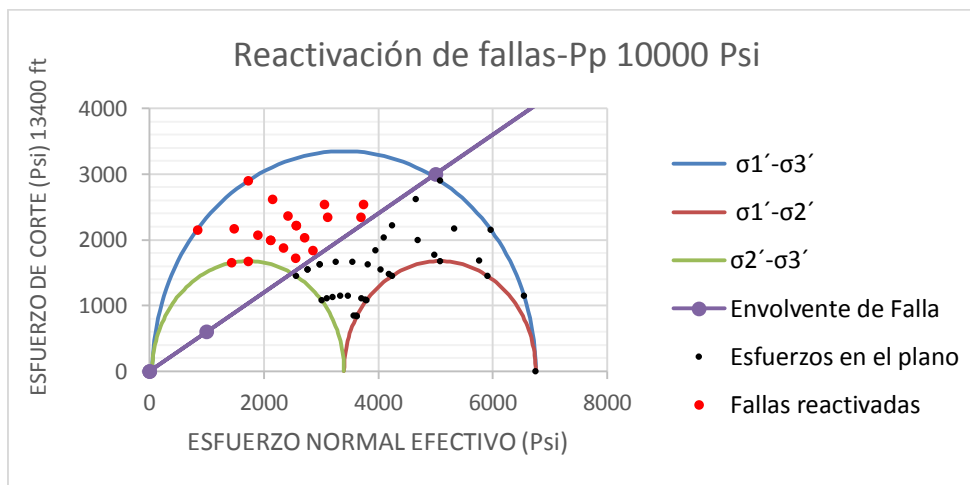
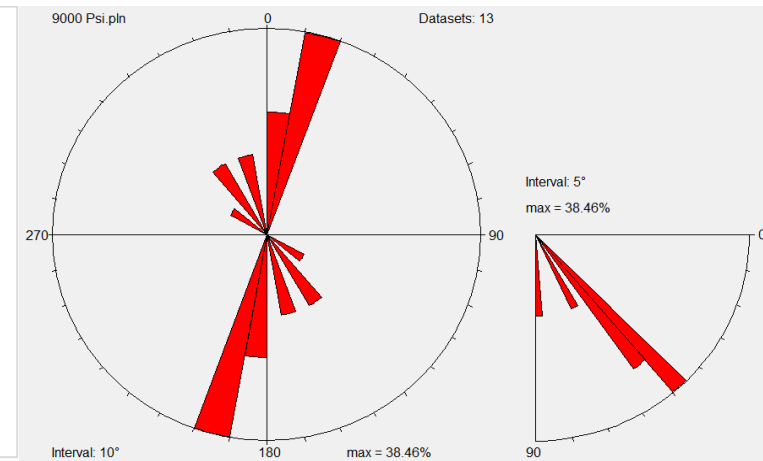
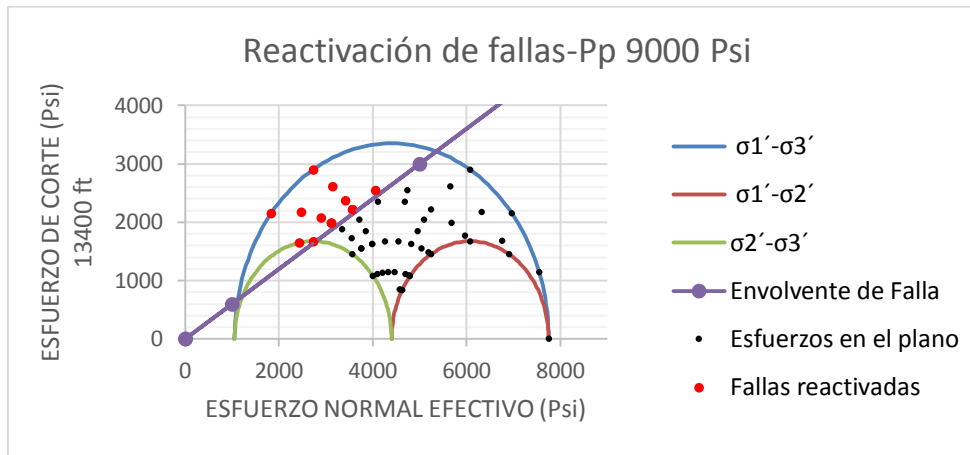


La Figura 51 muestra la presión de poro mínima requerida para reactivar los planos de fallas con mayor potencial de deslizamiento en el campo de estudio.

Los datos de falla considerados para el campo de estudio, fueron analizados bajo diferentes valores de presión de poro, superior al valor crítico hallado anteriormente, con el fin de determinar planos de falla que se reactiven a diferente presión de poro. Los diagramas de rosetas muestran el rumbo (*Azimuth*) y la inclinación de los principales planos de fallas reactivados a diferentes valores en la presión de poro

Figura 52: Reactivación de fallas para el campo de estudio a diferentes valores de presión de poro. Diagramas de rosa. (Ver Anexo F).





En el campo analizado se encuentra que en un régimen rumbo de fallamiento, las fallas con ángulo de inclinación de 90° y orientados a 30° desde el esfuerzo horizontal máximo (σ_1) tienen el mayor potencial de reactivación cuando se alcanza una presión de poro aproximadamente de 6900 Psi, es decir, es necesario un aumento en la presión de poro de 2400 Psi para reactivar las fallas con mayor potencial, tomando como valor inicial la presión de poro que se tiene actualmente en el campo de estudio el cual corresponde a 4500 Psi aproximadamente.

7. CONCLUSIONES

- ❖ El potencial de reactivación de fallas se mide en base al criterio gráfico representado por el Criterio de Mohr-Coulomb y a los criterios numéricos representados por Coulomb Failure Stress Change (CFS) y tendencia de deslizamiento, los cuales dan una aproximación al estado de esfuerzos que causan la reactivación de fallas
- ❖ La mejor opción de representar un plano de falla consiste en hacerlo en base a su vector normal. A partir del vector normal se hayan los cosenos directores con los cuales incide cada esfuerzo principal sobre el plano de falla, con el fin de determinar el campo de esfuerzos sobre la misma.
- ❖ El análisis de planos de falla respecto al campo de esfuerzos en 3-Dimensiones sugiere que, el caso más propicio de reactivación para cualquier escenario se genera cuando el esfuerzo principal mayor (σ_1) incide a 30° sobre el plano de falla.
- ❖ El aumento en la presión de poro causa mayor tendencia de deslizamiento, esto indica que todas las fallas adquieren más potencial de reactivación a medida que este parámetro toma valores mayores. El aumento en la presión de poro también se ve reflejada en una disminución en la magnitud de los esfuerzos.

- ❖ En régimen normal las fallas con altos ángulos de inclinación son las que mayor potencial de reactivación presentan, en un régimen rumbo las fallas verticales con ángulos de inclinación cercanos a 90° son las que mayor potencial de reactivación tienen y por último en régimen inverso, las fallas con mayor potencial de reactivación tiene ángulos de inclinación bajos cercanos a los 30° .

- ❖ En el piedemonte llanero los procesos de inyección aumentan el potencial de reactivación de las fallas, de igual modo se definió un esfuerzo horizontal mayor orientado a $160^\circ - 170^\circ$ del norte y a partir de este dato se demuestra que las fallas verticales orientadas a 30° de este esfuerzo presentan mayor potencial de reactivación.

8. RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda al modelo propuesto analizar el efecto de la temperatura en procesos de recobro, con el fin de establecer un modelo analítico más robusto que prediga el efecto de los esfuerzos poro-elásticos y termo-elásticos.

- ❖ Para una mejor aproximación del modelo en un campo que se esté inyectando algún tipo de fluido, es necesario desarrollar un modelo numérico con el fin de predecir los efectos del aumento en la presión de poro en las diferentes zonas del yacimiento, teniendo en cuenta la cercanía al pozo y la falla.

- ❖ En el estudio se asumió un coeficiente de fricción de 0,6 y coeficiente de biot de 1. Para tener una mejor aproximación de los resultados se recomienda hacer ensayos de laboratorio a las rocas que componen el yacimiento, con el objetivo de obtener valores exactos de las propiedades geomecánicas de las rocas afectadas.

- ❖ Para aplicar la metodología a un caso real, se propone tener la mayor cantidad de datos de planos de fallas para analizar nubes de datos y determinar rangos de orientación e inclinación para los cuales las fallas tienen mayor potencial de reactivación a determinada presión de poro.

- ❖ Para corroborar y definir el efecto de los procesos de inyección y/o producción en la reactivación de fallas se recomienda tener datos de microsismicidad pasiva para compararlos con la historia de presión del yacimiento, de este modo se puede identificar para determinado tiempo si los eventos microsísmicos son causados por actividad antrópica.

BIBLIOGRAFÍA

- Biot, M. A. Mechanics of deformation and acoustic propagation in porous media. *Journal of Acoustic Society of America*, 1962. p. 168-191.
- Byerlee, J. Friction of Rock. *Pageoph*, Vol 116. 1978.
- Chalaturnyk, R., Jimenez, J., Moreno, F., Deisman, N., & Talman, S. Geomechanical performance and integrity assessment of the Weyburn Field for geological storage of CO₂, 2003.
- Colmenares, L. B., & Zoback, M. D. A statistical evaluation of rock failure criteria constrained by polyaxial test data for five different rocks. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2002.
- Egbue, O., Kellogg, J., & Hector Aguirre, C. T. Evolution of the stress and strain fields in the Eastern Cordillera, Colombia. *Journal of structural Geology*. 2014
- Gelvez, E. P., & Méndez, Y. O. Diagrama de rosas para las principales orientaciones de planos de falla en la zona Norte, media y Sur del campo de estudio. *Universidad Industrial de Santander*. 2004.
- Hawkes, C., Mclellan, P., Zimmer, U., & Bachu, S. Geomechanical Factors Affecting Geological Storage of CO₂ in Depleted Oil and Gas Reservoirs. *Canadian International Petroleum Conference*. 2004
- Hung J, Wu J. In-situ stress and fault reactivation associated with LNG injection in the Tiechanshan gas field, fold-thrust belt of Western Taiwan, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2012.
- King, G., Stein, R., & Lin, J. Static stress change and the triggering of earthquakes. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 1994.
- Maury, V. M., Grasso, J. R., & Wittlinger, G. Monitoring of subsidence and induce seismicity in the Lacq Gas Field (France): the consequences on gas production and field operation. *Engineering Geology*. 1992.

- Ozan C, Brudy M, Van der Zee W. Fault Reactivation due to Fluid Production and Injection in Compacting Reservoirs, American Rock Mechanics Association, 2011.
- Pereira, L.C., Costa, A.M., Sousa Jr., L.C., Amaral, C.S. and Souza, A.L.S Specialist Program for Injection Pressure Limits Considering Fault Reactivation Criteria, American Rock Mechanics Association, 2010.
- Peter J. van Ruth, Emma J. Nelson, Richard R. Hillis. Fault reactivation potential during CO₂ injection in the Gippsland Basin, Australia, Exploration Geophysics, 2006.
- Ramirez, J. C., Mora, A., & Parra, M. Indicadores sedimentológicos de la evolución tectónica durante el Mioceno del Sinclinal de Nunchía, piedemonte en la cordillera oriental de Colombia. *Boletín de Geología, Volumen 32, N°2*. 2010.
- Reynolds, S., Hillis, R., & Paraschivoiu, E. In situ stress field, fault reactivation and seal integrity in the Bight Basin, South Australia. *Exploration Geophysics*. 2003.
- Rutqvist J, Rinaldi A, Cappa F, Moridis G. Modeling of Fault Reactivation and Induced Seismicity During Hydraulic Fracturing of Shale-Gas Reservoirs, Journal of Petroleum Science and Engineering, 2013.
- Sarmiento, L. F. Llanos Basin. *Petroleum Geology of Colombia*. 2011.
- Sibson, R. H. A note on fault reactivation. *Journal of structural Geology*. 1995.
- Soltanzadeh H, Hawkes C. A semi-analytical model for predicting fault reactivation tendency induced by pore pressure change, Department of Civil and Geological Engineering, University of Saskatchewan, Canada.
- Soltanzadeh H, Hawkes C. Assessing fault reactivation tendency within and surrounding porous reservoirs during fluid production or injection, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 2009.

- Soltanzadeh H, C.D. Hawkes, P.J. McLellan. Poroelastic Modelling of Production and Injection-Induced Stress Changes in a Pinnacle Reef, Rock Mechanics Symposium, 2009.
- Soltanzadeh H, Hawkes C. Semi-analytical models for stress change and fault reactivation induced by reservoir production and injection, Journal of Petroleum Science and Engineering, 2008.
- Streit, J. E., & Hillis, R. R. Estimating fluid pressure than can induce reservoir failure during hydrocarbon depletion. *SPE*. 2002.
- Terzaghi, K. Theoretical soil Mechanics. 1923.
- Teufel, L. W., & Rhett, D. W. Geomechanical evidence for shear failure of chalk during production of the Ekofisk Field. *SPE*. 1991.
- VidalGilberta, S., Tenthoreya, E., Dewhursta, D., EnnisKinga, J., Ruthb, P. V., & Hillis, R. Geomechanical analysis of the Naylor Field, Otway Basin, Australia: Implications for CO2 injection and storage. *International Journal of Greenhouse Gas Control*. 2010.
- Wiprut, D., & Zoback, M. Fault reactivation and fluid flow along a previously dormant normal fault in the northern North Sea. *Stanford University*. 2000
- Zoback, M. D. *Reservoir Geomechanics*. New York. 2007.

ANEXOS

Anexo A: Datos de Validación del modelo

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth falla	Dip	τ	G	TSM
Validación-D1-RN-001	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	0	0	0	28,92	0
Validación-D1-RN-002	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	0	15	4,33157185	27,8113595	0,25958049
Validación-D1-RN-003	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	0	30	7,58226429	24,7824972	0,50992065
Validación-D1-RN-004	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	0	45	8,98574451	20,6449944	0,72541753
Validación-D1-RN-005	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	0	60	8,35216247	16,5074915	0,8432699
Validación-D1-RN-006	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	0	75	6,32543411	13,4786293	0,78215596
Validación-D1-RN-007	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	0	90	4,95335968	12,3699887	0,66738941
Validación-D1-RN-008	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	30	0	0	28,92	0
Validación-D1-RN-009	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	30	15	5,06866106	27,5653667	0,30646313
Validación-D1-RN-010	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	30	30	8,78470664	23,8644398	0,61351441
Validación-D1-RN-011	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	30	45	10,1599588	18,8088795	0,90028035
Validación-D1-RN-012	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	30	60	8,84087532	13,7533193	1,07136262
Validación-D1-RN-013	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	30	75	5,23508022	10,0523923	0,86796589
Validación-D1-RN-014	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	30	90	1,4071287	8,69775904	0,26963434
Validación-D1-RN-015	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	60	0	0	28,92	0
Validación-D1-RN-016	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	60	15	4,83472817	27,6480968	0,2914443
Validación-D1-RN-017	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	60	30	8,41073603	24,1731926	0,57989417
Validación-D1-RN-018	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	60	45	9,81919548	19,4263852	0,84242774
Validación-D1-RN-019	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	60	60	8,77658007	14,6795777	0,99646146
Validación-D1-RN-020	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	60	75	5,85367569	11,2046735	0,87071936
Validación-D1-RN-021	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	60	90	3,54623098	9,93277032	0,59503892
Validación-D1-RN-022	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	90	0	0	28,92	0
Validación-D1-RN-023	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	90	15	3,74619343	27,9768196	0,22317246
Validación-D1-RN-024	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	90	30	6,58065981	25,4000028	0,43180178
Validación-D1-RN-025	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	90	45	7,86316773	21,8800056	0,59896143
Validación-D1-RN-026	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	90	60	7,454728	18,3600085	0,67671792

Validación-D1-RN-027	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	90	75	5,93991306	15,7831917	0,62724038
Validación-D1-RN-028	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	90	90	4,95335968	14,8400113	0,55630682
Validación-D1-RN-029	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	120	0	0	28,92	0
Validación-D1-RN-030	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	120	15	2,62730396	28,2228123	0,1551525
Validación-D1-RN-031	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	120	30	4,5612799	26,3180602	0,28885614
Validación-D1-RN-032	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	120	45	5,29814757	23,7161205	0,37233096
Validación-D1-RN-033	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	120	60	4,66854152	21,1141807	0,36851548
Validación-D1-RN-034	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	120	75	2,93555209	19,2094286	0,25469716
Validación-D1-RN-035	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	120	90	1,4071287	18,512241	0,12668453
Validación-D1-RN-036	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	150	0	0	28,92	0
Validación-D1-RN-037	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	150	15	3,05197429	28,1400823	0,1807608
Validación-D1-RN-038	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	150	30	5,34418679	26,0093074	0,34245349
Validación-D1-RN-039	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	150	45	6,3384858	23,0986148	0,45734963
Validación-D1-RN-040	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	150	60	5,90323721	20,1879223	0,48735717
Validación-D1-RN-041	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	150	75	4,49504946	18,0571474	0,41489106
Validación-D1-RN-042	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	150	90	3,54623098	17,2772297	0,34209101
Validación-D1-RN-043	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	180	0	0	28,92	0
Validación-D1-RN-044	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	180	15	4,33157185	27,8113595	0,25958049
Validación-D1-RN-045	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	180	30	7,58226429	24,7824972	0,50992065
Validación-D1-RN-046	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	180	45	8,98574451	20,6449944	0,72541753
Validación-D1-RN-047	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	180	60	8,35216247	16,5074915	0,8432699
Validación-D1-RN-048	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	180	75	6,32543411	13,4786293	0,78215596
Validación-D1-RN-049	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	180	90	4,95335968	12,3699887	0,66738941
Validación-D1-RN-050	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	210	0	0	28,92	0
Validación-D1-RN-051	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	210	15	5,06866106	27,5653667	0,30646313
Validación-D1-RN-052	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	210	30	8,78470664	23,8644398	0,61351441
Validación-D1-RN-053	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	210	45	10,1599588	18,8088795	0,90028035
Validación-D1-RN-054	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	210	60	8,84087532	13,7533193	1,07136262
Validación-D1-RN-055	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	210	75	5,23508022	10,0523923	0,86796589
Validación-D1-RN-056	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	210	90	1,4071287	8,69775904	0,26963434
Validación-D1-RN-057	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	240	0	0	28,92	0
Validación-D1-RN-058	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	240	15	4,83472817	27,6480968	0,2914443
Validación-D1-RN-059	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	240	30	8,41073603	24,1731926	0,57989417
Validación-D1-RN-060	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	240	45	9,81919548	19,4263852	0,84242774
Validación-D1-RN-061	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	240	60	8,77658007	14,6795777	0,99646146
Validación-D1-RN-062	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	240	75	5,85367569	11,2046735	0,87071936

Validación-D1-RN-063	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	240	90	3,54623098	9,93277032	0,59503892
Validación-D1-RN-064	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	270	0	0	28,92	0
Validación-D1-RN-065	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	270	15	3,74619343	27,9768196	0,22317246
Validación-D1-RN-066	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	270	30	6,58065981	25,4000028	0,43180178
Validación-D1-RN-067	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	270	45	7,86316773	21,8800056	0,59896143
Validación-D1-RN-068	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	270	60	7,454728	18,3600085	0,67671792
Validación-D1-RN-069	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	270	75	5,93991306	15,7831917	0,62724038
Validación-D1-RN-070	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	270	90	4,95335968	14,8400113	0,55630682
Validación-D1-RN-071	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	300	0	0	28,92	0
Validación-D1-RN-072	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	300	15	2,62730396	28,2228123	0,1551525
Validación-D1-RN-073	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	300	30	4,5612799	26,3180602	0,28885614
Validación-D1-RN-074	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	300	45	5,29814757	23,7161205	0,37233096
Validación-D1-RN-075	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	300	60	4,66854152	21,1141807	0,36851548
Validación-D1-RN-076	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	300	75	2,93555209	19,2094286	0,25469716
Validación-D1-RN-077	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	300	90	1,4071287	18,512241	0,12668453
Validación-D1-RN-078	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	330	0	0	28,92	0
Validación-D1-RN-079	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	330	15	3,05197429	28,1400823	0,1807608
Validación-D1-RN-080	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	330	30	5,34418679	26,0093074	0,34245349
Validación-D1-RN-081	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	330	45	6,3384858	23,0986148	0,45734963
Validación-D1-RN-082	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	330	60	5,90323721	20,1879223	0,48735717
Validación-D1-RN-083	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	330	75	4,49504946	18,0571474	0,41489106
Validación-D1-RN-084	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	330	90	3,54623098	17,2772297	0,34209101
Validación-D1-RN-085	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	360	0	0	28,92	0
Validación-D1-RN-086	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	360	15	4,33157185	27,8113595	0,25958049
Validación-D1-RN-087	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	360	30	7,58226429	24,7824972	0,50992065
Validación-D1-RN-088	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	360	45	8,98574451	20,6449944	0,72541753
Validación-D1-RN-089	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	360	60	8,35216247	16,5074915	0,8432699
Validación-D1-RN-090	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	360	75	6,32543411	13,4786293	0,78215596
Validación-D1-RN-091	5505,27	4366,98	3228,69	38	2281,04	0,6	1	0	360	90	4,95335968	12,3699887	0,66738941

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth falla	Dip	τ	G	TSM
--------	------------	------------	------------	--------------------	----	-------	----------	----	---------------	-----	--------	---	-----

Validación-D2-RN-001	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	15	60	5,08167795	18,0788384	0,46847386
Validación-D2-RN-002	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	30	60	4,31956138	19,0106136	0,37869735
Validación-D2-RN-003	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	45	60	3,71986866	19,537621	0,31732528
Validación-D2-RN-004	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	60	60	3,74441136	19,5186496	0,31972937
Validación-D2-RN-005	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	75	60	4,37067168	18,9587826	0,38422577
Validación-D2-RN-006	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	90	60	5,12805011	18,008036	0,47460757
Validación-D2-RN-007	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	105	60	5,68387556	16,9211616	0,55983899
Validación-D2-RN-008	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	120	60	5,9646863	15,9893864	0,62173392
Validación-D2-RN-009	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	135	60	6,05464931	15,462379	0,65262158
Validación-D2-RN-010	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	150	60	6,05223029	15,4813504	0,65156141
Validación-D2-RN-011	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	165	60	5,95324582	16,0412174	0,61853637
Validación-D2-RN-012	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	180	60	5,65569633	16,991964	0,55474226
Validación-D2-RN-013	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	195	60	5,08167795	18,0788384	0,46847386
Validación-D2-RN-014	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	210	60	4,31956138	19,0106136	0,37869735
Validación-D2-RN-015	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	225	60	3,71986866	19,537621	0,31732528
Validación-D2-RN-016	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	240	60	3,74441136	19,5186496	0,31972937
Validación-D2-RN-017	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	255	60	4,37067168	18,9587826	0,38422577
Validación-D2-RN-018	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	270	60	5,12805011	18,008036	0,47460757
Validación-D2-RN-019	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	285	60	5,68387556	16,9211616	0,55983899
Validación-D2-RN-020	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	300	60	5,9646863	15,9893864	0,62173392
Validación-D2-RN-021	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	315	60	6,05464931	15,462379	0,65262158
Validación-D2-RN-022	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	330	60	6,05223029	15,4813504	0,65156141
Validación-D2-RN-023	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	345	60	5,95324582	16,0412174	0,61853637
Validación-D2-RN-024	43,4	35	29,4	142	17,5	0,6	1	0	360	60	5,65569633	16,991964	0,55474226

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth falla	Dip	τ	G	TSM
Validación-D2-RN-001	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	15	60	5,08167795	12,7788384	0,66277254
Validación-D2-RN-002	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	30	60	4,31956138	13,7106136	0,52508729
Validación-D2-RN-003	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	45	60	3,71986866	14,237621	0,43545063
Validación-D2-RN-004	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	60	60	3,74441136	14,2186496	0,43890846
Validación-D2-RN-005	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	75	60	4,37067168	13,6587826	0,5333164
Validación-D2-RN-006	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	90	60	5,12805011	12,708036	0,6725469
Validación-D2-RN-007	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	105	60	5,68387556	11,6211616	0,81516171

Validación-D2-RN-008	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	120	60	5,9646863	10,6893864	0,93000135
Validación-D2-RN-009	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	135	60	6,05464931	10,162379	0,99298424
Validación-D2-RN-010	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	150	60	6,05223029	10,1813504	0,99073797
Validación-D2-RN-011	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	165	60	5,95324582	10,7412174	0,92373853
Validación-D2-RN-012	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	180	60	5,65569633	11,691964	0,80620848
Validación-D2-RN-013	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	195	60	5,08167795	12,7788384	0,66277254
Validación-D2-RN-014	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	210	60	4,31956138	13,7106136	0,52508729
Validación-D2-RN-015	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	225	60	3,71986866	14,237621	0,43545063
Validación-D2-RN-016	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	240	60	3,74441136	14,2186496	0,43890846
Validación-D2-RN-017	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	255	60	4,37067168	13,6587826	0,5333164
Validación-D2-RN-018	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	270	60	5,12805011	12,708036	0,6725469
Validación-D2-RN-019	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	285	60	5,68387556	11,6211616	0,81516171
Validación-D2-RN-020	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	300	60	5,9646863	10,6893864	0,93000135
Validación-D2-RN-021	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	315	60	6,05464931	10,162379	0,99298424
Validación-D2-RN-022	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	330	60	6,05223029	10,1813504	0,99073797
Validación-D2-RN-023	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	345	60	5,95324582	10,7412174	0,92373853
Validación-D2-RN-024	43,4	35	29,4	142	22,8	0,6	1	0	360	60	5,65569633	11,691964	0,80620848

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth	Dip	τ	G	TSM
Validación-D2-RR-001	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	15	80	10,9820791	26,673349	0,68620799
Validación-D2-RR-002	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	30	80	8,00046135	31,6650978	0,42109778
Validación-D2-RR-003	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	45	80	3,15136904	34,4884065	0,15229123
Validación-D2-RR-004	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	60	80	3,48631701	34,3867717	0,16897569
Validación-D2-RR-005	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	75	80	8,27434043	31,3874264	0,43936598
Validación-D2-RR-006	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	90	80	11,0846529	26,2940427	0,70260864
Validación-D2-RR-007	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	110	80	10,3470971	18,6405982	0,92513994
Validación-D2-RR-008	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	120	80	8,14555265	15,4796399	0,87701789
Validación-D2-RR-009	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	135	80	3,6181558	12,6563312	0,47646191
Validación-D2-RR-010	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	150	80	3,90959206	12,757966	0,51073868
Validación-D2-RR-011	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	165	80	8,40993321	15,7573113	0,88952709
Validación-D2-RR-012	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	170	80	9,59188792	17,2813272	0,92507246
Validación-D2-RR-013	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	180	80	11,1201343	20,850695	0,88887
Validación-D2-RR-014	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	195	80	10,9820791	26,673349	0,68620799

Validación-D2-RR-015	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	210	80	8,00046135	31,6650978	0,42109778
Validación-D2-RR-016	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	225	80	3,15136904	34,4884065	0,15229123
Validación-D2-RR-017	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	240	80	3,48631701	34,3867717	0,16897569
Validación-D2-RR-018	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	255	80	8,27434043	31,3874264	0,43936598
Validación-D2-RR-019	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	270	80	11,0846529	26,2940427	0,70260864
Validación-D2-RR-020	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	290	80	10,3470971	18,6405982	0,92513994
Validación-D2-RR-021	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	300	80	8,14555265	15,4796399	0,87701789
Validación-D2-RR-022	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	315	80	3,6181558	12,6563312	0,47646191
Validación-D2-RR-023	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	330	80	3,90959206	12,757966	0,51073868
Validación-D2-RR-024	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	345	80	8,40993321	15,7573113	0,88952709
Validación-D2-RR-025	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	350	80	9,59188792	17,2813272	0,92507246
Validación-D2-RR-026	43,4	52,6	29,4	142	17,5	0,6	1	0	360	80	11,1201343	20,850695	0,88887

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth	Dip	T	G	TSM
Validación-D2-RR-001	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	15	80	10,9820791	25,673349	0,71293641
Validación-D2-RR-002	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	30	80	8,00046135	30,6650978	0,43482993
Validación-D2-RR-003	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	45	80	3,15136904	33,4884065	0,15683881
Validación-D2-RR-004	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	60	80	3,48631701	33,3867717	0,17403684
Validación-D2-RR-005	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	75	80	8,27434043	30,3874264	0,45382479
Validación-D2-RR-006	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	90	80	11,0846529	25,2940427	0,73038627
Validación-D2-RR-007	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	110	80	10,3470971	17,6405982	0,97758373
Validación-D2-RR-008	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	120	80	8,14555265	14,4796399	0,93758693
Validación-D2-RR-009	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	135	80	3,6181558	11,6563312	0,51733771
Validación-D2-RR-010	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	150	80	3,90959206	11,757966	0,55417636
Validación-D2-RR-011	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	165	80	8,40993321	14,7573113	0,94980414
Validación-D2-RR-012	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	170	80	9,59188792	16,2813272	0,98189046
Validación-D2-RR-013	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	180	80	11,1201343	19,850695	0,93364778
Validación-D2-RR-014	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	195	80	10,9820791	25,673349	0,71293641
Validación-D2-RR-015	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	210	80	8,00046135	30,6650978	0,43482993
Validación-D2-RR-016	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	225	80	3,15136904	33,4884065	0,15683881
Validación-D2-RR-017	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	240	80	3,48631701	33,3867717	0,17403684
Validación-D2-RR-018	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	255	80	8,27434043	30,3874264	0,45382479

Validación-D2-RR-019	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	270	80	11,0846529	25,2940427	0,73038627
Validación-D2-RR-020	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	290	80	10,3470971	17,6405982	0,97758373
Validación-D2-RR-021	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	300	80	8,14555265	14,4796399	0,93758693
Validación-D2-RR-022	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	315	80	3,6181558	11,6563312	0,51733771
Validación-D2-RR-023	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	330	80	3,90959206	11,757966	0,55417636
Validación-D2-RR-024	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	345	80	8,40993321	14,7573113	0,94980414
Validación-D2-RR-025	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	350	80	9,59188792	16,2813272	0,98189046
Validación-D2-RR-026	43,4	52,6	29,4	142	18,5	0,6	1	0	360	80	11,1201343	19,850695	0,93364778

Anexo B: Datos de Sensibilidad del modelo

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
BIOT-RR-001	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	30	2003,37657	9265,35	0,36037073
BIOT-RR-002	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,8	0	0	30	2003,37657	10265,35	0,32526518
BIOT-RR-003	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,6	0	0	30	2003,37657	11265,35	0,29639212
BIOT-RR-004	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,5	0	0	30	2003,37657	11765,35	0,28379614
BIOT-RR-005	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,4	0	0	30	2003,37657	12265,35	0,27222712
BIOT-RR-006	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,2	0	0	30	2003,37657	13265,35	0,25170545
BIOT-RR-007	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0	0	0	30	2003,37657	14265,35	0,23406092
BIOT-RR-008	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0	0	0	45	2313,3	13108,7	0,29411765
BIOT-RR-009	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,2	0	0	45	2313,3	12108,7	0,31840743
BIOT-RR-010	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,4	0	0	45	2313,3	11108,7	0,34707031
BIOT-RR-011	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,5	0	0	45	2313,3	10608,7	0,36342813
BIOT-RR-012	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,6	0	0	45	2313,3	10108,7	0,38140414
BIOT-RR-013	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,8	0	0	45	2313,3	9108,7	0,42327665
BIOT-RR-014	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	45	2313,3	8108,7	0,47547696
BIOT-RR-015	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	60	2003,37657	6952,05	0,48028437
BIOT-RR-016	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,8	0	0	60	2003,37657	7952,05	0,41988681
BIOT-RR-017	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,6	0	0	60	2003,37657	8952,05	0,37298283
BIOT-RR-018	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,5	0	0	60	2003,37657	9452,05	0,35325257
BIOT-RR-019	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,4	0	0	60	2003,37657	9952,05	0,33550484
BIOT-RR-020	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,2	0	0	60	2003,37657	10952,05	0,30487086
BIOT-RR-021	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0	0	0	60	2003,37657	11952,05	0,27936303
BIOT-RR-022	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0	0	0	80	791,195198	10934,9091	0,12059164
BIOT-RR-023	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,2	0	0	80	791,195198	9934,90906	0,13272982
BIOT-RR-024	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,4	0	0	80	791,195198	8934,90906	0,14758501

BIOT-RR-025	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,5	0	0	80	791,195198	8434,90906	0,15633348
BIOT-RR-026	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,6	0	0	80	791,195198	7934,90906	0,16618447
BIOT-RR-027	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	0,8	0	0	80	791,195198	6934,90906	0,19014794
BIOT-RR-028	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	80	791,195198	5934,90906	0,22218684

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
BIOT-RN-001	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0	0	0	30	4462,67221	18524,975	0,40150052
BIOT-RN-002	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0,2	0	0	30	4462,67221	17524,975	0,42441071
BIOT-RN-003	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0,4	0	0	30	4462,67221	16524,975	0,45009369
BIOT-RN-004	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0,6	0	0	30	4462,67221	15524,975	0,47908528
BIOT-RN-005	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0,8	0	0	30	4462,67221	14524,975	0,51206883
BIOT-RN-006	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	30	4462,67221	13524,975	0,54992982
BIOT-RN-007	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0	0	0	45	5153,05	15948,45	0,53851106
BIOT-RN-008	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0,2	0	0	45	5153,05	14948,45	0,5745356
BIOT-RN-009	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0,4	0	0	45	5153,05	13948,45	0,61572552
BIOT-RN-010	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0,6	0	0	45	5153,05	12948,45	0,66327759
BIOT-RN-011	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0,8	0	0	45	5153,05	11948,45	0,71878919
BIOT-RN-012	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	45	5153,05	10948,45	0,78444133
BIOT-RN-013	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0	0	0	60	4462,67221	13371,925	0,5562241
BIOT-RN-014	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0,2	0	0	60	4462,67221	12371,925	0,60118268
BIOT-RN-015	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0,4	0	0	60	4462,67221	11371,925	0,65404819
BIOT-RN-016	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0,6	0	0	60	4462,67221	10371,925	0,71710767
BIOT-RN-017	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0,8	0	0	60	4462,67221	9371,925	0,79362426
BIOT-RN-018	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	60	4462,67221	8371,925	0,88842017
BIOT-RN-019	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0	0	0	80	1762,4469	11106,1669	0,26448472
BIOT-RN-020	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0,2	0	0	80	1762,4469	10106,1669	0,29065535
BIOT-RN-021	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0,4	0	0	80	1762,4469	9106,16694	0,32257387
BIOT-RN-022	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0,6	0	0	80	1762,4469	8106,16694	0,36236751
BIOT-RN-023	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	0,8	0	0	80	1762,4469	7106,16694	0,41336089
BIOT-RN-024	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	80	1762,4469	6106,16694	0,48105653

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
BIOT-RI-001	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	1	0	0	30	2003,37657	6952,05	0,48028437
BIOT-RI-002	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,8	0	0	30	2003,37657	7952,05	0,41988681
BIOT-RI-003	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,6	0	0	30	2003,37657	8952,05	0,37298283
BIOT-RI-004	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,5	0	0	30	2003,37657	9452,05	0,35325257
BIOT-RI-005	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,4	0	0	30	2003,37657	9952,05	0,33550484
BIOT-RI-006	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,2	0	0	30	2003,37657	10952,05	0,30487086
BIOT-RI-007	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0	0	0	30	2003,37657	11952,05	0,27936303
BIOT-RI-008	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	1	0	0	45	2313,3	8108,7	0,47547696
BIOT-RI-009	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,8	0	0	45	2313,3	9108,7	0,42327665
BIOT-RI-010	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,6	0	0	45	2313,3	10108,7	0,38140414
BIOT-RI-011	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,5	0	0	45	2313,3	10608,7	0,36342813
BIOT-RI-012	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,4	0	0	45	2313,3	11108,7	0,34707031
BIOT-RI-013	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,2	0	0	45	2313,3	12108,7	0,31840743
BIOT-RI-014	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0	0	0	45	2313,3	13108,7	0,29411765
BIOT-RI-015	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	1	0	0	60	2003,37657	9265,35	0,36037073
BIOT-RI-016	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,8	0	0	60	2003,37657	10265,35	0,32526518
BIOT-RI-017	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,6	0	0	60	2003,37657	11265,35	0,29639212
BIOT-RI-018	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,5	0	0	60	2003,37657	11765,35	0,28379614
BIOT-RI-019	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,4	0	0	60	2003,37657	12265,35	0,27222712
BIOT-RI-020	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,2	0	0	60	2003,37657	13265,35	0,25170545
BIOT-RI-021	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0	0	0	60	2003,37657	14265,35	0,23406092
BIOT-RI-022	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	1	0	0	80	791,195198	10282,4909	0,12824311
BIOT-RI-023	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,8	0	0	80	791,195198	11282,4909	0,11687655
BIOT-RI-024	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,6	0	0	80	791,195198	12282,4909	0,10736085
BIOT-RI-025	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,5	0	0	80	791,195198	12782,4909	0,10316132
BIOT-RI-026	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,4	0	0	80	791,195198	13282,4909	0,09927796
BIOT-RI-027	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0,2	0	0	80	791,195198	14282,4909	0,09232694
BIOT-RI-028	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	0	0	0	80	791,195198	15282,4909	0,08628558

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h		Pp	μ	α	Co		Dip	τ	G	TSM
--------	------------	------------	------------	--	----	-------	----------	----	--	-----	--------	---	-----

				Azimuth σ_H					Azimuth de falla				
Pp-RR-001	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	30	2003,37657	14265,35	0,23406092
Pp-RR-002	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	30	2003,37657	9265,35	0,36037073
Pp-RR-003	15422	21101,5	10795,4	0	8000	0,6	1	0	0	30	2003,37657	6265,35	0,53292489
Pp-RR-004	15422	21101,5	10795,4	0	10000	0,6	1	0	0	30	2003,37657	4265,35	0,78281054
Pp-RR-005	15422	21101,5	10795,4	0	10795,4	0,6	1	0	0	30	2003,37657	3469,95	0,96225045
Pp-RR-006	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	45	2313,3	13108,7	0,29411765
Pp-RR-007	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	45	2313,3	8108,7	0,47547696
Pp-RR-008	15422	21101,5	10795,4	0	8000	0,6	1	0	0	45	2313,3	5108,7	0,75469297
Pp-RR-009	15422	21101,5	10795,4	0	10000	0,6	1	0	0	45	2313,3	3108,7	1,24022903
Pp-RR-010	15422	21101,5	10795,4	0	10795,4	0,6	1	0	0	45	2313,3	2313,3	1,66666667
Pp-RR-011	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	60	2003,37657	11952,05	0,27936303
Pp-RR-012	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	60	2003,37657	6952,05	0,48028437
Pp-RR-013	15422	21101,5	10795,4	0	8000	0,6	1	0	0	60	2003,37657	3952,05	0,84486809
Pp-RR-014	15422	21101,5	10795,4	0	10000	0,6	1	0	0	60	2003,37657	1952,05	1,71048946
Pp-RR-015	15422	21101,5	10795,4	0	10795,4	0,6	1	0	0	60	2003,37657	1156,65	2,88675135
Pp-RR-016	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	80	791,195198	10934,9091	0,12059164
Pp-RR-017	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	80	791,195198	5934,90906	0,22218684
Pp-RR-018	15422	21101,5	10795,4	0	8000	0,6	1	0	0	80	791,195198	2934,90906	0,44930137
Pp-RR-019	15422	21101,5	10795,4	0	10000	0,6	1	0	0	80	791,195198	934,90906	1,4104673
Pp-RR-020	15422	21101,5	10795,4	0	10795,4	0,6	1	0	0	80	791,195198	139,50906	9,45213637

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
Pp-RN-001	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	30	4462,67221	18524,975	0,40150052
Pp-RN-002	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	30	4462,67221	13524,975	0,54992982
Pp-RN-003	21101,5	15422	10795,4	0	8000	0,6	1	0	0	30	4462,67221	10524,975	0,70667978
Pp-RN-004	21101,5	15422	10795,4	0	10000	0,6	1	0	0	30	4462,67221	8524,975	0,87247024
Pp-RN-005	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	45	5153,05	15948,45	0,53851106
Pp-RN-006	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	45	5153,05	10948,45	0,78444133
Pp-RN-007	21101,5	15422	10795,4	0	8000	0,6	1	0	0	45	5153,05	7948,45	1,08051465
Pp-RN-008	21101,5	15422	10795,4	0	10000	0,6	1	0	0	45	5153,05	5948,45	1,44380749
Pp-RN-009	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	60	4462,67221	13371,925	0,5562241
Pp-RN-010	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	60	4462,67221	8371,925	0,88842017
Pp-RN-011	21101,5	15422	10795,4	0	8000	0,6	1	0	0	60	4462,67221	5371,925	1,38456643

Pp-RN-012	21101,5	15422	10795,4	0	10000	0,6	1	0	0	60	4462,67221	3371,925	2,20579847
Pp-RN-013	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	80	1762,4469	11106,1669	0,26448472
Pp-RN-014	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	80	1762,4469	6106,16694	0,48105653
Pp-RN-015	21101,5	15422	10795,4	0	8000	0,6	1	0	0	80	1762,4469	3106,16694	0,94567084
Pp-RN-016	21101,5	15422	10795,4	0	10000	0,6	1	0	0	80	1762,4469	1106,16694	2,65548661

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
Pp-RI-001	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	0	30	2003,37657	11952,05	0,27936303
Pp-RI-002	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	1	0	0	30	2003,37657	6952,05	0,48028437
Pp-RI-003	10795,4	21101,5	15422	0	8000	0,6	1	0	0	30	2003,37657	3952,05	0,84486809
Pp-RI-004	10795,4	21101,5	15422	0	10000	0,6	1	0	0	30	2003,37657	1952,05	1,71048946
Pp-RI-005	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	0	45	2313,3	13108,7	0,29411765
Pp-RI-006	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	1	0	0	45	2313,3	8108,7	0,47547696
Pp-RI-007	10795,4	21101,5	15422	0	8000	0,6	1	0	0	45	2313,3	5108,7	0,75469297
Pp-RI-008	10795,4	21101,5	15422	0	10000	0,6	1	0	0	45	2313,3	3108,7	1,24022903
Pp-RI-009	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	0	60	2003,37657	14265,35	0,23406092
Pp-RI-010	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	1	0	0	60	2003,37657	9265,35	0,36037073
Pp-RI-011	10795,4	21101,5	15422	0	8000	0,6	1	0	0	60	2003,37657	6265,35	0,53292489
Pp-RI-012	10795,4	21101,5	15422	0	10000	0,6	1	0	0	60	2003,37657	4265,35	0,78281054
Pp-RI-013	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	0	80	791,195198	15282,4909	0,08628558
Pp-RI-014	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	1	0	0	80	791,195198	10282,4909	0,12824311
Pp-RI-015	10795,4	21101,5	15422	0	8000	0,6	1	0	0	80	791,195198	7282,49094	0,18107248
Pp-RI-016	10795,4	21101,5	15422	0	10000	0,6	1	0	0	80	791,195198	5282,49094	0,24962819

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
CFRI-RR-001	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,1	1	0	0	30	2003,37657	9265,35	2,16222438
CFRI-RR-002	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,2	1	0	0	30	2003,37657	9265,35	1,08111219
CFRI-RR-003	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,4	1	0	0	30	2003,37657	9265,35	0,5405561

CFRI-RR-004	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	30	2003,37657	9265,35	0,36037073
CFRI-RR-005	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,8	1	0	0	30	2003,37657	9265,35	0,27027805
CFRI-RR-006	15422	21101,5	10795,4	0	5000	1	1	0	0	30	2003,37657	9265,35	0,21622244
CFRI-RR-007	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,1	1	0	0	45	2313,3	8108,7	2,85286174
CFRI-RR-008	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,2	1	0	0	45	2313,3	8108,7	1,42643087
CFRI-RR-009	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,4	1	0	0	45	2313,3	8108,7	0,71321544
CFRI-RR-010	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	45	2313,3	8108,7	0,47547696
CFRI-RR-011	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,8	1	0	0	45	2313,3	8108,7	0,35660772
CFRI-RR-012	15422	21101,5	10795,4	0	5000	1	1	0	0	45	2313,3	8108,7	0,28528617
CFRI-RR-013	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,1	1	0	0	60	2003,37657	6952,05	2,88170621
CFRI-RR-014	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,2	1	0	0	60	2003,37657	6952,05	1,44085311
CFRI-RR-015	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,4	1	0	0	60	2003,37657	6952,05	0,72042655
CFRI-RR-016	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	60	2003,37657	6952,05	0,48028437
CFRI-RR-017	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,8	1	0	0	60	2003,37657	6952,05	0,36021328
CFRI-RR-018	15422	21101,5	10795,4	0	5000	1	1	0	0	60	2003,37657	6952,05	0,28817062
CFRI-RR-019	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,1	1	0	0	80	791,195198	5934,90906	1,33312101
CFRI-RR-020	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,2	1	0	0	80	791,195198	5934,90906	0,66656051
CFRI-RR-021	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,4	1	0	0	80	791,195198	5934,90906	0,33328025
CFRI-RR-022	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	80	791,195198	5934,90906	0,22218684
CFRI-RR-023	15422	21101,5	10795,4	0	5000	0,8	1	0	0	80	791,195198	5934,90906	0,16664013
CFRI-RR-024	15422	21101,5	10795,4	0	5000	1	1	0	0	80	791,195198	5934,90906	0,1333121

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
CFRI-RN-001	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,1	1	0	0	30	4462,67221	13524,975	3,2995789
CFRI-RN-002	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,2	1	0	0	30	4462,67221	13524,975	1,64978945
CFRI-RN-003	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,4	1	0	0	30	4462,67221	13524,975	0,82489472
CFRI-RN-004	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	30	4462,67221	13524,975	0,54992982
CFRI-RN-005	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,8	1	0	0	30	4462,67221	13524,975	0,41244736
CFRI-RN-006	21101,5	15422	10795,4	0	5000	1	1	0	0	30	4462,67221	13524,975	0,32995789
CFRI-RN-007	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,1	1	0	0	45	5153,05	10948,45	4,70664797
CFRI-RN-008	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,2	1	0	0	45	5153,05	10948,45	2,35332399
CFRI-RN-009	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,4	1	0	0	45	5153,05	10948,45	1,17666199
CFRI-RN-010	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	45	5153,05	10948,45	0,78444133

CFRI-RN-011	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,8	1	0	0	45	5153,05	10948,45	0,588331
CFRI-RN-012	21101,5	15422	10795,4	0	5000	1	1	0	0	45	5153,05	10948,45	0,4706648
CFRI-RN-013	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,1	1	0	0	60	4462,67221	8371,925	5,33052101
CFRI-RN-014	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,2	1	0	0	60	4462,67221	8371,925	2,6652605
CFRI-RN-015	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,4	1	0	0	60	4462,67221	8371,925	1,33263025
CFRI-RN-016	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	60	4462,67221	8371,925	0,88842017
CFRI-RN-017	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,8	1	0	0	60	4462,67221	8371,925	0,66631513
CFRI-RN-018	21101,5	15422	10795,4	0	5000	1	1	0	0	60	4462,67221	8371,925	0,5330521
CFRI-RN-019	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,1	1	0	0	80	1762,4469	6106,16694	2,8863392
CFRI-RN-020	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,2	1	0	0	80	1762,4469	6106,16694	1,4431696
CFRI-RN-021	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,4	1	0	0	80	1762,4469	6106,16694	0,7215848
CFRI-RN-022	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,6	1	0	0	80	1762,4469	6106,16694	0,48105653
CFRI-RN-023	21101,5	15422	10795,4	0	5000	0,8	1	0	0	80	1762,4469	6106,16694	0,3607924
CFRI-RN-024	21101,5	15422	10795,4	0	5000	1	1	0	0	80	1762,4469	6106,16694	0,28863392

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
CFRI-RI-001	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,1	1	0	0	30	2003,37657	6952,05	2,88170621
CFRI-RI-002	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,2	1	0	0	30	2003,37657	6952,05	1,44085311
CFRI-RI-003	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,4	1	0	0	30	2003,37657	6952,05	0,72042655
CFRI-RI-004	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	1	0	0	30	2003,37657	6952,05	0,48028437
CFRI-RI-005	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,8	1	0	0	30	2003,37657	6952,05	0,36021328
CFRI-RI-006	10795,4	21101,5	15422	0	5000	1	1	0	0	30	2003,37657	6952,05	0,28817062
CFRI-RI-007	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,1	1	0	0	45	2313,3	8108,7	2,85286174
CFRI-RI-008	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,2	1	0	0	45	2313,3	8108,7	1,42643087
CFRI-RI-009	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,4	1	0	0	45	2313,3	8108,7	0,71321544
CFRI-RI-010	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	1	0	0	45	2313,3	8108,7	0,47547696
CFRI-RI-011	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,8	1	0	0	45	2313,3	8108,7	0,35660772
CFRI-RI-012	10795,4	21101,5	15422	0	5000	1	1	0	0	45	2313,3	8108,7	0,28528617
CFRI-RI-013	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,1	1	0	0	60	2003,37657	9265,35	2,16222438
CFRI-RI-014	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,2	1	0	0	60	2003,37657	9265,35	1,08111219
CFRI-RI-015	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,4	1	0	0	60	2003,37657	9265,35	0,5405561
CFRI-RI-016	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	1	0	0	60	2003,37657	9265,35	0,36037073
CFRI-RI-017	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,8	1	0	0	60	2003,37657	9265,35	0,27027805

CFRI-RI-018	10795,4	21101,5	15422	0	5000	1	1	0	0	60	2003,37657	9265,35	0,21622244
CFRI-RI-019	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,1	1	0	0	80	791,195198	10282,4909	0,76945869
CFRI-RI-020	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,2	1	0	0	80	791,195198	10282,4909	0,38472934
CFRI-RI-021	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,4	1	0	0	80	791,195198	10282,4909	0,19236467
CFRI-RI-022	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,6	1	0	0	80	791,195198	10282,4909	0,12824311
CFRI-RI-023	10795,4	21101,5	15422	0	5000	0,8	1	0	0	80	791,195198	10282,4909	0,09618234
CFRI-RI-024	10795,4	21101,5	15422	0	5000	1	1	0	0	80	791,195198	10282,4909	0,07694587

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
AσH-RR-001	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	30	2003,37657	14265,35	0,23406092
AσH-RR-002	15422	21101,5	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	30	2401,43441	14909,4813	0,26844601
AσH-RR-003	15422	21101,5	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	30	2586,58977	15553,6125	0,27716924
AσH-RR-004	15422	21101,5	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	30	2604,6489	16197,7438	0,26800532
AσH-RR-005	15422	21101,5	10795,4	90	0	0,6	1	0	0	30	2459,29564	16841,875	0,24337113
AσH-RR-006	15422	21101,5	10795,4	120	0	0,6	1	0	0	30	2604,6489	16197,7438	0,26800532
AσH-RR-007	15422	21101,5	10795,4	135	0	0,6	1	0	0	30	2586,58977	15553,6125	0,27716924
AσH-RR-008	15422	21101,5	10795,4	150	0	0,6	1	0	0	30	2401,43441	14909,4813	0,26844601
AσH-RR-009	15422	21101,5	10795,4	180	0	0,6	1	0	0	30	2003,37657	14265,35	0,23406092
AσH-RR-010	15422	21101,5	10795,4	210	0	0,6	1	0	0	30	2401,43441	14909,4813	0,26844601
AσH-RR-011	15422	21101,5	10795,4	225	0	0,6	1	0	0	30	2586,58977	15553,6125	0,27716924
AσH-RR-012	15422	21101,5	10795,4	240	0	0,6	1	0	0	30	2604,6489	16197,7438	0,26800532
AσH-RR-013	15422	21101,5	10795,4	270	0	0,6	1	0	0	30	2459,29564	16841,875	0,24337113
AσH-RR-014	15422	21101,5	10795,4	300	0	0,6	1	0	0	30	2604,6489	16197,7438	0,26800532
AσH-RR-015	15422	21101,5	10795,4	315	0	0,6	1	0	0	30	2586,58977	15553,6125	0,27716924
AσH-RR-016	15422	21101,5	10795,4	330	0	0,6	1	0	0	30	2401,43441	14909,4813	0,26844601
AσH-RR-017	15422	21101,5	10795,4	360	0	0,6	1	0	0	30	2003,37657	14265,35	0,23406092
AσH-RR-018	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	45	2313,3	13108,7	0,29411765
AσH-RR-019	15422	21101,5	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	45	3317,89444	14396,9625	0,38409658
AσH-RR-020	15422	21101,5	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	45	3653,25191	15685,225	0,38818399
AσH-RR-021	15422	21101,5	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	45	3516,36674	16973,4875	0,34528032
AσH-RR-022	15422	21101,5	10795,4	89	0	0,6	1	0	0	45	2841,02786	18260,1805	0,25930995
AσH-RR-023	15422	21101,5	10795,4	120	0	0,6	1	0	0	45	3516,36674	16973,4875	0,34528032
AσH-RR-024	15422	21101,5	10795,4	135	0	0,6	1	0	0	45	3653,25191	15685,225	0,38818399

АσH-RR-025	15422	21101,5	10795,4	150	0	0,6	1	0	0	45	3317,89444	14396,9625	0,38409658
АσH-RR-026	15422	21101,5	10795,4	180	0	0,6	1	0	0	45	2313,3	13108,7	0,29411765
АσH-RR-027	15422	21101,5	10795,4	210	0	0,6	1	0	0	45	3317,89444	14396,9625	0,38409658
АσH-RR-028	15422	21101,5	10795,4	225	0	0,6	1	0	0	45	3653,25191	15685,225	0,38818399
АσH-RR-029	15422	21101,5	10795,4	240	0	0,6	1	0	0	45	3516,36674	16973,4875	0,34528032
АσH-RR-030	15422	21101,5	10795,4	270	0	0,6	1	0	0	45	2839,75	18261,75	0,25917104
АσH-RR-031	15422	21101,5	10795,4	300	0	0,6	1	0	0	45	3516,36674	16973,4875	0,34528032
АσH-RR-032	15422	21101,5	10795,4	315	0	0,6	1	0	0	45	3653,25191	15685,225	0,38818399
АσH-RR-033	15422	21101,5	10795,4	330	0	0,6	1	0	0	45	3317,89444	14396,9625	0,38409658
АσH-RR-034	15422	21101,5	10795,4	360	0	0,6	1	0	0	45	2313,3	13108,7	0,29411765
АσH-RR-035	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	60	2003,37657	11952,05	0,27936303
АσH-RR-036	15422	21101,5	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	60	3965,42669	13884,4438	0,47600355
АσH-RR-037	15422	21101,5	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	60	4468,49066	15816,8375	0,470858
АσH-RR-038	15422	21101,5	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	60	4091,68883	17749,2313	0,38421277
АσH-RR-039	15422	21101,5	10795,4	90	0	0,6	1	0	0	60	2459,29564	19681,625	0,20825649
АσH-RR-040	15422	21101,5	10795,4	120	0	0,6	1	0	0	60	4091,68883	17749,2313	0,38421277
АσH-RR-041	15422	21101,5	10795,4	135	0	0,6	1	0	0	60	4468,49066	15816,8375	0,470858
АσH-RR-042	15422	21101,5	10795,4	150	0	0,6	1	0	0	60	3965,42669	13884,4438	0,47600355
АσH-RR-043	15422	21101,5	10795,4	180	0	0,6	1	0	0	60	2003,37657	11952,05	0,27936303
АσH-RR-044	15422	21101,5	10795,4	210	0	0,6	1	0	0	60	3965,42669	13884,4438	0,47600355
АσH-RR-045	15422	21101,5	10795,4	225	0	0,6	1	0	0	60	4468,49066	15816,8375	0,470858
АσH-RR-046	15422	21101,5	10795,4	240	0	0,6	1	0	0	60	4091,68883	17749,2313	0,38421277
АσH-RR-047	15422	21101,5	10795,4	270	0	0,6	1	0	0	60	2459,29564	19681,625	0,20825649
АσH-RR-048	15422	21101,5	10795,4	300	0	0,6	1	0	0	60	4091,68883	17749,2313	0,38421277
АσH-RR-049	15422	21101,5	10795,4	315	0	0,6	1	0	0	60	4468,49066	15816,8375	0,470858
АσH-RR-050	15422	21101,5	10795,4	330	0	0,6	1	0	0	60	3965,42669	13884,4438	0,47600355
АσH-RR-051	15422	21101,5	10795,4	360	0	0,6	1	0	0	60	2003,37657	11952,05	0,27936303
АσH-RR-052	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	80	791,195198	10934,9091	0,12059164
АσH-RR-053	15422	21101,5	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	80	4408,83521	13433,7423	0,54698523
АσH-RR-054	15422	21101,5	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	80	5075,5621	15932,5756	0,53094179
АσH-RR-055	15422	21101,5	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	80	4426,79319	18431,4089	0,40029434
АσH-RR-056	15422	21101,5	10795,4	90	0	0,6	1	0	0	80	971,251702	20930,2421	0,07734038
АσH-RR-057	15422	21101,5	10795,4	120	0	0,6	1	0	0	80	4426,79319	18431,4089	0,40029434
АσH-RR-058	15422	21101,5	10795,4	135	0	0,6	1	0	0	80	5075,5621	15932,5756	0,53094179
АσH-RR-059	15422	21101,5	10795,4	150	0	0,6	1	0	0	80	4408,83521	13433,7423	0,54698523
АσH-RR-060	15422	21101,5	10795,4	180	0	0,6	1	0	0	80	791,195198	10934,9091	0,12059164

AσH-RR-061	15422	21101,5	10795,4	210	0	0,6	1	0	0	80	4408,83521	13433,7423	0,54698523
AσH-RR-062	15422	21101,5	10795,4	225	0	0,6	1	0	0	80	5075,5621	15932,5756	0,53094179
AσH-RR-063	15422	21101,5	10795,4	240	0	0,6	1	0	0	80	4426,79319	18431,4089	0,40029434
AσH-RR-064	15422	21101,5	10795,4	270	0	0,6	1	0	0	80	971,251702	20930,2421	0,07734038
AσH-RR-065	15422	21101,5	10795,4	300	0	0,6	1	0	0	80	4426,79319	18431,4089	0,40029434
AσH-RR-066	15422	21101,5	10795,4	315	0	0,6	1	0	0	80	5075,5621	15932,5756	0,53094179
AσH-RR-067	15422	21101,5	10795,4	330	0	0,6	1	0	0	80	4408,83521	13433,7423	0,54698523
AσH-RR-068	15422	21101,5	10795,4	360	0	0,6	1	0	0	80	791,195198	10934,9091	0,12059164

NOMBRE	σv	σH	σh	Azimuth σH	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
AσH-RN-001	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	30	4462,67221	18524,975	0,40150052
AσH-RN-002	21101,5	15422	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	30	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-003	21101,5	15422	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	30	3649,14359	19103,3	0,31836939
AσH-RN-004	21101,5	15422	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	30	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-005	21101,5	15422	10795,4	90	0	0,6	1	0	0	30	2459,29564	19681,625	0,20825649
AσH-RN-006	21101,5	15422	10795,4	120	0	0,6	1	0	0	30	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-007	21101,5	15422	10795,4	135	0	0,6	1	0	0	30	3649,14359	19103,3	0,31836939
AσH-RN-008	21101,5	15422	10795,4	150	0	0,6	1	0	0	30	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-009	21101,5	15422	10795,4	180	0	0,6	1	0	0	30	4462,67221	18524,975	0,40150052
AσH-RN-010	21101,5	15422	10795,4	210	0	0,6	1	0	0	30	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-011	21101,5	15422	10795,4	225	0	0,6	1	0	0	30	3649,14359	19103,3	0,31836939
AσH-RN-012	21101,5	15422	10795,4	240	0	0,6	1	0	0	30	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-013	21101,5	15422	10795,4	270	0	0,6	1	0	0	30	2459,29564	19681,625	0,20825649
AσH-RN-014	21101,5	15422	10795,4	300	0	0,6	1	0	0	30	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-015	21101,5	15422	10795,4	315	0	0,6	1	0	0	30	3649,14359	19103,3	0,31836939
AσH-RN-016	21101,5	15422	10795,4	330	0	0,6	1	0	0	30	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-017	21101,5	15422	10795,4	360	0	0,6	1	0	0	30	4462,67221	18524,975	0,40150052
AσH-RN-018	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	45	5153,05	15948,45	0,53851106

AσH-RN-019	21101,5	15422	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	45	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-020	21101,5	15422	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	45	4318,20465	17105,1	0,42075216
AσH-RN-021	21101,5	15422	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	45	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-022	21101,5	15422	10795,4	90	0	0,6	1	0	0	44	2838,0201	18360,8558	0,25761509
AσH-RN-023	21101,5	15422	10795,4	120	0	0,6	1	0	0	45	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-024	21101,5	15422	10795,4	135	0	0,6	1	0	0	45	4318,20465	17105,1	0,42075216
AσH-RN-025	21101,5	15422	10795,4	150	0	0,6	1	0	0	45	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-026	21101,5	15422	10795,4	180	0	0,6	1	0	0	45	5153,05	15948,45	0,53851106
AσH-RN-027	21101,5	15422	10795,4	210	0	0,6	1	0	0	45	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-028	21101,5	15422	10795,4	225	0	0,6	1	0	0	45	4318,20465	17105,1	0,42075216
AσH-RN-029	21101,5	15422	10795,4	240	0	0,6	1	0	0	45	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-030	21101,5	15422	10795,4	270	0	0,6	1	0	0	45	2839,75	18261,75	0,25917104
AσH-RN-031	21101,5	15422	10795,4	300	0	0,6	1	0	0	45	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-032	21101,5	15422	10795,4	315	0	0,6	1	0	0	45	4318,20465	17105,1	0,42075216
AσH-RN-033	21101,5	15422	10795,4	330	0	0,6	1	0	0	45	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-034	21101,5	15422	10795,4	360	0	0,6	1	0	0	45	5153,05	15948,45	0,53851106
AσH-RN-035	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	60	4462,67221	13371,925	0,5562241
AσH-RN-036	21101,5	15422	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	60	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-037	21101,5	15422	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	60	3998,9908	15106,9	0,44118811
AσH-RN-038	21101,5	15422	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	60	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-039	21101,5	15422	10795,4	90	0	0,6	1	0	0	60	2459,29564	16841,875	0,24337113
AσH-RN-040	21101,5	15422	10795,4	120	0	0,6	1	0	0	60	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-041	21101,5	15422	10795,4	135	0	0,6	1	0	0	60	3998,9908	15106,9	0,44118811
AσH-RN-042	21101,5	15422	10795,4	150	0	0,6	1	0	0	60	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-043	21101,5	15422	10795,4	180	0	0,6	1	0	0	60	4462,67221	13371,925	0,5562241
AσH-RN-044	21101,5	15422	10795,4	210	0	0,6	1	0	0	60	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-045	21101,5	15422	10795,4	225	0	0,6	1	0	0	60	3998,9908	15106,9	0,44118811
AσH-RN-046	21101,5	15422	10795,4	240	0	0,6	1	0	0	60	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-047	21101,5	15422	10795,4	270	0	0,6	1	0	0	60	2459,29564	16841,875	0,24337113
AσH-RN-048	21101,5	15422	10795,4	300	0	0,6	1	0	0	60	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-049	21101,5	15422	10795,4	315	0	0,6	1	0	0	60	3998,9908	15106,9	0,44118811
AσH-RN-050	21101,5	15422	10795,4	330	0	0,6	1	0	0	60	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-051	21101,5	15422	10795,4	360	0	0,6	1	0	0	60	4462,67221	13371,925	0,5562241
AσH-RN-052	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	80	1762,4469	11106,1669	0,26448472
AσH-RN-053	21101,5	15422	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	80	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-054	21101,5	15422	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	80	2656,74062	13349,7124	0,33168513

AσH-RN-055	21101,5	15422	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	80	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-056	21101,5	15422	10795,4	90	0	0,6	1	0	0	80	971,251702	15593,2579	0,10381107
AσH-RN-057	21101,5	15422	10795,4	120	0	0,6	1	0	0	80	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-058	21101,5	15422	10795,4	135	0	0,6	1	0	0	80	2656,74062	13349,7124	0,33168513
AσH-RN-059	21101,5	15422	10795,4	150	0	0,6	1	0	0	80	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-060	21101,5	15422	10795,4	180	0	0,6	1	0	0	80	1762,4469	11106,1669	0,26448472
AσH-RN-061	21101,5	15422	10795,4	210	0	0,6	1	0	0	80	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-062	21101,5	15422	10795,4	225	0	0,6	1	0	0	80	2656,74062	13349,7124	0,33168513
AσH-RN-063	21101,5	15422	10795,4	240	0	0,6	1	0	0	80	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-064	21101,5	15422	10795,4	270	0	0,6	1	0	0	80	971,251702	15593,2579	0,10381107
AσH-RN-065	21101,5	15422	10795,4	300	0	0,6	1	0	0	80	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-066	21101,5	15422	10795,4	315	0	0,6	1	0	0	80	2656,74062	13349,7124	0,33168513
AσH-RN-067	21101,5	15422	10795,4	330	0	0,6	1	0	0	80	2293,28899	14471,4851	0,26411583
AσH-RN-068	21101,5	15422	10795,4	360	0	0,6	1	0	0	80	1762,4469	11106,1669	0,26448472
AσH-RN-069	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	90	0	10795,4	0
AσH-RN-070	21101,5	15422	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	2003,37657	11952,05	0,27936303
AσH-RN-071	21101,5	15422	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	2313,3	13108,7	0,29411765
AσH-RN-072	21101,5	15422	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	2003,37657	14265,35	0,23406092
AσH-RN-073	21101,5	15422	10795,4	90	0	0,6	1	0	0	90	0	15422	0
AσH-RN-074	21101,5	15422	10795,4	180	0	0,6	1	0	0	90	0	10795,4	0
AσH-RN-075	21101,5	15422	10795,4	270	0	0,6	1	0	0	90	0	15422	0
AσH-RN-076	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	10	1762,4469	20790,7331	0,14128465
AσH-RN-077	21101,5	15422	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	10	1602,85559	20825,6103	0,128276
AσH-RN-078	21101,5	15422	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	10	1424,6544	20860,4876	0,11382399
AσH-RN-079	21101,5	15422	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	10	1219,71367	20895,3649	0,09728742
AσH-RN-080	21101,5	15422	10795,4	90	0	0,6	1	0	0	10	971,251702	20930,2421	0,07734038
AσH-RN-081	21101,5	15422	10795,4	180	0	0,6	1	0	0	10	1762,4469	20790,7331	0,14128465
AσH-RN-082	21101,5	15422	10795,4	270	0	0,6	1	0	0	10	971,251702	20930,2421	0,07734038

NOMBRE	σv	σH	σh	Azimuth σH	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
AσH-RI-001	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	0	30	2003,37657	11952,05	0,27936303

АσH-RI-002	10795,4	21101,5	15422	30	0	0,6	1	0	0	30	2892,578	12307,0188	0,39172471
АσH-RI-003	10795,4	21101,5	15422	45	0	0,6	1	0	0	30	3531,07515	12661,9875	0,46478685
АσH-RI-004	10795,4	21101,5	15422	60	0	0,6	1	0	0	30	4039,55075	13016,9563	0,5172165
АσH-RI-005	10795,4	21101,5	15422	90	0	0,6	1	0	0	30	4462,67221	13371,925	0,5562241
АσH-RI-006	10795,4	21101,5	15422	120	0	0,6	1	0	0	30	4039,55075	13016,9563	0,5172165
АσH-RI-007	10795,4	21101,5	15422	135	0	0,6	1	0	0	30	3531,07515	12661,9875	0,46478685
АσH-RI-008	10795,4	21101,5	15422	150	0	0,6	1	0	0	30	2892,578	12307,0188	0,39172471
АσH-RI-009	10795,4	21101,5	15422	180	0	0,6	1	0	0	30	2003,37657	11952,05	0,27936303
АσH-RI-010	10795,4	21101,5	15422	210	0	0,6	1	0	0	30	2892,578	12307,0188	0,39172471
АσH-RI-011	10795,4	21101,5	15422	225	0	0,6	1	0	0	30	3531,07515	12661,9875	0,46478685
АσH-RI-012	10795,4	21101,5	15422	240	0	0,6	1	0	0	30	4039,55075	13016,9563	0,5172165
АσH-RI-013	10795,4	21101,5	15422	270	0	0,6	1	0	0	30	4462,67221	13371,925	0,5562241
АσH-RI-014	10795,4	21101,5	15422	300	0	0,6	1	0	0	30	4039,55075	13016,9563	0,5172165
АσH-RI-015	10795,4	21101,5	15422	315	0	0,6	1	0	0	30	3531,07515	12661,9875	0,46478685
АσH-RI-016	10795,4	21101,5	15422	330	0	0,6	1	0	0	30	2892,578	12307,0188	0,39172471
АσH-RI-017	10795,4	21101,5	15422	360	0	0,6	1	0	0	30	2003,37657	11952,05	0,27936303
АσH-RI-018	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	0	45	2313,3	13108,7	0,29411765
АσH-RI-019	10795,4	21101,5	15422	30	0	0,6	1	0	0	45	3487,69731	13818,6375	0,42065137
АσH-RI-020	10795,4	21101,5	15422	45	0	0,6	1	0	0	45	4238,94864	14528,575	0,48627717
АσH-RI-021	10795,4	21101,5	15422	60	0	0,6	1	0	0	45	4771,30131	15238,5125	0,52184679
АσH-RI-022	10795,4	21101,5	15422	89	0	0,6	1	0	0	45	5152,66162	15947,5851	0,53849968
АσH-RI-023	10795,4	21101,5	15422	120	0	0,6	1	0	0	45	4771,30131	15238,5125	0,52184679
АσH-RI-024	10795,4	21101,5	15422	135	0	0,6	1	0	0	45	4238,94864	14528,575	0,48627717
АσH-RI-025	10795,4	21101,5	15422	150	0	0,6	1	0	0	45	3487,69731	13818,6375	0,42065137
АσH-RI-026	10795,4	21101,5	15422	180	0	0,6	1	0	0	45	2313,3	13108,7	0,29411765
АσH-RI-027	10795,4	21101,5	15422	210	0	0,6	1	0	0	45	3487,69731	13818,6375	0,42065137
АσH-RI-028	10795,4	21101,5	15422	225	0	0,6	1	0	0	45	4238,94864	14528,575	0,48627717
АσH-RI-029	10795,4	21101,5	15422	240	0	0,6	1	0	0	45	4771,30131	15238,5125	0,52184679
АσH-RI-030	10795,4	21101,5	15422	270	0	0,6	1	0	0	45	5153,05	15948,45	0,53851106
АσH-RI-031	10795,4	21101,5	15422	300	0	0,6	1	0	0	45	4771,30131	15238,5125	0,52184679
АσH-RI-032	10795,4	21101,5	15422	315	0	0,6	1	0	0	45	4238,94864	14528,575	0,48627717
АσH-RI-033	10795,4	21101,5	15422	330	0	0,6	1	0	0	45	3487,69731	13818,6375	0,42065137
АσH-RI-034	10795,4	21101,5	15422	360	0	0,6	1	0	0	45	2313,3	13108,7	0,29411765
АσH-RI-035	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	0	60	2003,37657	14265,35	0,23406092
АσH-RI-036	10795,4	21101,5	15422	30	0	0,6	1	0	0	60	3375,06667	15330,2563	0,36692871
АσH-RI-037	10795,4	21101,5	15422	45	0	0,6	1	0	0	60	4062,09081	16395,1625	0,41293591

AσH-RI-038	10795,4	21101,5	15422	60	0	0,6	1	0	0	60	4397,95837	17460,0688	0,4198111
AσH-RI-039	10795,4	21101,5	15422	90	0	0,6	1	0	0	60	4462,67221	18524,975	0,40150052
AσH-RI-040	10795,4	21101,5	15422	120	0	0,6	1	0	0	60	4397,95837	17460,0688	0,4198111
AσH-RI-041	10795,4	21101,5	15422	135	0	0,6	1	0	0	60	4062,09081	16395,1625	0,41293591
AσH-RI-042	10795,4	21101,5	15422	150	0	0,6	1	0	0	60	3375,06667	15330,2563	0,36692871
AσH-RI-043	10795,4	21101,5	15422	180	0	0,6	1	0	0	60	2003,37657	14265,35	0,23406092
AσH-RI-044	10795,4	21101,5	15422	210	0	0,6	1	0	0	60	3375,06667	15330,2563	0,36692871
AσH-RI-045	10795,4	21101,5	15422	225	0	0,6	1	0	0	60	4062,09081	16395,1625	0,41293591
AσH-RI-046	10795,4	21101,5	15422	240	0	0,6	1	0	0	60	4397,95837	17460,0688	0,4198111
AσH-RI-047	10795,4	21101,5	15422	270	0	0,6	1	0	0	60	4462,67221	18524,975	0,40150052
AσH-RI-048	10795,4	21101,5	15422	300	0	0,6	1	0	0	60	4397,95837	17460,0688	0,4198111
AσH-RI-049	10795,4	21101,5	15422	315	0	0,6	1	0	0	60	4062,09081	16395,1625	0,41293591
AσH-RI-050	10795,4	21101,5	15422	330	0	0,6	1	0	0	60	3375,06667	15330,2563	0,36692871
AσH-RI-051	10795,4	21101,5	15422	360	0	0,6	1	0	0	60	2003,37657	14265,35	0,23406092
AσH-RI-052	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	0	80	791,195198	15282,4909	0,08628558
AσH-RI-053	10795,4	21101,5	15422	30	0	0,6	1	0	0	80	2633,42633	16659,5515	0,26345511
AσH-RI-054	10795,4	21101,5	15422	45	0	0,6	1	0	0	80	3074,2946	18036,612	0,28407909
AσH-RI-055	10795,4	21101,5	15422	60	0	0,6	1	0	0	80	2859,20424	19413,6725	0,24546311
AσH-RI-056	10795,4	21101,5	15422	90	0	0,6	1	0	0	80	1762,4469	20790,7331	0,14128465
AσH-RI-057	10795,4	21101,5	15422	120	0	0,6	1	0	0	80	2859,20424	19413,6725	0,24546311
AσH-RI-058	10795,4	21101,5	15422	135	0	0,6	1	0	0	80	3074,2946	18036,612	0,28407909
AσH-RI-059	10795,4	21101,5	15422	150	0	0,6	1	0	0	80	2633,42633	16659,5515	0,26345511
AσH-RI-060	10795,4	21101,5	15422	180	0	0,6	1	0	0	80	791,195198	15282,4909	0,08628558
AσH-RI-061	10795,4	21101,5	15422	210	0	0,6	1	0	0	80	2633,42633	16659,5515	0,26345511
AσH-RI-062	10795,4	21101,5	15422	225	0	0,6	1	0	0	80	3074,2946	18036,612	0,28407909
AσH-RI-063	10795,4	21101,5	15422	240	0	0,6	1	0	0	80	2859,20424	19413,6725	0,24546311
AσH-RI-064	10795,4	21101,5	15422	270	0	0,6	1	0	0	80	1762,4469	20790,7331	0,14128465
AσH-RI-065	10795,4	21101,5	15422	300	0	0,6	1	0	0	80	2859,20424	19413,6725	0,24546311
AσH-RI-066	10795,4	21101,5	15422	315	0	0,6	1	0	0	80	3074,2946	18036,612	0,28407909
AσH-RI-067	10795,4	21101,5	15422	330	0	0,6	1	0	0	80	2633,42633	16659,5515	0,26345511
AσH-RI-068	10795,4	21101,5	15422	360	0	0,6	1	0	0	80	791,195198	15282,4909	0,08628558

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
--------	------------	------------	------------	-----------------------	----	-------	----------	----	------------------	-----	--------	---	-----

APF-RR-001	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	30	2003,37657	14265,35	0,23406092
APF-RR-002	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	45	30	2586,58977	15553,6125	0,27716924
APF-RR-003	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	90	30	2459,29564	16841,875	0,24337113
APF-RR-004	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	135	30	2586,58977	15553,6125	0,27716924
APF-RR-005	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	180	30	2003,37657	14265,35	0,23406092
APF-RR-006	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	225	30	2586,58977	15553,6125	0,27716924
APF-RR-007	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	270	30	2459,29564	16841,875	0,24337113
APF-RR-008	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	315	30	2586,58977	15553,6125	0,27716924
APF-RR-009	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	360	30	2003,37657	14265,35	0,23406092
APF-RR-010	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	45	2313,3	13108,7	0,29411765
APF-RR-011	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	45	45	3653,25191	15685,225	0,38818399
APF-RR-012	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	90	45	2839,75	18261,75	0,25917104
APF-RR-013	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	135	45	3653,25191	15685,225	0,38818399
APF-RR-014	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	180	45	2313,3	13108,7	0,29411765
APF-RR-015	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	225	45	3653,25191	15685,225	0,38818399
APF-RR-016	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	269	45	2841,02786	18260,1805	0,25930995
APF-RR-017	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	315	45	3653,25191	15685,225	0,38818399
APF-RR-018	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	360	45	2313,3	13108,7	0,29411765
APF-RR-019	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	60	2003,37657	11952,05	0,27936303
APF-RR-020	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	45	60	4468,49066	15816,8375	0,470858
APF-RR-021	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	90	60	2459,29564	19681,625	0,20825649
APF-RR-022	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	135	60	4468,49066	15816,8375	0,470858
APF-RR-023	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	180	60	2003,37657	11952,05	0,27936303
APF-RR-024	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	225	60	4468,49066	15816,8375	0,470858
APF-RR-025	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	270	60	2459,29564	19681,625	0,20825649
APF-RR-026	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	315	60	4468,49066	15816,8375	0,470858
APF-RR-027	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	360	60	2003,37657	11952,05	0,27936303
APF-RR-028	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	80	791,195198	10934,9091	0,12059164
APF-RR-029	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	45	80	5075,5621	15932,5756	0,53094179
APF-RR-030	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	90	80	971,251702	20930,2421	0,07734038
APF-RR-031	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	135	80	5075,5621	15932,5756	0,53094179
APF-RR-032	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	180	80	791,195198	10934,9091	0,12059164
APF-RR-033	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	225	80	5075,5621	15932,5756	0,53094179
APF-RR-034	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	270	80	971,251702	20930,2421	0,07734038
APF-RR-035	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	315	80	5075,5621	15932,5756	0,53094179
APF-RR-036	15422	21101,5	10795,4	0	0	0,6	1	0	360	80	791,195198	10934,9091	0,12059164

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
APF-RN-001	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	30	4462,67221	18524,975	0,40150052
APF-RN-002	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	45	30	3649,14359	19103,3	0,31836939
APF-RN-003	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	90	30	2459,29564	19681,625	0,20825649
APF-RN-004	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	135	30	3649,14359	19103,3	0,31836939
APF-RN-005	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	180	30	4462,67221	18524,975	0,40150052
APF-RN-006	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	225	30	3649,14359	19103,3	0,31836939
APF-RN-007	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	270	30	2459,29564	19681,625	0,20825649
APF-RN-008	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	315	30	3649,14359	19103,3	0,31836939
APF-RN-009	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	360	30	4462,67221	18524,975	0,40150052
APF-RN-010	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	45	5153,05	15948,45	0,53851106
APF-RN-011	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	45	45	4318,20465	17105,1	0,42075216
APF-RN-012	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	90	45	2839,75	18261,75	0,25917104
APF-RN-013	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	135	45	4318,20465	17105,1	0,42075216
APF-RN-014	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	180	45	5153,05	15948,45	0,53851106
APF-RN-015	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	225	45	4318,20465	17105,1	0,42075216
APF-RN-016	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	271	45	2841,0282	18261,0454	0,2592977
APF-RN-017	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	269	45	2841,0282	18261,0454	0,2592977
APF-RN-018	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	315	44	4305,1201	17244,5723	0,41608455
APF-RN-019	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	315	46	4326,75614	16965,6277	0,42505119
APF-RN-020	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	315	45	4318,20465	17105,1	0,42075216
APF-RN-021	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	360	45	5153,05	15948,45	0,53851106
APF-RN-022	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	60	4462,67221	13371,925	0,5562241
APF-RN-023	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	45	60	3998,9908	15106,9	0,44118811
APF-RN-024	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	90	60	2459,29564	16841,875	0,24337113
APF-RN-025	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	135	60	3998,9908	15106,9	0,44118811
APF-RN-026	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	180	60	4462,67221	13371,925	0,5562241
APF-RN-027	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	225	60	3998,9908	15106,9	0,44118811
APF-RN-028	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	270	60	2459,29564	16841,875	0,24337113
APF-RN-029	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	315	60	3998,9908	15106,9	0,44118811
APF-RN-030	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	360	60	4462,67221	13371,925	0,5562241
APF-RN-031	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	0	80	1762,4469	11106,1669	0,26448472

APF-RN-032	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	45	80	2656,74062	13349,7124	0,33168513
APF-RN-033	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	90	80	971,251702	15593,2579	0,10381107
APF-RN-034	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	135	80	2656,74062	13349,7124	0,33168513
APF-RN-035	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	180	80	1762,4469	11106,1669	0,26448472
APF-RN-036	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	225	80	2656,74062	13349,7124	0,33168513
APF-RN-037	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	270	80	971,251702	15593,2579	0,10381107
APF-RN-038	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	315	80	2656,74062	13349,7124	0,33168513
APF-RN-039	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	360	80	1762,4469	11106,1669	0,26448472

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
APF-RI-001	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	0	30	2003,37657	11952,05	0,27936303
APF-RI-002	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	45	30	3531,07515	12661,9875	0,46478685
APF-RI-003	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	90	30	4462,67221	13371,925	0,5562241
APF-RI-004	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	135	30	3531,07515	12661,9875	0,46478685
APF-RI-005	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	180	30	2003,37657	11952,05	0,27936303
APF-RI-006	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	225	30	3531,07515	12661,9875	0,46478685
APF-RI-007	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	270	30	4462,67221	13371,925	0,5562241
APF-RI-008	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	315	30	3531,07515	12661,9875	0,46478685
APF-RI-009	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	360	30	2003,37657	11952,05	0,27936303
APF-RI-010	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	0	45	2313,3	13108,7	0,29411765
APF-RI-011	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	45	45	4238,94864	14528,575	0,48627717
APF-RI-012	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	90	45	5152,66162	15947,5851	0,53849968
APF-RI-013	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	135	45	4238,94864	14528,575	0,48627717
APF-RI-014	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	180	45	2313,3	13108,7	0,29411765
APF-RI-015	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	225	45	4238,94864	14528,575	0,48627717
APF-RI-016	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	269	45	5152,66162	15947,5851	0,53849968
APF-RI-017	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	315	45	4238,94864	14528,575	0,48627717
APF-RI-018	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	360	45	2313,3	13108,7	0,29411765
APF-RI-019	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	0	60	2003,37657	14265,35	0,23406092
APF-RI-020	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	45	60	4062,09081	16395,1625	0,41293591
APF-RI-021	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	90	60	4462,67221	18524,975	0,40150052
APF-RI-022	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	135	60	4062,09081	16395,1625	0,41293591
APF-RI-023	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	180	60	2003,37657	14265,35	0,23406092

APF-RI-024	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	225	60	4062,09081	16395,1625	0,41293591
APF-RI-025	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	270	60	4462,67221	18524,975	0,40150052
APF-RI-026	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	315	60	4062,09081	16395,1625	0,41293591
APF-RI-027	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	360	60	2003,37657	14265,35	0,23406092
APF-RI-028	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	0	80	791,195198	15282,4909	0,08628558
APF-RI-029	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	45	80	3074,2946	18036,612	0,28407909
APF-RI-030	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	90	80	1762,4469	20790,7331	0,14128465
APF-RI-031	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	135	80	3074,2946	18036,612	0,28407909
APF-RI-032	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	180	80	791,195198	15282,4909	0,08628558
APF-RI-033	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	225	80	3074,2946	18036,612	0,28407909
APF-RI-034	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	270	80	1762,4469	20790,7331	0,14128465
APF-RI-035	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	315	80	3074,2946	18036,612	0,28407909
APF-RI-036	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	360	80	791,195198	15282,4909	0,08628558

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
σ_H -RR-001	15422	16101,5	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	2297,6087	12121,925	0,31590262
σ_H -RR-002	15422	17101,5	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	2730,6214	12371,925	0,36785186
σ_H -RR-003	15422	18101,5	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	3163,6341	12621,925	0,41774321
σ_H -RR-004	15422	19101,5	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	3596,6468	12871,925	0,46569657
σ_H -RR-005	15422	20101,5	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	4029,65951	13121,925	0,51182271
σ_H -RR-006	15422	21101,5	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	4462,67221	13371,925	0,5562241
σ_H -RR-007	15422	22101,5	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	4895,68491	13621,925	0,59899573
σ_H -RR-008	15422	23101,5	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	5328,69761	13871,925	0,64022568
σ_H -RR-009	15422	24101,5	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	5761,71031	14121,925	0,67999586
σ_H -RR-010	15422	25101,5	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	6194,72301	14371,925	0,71838243
σ_H -RR-011	15422	26101,5	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	6627,73572	14621,925	0,75545636
σ_H -RR-012	15422	16101,5	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	2653,05	13448,45	0,32879254
σ_H -RR-013	15422	17101,5	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	3153,05	13948,45	0,37675034
σ_H -RR-014	15422	18101,5	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	3653,05	14448,45	0,42138891
σ_H -RR-015	15422	19101,5	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	4153,05	14948,45	0,46304132
σ_H -RR-016	15422	20101,5	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	4653,05	15448,45	0,5019975

σH-RR-017	15422	21101,5	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	5153,05	15948,45	0,53851106
σH-RR-018	15422	22101,5	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	5653,05	16448,45	0,57280473
σH-RR-019	15422	23101,5	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	6153,05	16948,45	0,605075
σH-RR-020	15422	24101,5	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	6653,05	17448,45	0,6354958
σH-RR-021	15422	25101,5	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	7153,05	17948,45	0,6642217
σH-RR-022	15422	26101,5	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	7653,05	18448,45	0,69139051
σH-RR-023	15422	16101,5	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	2297,6087	14774,975	0,25917796
σH-RR-024	15422	17101,5	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	2730,6214	15524,975	0,29314287
σH-RR-025	15422	18101,5	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	3163,6341	16274,975	0,32397736
σH-RR-026	15422	19101,5	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	3596,6468	17024,975	0,35209516
σH-RR-027	15422	20101,5	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	4029,65951	17774,975	0,37784015
σH-RR-028	15422	21101,5	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	4462,67221	18524,975	0,40150052
σH-RR-029	15422	22101,5	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	4895,68491	19274,975	0,42331961
σH-RR-030	15422	23101,5	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	5328,69761	20024,975	0,44350431
σH-RR-031	15422	24101,5	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	5761,71031	20774,975	0,46223163
σH-RR-032	15422	25101,5	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	6194,72301	21524,975	0,47965391
σH-RR-033	15422	26101,5	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	6627,73572	22274,975	0,49590297
σH-RR-034	15422	16101,5	10795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	907,396541	15941,5015	0,09486732
σH-RR-035	15422	17101,5	10795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	1078,40661	16911,3478	0,10628037
σH-RR-036	15422	18101,5	10795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	1249,41668	17881,1941	0,11645537
σH-RR-037	15422	19101,5	10795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	1420,42676	18851,0404	0,12558341
σH-RR-038	15422	20101,5	10795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	1591,43683	19820,8867	0,13381817
σH-RR-039	15422	21101,5	10795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	1762,4469	20790,7331	0,14128465
σH-RR-040	15422	22101,5	10795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	1933,45697	21760,5794	0,14808559
σH-RR-041	15422	23101,5	10795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	2104,46704	22730,4257	0,15430618
σH-RR-042	15422	24101,5	10795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	2275,47711	23700,272	0,16001765
σH-RR-043	15422	25101,5	10795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	2446,48719	24670,1183	0,16528006
σH-RR-044	15422	26101,5	10795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	2617,49726	25639,9646	0,17014436

NOMBRE	σv	σH	σh	Azimuth σH	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	T	G	TSM
σh-RR-001	15422	21101,5	9795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	4895,68491	12621,925	0,64645249
σh-RR-002	15422	21101,5	10795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	4462,67221	13371,925	0,5562241
σh-RR-003	15422	21101,5	11795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	4029,65951	14121,925	0,47557958

oh-RR-004	15422	21101,5	12795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	3596,6468	14871,925	0,40306896
oh-RR-005	15422	21101,5	13795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	3163,6341	15621,925	0,33752073
oh-RR-006	15422	21101,5	14795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	2730,6214	16371,925	0,27797804
oh-RR-007	15422	21101,5	15795,4	30	0	0,6	1	0	0	90	2297,6087	17121,925	0,22365171
oh-RR-008	15422	21101,5	9795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	5653,05	15448,45	0,60988319
oh-RR-009	15422	21101,5	10795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	5153,05	15948,45	0,53851106
oh-RR-010	15422	21101,5	11795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	4653,05	16448,45	0,47147806
oh-RR-011	15422	21101,5	12795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	4153,05	16948,45	0,40840018
oh-RR-012	15422	21101,5	13795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	3653,05	17448,45	0,34893739
oh-RR-013	15422	21101,5	14795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	3153,05	17948,45	0,29278759
oh-RR-014	15422	21101,5	15795,4	45	0	0,6	1	0	0	90	2653,05	18448,45	0,23968138
oh-RR-015	15422	21101,5	9795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	4895,68491	18274,975	0,4464835
oh-RR-016	15422	21101,5	10795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	4462,67221	18524,975	0,40150052
oh-RR-017	15422	21101,5	11795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	4029,65951	18774,975	0,35771548
oh-RR-018	15422	21101,5	12795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	3596,6468	19024,975	0,31508117
oh-RR-019	15422	21101,5	13795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	3163,6341	19274,975	0,27355281
oh-RR-020	15422	21101,5	14795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	2730,6214	19524,975	0,23308791
oh-RR-021	15422	21101,5	15795,4	60	0	0,6	1	0	0	90	2297,6087	19774,975	0,19364615
oh-RR-022	15422	21101,5	9795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	1933,45697	20760,5794	0,15521861
oh-RR-023	15422	21101,5	10795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	1762,4469	20790,7331	0,14128465
oh-RR-003	15422	21101,5	11795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	1591,43683	20820,8867	0,12739105
oh-RR-024	15422	21101,5	12795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	1420,42676	20851,0404	0,11353764
oh-RR-025	15422	21101,5	13795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	1249,41668	20881,1941	0,09972424
oh-RR-026	15422	21101,5	14795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	1078,40661	20911,3478	0,08595067
oh-RR-027	15422	21101,5	15795,4	80	0	0,6	1	0	0	90	907,396541	20941,5015	0,07221677

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
σ_V -RN-001	16101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	2057,1199	15064,1375	0,22759572

σV-RN-002	17101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	2444,43982	15814,1375	0,25762179
σV-RN-003	18101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	2844,96569	16564,1375	0,28625755
σV-RN-004	19101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	3253,82445	17314,1375	0,31321461
σV-RN-005	20101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	3668,23081	18064,1375	0,33844506
σV-RN-006	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	4086,4974	18814,1375	0,36200591
σV-RN-007	22101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	4507,54975	19564,1375	0,38399766
σV-RN-008	23101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	4930,67425	20314,1375	0,40453553
σV-RN-009	24101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	5355,37975	21064,1375	0,42373598
σV-RN-010	25101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	5781,31785	21814,1375	0,44171032
σV-RN-011	26101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	6208,23484	22564,1375	0,45856209
σV-RN-012	16101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	2512,21867	14026,775	0,29850276
σV-RN-013	17101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	2938,7017	14526,775	0,33715922
σV-RN-014	18101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	3385,36448	15026,775	0,37548137
σV-RN-015	19101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	3845,1811	15526,775	0,41274735
σV-RN-016	20101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	4313,94746	16026,775	0,44861879
σV-RN-017	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	4789,03619	16526,775	0,48295732
σV-RN-018	22101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	5268,73729	17026,775	0,5157306
σV-RN-019	23101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	5751,89687	17526,775	0,54696285
σV-RN-020	24101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	6237,71133	18026,775	0,57670801
σV-RN-021	25101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	6725,60537	18526,775	0,60503473
σV-RN-022	26101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	7215,15715	19026,775	0,63201788
σV-RN-023	16101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	2497,69917	12989,4125	0,32047885
σV-RN-024	17101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	2825,25129	13239,4125	0,35566172
σV-RN-025	18101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	3178,14232	13489,4125	0,39267121
σV-RN-026	19101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	3548,82126	13739,4125	0,43049163
σV-RN-027	20101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	3932,26094	13989,4125	0,46848059
σV-RN-028	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	4325,06877	14239,4125	0,50623212
σV-RN-029	22101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	4724,90885	14489,4125	0,54348981
σV-RN-030	23101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	5130,13717	14739,4125	0,5800929
σV-RN-031	24101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	5539,57138	14989,4125	0,61594268
σV-RN-032	25101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	5952,34365	15239,4125	0,65098131
σV-RN-033	26101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	6367,80485	15489,4125	0,68517822
σV-RN-034	16101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	2096,6698	12077,1712	0,28934339
σV-RN-035	17101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	2160,54748	12107,3249	0,29741603
σV-RN-036	18101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	2235,70917	12137,4786	0,30699802
σV-RN-037	19101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	2321,0589	12167,6323	0,31792804

σV-RN-038	20101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	2415,51697	12197,786	0,33004855
σV-RN-039	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	2518,05857	12227,9397	0,34321107
σV-RN-040	22101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	2627,73754	12258,0934	0,35727926
σV-RN-041	23101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	2743,69807	12288,2471	0,37213039
σV-RN-042	24101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	2865,17757	12318,4007	0,38765551
σV-RN-043	25101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	2991,50376	12348,5544	0,40375897
σV-RN-044	26101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	3122,08839	12378,7081	0,42035733

NOMBRE	σv	σH	σh	Azimuth σH	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
σh-RN-001	21101,5	15422	9795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	4456,32487	18626,6375	0,39874122
σh-RN-002	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	4086,4974	18814,1375	0,36200591
σh-RN-003	21101,5	15422	11795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	3720,85719	19001,6375	0,32636285
σh-RN-004	21101,5	15422	12795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	3360,77118	19189,1375	0,29189875
σh-RN-005	21101,5	15422	13795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	3008,23455	19376,6375	0,258751
σh-RN-006	21101,5	15422	14795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	2666,24357	19564,1375	0,22713699
σh-RN-007	21101,5	15422	15795,4	0	0	0,6	1	0	30	30	2339,4277	19751,6375	0,19740369
σh-RN-008	21101,5	15422	9795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	5240,9707	16151,775	0,54080441
σh-RN-009	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	4789,03619	16526,775	0,48295732
σh-RN-010	21101,5	15422	11795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	4344,04321	16901,775	0,42836164
σh-RN-011	21101,5	15422	12795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	3908,36349	17276,775	0,37703444
σh-RN-012	21101,5	15422	13795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	3485,4912	17651,775	0,32909733
σh-RN-013	21101,5	15422	14795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	3080,7049	18026,775	0,28482677
σh-RN-014	21101,5	15422	15795,4	0	0	0,6	1	0	30	45	2702,14478	18401,775	0,24473588
σh-RN-015	21101,5	15422	9795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	4777,74295	13676,9125	0,5822151
σh-RN-016	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	4325,06877	14239,4125	0,50623212
σh-RN-017	21101,5	15422	11795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	3883,01424	14801,9125	0,43721988
σh-RN-018	21101,5	15422	12795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	3455,65721	15364,4125	0,37485512
σh-RN-019	21101,5	15422	13795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	3049,18373	15926,9125	0,31908086
σh-RN-020	21101,5	15422	14795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	2673,13741	16489,4125	0,27018725
σh-RN-021	21101,5	15422	15795,4	0	0	0,6	1	0	30	60	2342,21974	17051,9125	0,22893031
σh-RN-022	21101,5	15422	9795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	2936,48261	11500,5549	0,42555665
σh-RN-023	21101,5	15422	10795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	2518,05857	12227,9397	0,34321107
σh-RN-024	21101,5	15422	11795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	2110,66345	12955,3244	0,27153102

oh-RN-025	21101,5	15422	12795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	1722,1422	13682,7091	0,2097711
oh-RN-026	21101,5	15422	13795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	1368,66347	14410,0939	0,15829916
oh-RN-027	21101,5	15422	14795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	1085,03364	15137,4786	0,11946437
oh-RN-028	21101,5	15422	15795,4	0	0	0,6	1	0	30	80	936,989152	15864,8633	0,09843442

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
σH-RI-001	10795,4	16101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	2082,13844	11994,5188	0,28931805
σH-RI-002	10795,4	17101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	2215,23517	12057,0188	0,30621654
σH-RI-003	10795,4	18101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	2365,67554	12119,5188	0,32532584
σH-RI-004	10795,4	19101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	2530,36799	12182,0188	0,34618893
σH-RI-005	10795,4	20101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	2706,71223	12244,5188	0,36842502
σH-RI-006	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	2892,578	12307,0188	0,39172471
σH-RI-007	10795,4	22101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	3086,24552	12369,5188	0,41584015
σH-RI-008	10795,4	23101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	3286,33577	12432,0188	0,44057417
σH-RI-009	10795,4	24101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	3491,7448	12494,5188	0,46577021
σH-RI-010	10795,4	25101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	3701,58724	12557,0188	0,49130388
σH-RI-011	10795,4	26101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	3915,15032	12619,5188	0,51707602
σH-RI-012	10795,4	16101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	2407,24518	13193,6375	0,30409167
σH-RI-013	10795,4	17101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	2575,10582	13318,6375	0,3222434
σH-RI-014	10795,4	18101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	2772,41062	13443,6375	0,3437079
σH-RI-015	10795,4	19101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	2993,34282	13568,6375	0,36767912
σH-RI-016	10795,4	20101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	3233,06231	13693,6375	0,39349933
σH-RI-017	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	3487,69731	13818,6375	0,42065137
σH-RI-018	10795,4	22101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	3754,21405	13943,6375	0,44873681
σH-RI-019	10795,4	23101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	4030,25604	14068,6375	0,47745159
σH-RI-020	10795,4	24101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	4313,99518	14193,6375	0,50656443
σH-RI-021	10795,4	25101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	4604,00858	14318,6375	0,53589929
σH-RI-022	10795,4	26101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	4899,18214	14443,6375	0,56532183
σH-RI-023	10795,4	16101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	2092,50729	14392,7563	0,24231023
σH-RI-024	10795,4	17101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	2274,13926	14580,2563	0,25995648
σH-RI-025	10795,4	18101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	2503,90087	14767,7563	0,28258647
σH-RI-026	10795,4	19101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	2769,84065	14955,2563	0,30868084
σH-RI-027	10795,4	20101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	3062,54834	15142,7563	0,33707518
σH-RI-028	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	3375,06667	15330,2563	0,36692871
σH-RI-029	10795,4	22101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	3702,38237	15517,7563	0,3976501

σH-RI-030	10795,4	23101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	4040,90124	15705,2563	0,42882684
σH-RI-031	10795,4	24101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	4388,03122	15892,7563	0,46017099
σH-RI-032	10795,4	25101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	4741,88155	16080,2563	0,49148072
σH-RI-033	10795,4	26101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	5101,05389	16267,7563	0,52261396
σH-RI-034	10795,4	16101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	869,922296	15447,2436	0,0938595
σH-RI-035	10795,4	17101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	1121,47352	15689,7052	0,11913051
σH-RI-036	10795,4	18101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	1458,0771	15932,1667	0,15252969
σH-RI-037	10795,4	19101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	1833,47285	16174,6283	0,18892478
σH-RI-038	10795,4	20101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	2228,13925	16417,0899	0,2262012
σH-RI-039	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	2633,42633	16659,5515	0,26345511
σH-RI-040	10795,4	22101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	3045,09637	16902,013	0,3002696
σH-RI-041	10795,4	23101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	3460,87236	17144,4746	0,33644196
σH-RI-042	10795,4	24101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	3879,43437	17386,9362	0,37187253
σH-RI-043	10795,4	25101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	4299,96889	17629,3978	0,40651501
σH-RI-044	10795,4	26101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	4721,94894	17871,8594	0,44035233

NOMBRE	σv	σH	σh	Azimuth σH	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
σv-RI-001	9795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	3289,67105	11557,0188	0,47441171
σv-RI-002	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	2892,578	12307,0188	0,39172471
σv-RI-003	11795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	2507,40491	13057,0188	0,32005837
σv-RI-004	12795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	2140,596	13807,0188	0,25839467
σv-RI-005	13795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	1803,39212	14557,0188	0,20647452
σv-RI-006	14795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	1515,68301	15307,0188	0,16503138
σv-RI-007	15795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	30	1310,48345	16057,0188	0,13602395
σv-RI-008	9795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	3929,02914	13318,6375	0,49167056
σv-RI-009	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	3487,69731	13818,6375	0,42065137
σv-RI-010	11795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	3064,44041	14318,6375	0,356696
σv-RI-011	12795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	2667,87509	14818,6375	0,30005852
σv-RI-012	13795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	2311,77854	15318,6375	0,25152134
σv-RI-013	14795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	2017,69237	15818,6375	0,21258598
σv-RI-014	15795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	45	1815,99697	16318,6375	0,18547269
σv-RI-015	9795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	3721,02179	15080,2563	0,41124653
σv-RI-016	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	3375,06667	15330,2563	0,36692871

σv-RI-017	11795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	3051,41719	15580,2563	0,32641923
σv-RI-018	12795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	2757,93741	15830,2563	0,29036563
σv-RI-019	13795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	2505,25261	16080,2563	0,25966135
σv-RI-020	14795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	2306,80786	16330,2563	0,23543291
σv-RI-021	15795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	60	2177,4835	16580,2563	0,21888318
σv-RI-022	9795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	2705,14885	16629,3978	0,27112115
σv-RI-023	10795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	2633,42633	16659,5515	0,26345511
σv-RI-024	11795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	2571,09453	16689,7052	0,25675454
σv-RI-025	12795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	2518,8507	16719,8588	0,25108373
σv-RI-026	13795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	2477,33313	16750,0125	0,24650062
σv-RI-027	14795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	2447,08785	16780,1662	0,2430536
σv-RI-028	15795,4	21101,5	15422	0	0	0,6	1	0	30	80	2428,53605	16810,3199	0,24077829

Anexo C: Datos de perfil de esfuerzos y presión de poro del campo de estudio.

Profundidad	sigma H	sigma h	sigma V	Presión de Poro
0	0	0	0	0
1000	1250	750	1000	440
2000	2500	1500	2000	880
3000	3750	2250	3000	1320
4000	5000	3000	4000	1760
5000	6250	3750	5000	2200
6000	7500	4500	6000	2640
7000	8750	5250	7000	3080
8000	10000	6000	8000	3520
9000	11250	6750	9000	3960
10000	12500	7500	10000	4400
11000	13750	8250	11000	4840
12000	15000	9000	12000	5280
13000	16250	9750	13000	5720
14000	17500	10500	14000	6160
15000	18750	11250	15000	6600

Anexo D: Datos para los principales planos

de falla evaluados en la zona de estudio.

16000	20000	12000	16000	7040
17000	21250	12750	17000	7480
18000	22500	13500	18000	7920
19000	23750	14250	19000	8360
20000	25000	15000	20000	8800
21000	26250	15750	21000	9240
22000	27500	16500	22000	9680
23000	28750	17250	23000	10120
24000	30000	18000	24000	10560
25000	31250	18750	25000	11000

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de Falla	Dip
FALLA CUSIANA	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	180	35
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	180	30
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	180	40
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	190	35
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	190	30
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	190	40
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	220	35
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	220	30
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	220	40
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	180	45
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	180	60
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	180	90
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	190	45
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	190	60
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	190	90
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	220	45
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	220	60
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	220	90
FALLA YOPAL	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	270	15
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	270	20
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	270	30
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	260	15
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	260	20
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	260	30

	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	250	15
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	250	20
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	250	30
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	260	45
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	260	60
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	260	90
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	250	45
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	250	60
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	250	90
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	270	45
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	270	60
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	270	90
SISTEMA DE FALLAS DE GUAICARAMO	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	300	20
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	300	30
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	300	45
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	300	50
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	320	20
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	320	30
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	320	45
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	320	50
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	340	20
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	340	30
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	340	45
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	340	50
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	210	20
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	210	30
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	210	45
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	210	50
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	190	20
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	190	30
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	190	45
	13400	16750	10050	115	5896	0,6	1	0	190	50

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip
FALLA CUSIANA	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	180	35
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	180	30
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	180	40
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	190	35
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	190	30
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	190	40
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	220	35
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	220	30
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	220	40
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	180	45
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	180	60
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	180	90
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	190	45
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	190	60
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	190	90
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	220	45
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	220	60
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	220	90
FALLA YOPAL	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	270	15
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	270	20
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	270	30
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	260	15
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	260	20
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	260	30
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	250	15
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	250	20
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	250	30
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	260	45
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	260	60
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	260	90
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	250	45
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	250	60
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	250	90
13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	270	45	

SISTEMA DE FALLAS DE GUAICARAMO	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	270	60
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	270	90
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	300	20
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	300	30
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	300	45
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	300	50
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	320	20
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	320	30
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	320	45
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	320	50
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	340	20
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	340	30
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	340	45
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	340	50
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	210	20
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	210	30
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	210	45
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	210	50
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	190	20
	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	190	30
13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	190	45	
13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	190	50	

Anexo E: Datos de producción e inyección en el campo de estudio.

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
dep-001	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	190	90	2901,1851	5829	0,82952625
dep-002	13400	16750	10050	160	5196	0,6	1	0	190	90	2901,1851	6529	0,74058945
dep-003	13400	16750	10050	160	4496	0,6	1	0	190	90	2901,1851	7229	0,66887654
dep-004	13400	16750	10050	160	3796	0,6	1	0	190	90	2901,1851	7929	0,60982577
dep-005	13400	16750	10050	160	3096	0,6	1	0	190	90	2901,1851	8629	0,5603556

dep-006	13400	16750	10050	160	2296	0,6	1	0	190	90	2901,1851	9429	0,51281244
dep-007	13400	16750	10050	160	1496	0,6	1	0	190	90	2901,1851	10229	0,47270589
dep-008	13400	16750	10050	160	696	0,6	1	0	190	90	2901,1851	11029	0,43841767
dep-009	13400	16750	10050	160	96	0,6	1	0	190	90	2901,1851	11629	0,41579745

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
iny-001	13400	16750	10050	160	5896	0,6	1	0	190	90	2901,1851	5829	0,82952625
iny-002	13400	16750	10050	160	5996	0,6	1	0	190	90	2901,1851	5729	0,84400567
iny-003	13400	16750	10050	160	6096	0,6	1	0	190	90	2901,1851	5629	0,85899956
iny-004	13400	16750	10050	160	6196	0,6	1	0	190	90	2901,1851	5529	0,87453581
iny-005	13400	16750	10050	160	6296	0,6	1	0	190	90	2901,1851	5429	0,89064441
iny-006	13400	16750	10050	160	6396	0,6	1	0	190	90	2901,1851	5329	0,90735757
iny-007	13400	16750	10050	160	6496	0,6	1	0	190	90	2901,1851	5229	0,92470998
iny-008	13400	16750	10050	160	6596	0,6	1	0	190	90	2901,1851	5129	0,94273903
iny-009	13400	16750	10050	160	6696	0,6	1	0	190	90	2901,1851	5029	0,96148509
iny-010	13400	16750	10050	160	6796	0,6	1	0	190	90	2901,1851	4929	0,98099178
iny-011	13400	16750	10050	160	6896	0,6	1	0	190	90	2901,1851	4829	1,00130638
iny-011	13400	16750	10050	160	6890	0,6	1	0	190	90	2901,1851	4835	1,00006381

Anexo F: Datos de prueba de presión de poro para el campo de estudio.

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
PP7000-001	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	180	35	1726,06419	5555,72996	0,517803
PP7000-002	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	180	30	1547,26304	5758,43778	0,44782488

PP7000-003	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	180	40	1874,1944	5339,68778	0,58498876
PP7000-004	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	190	35	1840,76734	5848,94187	0,52453002
PP7000-005	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	190	30	1621,81178	5981,25	0,45191551
PP7000-006	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	190	40	2039,09447	5707,93035	0,59539808
PP7000-007	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	220	35	1840,76734	6951,05813	0,44136382
PP7000-008	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	220	30	1621,81178	6818,75	0,39640984
PP7000-009	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	220	40	2039,09447	7092,06965	0,47919591
PP7000-010	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	180	45	1991,19102	5116,87556	0,64856994
PP7000-011	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	180	60	2170,81926	4475,31334	0,80844219
PP7000-012	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	180	90	2153,33849	3833,75112	0,9361321
PP7000-013	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	190	45	2215,81672	5562,5	0,66391512
PP7000-014	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	190	60	2615,09291	5143,75	0,84733671
PP7000-015	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	190	90	2901,1851	4725	1,02334572
PP7000-016	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	220	45	2215,81672	7237,5	0,51026292
PP7000-017	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	220	60	2615,09291	7656,25	0,56927193
PP7000-018	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	220	90	2901,1851	8075	0,59879981
PP7000-019	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	270	15	849,831309	6571,90608	0,21552127
PP7000-020	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	270	20	1105,74257	6700,19409	0,27505237
PP7000-021	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	270	30	1547,26304	7041,56222	0,36622154
PP7000-022	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	260	15	841,009571	6610,87402	0,21202682
PP7000-023	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	260	20	1084,97951	6768,24257	0,26717411
PP7000-024	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	260	30	1478,60329	7186,99257	0,34288874
PP7000-025	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	250	15	837,5	6624,40745	0,21071067
PP7000-026	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	250	20	1076,66925	6791,87556	0,26420519
PP7000-027	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	250	30	1450,59255	7237,5	0,33404549
PP7000-028	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	260	45	1770,26009	7973,98514	0,3700074
PP7000-029	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	260	60	1686,01876	8760,97771	0,32074403
PP7000-030	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	260	90	1145,76748	9547,97028	0,20000193
PP7000-031	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	250	45	1675	8075	0,34571723
PP7000-032	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	250	60	1450,59255	8912,5	0,27126555
PP7000-033	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	250	90	0	9750	0
PP7000-034	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	270	45	1991,19102	7683,12444	0,43194038
PP7000-035	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	270	60	2170,81926	8324,68666	0,43461481
PP7000-036	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	270	90	2153,33849	8966,24888	0,40026744
PP7000-037	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	300	20	1143,74496	6331,95152	0,3010512
PP7000-038	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	300	30	1668,67463	6254,56965	0,44465479

PP7000-039	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	300	45	2350,88282	6109,1393	0,6413568
PP7000-040	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	300	50	2543,44277	6058,63187	0,69967468
PP7000-041	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	320	20	1105,74257	6099,80591	0,30212507
PP7000-042	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	320	30	1547,26304	5758,43778	0,44782488
PP7000-043	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	320	45	1991,19102	5116,87556	0,64856994
PP7000-044	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	320	50	2077,9288	4894,06334	0,70763585
PP7000-045	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	340	20	1076,66925	6008,12444	0,29867037
PP7000-046	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	340	30	1450,59255	5562,5	0,43463447
PP7000-047	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	340	45	1675	4725	0,59082892
PP7000-048	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	340	50	1649,55299	4434,1393	0,62001998
PP7000-049	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	210	20	1143,74496	6468,04848	0,29471665
PP7000-050	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	210	30	1668,67463	6545,43035	0,42489557
PP7000-051	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	210	45	2350,88282	6690,8607	0,58559552
PP7000-052	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	210	50	2543,44277	6741,36813	0,62881469
PP7000-053	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	190	20	1128,8895	6204,06222	0,30326622
PP7000-054	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	190	30	1621,81178	5981,25	0,45191551
PP7000-055	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	190	45	2215,81672	5562,5	0,66391512
PP7000-056	13400	16750	10050	160	7000	0,6	1	0	190	50	2370,54451	5417,06965	0,72934405

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
PP8000-001	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	180	35	1726,06419	4555,72996	0,63146272
PP8000-002	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	180	30	1547,26304	4758,43778	0,54193663
PP8000-003	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	180	40	1874,1944	4339,68778	0,7197885
PP8000-004	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	190	35	1840,76734	4848,94187	0,63270413
PP8000-005	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	190	30	1621,81178	4981,25	0,54263882
PP8000-006	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	190	40	2039,09447	4707,93035	0,72186514
PP8000-007	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	220	35	1840,76734	5951,05813	0,51552942
PP8000-008	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	220	30	1621,81178	5818,75	0,46453613
PP8000-009	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	220	40	2039,09447	6092,06965	0,55785488
PP8000-010	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	180	45	1991,19102	4116,87556	0,80610931
PP8000-011	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	180	60	2170,81926	3475,31334	1,04106644
PP8000-012	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	180	90	2153,33849	2833,75112	1,26648296

PP8000-013	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	190	45	2215,81672	4562,5	0,80943077
PP8000-014	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	190	60	2615,09291	4143,75	1,05182219
PP8000-015	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	190	90	2901,1851	3725	1,2980694
PP8000-016	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	220	45	2215,81672	6237,5	0,5920686
PP8000-017	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	220	60	2615,09291	6656,25	0,65479635
PP8000-018	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	220	90	2901,1851	7075	0,68343583
PP8000-019	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	270	15	849,831309	5571,90608	0,25420125
PP8000-020	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	270	20	1105,74257	5700,19409	0,32330553
PP8000-021	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	270	30	1547,26304	6041,56222	0,42683856
PP8000-022	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	260	15	841,009571	5610,87402	0,24981538
PP8000-023	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	260	20	1084,97951	5768,24257	0,31349222
PP8000-024	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	260	30	1478,60329	6186,99257	0,39830965
PP8000-025	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	250	15	837,5	5624,40745	0,24817429
PP8000-026	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	250	20	1076,66925	5791,87556	0,3098217
PP8000-027	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	250	30	1450,59255	6237,5	0,38759988
PP8000-028	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	260	45	1770,26009	6973,98514	0,42306277
PP8000-029	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	260	60	1686,01876	7760,97771	0,36207181
PP8000-030	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	260	90	1145,76748	8547,97028	0,22339952
PP8000-031	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	250	45	1675	7075	0,39458186
PP8000-032	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	250	60	1450,59255	7912,5	0,30554872
PP8000-033	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	250	90	0	8750	0
PP8000-034	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	270	45	1991,19102	6683,12444	0,49657188
PP8000-035	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	270	60	2170,81926	7324,68666	0,49395043
PP8000-036	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	270	90	2153,33849	7966,24888	0,45051285
PP8000-037	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	300	20	1143,74496	5331,95152	0,35751293
PP8000-038	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	300	30	1668,67463	5254,56965	0,52927729
PP8000-039	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	300	45	2350,88282	5109,1393	0,76688808
PP8000-040	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	300	50	2543,44277	5058,63187	0,8379877
PP8000-041	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	320	20	1105,74257	5099,80591	0,36136753
PP8000-042	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	320	30	1547,26304	4758,43778	0,54193663
PP8000-043	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	320	45	1991,19102	4116,87556	0,80610931
PP8000-044	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	320	50	2077,9288	3894,06334	0,88935756
PP8000-045	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	340	20	1076,66925	5008,12444	0,35830754
PP8000-046	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	340	30	1450,59255	4562,5	0,52989682
PP8000-047	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	340	45	1675	3725	0,74944072
PP8000-048	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	340	50	1649,55299	3434,1393	0,80056595

PP8000-049	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	210	20	1143,74496	5468,04848	0,34861461
PP8000-050	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	210	30	1668,67463	5545,43035	0,50151642
PP8000-051	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	210	45	2350,88282	5690,8607	0,68849656
PP8000-052	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	210	50	2543,44277	5741,36813	0,73833818
PP8000-053	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	190	20	1128,8895	5204,06222	0,36154112
PP8000-054	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	190	30	1621,81178	4981,25	0,54263882
PP8000-055	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	190	45	2215,81672	4562,5	0,80943077
PP8000-056	13400	16750	10050	160	8000	0,6	1	0	190	50	2370,54451	4417,06965	0,89446349

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de rumbo	Dip	T	G	TSM
PP9000-001	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	180	35	1726,06419	3555,72996	0,8090529
PP9000-002	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	180	30	1547,26304	3758,43778	0,68612862
PP9000-003	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	180	40	1874,1944	3339,68778	0,93531418
PP9000-004	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	190	35	1840,76734	3848,94187	0,79708805
PP9000-005	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	190	30	1621,81178	3981,25	0,67893743
PP9000-006	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	190	40	2039,09447	3707,93035	0,91654655
PP9000-007	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	220	35	1840,76734	4951,05813	0,61965452
PP9000-008	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	220	30	1621,81178	4818,75	0,56093793
PP9000-009	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	220	40	2039,09447	5092,06965	0,66740854
PP9000-010	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	180	45	1991,19102	3116,87556	1,06473667
PP9000-011	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	180	60	2170,81926	2475,31334	1,4616461
PP9000-012	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	180	90	2153,33849	1833,75112	1,95713445
PP9000-013	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	190	45	2215,81672	3562,5	1,0366394
PP9000-014	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	190	60	2615,09291	3143,75	1,38639783
PP9000-015	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	190	90	2901,1851	2725	1,77442514
PP9000-016	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	220	45	2215,81672	5237,5	0,70511272
PP9000-017	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	220	60	2615,09291	5656,25	0,77056145
PP9000-018	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	220	90	2901,1851	6075	0,79593556
PP9000-019	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	270	15	849,831309	4571,90608	0,30980197
PP9000-020	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	270	20	1105,74257	4700,19409	0,3920911
PP9000-021	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	270	30	1547,26304	5041,56222	0,51150251
PP9000-022	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	260	15	841,009571	4610,87402	0,30399499
PP9000-023	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	260	20	1084,97951	4768,24257	0,37923808

PP9000-024	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	260	30	1478,60329	5186,99257	0,47509974
PP9000-025	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	250	15	837,5	4624,40745	0,30184047
PP9000-026	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	250	20	1076,66925	4791,87556	0,37447733
PP9000-027	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	250	30	1450,59255	5237,5	0,46160463
PP9000-028	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	260	45	1770,26009	5973,98514	0,49388028
PP9000-029	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	260	60	1686,01876	6760,97771	0,41562499
PP9000-030	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	260	90	1145,76748	7547,97028	0,25299682
PP9000-031	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	250	45	1675	6075	0,45953361
PP9000-032	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	250	60	1450,59255	6912,5	0,34975107
PP9000-033	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	250	90	0	7750	0
PP9000-034	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	270	45	1991,19102	5683,12444	0,58394845
PP9000-035	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	270	60	2170,81926	6324,68666	0,57204922
PP9000-036	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	270	90	2153,33849	6966,24888	0,51518364
PP9000-037	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	300	20	1143,74496	4331,95152	0,44004223
PP9000-038	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	300	30	1668,67463	4254,56965	0,65367936
PP9000-039	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	300	45	2350,88282	4109,1393	0,95351794
PP9000-040	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	300	50	2543,44277	4058,63187	1,04445819
PP9000-041	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	320	20	1105,74257	4099,80591	0,44951013
PP9000-042	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	320	30	1547,26304	3758,43778	0,68612862
PP9000-043	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	320	45	1991,19102	3116,87556	1,06473667
PP9000-044	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	320	50	2077,9288	2894,06334	1,19666167
PP9000-045	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	340	20	1076,66925	4008,12444	0,44770285
PP9000-046	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	340	30	1450,59255	3562,5	0,67863979
PP9000-047	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	340	45	1675	2725	1,02446483
PP9000-048	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	340	50	1649,55299	2434,1393	1,12945671
PP9000-049	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	210	20	1143,74496	4468,04848	0,42663852
PP9000-050	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	210	30	1668,67463	4545,43035	0,61185062
PP9000-051	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	210	45	2350,88282	4690,8607	0,8352706
PP9000-052	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	210	50	2543,44277	4741,36813	0,89406078
PP9000-053	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	190	20	1128,8895	4204,06222	0,44753917
PP9000-054	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	190	30	1621,81178	3981,25	0,67893743
PP9000-055	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	190	45	2215,81672	3562,5	1,0366394
PP9000-056	13400	16750	10050	160	9000	0,6	1	0	190	50	2370,54451	3417,06965	1,1562268

NOMBRE	σ_v	σ_H	σ_h	Azimuth σ_H	Pp	μ	α	Co	Azimuth de falla	Dip	τ	G	TSM
PP10000-001	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	180	35	1726,06419	2555,72996	1,12561722
PP10000-002	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	180	30	1547,26304	2758,43778	0,93486674
PP10000-003	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	180	40	1874,1944	2339,68778	1,33507443
PP10000-004	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	190	35	1840,76734	2848,94187	1,07687194
PP10000-005	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	190	30	1621,81178	2981,25	0,90667325
PP10000-006	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	190	40	2039,09447	2707,93035	1,25501411
PP10000-007	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	220	35	1840,76734	3951,05813	0,77648707
PP10000-008	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	220	30	1621,81178	3818,75	0,70782838
PP10000-009	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	220	40	2039,09447	4092,06965	0,83050658
PP10000-010	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	180	45	1991,19102	2116,87556	1,56771223
PP10000-011	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	180	60	2170,81926	1475,31334	2,45238215
PP10000-012	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	180	90	2153,33849	833,751116	4,30451896
PP10000-013	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	190	45	2215,81672	2562,5	1,44118161
PP10000-014	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	190	60	2615,09291	2143,75	2,03311402
PP10000-015	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	190	90	2901,1851	1725	2,80307739
PP10000-016	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	220	45	2215,81672	4237,5	0,871511
PP10000-017	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	220	60	2615,09291	4656,25	0,93605115
PP10000-018	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	220	90	2901,1851	5075	0,95277015
PP10000-019	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	270	15	849,831309	3571,90608	0,39653493
PP10000-020	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	270	20	1105,74257	3700,19409	0,49805611
PP10000-021	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	270	30	1547,26304	4041,56222	0,6380631
PP10000-022	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	260	15	841,009571	3610,87402	0,38818375
PP10000-023	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	260	20	1084,97951	3768,24257	0,47987866
PP10000-024	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	260	30	1478,60329	4186,99257	0,58857014
PP10000-025	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	250	15	837,5	3624,40745	0,38512042
PP10000-026	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	250	20	1076,66925	3791,87556	0,47323514
PP10000-027	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	250	30	1450,59255	4237,5	0,57053788
PP10000-028	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	260	45	1770,26009	4973,98514	0,59317296
PP10000-029	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	260	60	1686,01876	5760,97771	0,48776986
PP10000-030	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	260	90	1145,76748	6547,97028	0,29163426
PP10000-031	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	250	45	1675	5075	0,5500821
PP10000-032	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	250	60	1450,59255	5912,5	0,40890558
PP10000-033	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	250	90	0	6750	0

PP10000-034	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	270	45	1991,19102	4683,12444	0,70864051
PP10000-035	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	270	60	2170,81926	5324,68666	0,67948263
PP10000-036	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	270	90	2153,33849	5966,24888	0,60153332
PP10000-037	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	300	20	1143,74496	3331,95152	0,57210964
PP10000-038	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	300	30	1668,67463	3254,56965	0,85452907
PP10000-039	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	300	45	2350,88282	3109,1393	1,26020022
PP10000-040	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	300	50	2543,44277	3058,63187	1,38593707
PP10000-041	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	320	20	1105,74257	3099,80591	0,59452247
PP10000-042	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	320	30	1547,26304	2758,43778	0,93486674
PP10000-043	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	320	45	1991,19102	2116,87556	1,56771223
PP10000-044	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	320	50	2077,9288	1894,06334	1,82845769
PP10000-045	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	340	20	1076,66925	3008,12444	0,59653408
PP10000-046	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	340	30	1450,59255	2562,5	0,94347483
PP10000-047	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	340	45	1675	1725	1,61835749
PP10000-048	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	340	50	1649,55299	1434,1393	1,91700693
PP10000-049	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	210	20	1143,74496	3468,04848	0,54965829
PP10000-050	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	210	30	1668,67463	3545,43035	0,78442505
PP10000-051	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	210	45	2350,88282	3690,8607	1,06157841
PP10000-052	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	210	50	2543,44277	3741,36813	1,13302705
PP10000-053	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	190	20	1128,8895	3204,06222	0,58721784
PP10000-054	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	190	30	1621,81178	2981,25	0,90667325
PP10000-055	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	190	45	2215,81672	2562,5	1,44118161
PP10000-056	13400	16750	10050	160	10000	0,6	1	0	190	50	2370,54451	2417,06965	1,63458571