

# Iniciación a la interferometría SAR

## Funcionamiento de base del MasTerEngine

Dominique Derauw

Septiembre de 2021

### 1. Objetivo del documento

Ese documento describe el funcionamiento de base del MasTerEngine, describiendo las etapas de un proceso simple teniendo como objetivo hacer un modelo digital de elevación o una medición de fase diferencial usando una pareja de imágenes SAR. En el presente caso, las etapas presentadas se basan sobre el procesamiento de la pareja de prueba SAOCOM disponible en el sitio de la CONAE (<https://catalogos.conae.gov.ar/catalogo/catalogosatsaocomadel.html>)

### 2. líneas de comando

El MasTerEngine es un conjunto de comando que se lanzan desde un terminal. De manera general, los comandos aceptan uno o mas parámetros. Los parámetros deben estar separados por espacios. Los parámetros pueden ser compuestos por opciones (*flags*), en tal caso el parámetro empieza por un guión seguido por la o las opciones elegidas.

Cuando un comando es lanzado sin parámetros o con la opción `-h`, un breve *help* aparece. En ese *help* se describen los parámetros y opciones que se pueden usar. Los parámetros y opciones presentados entre corchetes son opcionales.

#### 2.1. Ubicación de carpetas y repertorios

Cabe mencionar que el MasTerEngine no acepta como parámetros ubicaciones de carpetas que tienen blancos en sus nombres o en cualquier parte del camino que la compone.

### 3. Lectura de los datos

Consideramos que los datos son descargados y ubicados en la carpeta:

`${HOME}/SAR/DATA/Images/SAOCOM/TestDataSet`

donde la carpeta `${HOME}` es el repertorio de base del usuario. La primera etapa consiste a leer los datos para convertirlos en el formato `.cs1` utilizado por MasTerEngine. Los datos tendrán como ubicación de destino la carpeta `${HOME}/SAR/Processing/SAOCOM/ElLeoncito`; El Leoncito es el nombre de la región observada. Por supuesto, el usuario puede cambiar los nombres como quiera. La lectura en si misma se hace usando el comando `SAOCOMDataReader`.

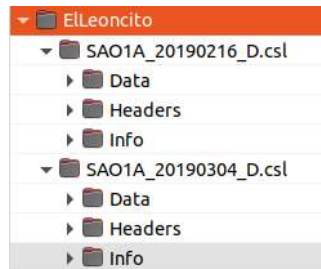
Ese comando acepta dos parámetros: una carpeta de entrada y una carpeta de destino. Todos los datos que se encuentren en la carpeta de entrada estarán leídos y salvados en la carpeta de destino.

La ubicación de la carpeta de entrada es obligatoria. La carpeta de destino es opcional. Si no se da la carpeta de destino, los datos leídos estarán salvados en la carpeta de entrada.

Entonces, en el caso tomado como ejemplo en ese documento, la línea de comando a usar será:

```
SAOCOMDataReader ${HOME}/SAR/DATA/Images/SAOCOM/TestDataSet
${HOME}/SAR/Processing/SAOCOM/ElLeoncito
```

Después de lanzar ese comando, los dos datos estarán leídos y aparecerán en la carpeta de destino en el formato .csl.



### 3.1. Otros satélites

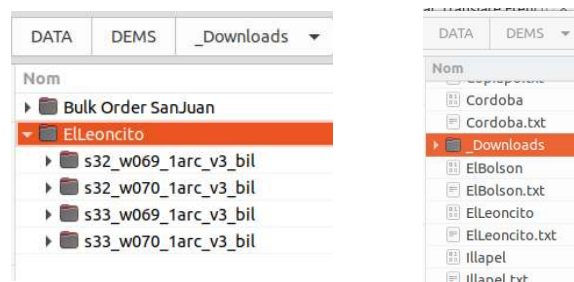
En el caso del uso de imágenes de otros satélites, el proceso es similar, usando los comandos `CSKDataReader`, `TSXDataReader`, `RSATDataReader`, `EnviSATBulkDataReader` y `S1DataReader`. En ese último caso, el comando `S1DataReader` acepta un parámetro opcional adicional en forma de un fichero kml para limitar la lectura a los burst Sentinel que intersecten la zona de interés.

## 4. Manejo de un DEM externo

Después de la lectura de los datos, se puede asociar un DEM externo a la imagen considerada como **Master** del proceso interferométrico. `MasTerEngine` acepta DEM externos en formato ENVI y DEM SRTM, siempre que los elementos del DEM SRTM necesarios se ensamblen con `MasTerEngine`.

### 4.1. Ensamblaje de elementos del DEM SRTM

Se considera que los elementos (*tiles*) del DEM SRTM que se necesitan serán descargados del sitio del USGS en el formato .BIL. Al descomprimir los elementos descargados, se obtienen distintas carpetas nombradas con una extensión .BIL conteniendo cada elementos del DEM SRTM. Estas carpetas .BIL deben estar copiadas en una carpeta teniendo el nombre que se quiere dar al DEM. En nuestro caso, vamos a nombrar el DEM externo `ELLeoncito`, considerando que la carpeta en la cual se encuentren los elementos del DEM SRTM descomprimidos se ubica en `${HOME}/SAR/DATA/DEMS_Downloads/ElLeoncito`



Para hacer el ensamblaje basta usar el comando:

```
aggregateSRTMTiles ${HOME}/SAR/DATA/DEMS_Downloads/ElLeoncito
```

Si su variable de entorno `EXTERNAL_DEMS_DIR` esta bien configurada para apuntar a la carpeta `${HOME}/SAR/DATA/DEMS`, el DEM ensamblado con su fichero de texto descriptivo estará salvado en esa carpeta con el nombre que corresponde.

Si no, estará salvado en la misma carpeta donde se encuentran los elementos `.BIL` descomprimidos. En ese caso, el DEM con su fichero descriptivo pueden ser re-ubicados en otras carpeta mientras que esa ubicación sea indicada correctamente en el fichero de texto descriptivo.

En ese documento, consideramos que su variable de entorno `EXTERNAL_DEMS_DIR` está bien configurada.

## 4.2. Asociación de un DEM externo a una imagen en el formato `.csl`

Generalmente, cual sea el tipo de proceso interferométrico que se hace, necesitamos usar un DEM externo para sacar la fase diferencial o para hacer la geoproyección de los productos generados. Como los productos interferométricos que se calcularán, estarán todos en la geometría de adquisición de la imagen *Master*, el DEM externo debe estar asociado y proyectado en el sistema de coordenadas *alcance - azimuth* de esa imagen.

Esa asociación se hace usando el comando `slantRangeDEM`.

Ese comando necesita como parámetro, un fichero de texto que tiene las características del proceso a hacer. Ese fichero puede ser creado por el mismo comando usando la opción `-create`. Entonces, el comando `slantRangeDEM` debe ser utilizado dos veces; una vez para crear el fichero en una ubicación determinada, y una segunda vez usando el fichero creado y modificado como se requiere.

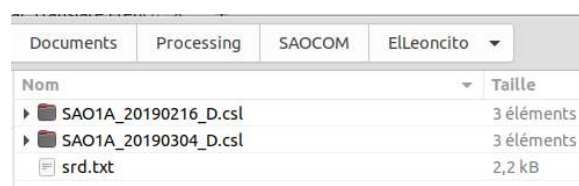
### 4.2.1. Creación y uso del fichero de interfaz

Vamos a considerar la imagen mas reciente de SAOCOM como la *Master* y vamos a crear el fichero de interfaz en la carpeta donde se ubica esa imagen dandolo como nombre `srd.txt`. El nombre del fichero es a elección.

Acá, elegimos el nombre `srd` como abreviación de *slant range DEM*.

Entonces, para crear el fichero de interfaz a la ubicación correcta, hay que usar el comando:

```
slantRangeDEM ${HOME}/SAR/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/srd.txt -create
```



Nom	Taille
SAO1A_20190216_D.csl	3 éléments
SAO1A_20190304_D.csl	3 éléments
srd.txt	2,2 kB

```

/* Slant range DEM generation */
/* ***** */
/home/dd/Documents/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/SA01A_20190304_D.csl /* Reference slant range image path in CSL format */

/* External DEM characteristics */
/* ***** */
ElLeoncito /* Georeferenced DEM file path */
7201 /* X (longitude) dimension [pixels] */
7201 /* Y (latitude) dimension [pixels] */
-70 /* Lower left corner longitude [dd] */
-33 /* Lower left corner latitude [dd] */
0.000277777777777778 /* Longitude sampling [dd] */
0.000277777777777778 /* Latitude sampling [dd] */
NaN /* Excluding value */

/* Resampling parameters */
/* ***** */
TRI /* Resampling method : TRI = Triangulation; AV = weighted average; NN = nearest neighbour */
LORENTZ /* Weighting method : ID = inverse distance; LORENTZ = lorentzian */
1.0 /* ID smoothing factor */
1.0 /* ID weighting exponent */
0.7 /* FWHM : Lorentzian Full Width at Half Maximum */

/* Reduction factors */
/* ***** */
3 /* Range reduction factor */
6 /* Azimuth reduction factor */

/* Mask characteristics */
/* ***** */
File path /* Georeferenced mask file path */
1000 /* Mask X (longitude) dimension [pixels] */
1000 /* Mask Y (latitude) dimension [pixels] */
5.5655 /* Mask lower left corner longitude [dd] */
50.5980 /* Mask lower left corner latitude [dd] */
0.000277777777777778 /* Mask longitude sampling [dd] */
0.000277777777777778 /* Mask latitude sampling [dd] */

```

Ese fichero debe ser cambiado manualmente para proyectar correctamente el DEM externo en el sistema de coordenadas de la imagen **Master** (esos cambios se hacen de modo automáticos cuando se usa el comando `lazInSAR`).

El parámetro de la línea 3 debe estar reemplazado por la ubicación de la imagen **Master** a la cual nos referimos; en este caso:

`${HOME}/SAR/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/SA01A_20190304_D.csl`

El parámetro de la línea 7 debe estar reemplazado por la nombre del DEM a usar; en este caso: `ElLeoncito` por lo tanto que su variable de entorno `EXTERNAL_DEMS_DIR` sea bien definida.

Si no es el caso, hay que dar el camino completo hacia el DEM. En ese caso sería:

`${HOME}/SAR/DATA/DEMS/ElLeoncito`

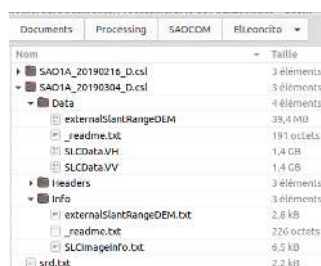
Si ya sabe cuales serán los factores de reducción que se usarán en el proceso interferométrico, puede también cambiar los parámetros que corresponden en la línea 26 y 27 del fichero.

Los otros parámetros pueden quedar sin modificar.

Después de salvar y cerrar el fichero de interfaz, la proyección del DEM externo en el sistema de coordenadas de la imagen **Master** se hace repitiendo el mismo comando sin la opción `-create`:

`slantRangeDEM ${HOME}/SAR/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/srd.txt`

Haciendo eso, el fichero de interfaz `srd.txt` modificado será utilizado por el comando `slantRangeDEM` y al al fin del proceso, el DEM de referenciá proyectado en coordenadas *alcan-ce* - *azimuth* de la imagen **Master** estará creado y salvado dentro de la carpeta `./DATA` de la imagen **Master** en el formato `.csl`.



## 5. Proceso interferométrico

### 5.1. Inicialización

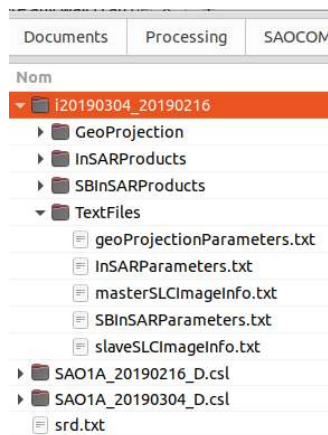
Ahora, estamos listos para hacer un proceso interferométrico. Primero se debe crear la carpeta de trabajo con toda la estructura y los ficheros de interfaz que se necesitan. Eso se hace usando el comando `initInSAR`.

Ese comando necesita por lo menos dos parámetros: la imagen *Master* y la imagen *Slave*. Entonces, en nuestro caso, el comando a usar será:

```
initInSAR ${HOME}/SAR/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/SAO1A_20190304_D.csl  
${HOME}/SAR/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/SAO1A_20190216_D.csl
```

Usando ese comando se creará una carpeta de proceso llamada `i20190304_20190216` dentro de la carpeta donde se ubica la imagen *Master*. Si prefiere otro nombre y/o una otra ubicación para su carpeta de trabajo, hay que dar esa ubicación como parámetro adicional. Por ejemplo:

```
initInSAR ${HOME}/SAR/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/SAO1A_20190304_D.csl  
${HOME}/SAR/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/SAO1A_20190216_D.csl  
${HOME}/SAR/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/MiPrimeroProcesointerferométrico
```



Como se ve en la figura, la inicialización crea una estructura de carpetas dentro de la cual se encontrarán los productos interferométricos y los productos geoproyectados. La carpeta `TextFiles` contiene los ficheros de información relativos a la imagen *Master* y a la imagen *Slave* así que los ficheros de interfaz `InSARParameters.txt` y `geoProjectionParameters.txt` para los procesos interferométricos y de geoproyección.

En esos ficheros de interfaz, se encuentran informaciones útiles (tamaño de la base interferométrica, altura de ambigüedad al centro de la imagen, ...) como parámetros de procesos. Esa información se puede utilizar para seleccionar parejas de imágenes ofreciendo la base interferométrica mas adecuada a su proceso.

```

/* Slant range DEM generation */
/* ***** */
/home/dd/Documents/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/SA01A_20190304_D.csl /* Reference slant range image path in CSL format */

/* External DEM characteristics */
/* ***** */
ElLeoncito /* Georeferenced DEM file path */
7201 /* X (longitude) dimension [pixels] */
7201 /* Y (latitude) dimension [pixels] */
-70 /* Lower left corner longitude [dd] */
-33 /* Lower left corner latitude [dd] */
0.00027777777777777778 /* Longitude sampling [dd] */
0.00027777777777777778 /* Latitude sampling [dd] */
NaN /* Excluding value */

/* Resampling parameters */
/* ***** */
TRI /* Resampling method : TRI = Triangulation; AV = weighted average; NN = nearest neighbour */
LORENTZ /* Weighting method : ID = inverse distance; LORENTZ = lorentzian */
1.0 /* ID smoothing factor */
1.0 /* ID weighting exponent */
0.7 /* FWHM : Lorentzian Full Width at Half Maximum */

/* Reduction factors */
/* ***** */
3 /* Range reduction factor */
6 /* Azimuth reduction factor */

/* Mask characteristics */
/* ***** */
File path /* Georeferenced mask file path */
1000 /* Mask X (longitude) dimension [pixels] */
1000 /* Mask Y (latitude) dimension [pixels] */
5.5655 /* Mask lower left corner longitude [dd] */
50.5980 /* Mask lower left corner latitude [dd] */
0.00027777777777777778 /* Mask longitude sampling [dd] */
0.00027777777777777778 /* Mask latitude sampling [dd] */

```

Los ficheros de interfaz están preparados por un proceso clásico, así que se pueden usar sin cambiar nada.

A continuación veremos unos de los parámetros los mas sencillos que se pueden cambiar para particularizar su procesamiento.

## 5.2. Uso general de los comandos

Los diferentes comandos que se utilizarán para hacer el proceso interferométrico necesitan el fichero de interfaz `InSARParameters.txt`, así que ese fichero debe seer encontrado por cada comando. Eso se puede hacer dando el camino completo hasta el fichero como parámetro a los comandos que se consideran o, mas fácil, cambiando su carpeta de trabajo en el terminal usando el comando `cd` (por "*change directory*").

```

dd@SAREOS:~$
dd@SAREOS:~$ cd '/home/dd/Documents/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/i20190304_20190216'
dd@SAREOS:~/Documents/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/i20190304_20190216$

```

Haciendo eso, todos los comandos se lanzarán desde la carpeta de trabajo `~/SAR/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/i20190304_20190216` y el fichero de interfaz se encontrará de modo automático sin necesidad de dar el camino como parámetro. Consideramos en ese documento que el usuario cambió su carpeta de trabajo por la del proceso interferométrico.

## 5.3. corrección

Con las imágenes de modo stripmap, la corrección se hace en 4 etapas con los siguientes comandos:

- `amplitudeImageReduction`
- `coarseCoregistration`
- `fineCoregistration`

## ■ interpolation

Con las imágenes **TOPSAR** de Sentinel-1, se hace en una sola etapa con el comando **S1Coregistration**.

### 5.3.1. amplitudeImageReduction

La primera etapa consiste en generar imágenes en módulo y reducidas, promediando píxeles sobre ventanas de dimensiones determinadas. Si miramos el fichero de interfaz **InSARParameters.txt**, vemos que los parámetros de reducción predefinidos son de 3 x 6 para las imágenes de SAO-COM. El tamaño de la ventana de reducción se elige para generar píxeles aproximadamente cuadrados en zonas planas promediando por lo menos 10 píxeles. Eso tiene como objetivo tener imágenes reducidas con un buen cociente señal sobre ruido permitiendo de correlacionar las imágenes en puntos de anclajes en la etapa de corrección gruesa.

```
/* ***** */
/* * InSAR processing * */
/* ***** */

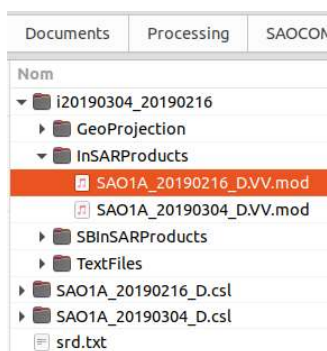
/* -1- Box averaging */
/* ***** */
/home/dd/Documents/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/i20190304_20190216/InSARProducts/SAO1A_20190304_D.VV.mod /* Reduced master amplitude image file path */
2347 /* Reduced master amplitude image range dimension [pix] */
3944 /* Reduced master amplitude image azimuth dimension [pix] */
/home/dd/Documents/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/i20190304_20190216/InSARProducts/SAO1A_20190216_D.VV.mod /* Reduced slave amplitude image file path */
2347 /* Reduced slave amplitude image range dimension [pix] */
3944 /* Reduced slave amplitude image azimuth dimension [pix] */
3 /* Range reduction factor [pix] */
6 /* Azimuth reduction factor [pix] */
```

La ubicación y el nombre de los ficheros resultados están predefinidos. Esos parámetros pueden ser cambiados a elección. Así también los parámetros de reducción. Las dimensiones de las imágenes se actualizarán al finalizar el proceso.

El comando a utilizar es simplemente:

**amplitudeImageReduction**

Las imágenes reducidas aparecerán como los primeros productos interferométricos dentro de la carpeta **./InSARProducts**.



### 5.3.2. coarseCoregistration

Ahora que tenemos las imágenes reducidas en módulo, podemos proceder a la corrección gruesa, buscando puntos de anclajes que se correspondan en una y otra imagen. Eso se hace cortando ventanas de dimension igual a una potencia de 2 alrededor del punto de anclaje candidato en la **Master** y la **Slave** y correlacionándolas para buscar el desplazamiento que permite superponer esas ventanas con mejor precisión. Las ventanas son desplazadas por un determinado número de píxeles en alcance y azimuth dentro de las imágenes reducidas. Ese desplazamiento determina el número de puntos de anclajes candidatos. Para cada pareja de ventana, la correlación resulta por un pico cuyo centro da la translación a aplicar a la ventana

*Slave* para que se superpone con la ventana *Master*. La elección de un punto de anclaje como bueno se hace considerando tres parámetros que se pueden cambiar:

- El máximo de correlación que es un número entre 0 y 1. Por defecto el umbral es de 0.5, rechazando los puntos por los cuales la correlación no alcance ese nivel.
- El ancho del pico de correlación en las dos dimensiones. Por defecto, el ancho a media altura del pixel debe ser inferior a 5 pixeles en las dos dimensiones. Se rechazan puntos por los cuales el pico de correlación es mas ancho.

El comando a utilizar es `coarseCoregistration` y no necesita parámetros ya que estarán leídos en el fichero de parámetros.

Al final del procesamiento, se calcula una transformación afín que permite relacionar las coordenadas de los puntos en la imagen *Slave* con las de la imagen *Master*.

```
/* -2- Coarse coregistration */
/* ***** */
64 /* Coarse coregistration range window size [pix] */
64 /* Coarse coregistration azimuth window size [pix] */
32 /* Coarse registration range distance between anchor points [pix] */
32 /* Coarse registration azimuth distance between anchor points [pix] */
0.5 /* Coarse coregistration correlation threshold */
5 /* Correlation peak range width threshold */
5 /* Correlation peak azimuth width threshold */

/* -3- Fine coregistration */
/* ***** */
5 /* Fine coregistration range window size [pix] */
11 /* Fine coregistration azimuth window size [pix] */
3 /* Estimated range error [pix] */
3 /* Estimated azimuth error [pix] */
20 /* Fine registration range distance between anchor points [pix] */
20 /* Fine registration azimuth distance between anchor points [pix] */
0.5 /* Fine coregistration correlation threshold */

/* -4- Interpolation */
/* ***** */
/* Master to slave affine coordinate transform: */
/* x2 = Ax x1 + Bx y1 + Cx */
/* y2 = Ay x1 + By y1 + Cy */
0.9993263149401678 /* Ax */
4.374940454204052e-05 /* Bx */
-109.2456737540247 /* Cx */
-0.0001754927595146109 /* Ay */
0.9999988559202363 /* By */
-17.6304952431259 /* Cy */
/home/dd/Documents/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/i20190304_20190216/InSARProducts/SA01A_20190216_D.interpolated.csl /* Interpolated slave image file path */

/* Global master to master InSAR processing */
NONE /* Global master to master InSAR directory path */
```

### 5.3.3. fineCoregistration

La etapa de corrección fina sigue basándose en la transformación afín establecida con el objetivo de mejorarla optimizando la coherencia al nivel local. Por eso, el proceso es similar al anterior pero acá las ventanas son mas pequeñas y se cortan en las imágenes complejas (SLC) de alta resolución. Además se desplazan por defecto de 20 pixeles en cada dimensión así que el número de puntos de anclajes candidatos es mucho mas grande que para la corrección gruesa. Cada ventana *Slave* va a moverse respecto a la ventana *Master* que corresponde cierto número de pixeles en las dos dimensiones. Por defecto, los valores de desplazamientos de la ventana *Slave* es de +/-3 pixeles en las dos dimensiones. Para cada desplazamiento se calcula un mini interferograma y una coherencia correspondiente, así que se establece un mapa de coherencia alrededor de la posición inicial de búsqueda. Con un desplazamiento de +/-3 pixel, el mapa de coherencia local que se establece es de 7 x 7 pixeles. En este mapa, se busca también un pico de máximo de coherencia que se aproxima a una Gaussiana. La ubicación del máximo de la Gaussiana corresponde a la corrección buscada por el punto de anclaje considerado. En el caso de la corrección fina, la selección de los puntos de anclaje se hace por el nivel del máximo de coherencia. Por defecto, el umbral es de 0.5, rechazando los puntos de anclaje candidatos por los cuales no se puede alcanzar ese nivel de coherencia.



El comando a lanzar es **fineCoregistration** y tampoco necesita parámetros ya que esos estarán leídos dentro del fichero de interfaz.

Al finalizar del proceso, la transformación afín se actualizará.

Las etapas de coregistración pueden repetirse iterativamente para probar mejorar los resultados.

Para las dos etapas de corrección se calcula la desviación estándar entre la transformación afín calculada y todos los puntos de anclaje seleccionados.

Para la corrección fina, se calcula también una estimación de la base interferométrica basándose solamente sobre la transformación fina encontrada y la órbita de la imagen **Master**. Esa estimación permite tener una idea de la precisión de corrección comparándola con la base interferométrica calculada usando las dos órbitas.

#### 5.3.4. interpolation


Después de la corrección gruesa y fina, tenemos una transformación afín que permite transformar la imagen **Slave** para superponer a la imagen **Master**. Esa etapa se hace por interpolación compleja.

El comando a utilizar es **interpolation**.

La transformación a utilizar será leída dentro del fichero de interfaz. La imagen **Slave** interpolada estará salvada dentro de los productos interferométricos en el formato **.cs1**

#### 5.3.5. S1Coregistration

En el caso de las imágenes TOPSAR de Sentinel1, la corrección de los datos e inclusive la interpolación, se hace usando un solo comando: **S1Coregistration**. La corrección y la interpolación se hace burst por burst basándose sobre las órbitas incluidas en las imágenes. Entonces, mejor mantener su base de datos con las órbitas precisas y restituidas al día para que sean correctamente incluidas en las imágenes al momento de leerlas. Ese comando acepta entre otro el parámetro **-A** para forzar la corrección e interpolación de todas las polarizaciones disponibles en las imágenes. De ese modo, podrán elegir diferentes configuraciones de polarización al momento de hacer un proceso interferométrico.

 **Manejo de las órbitas Sentinel1** MasTerEngine maneja las órbitas precisas (**AUX\_POEORB** Precise orbit products) y las órbitas restituidas (**AUX\_RESORB** Restituted orbit products) de Sentinel1. Las órbitas precisas se encuentran disponibles 21 días después de las adquisiciones, mientras que las restituidas están disponibles 3 horas después.

Cuando se descargan datos Sentinel1, las imágenes contienen datos de órbitas previstas (Predicted orbits). Esas órbitas no tienen gran precisión para hacer un proceso interferométrico correcto usando la fase. Si el objetivo es usar la coherencia, las órbitas previstas bastan.

Entonces, cuando el objetivo es hacer un proceso interferométrico, hay que reemplazar las órbitas previstas por las restituidas o las precisas. Eso se hace de manera automática al momento de leer los datos usando **S1DataReader**. Siempre que la base de datos local con las órbitas estén actualizadas al día.

Por eso, se usa la herramienta llamada **updateS1Orbits** incluida en la distribución MasTerEngine. Esa herramienta busca automáticamente en el sitio de la ESA, las órbitas requeridas. En caso que prefiera usar el sitio del Alaska SAR Facility hay que usar la opción **-ASF** y tener un cuento vigente. Para tener acceso automático y otorgar la herramienta **updateS1Orbits** a tener acceso al sitio, es necesario antes seguir las instrucciones que se encuentran acá:

<https://wiki.earthdata.nasa.gov/display/EL/How+To+Access+Data+With+cURL+And+Wget>

## 5.4. InSARProductsGenberation:

### Cálculos de los productos interferométricos

Ahora que tenemos nuestra pareja de imágenes coregistrada, significa que en los píxeles de las mismas coordenadas, observamos la misma superficie en el suelo. Entonces, podemos calcular los productos interferométricos: las imágenes en módulo, el interferograma en sí mismo y la imagen de coherencia.

El comando a utilizar es: **InSARProductsGenberation**

Los parámetros de cálculo que se encuentran en el fichero de interfaz y que pueden ser modificados por el usuario son:

- La dimensión de la ventana de reducción para mejorar la relación señal sobre ruido. Esta dimensión se define en las mismas líneas que para la reducción de las imágenes en amplitud.
- La dimensión de la ventana móvil de cálculo sobre la cual se estima la coherencia y la fase interferométrica.
- Un parámetro que se llama **Square spiral size [pix]**. Ese parámetro define una ventana cuadrada sobre la cual la fase está desenrollada en espiral para estimar en avance cual es la pendiente local de fase a fin de restarla del interferograma calculado y así mejorar la estimación de la coherencia local.

Al final del proceso, las dimensiones de los productos interferométricos se actualizarán, teniendo ahora todos las mismas dimensiones.

```
/* -5- Interferometric products computation */
/* ***** */
2347 /* Interferometric products range dimension [pix] */
3944 /* Interferometric products azimuth dimension [pix] */

/home/dd/Documents/Processing/SAOCom/ElLeoncito/i20190304_20190216/InSARProducts/interfero.VV-VV /* Interferogram file path */
/home/dd/Documents/Processing/SAOCom/ElLeoncito/i20190304_20190216/InSARProducts/interfero.f.VV-VV /* Filtered interferogram file path */
1 /* Range filter Full Width at Half Maximum */
1 /* Azimuth filter Full Width at Half Maximum */
1 /* Power spectrum filtering factor (for adaptive filtering) */

/home/dd/Documents/Processing/SAOCom/ElLeoncito/i20190304_20190216/InSARProducts/coherence.VV-VV /* Coherence file path */
3 /* Coherence estimator range window size [pix] */
6 /* Coherence estimator azimuth window size [pix] */
5 /* Square spiral size [pix] */

/home/dd/Documents/Processing/SAOCom/ElLeoncito/i20190304_20190216/InSARProducts/firstPhaseComponent.VV-VV /* First phase component file path */
/home/dd/Documents/Processing/SAOCom/ElLeoncito/i20190304_20190216/InSARProducts/residualInterferogram.VV-VV /* Residual interferogram file path */
NaN /* Excluding value */
```

Observamos en los productos interferométricos adicionales calculados:

- **externalSlantRangeDEM** : Es una copia del DEM externo asociado a la imagen **Master** re-muestreada al tamaño de los productos interferométricos.
- **firstPhaseComponent** : Es la fase topográfica que fue calculada basándose sobre el el fichero anterior **externalSlantRangeDEM**.
- **residualInterferogram** : Como su nombre lo indica es la fase que queda después de restar la fase topográfica del interferograma calculado. Si no hay perturbaciones atmosféricas y si el DEM externo permite calcular una buena fase topográfica, esa capa es el interferograma diferencial mostrando los movimientos locales, si los hubiera.

#### 5.4.1. interferogramFiltering

El interferograma como la fase residual pueden estar filtrados para mejorar el ratio señal sobre ruido. Dos filtros son disponibles: Un casero y un filtro adaptativo de tipo Goldstein.

El filtro casero aplica un filtrado por una gaussiana sobre la parte real y la parte imaginaria de la fase antes de re-calcular la fase filtrada. Entonces, todas las partes del interferograma

se filtran de la misma manera cualquiera sea la coherencia local. Los parámetros que rigen la filtración son el ancho en alcance y en azimuth a media altura de la gaussiana usada por la filtración. La unidad de medida de estos anchos son el pixel del interferograma. Estos valores de ancho pueden ser fraccionales.

El filtro de tipo Goldstein es adaptativo. Significa que la filtración depende de la coherencia local, filtrando mas donde la coherencia es baja y menos donde coherencia es alta.

El parámetro `Power spectrum filtering factor` permite controlar el filtro tipo Goldstein. Si vale 1, el filtro se aplica. Con valores mayor que uno, la filtración se hace menos fuerte. Con valores menor que uno, la filtración se hace mas fuerte aunque no cambia mucho.

Por defecto, al usar `interferogramFiltering`, se aplica el filtro tipo Goldstein. Para usar el filtro casero, hay que poner el parámetro `Power spectrum filtering factor` a 0.

Además, usando la opción `-d`, el filtro casero puede estar aplicado antes del filtro adaptativo, dando así un doble filtrado.

Por defecto, si es presente, es el interferograma residual que estará filtrado. En este caso, para forzar la filtración del interferograma su mismo, hay que usar la opción `-F`.

#### 5.4.2. phaseUnwrapping

El desenrollamiento de la fase se hace usando el comando `phaseUnwrapping`.

Dos métodos de desenrollamiento de la fase están disponibles. El primero es un método casero de tipo *branch cut*, buscando y conectando los residuos que se encuentran en el interferograma a desenrollar. El segundo método es el bien conocido `snaphu`.

Cual sea el método elegido, por defecto, es el interferograma **no** filtrado que está desenrollado. Para forzar el desenrollamiento de la fase filtrada, hay que usar la opción `-F`.

Si estuviera el interferograma residual (filtrado si se usa la opción `-F`), será ese producto el que estará desenrollado.

Al fin del desenrollamiento, la fase residual desenrollada se sumará a la fase topográfica para obtener la fase completa desenrollada y convertirla en altura local.

En caso de hacer interferometría diferencial, la fase residual desenrollada no debe ser sumada a la fase topográfica. Por forzar este comportamiento, hay que usar la opción `-r`. En tal caso, la fase desenrollada estará convertida en desplazamiento hacia el satélite entre la fecha de adquisición de la *Master* y la de la *Slave*.

**Entonces, es la opción `-r` la que controla si se hace interferometría clásica o diferencial**

🔗 **Uso de `snaphu`** Por defecto, es el método casero que esta utilizado. Par forzar el uso de `snaphu`, hay que usar el opción que corresponde, es decir `--snaphu`.

El comando general a usar para la interferometría clásica es `phaseUnwrapping -F --snaphu` y `phaseUnwrapping -rF --snaphu` para hacer interferometría diferencial.

Los usuarios que conocen el manejo de `snaphu`, pueden usar en primero el comando `phaseUnwrapping --snaphu -init [-Fr]` para generar un fichero `snaphu.conf` a modificar para que corresponde al proceso deseado. Un segundo uso del comando sin la opción `-init` utilizará el fichero `snaphu.conf` modificado.

🔗 **Uso del algoritmo *branch cut* casero** El proceso de desenrollamiento casero se obtiene usando el comando `phaseUnwrapping -F` o `phaseUnwrapping -rF`. En este caso, el método está controlado por los parámetros de la zona correspondiente del fichero `InSARParameters.txt`.

```

/* -6- Phase unwrapping */
/* ***** */
/home/dd/Documents/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/i20190304_20190216/InSARProducts/biasedCoherence.VV-VV /* Biased coherence file path */
0 /* Biased coherence range dimension [pix] */
0 /* Biased coherence azimuth dimension [pix] */
5 /* Biased coherence estimator range window size [pix] */
5 /* Biased coherence estimator azimuth window size [pix] */
5 /* Biased coherence square spiral size [pix] */

/home/dd/Documents/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/i20190304_20190216/InSARProducts/residus.VV-VV /* Residus image file path */
0 /* Residus image range dimension [pix] */
0 /* Residus image azimuth dimension [pix] */

/home/dd/Documents/Processing/SAOCOM/ElLeoncito/i20190304_20190216/InSARProducts/connexions.VV-VV /* Connexions image file path */
0 /* Connexions image range dimension [pix] */
0 /* Connexions image azimuth dimension [pix] */
2 /* Range minimum search radius [pix] */
2 /* Azimuth minimum search radius [pix] */
1 /* Range search radius step [pix] */
1 /* Azimuth search radius step [pix] */
1000 /* Coherence scaling */
3 /* Connexion process mode */
0.25 /* Coherence cleaning threshold */
0.1 /* False residue coherence threshold */

```

El proceso se hace en cuatro etapas de modo automático. La primer etapa consiste en la búsqueda de los residuos entre los pixeles. La segunda etapa consiste en generar una mapa de coherencia sesgada y mas contrastada que permite dibujar caminos de baja coherencia a seguir para la conexión de los residuos. Esta etapa puede estar controlada por la dimensión de una ventana móvil usada por el calculado de esa coherencia sesgada. La tercera etapa consiste en la conexión de los residuos. La última etapa consiste en el uso de las conexiones para desenrollar la fase por integración. De modo general, los parámetros por defectos dan resultados satisfactorios en la mayoría de los casos, tanto para la generación de la coherencia sesgada como para la conexión de los residuos.

## 5.5. geoProjection: geoproyección de los datos

La última etapa del proceso consiste en la geoproyección de los datos. Eso se hace usando el comando `geoProjection`. Ese comando usa un fichero de interfaz adicional llamado lógicamente `geoProjectionParameters.txt`

A través de ese fichero de interfaz, se puede elegir

- El tipo de proyección en coordenadas UTM o GEC, donde GEC significa en coordenadas geograficas *longitud - latitud*.
- El Geoid sobre el cual se hace la proyección.
- El muestreo del producto final en segundos en caso de utilizar proyección GEC o en metros en caso de la proyección UTM
- Los parámetros que rigen el proceso de re-muestreo.
- Los límites de la zona a proyectar. Ese marco puede ser definido por las coordenadas de sus esquinas *inferior - izquierdo* y *superior - derecho* o dando un kml de lo cual se calculara el rectángulo circunscrito.
- El listado de los productos a geo-proyectar.

```

/* Geoprojection parameters file */
/* ***** */

/home/dd/Documents/Processing/SAOCCOM/ElLeoncito/i20190304_20190216/TextFiles/InSARParameters.txt /* InSAR parameters file */
UTM /* Chosen projection (UTM or GEC) */

/* Projection ellipsoid */
/* ***** */
WGS84 /* Ellipsoid ID */
6378137.0 /* Semi major axis */
6356752.314245179295540 /* Semi minor axis */
0 /* X0 */
0 /* Y0 */
0 /* Z0 */

/* Geographical projection parameters (GEC) */
/* ***** */
2 /* Longitude sampling [arc second] */
2 /* Latitude sampling [arc second] */

/* UTM projection parameters */
/* ***** */
30 /* Easting sampling [m] */
30 /* Northing sampling [m] */

/* Resampling parameters */
/* ***** */
TRI /* Resampling method : TRI = Triangulation; AV = weighted average; NN = nearest neighbour */
LORENTZ /* Weighting method : ID = inverse distance; LORENTZ = lorentzian */
1.0 /* ID smoothing factor */
1.0 /* ID weighting exponent */
0.5 /* FWHM : Lorentzian Full Width at Half Maximum */
mask /* Masking: Use of slant range mask or zoneMap for measurement geo-projection ([mask] or [zoneMap]) */
1 /* Zone index if [zoneMap] is selected for masking */
NaN /* No data value */
NaN /* Excluding height value */
-400. /* Minimal height value */
8000. /* Maximal height value */

/* Geoprojection frame */
/* ***** */
/* Area of Interest can be given as a kml file or be predefined in geoProjection units. (kml prevails) */
pathToKmlFile /* Path to a kml file defining the geoProjection area */
445080 /* xMin */
513450 /* xMax */
6439110 /* yMin */
6525540 /* yMax */

2280 /* X size of geoprojected products [pix] */
2882 /* Y size of geoprojected products [pix] */

/* Geoprojected result files */
/* ***** */
/* YES/NO flags can be set here to select products to be geoprojected */
YES /* Use external DEM as reference (if NO, the computed InSAR DEM will be used) */
YES /* Geoproject measurement (slant range topography or deformation map) */
YES /* Geoproject master amplitude */
YES /* Geoproject slave amplitude */
YES /* Geoproject coherence */
NO /* Geoproject interferogram */
NO /* Geoproject filtered interferogram */
YES /* Geoproject residual interferogram */
YES /* Geoproject unwrapped phase */
/home/dd/Documents/Processing/SAOCCOM/ElLeoncito/i20190304_20190216/GeoProjection /* Geoprojected products directory */

```

Por defecto, MasTerEngine trabaja siempre en coordenadas cartesianas es decir con el origen (0;0) abajo y a la izquierda del sistema de ejes. Como todos los sistemas de visualización en los compu, incluido entonces los SIG consideran la origen en la esquina superior izquierda de la pantalla, hay que revertir los resultados en vertical. Eso se hace usando la opción **-r**. De este modo, los resultados geoproyectados estarán creados en el formato de ENVI con sus ficheros descriptivos asociados **.hdr** para que puedan estar usado con cualquier SIG.