



# MANUAL TÉCNICO

---

## MÓDULO DE PICADO INTERACTIVO EN EL DOMINIO TIEMPO-PROFUNDIDAD 2D EN LA HERRAMIENTA *DecisionSpace Geosciences*

---

VERSIÓN 0.7-10EP

i-Picking TZ 2D  
Módulo de Picado Interactivo

Mayo 15, 2018  
Bucaramanga, Santander

TITULARES:

**ECOPETROL S.A.**

CENTRO DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA - ICP

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN DISEÑO DE ALGORITMOS Y  
PROCESAMIENTO DE DATOS MULTIDIMENSIONALES - HDSP

## MANUAL TÉCNICO

---

MÓDULO DE PICADO INTERACTIVO EN EL DOMINIO  
TIEMPO-PROFUNDIDAD 2D EN LA HERRAMIENTA *DecisionSpace*  
*Geosciences*

---

VERSIÓN 0.7-10EP

i-Picking TZ 2D  
Módulo de Picado Interactivo

*Autores:*

William Mauricio Agudelo Zambrano

Sandra Janneth Becerra Suárez

Maria Teresa Duarte Castro

ECOPETROL

Carlos Alberto Hinojosa Montero

Kareth Marcela León López

Jonathan Arley Monsalve Salazar

Henry Arguello Fuentes

UIS

Mayo 15, 2018  
Bucaramanga, Santander

## HOJA DE RESUMEN

1. **DEPENDENCIA(S):**

GEI \_\_\_\_ GDL \_\_\_\_ GST X GLI \_\_\_\_ DCI \_\_\_\_ DIR-ICP \_\_\_\_

2. **EMPRESAS CONTRATISTAS:** Que participaron en el proyecto

3. **SOCIOS TECNOLÓGICOS:** con quien se hizo el convenio o acuerdo  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER - UIS

4. **TÍTULO DEL PROYECTO O DEL CONVENIO Y CÓDIGO (PARA CONVENIO SE REQUIERE EL NÚMERO DEL CONVENIO Y DEL ACUERDO DE COOPERACIÓN) :**

TITULO DEL PROYECTO: Tecnologías en geología y geofísica para disminuir la incertidumbre exploratoria. COD: 8914

CONVENIO DE COOPERACION : Convenio Marco No. 5222395 AC No 14

5. **TÍTULO DEL DOCUMENTO: (P.E. Informe Final del AC X del CM X)**  
Módulo de Picado Interactivo en el dominio Tiempo-Profundidad 2D en la herramienta *DecisionSpace Geosciences* - Manual de Técnico

6. **FECHA DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO:** Mayo 15, 2018

7. **NIVEL DE CONFIDENCIALIDAD:**

ALTO X BAJO \_\_\_\_

En caso de ser BAJA la CATEGORIA de confidencialidad es: GENERAL

En caso de ser ALTA la CATEGORIA de confidencialidad es: CLASIFICADA

8. **TIEMPO QUE EL DOCUMENTO CONSERVARÁ LA CONFIDENCIALIDAD:** Años 10, Meses \_\_\_\_

9. **AUTORES:** (relacionar el nombre y la institución de quienes hicieron parte de la elaboración del documento final y sus entregables).

William Mauricio Agudelo Zambrano	Ecopetrol
Sandra Janneth Becerra Suárez	Ecopetrol
María Teresa Duarte Castro	Ecopetrol
Carlos Alberto Hinojosa Montero	UIS
Kareth Marcela León López	UIS
Jonathan Arley Monsalve Salazar	UIS
Henry Arguello Fuentes	UIS

**10. CANTIDADES ENTREGADAS Y MEDIO DE SOPORTE DEL DOCUMENTO:**

Impreso \_\_\_\_ CD-Rom 1

DVD \_\_\_\_ Otros - cuales \_\_\_\_

**11. OBJETIVO(S)**

Fortalecimiento de capacidades en investigación aplicada mediante la evaluación, desarrollo de herramientas tecnológicas y/o metodológicas de las áreas de geología y geofísica para disminuir la incertidumbre exploratoria en la industria de petróleo y gas.

**12. RESULTADOS(S)**

- Se implementó un módulo en el software DecisionSpace Geosciences, que permite tener 2 secciones sísmicas abiertas: una donde se muestra una sección PSTM (Pre-Stack Time Migration) y otra donde se muestra una sección en profundidad, que proviene de la conversión de la PSTM, y que a su vez, permite picar un horizonte en cualquiera de los dominios, ya sea tiempo o profundidad, y visualizarlo en el otro dominio. Es decir, si el horizonte es picado en el dominio tiempo, este se visualiza en la sección en profundidad, y viceversa.
- Se obtuvieron los manuales de Instalación, Técnico y de Usuario.

**13. PALABRAS CLAVES (TEMA Y LUGAR)**

Picado Interactivo, Conversión Tiempo-Profundidad 2D, Horizontes, DecisionSpace.

**14. LIDER DEL PROYECTO O GESTOR TÉCNICO DEL CONVENIO (A QUIEN SE LE PUEDE SOLICITAR INFORMACION EN EL ICP-ECP)**

Líder del Acuerdo de Cooperación No. 14: William Mauricio Agudelo Zambrano

**15. NOTAS (Otros datos que puedan complementar la descripción del documento)**

# Índice

<b>1. Resumen</b>	<b>2</b>
<b>2. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>3. Marco Teórico</b>	<b>3</b>
3.1. Conversión Tiempo-Profundidad (TZ) . . . . .	3
3.1.1. Técnica de Trazado Rayo-Imagen . . . . .	3
3.2. Función de transferencia . . . . .	4
3.3. Interpolador en la Función de Transferencia . . . . .	5
<b>4. Descripción del Módulo</b>	<b>7</b>
4.1. Interfaz . . . . .	7
4.2. Funcionamiento del Módulo de Picado Interactivo . . . . .	8

## 1. Resumen

En este trabajo se desarrolló e implementó un módulo de picado de horizontes para el software DecisionSpace Geosciences-DSG V.10 EP, llamado i-Picking TZ 2D (v.0.7-10EP). El módulo permite picar un horizonte en una sección sísmica en tiempo (PSTM) y visualizar su conversión en una sección sísmica convertida a profundidad, y viceversa. La conversión tiempo-profundidad se hizo con base en la técnica Rayo-Imagen.

## 2. Introducción

La interpretación sísmica es el análisis de datos sísmicos en la exploración de hidrocarburos que permite crear y predecir modelos geológicos de las estructuras del subsuelo. La interpretación, o picado, se realiza a partir de la selección y seguimiento de eventos o capas en una sección sísmica, con el objetivo de rastrear eventos coherentes a lo largo de la sección para así identificar secuencias y elementos estructurales. Los eventos coherentes donde hay cambios de velocidad y densidad en la sección pueden estar asociados a reflectores, y los reflectores interpretados a lo largo de las líneas resultan en horizontes sísmicos en el dominio del tiempo. En la sección se pueden encontrar horizontes y fallas, donde las fallas representan fracturas con desplazamiento en el terreno, y se observan como discontinuidades en la imagen sísmica.

Esta etapa es una de las más importantes del proceso de exploración ya que permite identificar la probabilidad o no de una trampa de hidrocarburos [2], y por lo tanto, determina donde hay menor riesgo perforar para buscar los hidrocarburos. No obstante, las conclusiones derivadas de la interpretación sísmica están sujetas a diferentes aspectos como lo es el criterio del interprete, el buen manejo de la información, y las herramientas de interpretación, induciendo incertidumbre en la interpretación. Por lo que se hace necesario usar herramientas precisas para reducir la incertidumbre.

Hasta la fecha, no existen herramientas en el mercado que permitan picar interactivamente un horizonte en un dominio y verlo al mismo tiempo en el otro dominio.

Presentamos un modulo de picado interactivo que permite visualizar la conversión tiempo-profundidad o profundidad-tiempo de un horizonte mientras este está siendo interpretado. El modulo hace uso de información de conversión tiempo-profundidad  $x_0(x, z)$  y  $t_0(x, z)$  para relacionar la profundidad correspondiente a cada punto picado en el tiempo. Por lo que, se hace necesario haber calculado las funciones  $x_0(x, z)$  y  $t_0(x, z)$ , que indican la profundidad y el tiempo de propagación del rayo que pasa por el punto  $(x, z)$ , respectivamente.

### 3. Marco Teórico

#### 3.1. Conversión Tiempo-Profundidad (TZ)

Usualmente, la interpretación de eventos sísmicos es realizada sobre la sección pre-apilada y migrada en tiempo. Sin embargo, los resultados en el dominio del tiempo no son los más adecuados sobre todo en presencia de zonas complejas que tienen asociadas fuertes contrastes de velocidad lateral, que ocasiona que en el dominio tiempo se preserven artefactos en la imagen sísmica de tipo *pull-up* y/o *seismic sags*. Por lo que, es necesario realizar la conversión de la interpretación a profundidad con una herramienta que tenga en cuenta estas variaciones laterales de velocidad. La relación entre el tiempo y la profundidad es dada por velocidad de propagación de la ondas del medio.

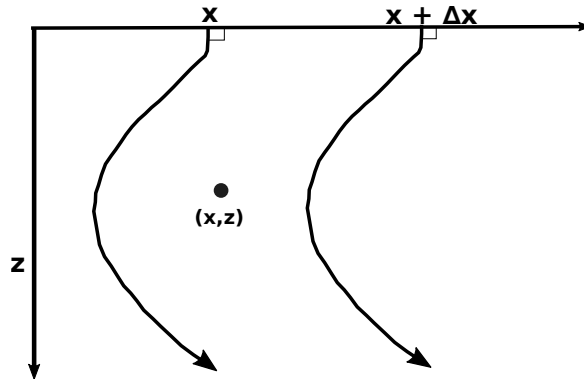


Figura 1: Ilustración de la técnica de trazado de rayos imagen para conversión TZ, donde los rayos parten perpendicularmente a la superficie desde los puntos  $x$  y  $x + \Delta x$  y modelan el comportamiento en profundidad de los eventos sísmicos cerca al punto  $(x, z)$ .

##### 3.1.1. Técnica de Trazado Rayo-Imagen

Particularmente, la conversión basada en el trazado de rayo imagen da como resultado un conjunto de rayos que parten perpendicularmente desde la superficie, donde, en teoría, cada rayo describe todos los puntos en profundidad que generan eventos en una traza sísmica en offset cero ubicada en la posición del rayo [1]. Específicamente, en esta técnica, a partir del modelo de velocidades se estima el tiempo de propagación  $t_0(x, z)$  que tarda un rayo desde la superficie hasta el punto  $(x, z)$ , y también, se estima

para cada punto  $(x, z)$  en profundidad cual es la coordenada en superficie  $x_0(x, z)$  del rayo que pasa por ese punto. Estas dos estimaciones son cruciales para realizar la conversión tiempo-profundidad (TZ), ya que con esta información es posible desplazar o re-calcular las amplitudes, con tiempo  $t_0$  de la traza cero offset ubicada en  $x_0$ , a la posición en profundidad  $(x, z)$  correspondiente. La Figura 1 ilustra dos rayos imagen que parten de la superficie en posiciones  $x$  y  $x + \Delta x$ , los cuales son cercanos al punto  $(x, z)$ , sin embargo, dado a que ningún rayo pasa por  $(x, z)$ , a partir de los rayos cercanos se pueden estimar los valores  $t_0(x, z)$  usando interpolación.

### 3.2. Función de transferencia

El proceso simultaneo propuesto en este trabajo, el cual involucra picar en tiempo y convertir a profundidad el segmento picado o picar en profundidad y convertir a tiempo, es un proceso que usa los campos  $x_0(x, z)$  y  $t_0(x, z)$  reiteradamente para realizar la conversión. En particular, la conversión profundidad-tiempo se realiza directamente usando los campos  $x_0(x, z)$  y  $t_0(x, z)$ . Por otra parte, para la conversión tiempo-profundidad se usan los campos X,Z, estimados desde los campos  $x_0(x, z)$  y  $t_0(x, z)$ , y es realizada como se explica a continuación. Sea  $f(\cdot)$  la función de transferencia que relaciona los puntos en tiempo con su conversión en profundidad, la cual se puede expresar como

$$(x_{i,j}^p, z_{i,j}^p) \leftarrow f(x_0(x, z)_p, t_0(x, z)_p), \quad (1)$$

donde  $x_i^p, z_j^p$  corresponde al segmento picado en tiempo que se convirtió a profundidad, y  $x_0(x, z)_p, t_0(x, z)_p$  asocia el conjunto de puntos picados  $p$  en tiempo, con sus respectivos valores  $x_0(x, z)$  y  $t_0(x, z)$ .

En la practica, la función de transferencia se implementa con un arreglo matricial compuesto por dos matrices X y Z, denominado el campo XZ, el cual contiene las correspondencias en profundidad de cada punto en tiempo. En la Figura 2 se ilustran los campos X y Z para cada punto  $i, j$  del modelo.



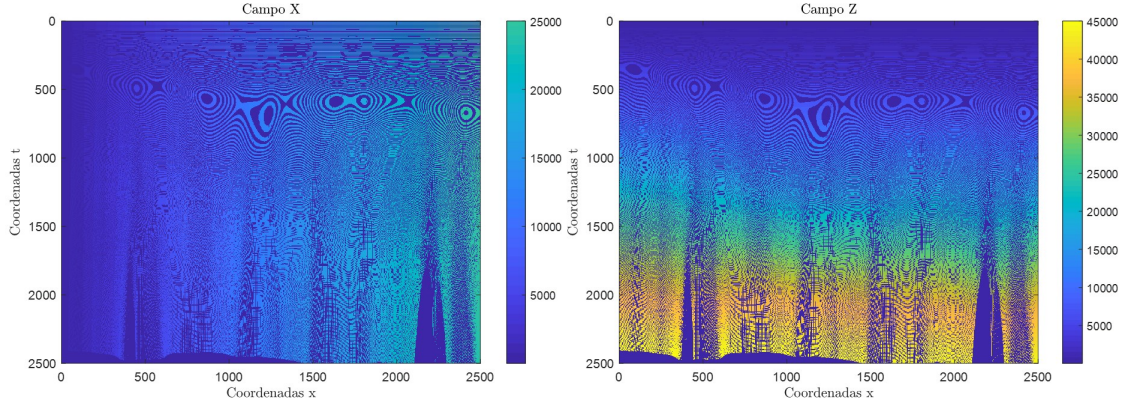


Figura 2: Ilustración de las matrices que componen el campo XZ. Cada matriz relaciona un punto  $i, j$  de las coordenadas  $x_0(x, z)$  y  $t_0(x, z)$  con un punto en profundidad.

### 3.3. Interpolador en la Función de Transferencia

Aunque el campo XZ permite la conversión de los puntos picados en tiempo, este presenta valores que no están definidos ya que existen rayos que no llegan a todos los puntos, tal como se ilustra en la Fig. 3, donde los valores indefinidos son coloreados en azul oscuro para fines de visualización. El proceso para estimar los puntos no definidos puede realizarse mediante la interpolación de los valores cercanos al punto no definido. Esto permite obtener un valor de transferencia definido para todos los  $i, j$  del modelo. En la Figura 4 se muestran los campos XZ resultantes de realizar una interpolación lineal 2D.

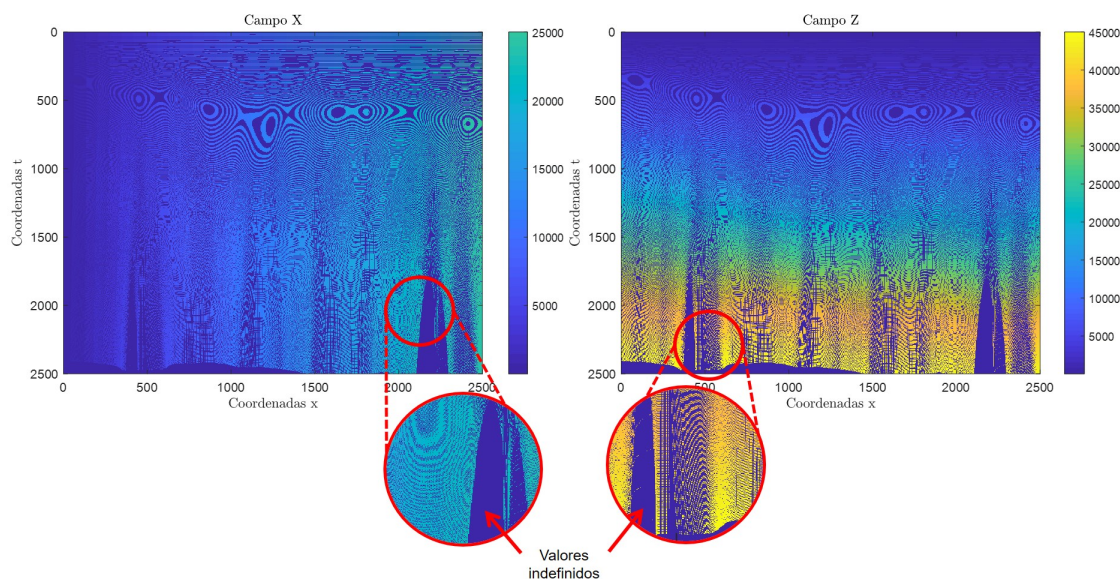


Figura 3: Ilustración de los puntos indefinidos en el campo XZ, los puntos mapeados al color más oscuro de la gráfica son los puntos que no tienen un valor definido. Los círculos resaltan dos secciones donde el área coloreada de azul oscuro y señalada muestran los valores indefinidos.

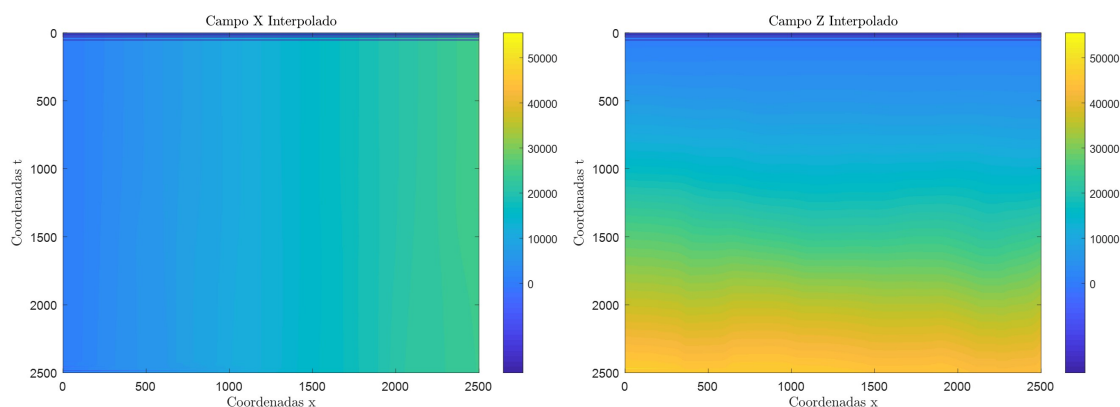


Figura 4: Campos XZ interpolados a partir de una interpolación lineal 2D. Note que las zonas indefinidas (coloreadas en azul oscuro) fueron estimadas.

## 4. Descripción del Módulo

### 4.1. Interfaz

En la Figura 5 se presenta la interfaz del módulo, donde se muestran los campos de entrada requeridos para realizar el proceso de picado interactivo.

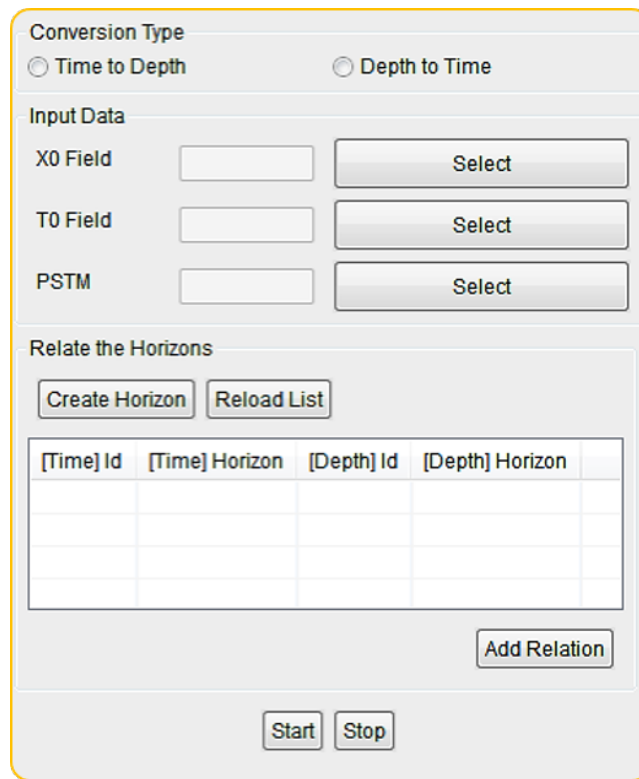


Figura 5: Interfaz del módulo de Picado Interactivo

Específicamente, las entradas del modulo son:

1. El tipo de conversión (Conversion Type):
  - Profundidad a tiempo “*Depth to Time*”
  - Tiempo a profundidad “*Time to Depth*”.
2. Los campos  $x_0(x, z)$ ,  $t_0(x, z)$  y la sección sísmica (PSTM).

En la misma interfaz del módulo, se muestra una sección llamada *Relate the Horizons* la cual permitirá crear los horizontes en tiempo y relacionarlos con horizontes convertidos a profundidad.

## 4.2. Funcionamiento del Módulo de Picado Interactivo

Los pasos para el correcto funcionamiento del módulo son ilustrados a continuación.

**Paso 0:** Antes de iniciar la interpretación con el módulo, es necesario obtener los campos  $x_0, t_0$  a través del módulo de conversión tiempo-profundidad usando el trazado de rayos *ImageRay TZ 2D*, que también se encuentra implementado en DSG. El módulo *ImageRay TZ 2D* recibe como entrada una sección migrada en tiempo PSTM, un modelo de velocidades que pueden ser RMS provenientes de la velocidad usada para realizar la PSTM final, o esta misma velocidad convertida a velocidad intervalo en tiempo. Luego, esta velocidad es convertida a intervalo en profundidad con el módulo *ImageRay TZ 2D*, y requerida por el mismo módulo para convertir la sección PSTM a una sección convertida a profundidad.

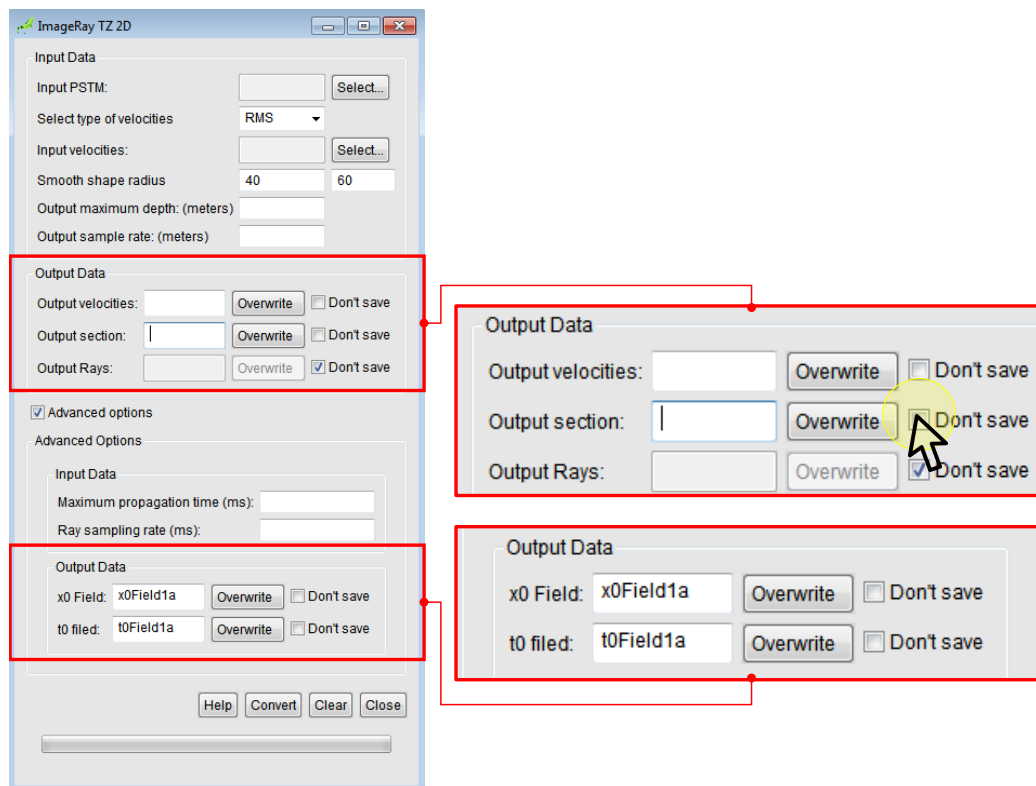


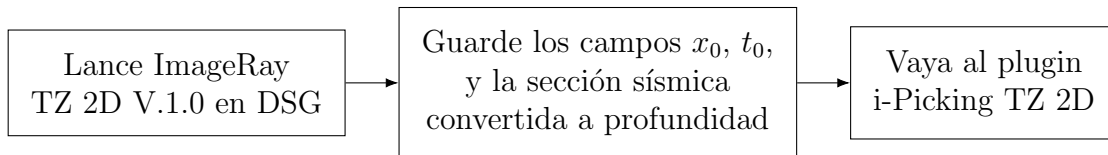
Figura 6: Interfaz del módulo *ImageRay TZ 2D*, donde se estiman los campos  $x_0, t_0$ . Se debe asegurar que los campos estimados sean guardados en disco.

En la conversión, se debe asegurar de que los campos  $x_0, t_0$  sean guardados haciendo

clic en *Don't save* para activar el guardado en disco, como se muestra en la Fig. 6. Para más detalles por favor refiérase al manual de usuario del modulo *ImageRay TZ 2D*.

La sección sísmica PSTM, la sección sísmica convertida a profundidad, y los campos  $x_0$ ,  $t_0$  son las entradas requeridas para el módulo de picado interactivo *i-Picking TZ 2D*. Otra de las entradas requeridas son los horizontes que se deben crear para guardar el picado, sin embargo, estos se crean dentro de ese módulo, es decir, el módulo *i-Picking TZ 2D*.

### Resumen Paso 0:



**Paso 1:** Con los campos  $x_0, t_0$  y la sección convertida a profundidad en disco, se procede a hacer uso del módulo de picado interactivo. Para iniciar, cargue el módulo a la sesión DSG en **Utilities** → **i-Picking TZ 2D** (Fig. 7).

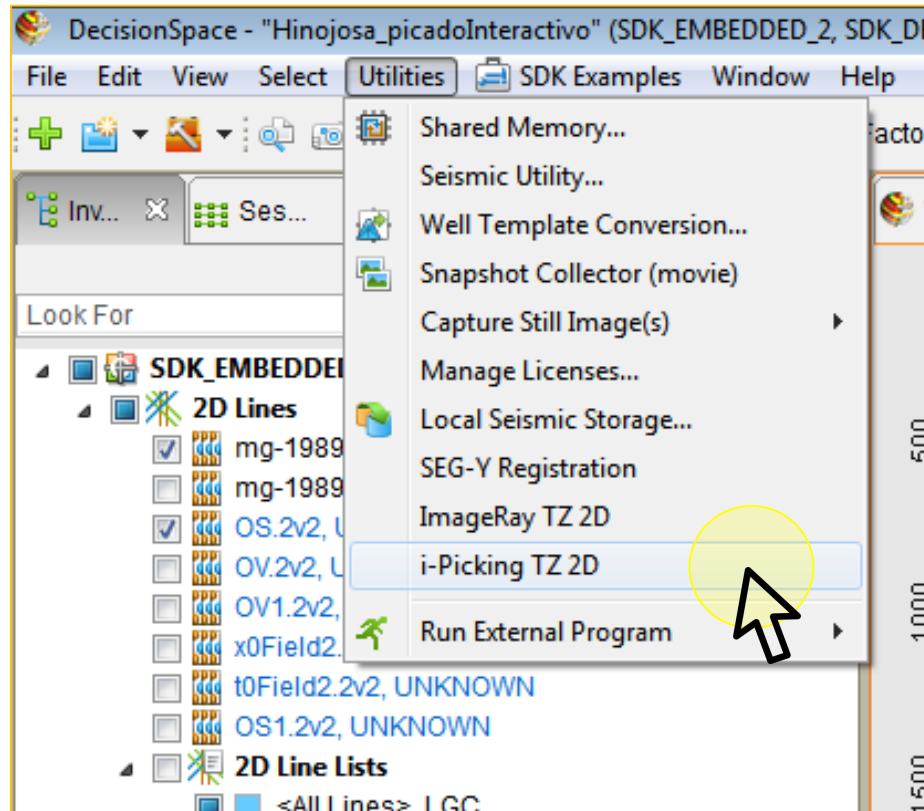


Figura 7: Cargue el módulo a la sesión de DecisionSpace.

Luego, abra dos ventanas en la sesión de DSG, de forma que queden ambas en pantalla. Cargue en una de ellas la sección sísmica en tiempo (PSTM), seleccionando la opción TWT, y en la otra, una sección sísmica convertida a profundidad, seleccionando la opción TVD como se muestra en la Fig. 8.



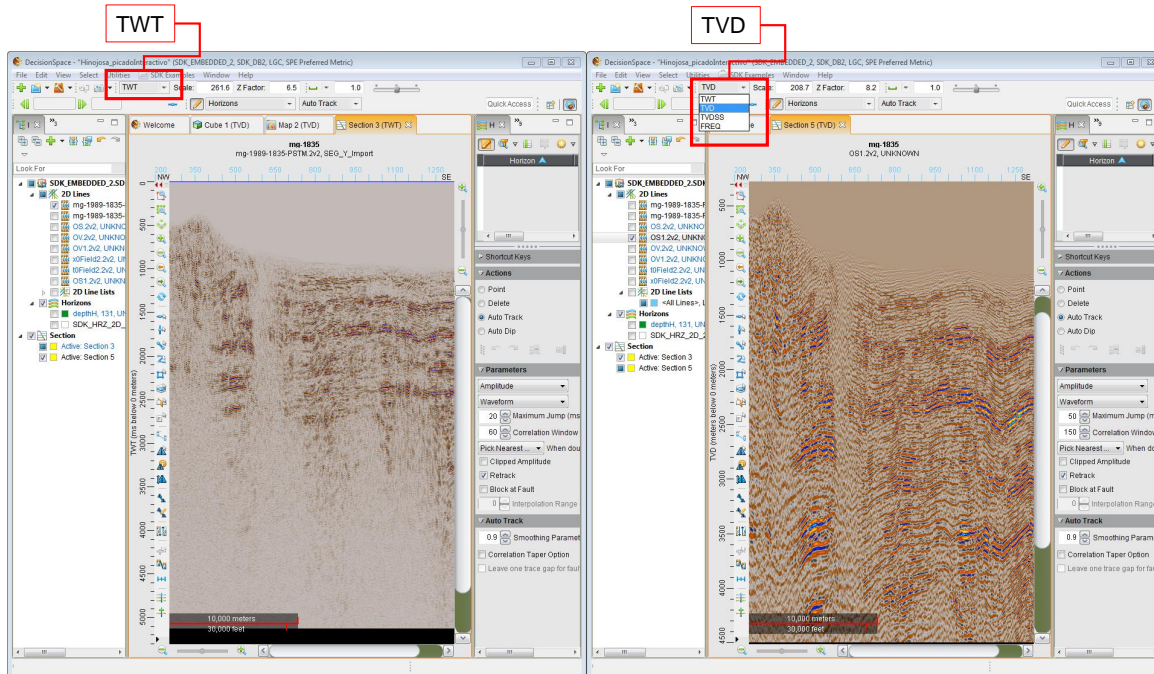
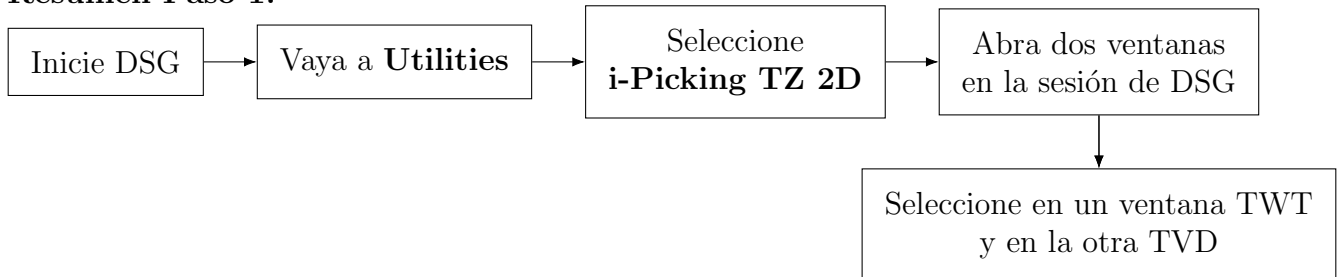


Figura 8: Abra dos ventanas paralelas en DSG donde se debe cargar: la sección sísmica en tiempo (TWT) y la sección sísmica convertida profundidad (TVD).

### Resumen Paso 1:



**Paso 2:** Después de seleccionar el tipo de conversión, proceda a seleccionar y cargar los campos y la sección sísmica en tiempo (PSTM) como se muestra en la Fig. 9.

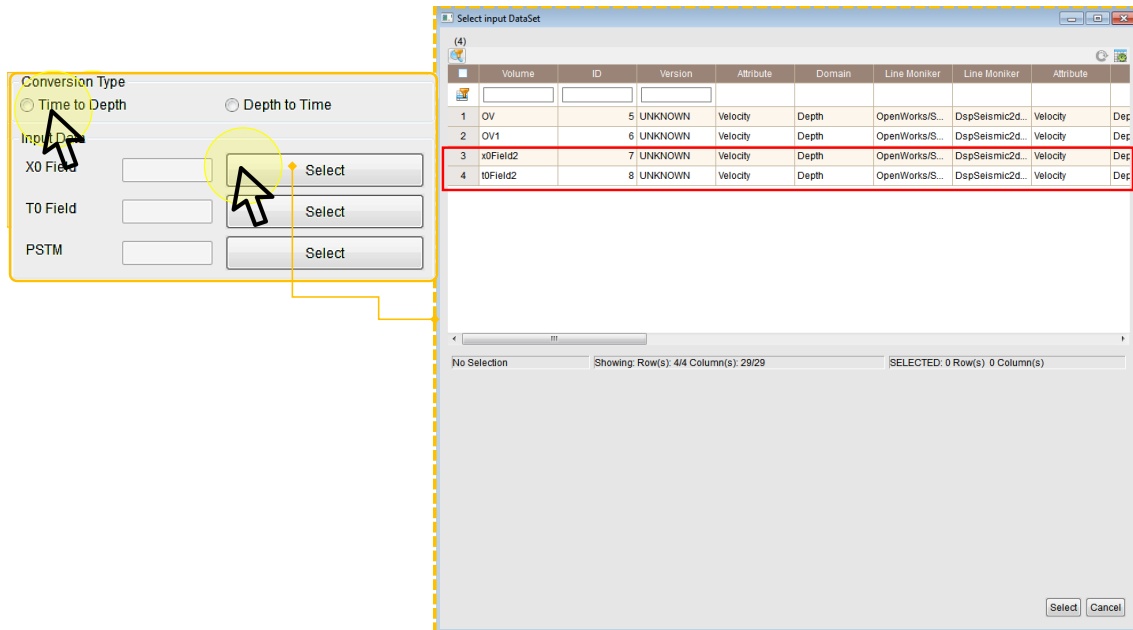
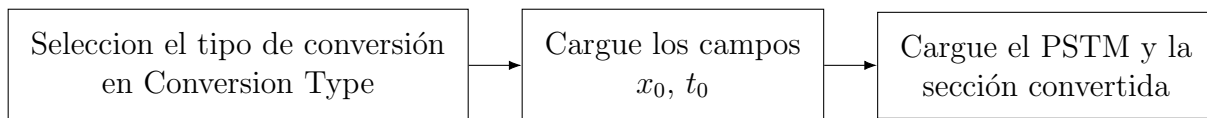


Figura 9: Seleccione y cargue al módulo los campos  $x_0$ ,  $t_0$  y la sección sísmica (PSTM) guardados en disco.

### Resumen Paso 2:

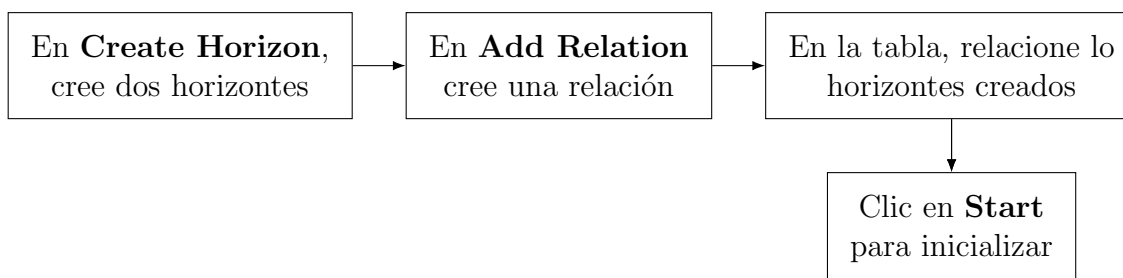


**Paso 3:** Cree un nuevo horizonte en tiempo y profundidad, asignándole a cada uno un nombre que los identifique. Para esto, dele clic a la primera posición en la columna (*Time*) *Horizon* y luego, en (*Depth*) *Horizon* como se muestra en la Fig. 10. Luego, se da clic en **Add Relation**, para relacionar los horizontes creados. Esto significa que cada horizonte picado en un dominio tiene un nombre en el que se guarda el picado convertido en el otro dominio. De clic en **Start** para inicializar el plugin con la configuración seleccionada.



Figura 10: Crear un horizonte en tiempo y otro en profundidad, asignarle un nombre, y luego, relacionarlos.

### Resumen Paso 3:



**Paso 4:** Luego de crear y nombrar los horizontes, podrá iniciar el proceso de interpretación en la herramienta. Asegurándose de tener activos los horizontes creados, puede iniciar el picado del horizonte (Fig. 10).

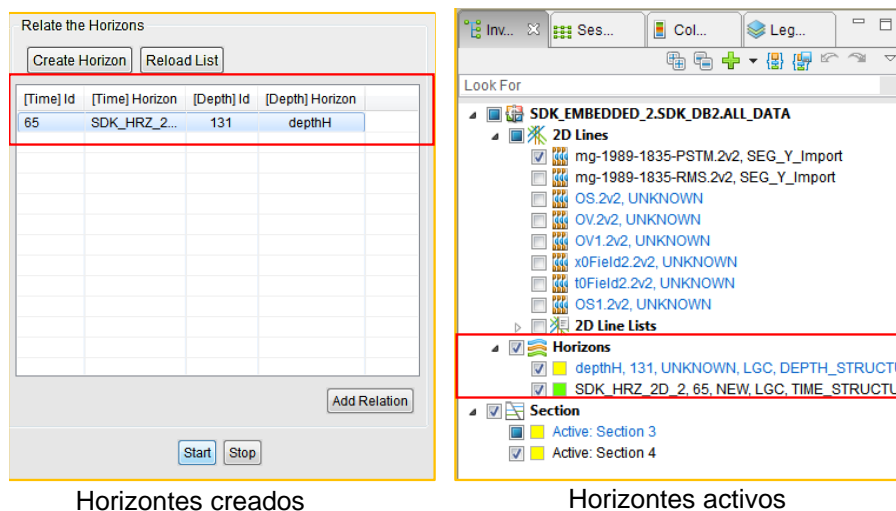


Figura 11: Asegurese de tener activos en la ventana de inventarios a los horizontes creados.

Y mientras que pica en tiempo o en profundidad, podrá visualizar el respectivo horizonte en profundidad o en tiempo como se muestran en Fig. 12. Observe que el horizonte que es picado en tiempo se desplaza hacia abajo en profundidad. Igualmente, el horizonte también puede ser picado en profundidad y podrá ser visualizado en el dominio tiempo.

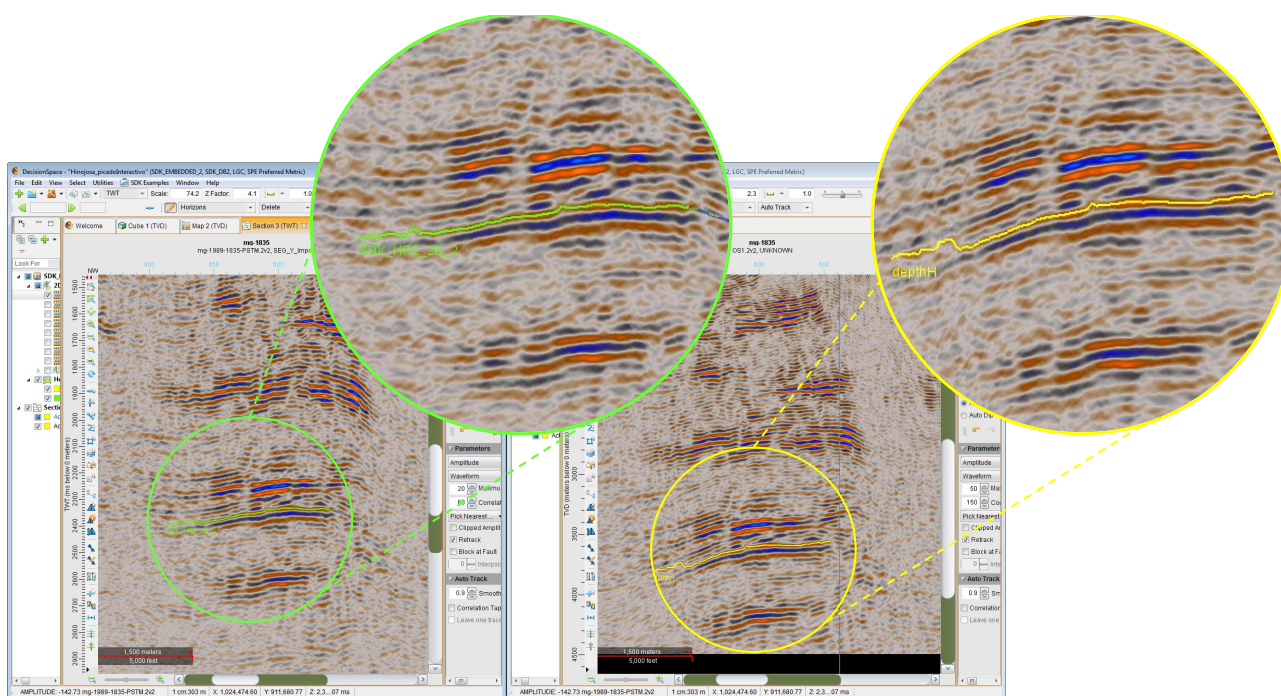


Figura 12: El segmento picado en tiempo se visualizará en profundidad a medida que este va picándose. En los círculos se resaltan los horizontes, el picado en tiempo (círculo verde) y el convertido en profundidad (círculo amarillo).

## Referencias

- [1] Maria Kourkina Cameron, SB Fomel, and JA Sethian. Seismic velocity estimation from time migration. *Inverse Problems*, 23(4):1329, 2007.
- [2] Daniela Torres, Andrés Calle, Freddy Niño, and César Augusto Pineda Gómez. Metodología de interpretación sísmica para identificación de zonas prospectivas y posicionamiento de pozos. *Fuentes: El reventón energético*, 10(2):2, 2012.