

# IDENTIFICACIÓN DE VIVIENDAS COLAPSADAS POR SISMOS MEDIANTE LA TÉCNICA DE DETECCIÓN DE CAMBIOS UTILIZANDO IMÁGENES SATELITALES DEL PERUSAT-1

**CASO DE ESTUDIO:**

**SISMO DE ACARÍ – AREQUIPA, DEL 14 DE ENERO DE 2018**



**Autores:**

Ing. Marco Andrés Moreno Tapia<sup>1</sup>

Ing. Wilder Hans Caballero Haro<sup>2</sup>

**Entidades Participantes:**

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI

<sup>2</sup> Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial - CONIDA

## **INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (INDECI)**

### **Centro de Estudios, Procesamiento de Información e Investigación para la Gestión Reactiva - CEPIG**

“IDENTIFICACIÓN DE VIVIENDAS COLAPSADAS POR SISMOS MEDIANTE LA TÉCNICA DE DETECCIÓN DE CAMBIOS UTILIZANDO IMÁGENES SATELITALES DEL PERUSAT-1”

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2020-xxxxx

### **Instituto Nacional de Defensa Civil Centro de Estudios, Procesamiento de Información e Investigación para la Gestión Reactiva - CEPIG**

Calle Dr. Ricardo Angulo Ramírez N° 694 Urb. Corpac, San Isidro, Lima-Perú.

Teléfono: (511) 224-3600

Sitio web: [www.indeci.gob.pe](http://www.indeci.gob.pe)

Doctor Jorge Luis Chávez Cresta

**Jefe del INDECI**

Abog. Luis Alberto Carranza Micalay

**Secretario General**

Lic. Silvia Passuni Pineda

**Coordinadora (e) del Centro de Estudios, Procesamiento de Información e Investigación para la Gestión Reactiva (CEPIG – INDECI)**

#### **Elaboración:**

Ing. Geog. Marco Andrés Moreno Tapia

#### **Profesionales del CEPIG - INDECI**

Lic. Ecol. Diana del Carmen Tello Manrique

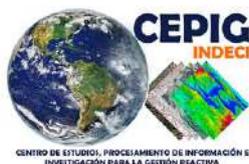
Bach. Ing. Geog. Bruno Brandon Espichán Cuya

#### **Coordinación:**

#### **Equipo Técnico de la CONIDA**

Ing. Wilder Hans Caballero Haro

M. Sc. José Pasapera Gonzales



AGENCIA ESPACIAL  
DEL PERÚ CONIDA

DIRECCIÓN DE  
GEOMÁTICA  
DIGEO

## Agradecimientos

A la Agencia Espacial del Perú – CONIDA, por brindar las facilidades en la obtención de las imágenes satelitales requeridas, así como por la capacitación recibida y su apoyo técnico en la elaboración de la presente investigación.

A la Municipalidad Distrital de Acarí, el cual fue de valioso apoyo en la identificación y reconocimiento de las viviendas colapsadas en campo, producto del sismo de 7.1 Mw, del 14 de enero del 2018.

## Contenido

Agradecimientos	3
Resumen	6
1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.1 Introducción	7
1.2 Antecedentes	8
1.2.1 Teledetección	8
1.2.2 Historial Sísmico	9
1.3 Planteamiento del Problema	14
1.4 Justificación	14
1.5 Objetivos	15
1.5.1 Objetivo General	15
1.5.2 Objetivos Específicos	15
1.6 Diseño de la Investigación	15
1.7 Ámbito de Estudio	16
2. GENERALIDADES	17
2.1 Marco Teórico	17
2.1.1 Satélite peruano PERUSAT-1	17
2.1.2 Detección de Cambios	20
2.2 Glosario de Términos	21
3. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1 Materiales	22
3.1.1 Imágenes del PERUSAT-1	22
3.1.2 Softwares Utilizados	26
3.2 Método	26
3.2.1 Recopilación de Información	26
3.2.2 Levantamiento de Información de campo	28
3.2.3 Aplicación del método Mixto de Detección de cambios	30
3.2.3.1 Pre procesamiento	30
3.2.3.2 Método Mixto	31
3.2.4 Definición de Umbrales	32
3.2.5 Detección de Cambios	33
4. RESULTADOS	34
4.1 Levantamiento de Información de campo	34

4.2	Aplicación del método mixto de Detección de cambios	34
4.3	Definición de Umbrales	35
4.4	Detección de cambios	36
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	56
6.	CONCLUSIONES	57
7.	RECOMENDACIONES	57
	Bibliografía	58
	Anexos	60
	Anexo 1 - Manual de Procedimientos para la Detección de Cambios	61
	Anexo 2 - Validación de la Metodología - Quebrada Huaycoloro. Lima - Perú	109
	Anexo 3 - Ficha y Resultados del Levantamiento de Información	112



## **“IDENTIFICACIÓN DE VIVIENDAS COLAPSADAS POR SISMOS MEDIANTE LA TÉCNICA DE DETECCIÓN DE CAMBIOS UTILIZANDO IMÁGENES SATELITALES DEL PERUSAT-1**

### Resumen

La presente investigación fue desarrollada dentro del marco de cooperación inter-institucional entre el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (CONIDA), por medio del Centro de Estudios, Procesamiento de Información e Investigación para la Gestión Reactiva del INDECI, y la Dirección de Geomática de la CONIDA, en ejecución del plan de trabajo 2018-2020: Desarrollo de Procedimientos Metodológicos con Imágenes Satelitales para la Gestión Reactiva del Riesgo de Desastres.

El principal objetivo de la presente investigación, consiste validar una propuesta metodológica que permita identificar las viviendas potencialmente colapsadas producto de eventos sísmicos, mediante la técnica de detección de cambios, utilizando imágenes satelitales del PERUSAT-1. La evaluación de detección de cambios se realizó a través de la comparación de una imagen posterior al evento y una imagen anterior al mismo, a través de la evaluación del resultado del cociente entre ambas imágenes.

Los resultados obtenidos permitieron identificar viviendas colapsadas (validado a través de la identificación de la etapa de campo); sin embargo, se identificaron algunas limitaciones con respecto a las características de las imágenes que originaron falsos positivos en la evaluación, como la georreferenciación, el ángulo de la toma de la imagen, entre otros, así como factores derivados del mismo, como las sombras generados por las infraestructuras de 1 piso a más.

El proceso metodológico utilizado en esta investigación, fue probado en el análisis de detección de cambios ante eventos de flujos de lodo (huaicos) en la quebrada Huaycoloro, Departamento de Lima, con la finalidad de su validación, en el cual se obtuvieron resultados muy significativos, identificándose correctamente los cambios producto del flujo, para el área seleccionada.



## 1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1 Introducción

El Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y la Agencia Espacial del Perú (CONIDA), mediante esfuerzos aunados, realizaron el presente estudio, el cual, demuestra que entre las diversas aplicaciones que tiene el PERUSAT-1, se usa la detección de cambios como técnica idónea para determinar de forma rápida, la cantidad de predios colapsados post evento sísmico, lo que ayuda a priorizar las acciones del proceso de Respuesta y Rehabilitación en el marco de la Gestión Reactiva del Riesgo de Desastres, según la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD.

Cabe precisar que la detección de cambios es una de las aplicaciones más comunes en la teledetección, que permite, a partir de imágenes de fechas diferentes, identificar la evolución del paisaje, usos de suelos, así como el cambio en la morfología del terreno, permitiendo identificar áreas de impacto de diversos fenómenos como los flujos de detritos, deslizamientos, entre otros, así como los cambios a nivel de infraestructura, identificándose mayormente las viviendas colapsadas, si la resolución espacial, lo permite.

Asimismo, el satélite peruano de observación de la Tierra PERUSAT-1, administrado por la CONIDA, es el más potente de su clase en la región puesto que genera imágenes con una resolución de 70 centímetros (CONIDA, 2018)<sup>1</sup>, permitiendo así la identificación de los cambios en el uso de suelo, por su alta resolución espacial.

Por otro lado, el 14 de enero de 2018, ocurrió un sismo de magnitud moderada (6.8mb, 7.1 Mw) y epicentro ubicado a 54 km al Sur de la localidad de Lomas, 75 km al Oeste de la localidad de Chala y 58 km, al SO de la localidad de Yauca (Provincia de Caravelí, Departamento de Arequipa). El sismo ocurrió a una profundidad de 26 km (foco superficial) y en general, presentó un área de percepción con radio del orden de 400 km ( $I_{max}=II$ ), siendo la mayor intensidad del orden de VI (MM) evaluada en las localidades de Lomas, Yauca, Acarí y Chala. (IGP, 2018)<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> <http://www.conida.gob.pe/index.php/noticias/perusat-1-satelite-de-observacion-de-la-tierra>

<sup>2</sup> Instituto Geofísico del Perú. 2018. Sismo de Lomas – Yauca del 14 de Enero del 2018 (Caravelí – Arequipa) – Aspectos Sismológicos – S/Ed. Lima – Perú. 15 pags.



Finalmente, es necesario recordar que el último gran sismo previo al 14 de enero del 2018, en la zona de Yauca ocurrió el 06 de agosto de 1913 (7.8 Mw)<sup>3</sup>, por ende, es de esperarse que estos eventos sigan repitiéndose en un cierto periodo de tiempo ya que los sismos son cíclicos. Por esta razón, es necesario establecer herramientas que contribuyan a la rápida estimación de potenciales daños a la infraestructura producidos por eventos sísmicos, lo cual permite el mejoramiento de los procesos de la Gestión Reactiva del Riesgo de Desastres a nivel local.

## 1.2 Antecedentes

### 1.2.1 Teledetección

Existen diversas aplicaciones de la teledetección utilizando el método de detección de cambios en el uso del suelo en áreas urbanas. Estas están caracterizadas por poseer coberturas de superficies altamente heterogéneas, por lo que la interpretación y análisis en la teledetección representan cambios en las características espaciales y temporales de las superficies urbanas. A través del tiempo se han desarrollado diferentes métodos para la detección de cambios de uso del suelo, los cuales han evolucionado paralelamente con la teledetección y han facilitado su aplicación.

A través del tiempo se han desarrollado diferentes métodos para la detección del cambio de uso del suelo, los cuales han evolucionado paralelamente con la teledetección y han facilitado su aplicación (Rogan y Chen, 2004). King et al. (1999) realizaron una revisión de los métodos de detección de cambios, mientras que Foresman et al. (1997), Chuvieco (2000), Franklin (2001), Rogan y Chen (2004), Treitz y Rogan (2004) hacen una descripción de la evolución de los métodos de teledetección y análisis, los cuales dependen de los avances tecnológicos.

Anteriormente los métodos de detección de cambios eran bitemporales, es decir, se comparaba la misma área en dos tiempos; en la actualidad los métodos se basan en el análisis de trayectoria

---

<sup>3</sup> Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú. 2018. Sismo y Tsunami de Yauca 2018 (7.1 Mw), s/ed. Lima – Perú. 6 págs.

temporal, donde se compara la misma área, pero en diferentes intervalos de tiempo (Coppin et al., 2004).

Ruiz (2017), indica que la técnica de detección de cambios *“tiene la ventaja de tratarse de un método sencillo en su aplicación, lo que reduce los costes de procesado y confiere gran potencial para su aplicación rutinaria en grandes volúmenes de datos. Como desventajas destacan su gran sensibilidad a errores en el registro geométrico y a la existencia de píxeles mezcla, así como a diferencias radiométricas entre imágenes (requieren rigurosos ajustes), además de necesitar la correcta definición de un umbral de cambio en la imagen de diferencias.”*

Asimismo, Ruiz (2017), menciona que *“la evaluación de la detección de cambios se puede realizar calculando el factor de exceso y el factor de defecto. Para el cálculo de estos parámetros se utilizan los valores: Positivo Verdadero (TP), o píxeles de cambio que se detectan correctamente; Falso Positivo (FP), aquellos detectados como cambio pero que no lo son; Falso Negativo (FN), los píxeles de cambio que no son detectados.”*

### 1.2.2 Historial Sísmico

Según el IGP (2019), la provincia de Caravelí sufrió diversos impactos a causa de sismos de diversas magnitudes. El historial de los sismos más representativos se indica a continuación:

- **10 de Julio de 1821.-** A las 05:00 horas terremoto que causó graves daños en los pueblos de Camaná, Ocoña, Caravelí, Chuquibamba y valle de Majes. Se sintió en Lima. Murieron 70 personas en Camaná y Ocoña, 60 en Chuquibamba y 32 en Caravelí, tuvo una magnitud de 7.9, y una intensidad de VII en la Escala Modificada de Mercalli.
- **06 de Agosto de 1913.-** A las 17:13 horas terremoto que destruyó la ciudad de Caravelí, este movimiento produjo desplome de todos los edificios de dicha ciudad y derrumbes de las laderas del valle. Hubo 4 heridos, además afectó otras poblaciones situadas más al Sur como la de Chuquibamba. En Ático se destruyeron muchas edificaciones, resultando un muerto y varios heridos. En el pueblo de Ocoña el sismo



causó daños apreciables en las edificaciones. En la ciudad de Arequipa ocasionó daños en algunos edificios. El epicentro se le ubicó en el Océano Pacífico frente al litoral, siendo su posición geográfica de  $-17^{\circ}$  Lat. y  $-74^{\circ}$  Long. W., y su magnitud de 7.7, en Caravelí y Chuquibamba alcanzó una intensidad de VIII en la Escala Modificada de Mercalli, en Ocoña y Caylloma se sintió con una intensidad de VI.

- **11 de Setiembre de 1914.-** A las 06:48 horas se repitió en Caravelí reedificada después de la catástrofe en 1913, otro violento movimiento que la volvió a dejar en escombros, ocasionando derrumbes en los cerros que bordeaban esa ciudad.  
17, 18 de Diciembre de 1915. Movimientos sísmicos sentidos en Cañete, Mollendo y Caravelí.
- **11 de octubre de 1922.-** A las 09:50 horas fuerte sismo que causó daños considerables en Arequipa, Caravelí y Mollendo. Fue sentido fuertemente en Chala, Acarí, Puquio, Palpa, Ica y Cañete. La posición geográfica fue de  $-16^{\circ}$  Lat. S. y  $-72.5^{\circ}$  Long. W., se estima su profundidad focal en 50 kilómetros y su magnitud 7.4, en Arequipa y Mollendo se sintió con una intensidad de VI de la escala Modificada de Mercalli.
- **11 de Octubre de 1939.-** A las 09:59 horas se registró un fuerte sismo en el Observatorio Long. W., la magnitud fue de 7.1.
- **04 de Marzo de 1951.-** A las 06:18 horas, sismo originado en las cercanías de Chala, y ligeramente destructor en Caravelí.
- **21 de Julio de 1955.-** Sentido en las ciudades de Caravelí, Ica y Arequipa, ocasionó algunos agrietamientos de paredes y el derrumbe de la Iglesia del Beaterio.
- **21 de Julio de 1955.-** Sentido en las ciudades de Caravelí, Ica y Arequipa, ocasionó algunos agrietamientos de paredes y el derrumbe de la Iglesia del Beaterio.



- **12 de Noviembre de 1996.-** (11:59 horas) Se produjo un violento Terremoto en el Sur del país provincias de Ica, Pisco, Nazca y Palpa en el departamento de Ica; Caravelí y Caylloma en el Departamento de Arequipa, Lucanas y Coracora en Ayacucho, Huaytará en Huancavelica. Magnitud 6.4 en la escala de Richter. 17 muertos, 1,591 heridos, 94,047 damnificados, 5,346 viviendas destruidas, 12,700 viviendas afectadas. Dado que el sismo se localizó al Sur Oeste de Nazca los mayores daños se registraron en dicha ciudad destruyendo el 90% de las viviendas.
- **23 de Junio de 2001.-** A las 15 horas 33 minutos, terremoto destructor que afectó el Sur del Perú, particularmente los Departamentos de Moquegua, Tacna y Arequipa. Este sismo tuvo características importantes entre las que se destaca la complejidad de su registro y ocurrencia. El terremoto ha originado varios miles de post-sacudidas o réplicas y alcanzó una intensidad máxima de VIII. Las localidades más afectadas por el terremoto fueron las ciudades de Moquegua, Tacna, Arequipa, Valle de Tambo, Caravelí, Chuquibamba, Ilo, algunos pueblos del interior y Camaná por el efecto del Tsunami.
- **14 de enero del 2018.-** Sismo de magnitud moderada (6.8mb, 7.1 Mw) y epicentro ubicado a 54 km al Sur de la localidad de Lomas, 75 km al Oeste de la localidad de Chala y 58 km, al SO de la localidad de Yauca (Provincia de Caravelí, Departamento de Arequipa). El sismo ocurrió a una profundidad de 26 km (foco superficial) y en general, presentó un área de percepción con radio del orden de 400 km (Max=II), siendo la mayor intensidad del orden de VI (MM) evaluada en las localidades de Lomas, Yauca, Acarí y Chala. Este informe presenta los parámetros hipocentrales del sismo, intensidades evaluadas, réplicas y su respectiva interpretación sismo tectónica."
- **23 de Julio de 2019.-** Un sismo de magnitud 4.9 remeció esta mañana la provincia arequipeña de Caravelí, el epicentro del movimiento telúrico sentido a las 6:41 a.m. se ubicó en el mar a 25 kilómetros al suroeste de la localidad de Yauca, y tuvo una profundidad de 40 km.

Las autoridades locales no han reportado daños materiales ni víctimas por este remezón.

- **27 de Mayo de 2019.-** en Arequipa: Temblor de magnitud 5 sacudió Caravelí el sismo tuvo una profundidad de 24 kilómetros. Hasta el momento, no se ha registrado daños materiales ni personales. Este nuevo movimiento telúrico se produjo exactamente a las 10:28 p.m. y su epicentro fue a 63 kilómetros al suroeste de Lomas, Caravelí. Catorce minutos después del sismo de 4.8 de magnitud en el Callao-Lima. Este movimiento telúrico tuvo una intensidad de nivel III de acuerdo con la escala de Mercalli Modificada (MM).

Finalmente, la distribución de eventos sísmicos registrados por el IGP de la zona Sur del País, para el periodo 1960 – 2019.

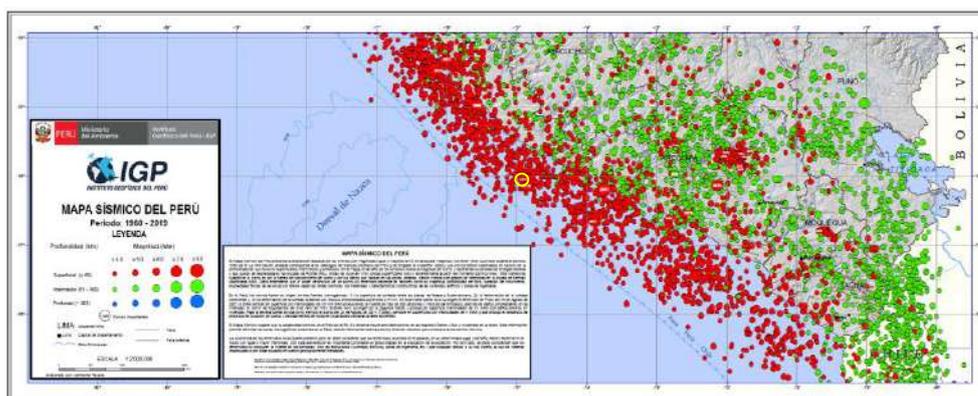


Figura 01: Mapa Sísmico del Sur del País (El epicentro del sismo evaluado, se encuentra marcado en círculo amarillo).

Fuente: Adaptado de IGP (2020)<sup>4</sup>

Asimismo, según el producto ShakeMap de la USGS, se muestra la estimación de daño de nivel Moderado para la localidad de Acarí con una Intensidad estimada de VII en escala Mercalli Modificada. Este producto cuenta con 11 tipos de validación y/o Estimación de valores de Intensidad y de daño. Ver Figura 02.

<sup>4</sup> Instituto Geofísico del Perú. 2020. Mapa Sísmico del Perú – Periodo: 1960 -2019. Lima – Perú. S/Ed.

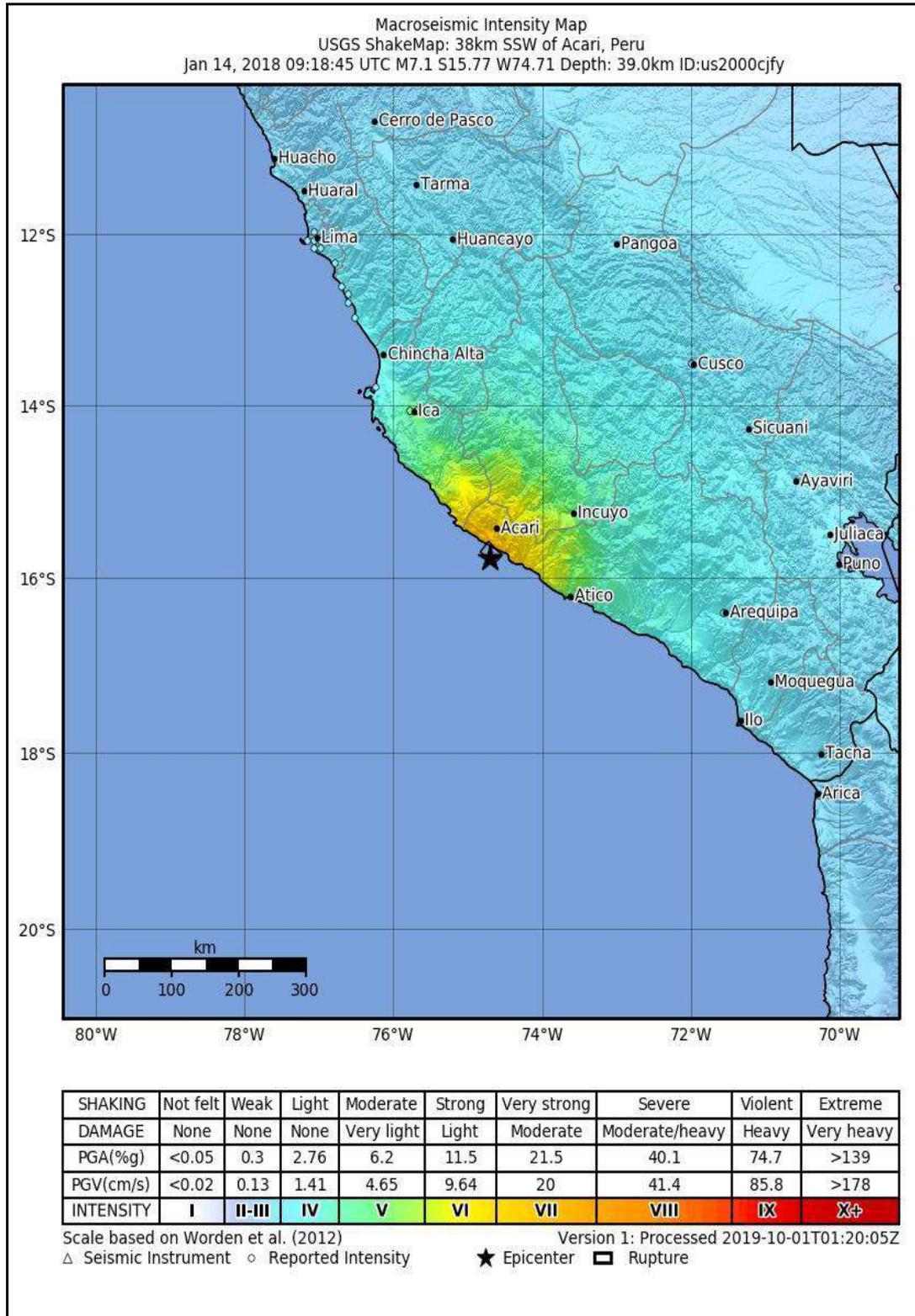


Figura 02: Estimación del nivel de daño, PGA, PGV y la intensidad del sismo, producto del evento del 14 de enero de 2018.

Fuente: ShakeMap – USGS



### 1.3 Planteamiento del Problema

Debido a la ubicación del Perú en el Cinturón de Fuego del Pacífico, la población se encuentra expuesta ante eventos sísmicos de diversas magnitudes, siendo los de especial importancia, los sismos de gran magnitud, ocurridos a una profundidad superficial (Menor a 60 km) y cercanía a un centro poblado y/o urbanización. Estos tipos de eventos generan mayor daño a nivel infraestructural, por lo que es necesario saber de manera rápida, cuáles son las edificaciones que han colapsado producto del movimiento sísmico para una valoración preliminar de daños, así como identificación de zonas para búsqueda y rescate, entre otras acciones vinculadas a la Gestión Reactiva del Riesgo de Desastres.

Debido a esto, se plantea lo siguiente:

¿Se pueden identificar viviendas potencialmente colapsadas mediante la técnica de detección de cambios de imágenes satelitales de alta resolución?

### 1.4 Justificación

El Perú se encuentra expuesto ante eventos sísmicos debido a que se ubica en el “Cinturón de Fuego del Pacífico”, lo que conlleva a experimentar sismos de gran magnitud, como lo sucedido el 28 de Octubre de 1746 frente a las costas de Lima y Callao de magnitud de 9.0 Mw (Silgado, 1978), en el cual, de un total de 3000 casas, sólo 25 quedaron en pie y de los 60 000 habitantes, murieron 1141 personas. (IGP, 2014).

Tavera (2010), menciona que *“a la ocurrencia de un terremoto son las viviendas, que al estar mal construidas o encontrarse en lugares inadecuados, pueden colapsar produciendo la muerte de personas, heridos y damnificados”*.

Por lo expuesto, es importante contar con instrumentos alternativos que permitan contar rápidamente con cifras estimadas de daños en infraestructura y la localización de las zonas más afectadas; de manera que esta información pueda ser utilizada en la determinación de estrategias de atención de emergencia por los tomadores de decisión. Por ello, el uso de tecnología satelital se constituye en una importante alternativa, siendo necesario la determinación de metodologías y el establecimiento de estándares para estos procesos.



Asimismo, mediante la Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - SINAGERD, el cual está basada en la investigación científica y de registro de informaciones, y orienta las políticas, estrategias y acciones en todos los niveles de gobierno y de la sociedad con la finalidad de proteger la vida de la población el patrimonio de las personas y del Estado, se le asigna al INDECI las funciones el realizar investigaciones inherentes a los procesos de Preparación, Respuesta y Rehabilitación.

Debido a esto, esta investigación no resulta solamente justificable, si no también necesaria, toda vez que permita salvaguardar la vida de la población identificando potenciales elementos colapsados y así poder priorizar las zonas de búsqueda y rescate, además de la cuantificación de potenciales viviendas colapsadas y/o destruidas, entre otros, lo que servirá para una rápida gestión de la emergencia.

## 1.5 Objetivos

### 1.5.1 Objetivo General

Identificar las viviendas colapsadas por el sismo del 14 de enero del 2018 de la localidad de Acarí, distrito Homónimo, Provincia de Caravelí, Departamento de Arequipa, mediante detección de cambios, utilizando imágenes satelitales del Peru-SAT1.

### 1.5.2 Objetivos Específicos

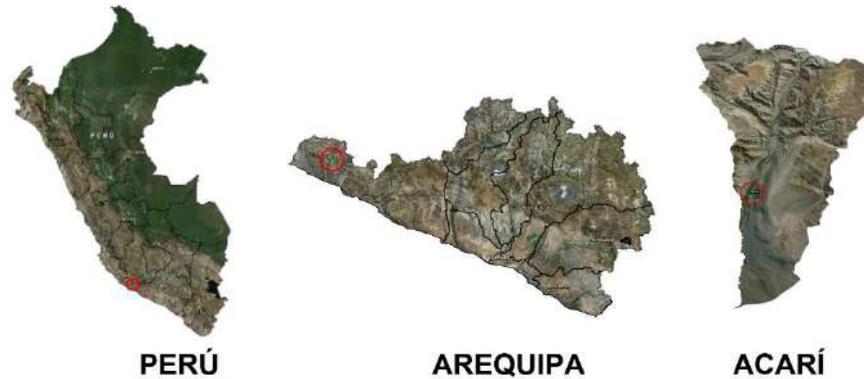
- a) Validar una propuesta metodológica de detección de cambios, que permita la identificación de viviendas colapsadas por eventos sísmicos.
- b) Identificar los lotes que cuentan con módulos temporales de vivienda en la localidad de “Nuevo Acarí, distrito de Acarí, Provincia de Caravelí, departamento de Arequipa”.

## 1.6 Diseño de la Investigación

La presente investigación posee un diseño cuantitativo experimental, comparativo, así como observacional, utilizada para la realización de las fichas de levantamiento de información en los predios de la localidad de “Nuevo Acarí”.

## 1.7 Ámbito de Estudio

El ámbito de estudio es el centro poblado de Acarí, capital de distrito homónimo, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa (Figura N° 03), siendo el sector de “Nuevo Acarí”, la zona priorizada. Asimismo, la zona de estudio está comprendida políticamente:



*Figura 03: Ubicación del sector “Nuevo Acarí”*

*Fuente: Adaptado de Google Earth*

El centro poblado de Acarí se ubica en la coordenada entre las coordenadas 15°26'8.67" de Latitud Sur y 74°37'1.13" de Longitud Oeste.

Tiene una superficie territorial de 0.61 km<sup>2</sup> y una población de 3,097 habitantes y 1,406 viviendas, según el último Censo del 2017 (INEI, 2018) <sup>5</sup>. Posee una altitud promedio de 140 m.s.n.m. Las viviendas de la localidad de Nueva Acarí son predominantemente de 1 a 2 pisos, con tipo de material de pared de adobe y ladrillo y de techo caña, adobe y ladrillo en menores proporciones. Las viviendas predominantemente poseen un área entre 128 a 400 m<sup>2</sup> aproximadamente. Figura 04.

<sup>5</sup> Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2018. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.  
[https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1541/cuadros/dpto04.xlsx](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/cuadros/dpto04.xlsx)

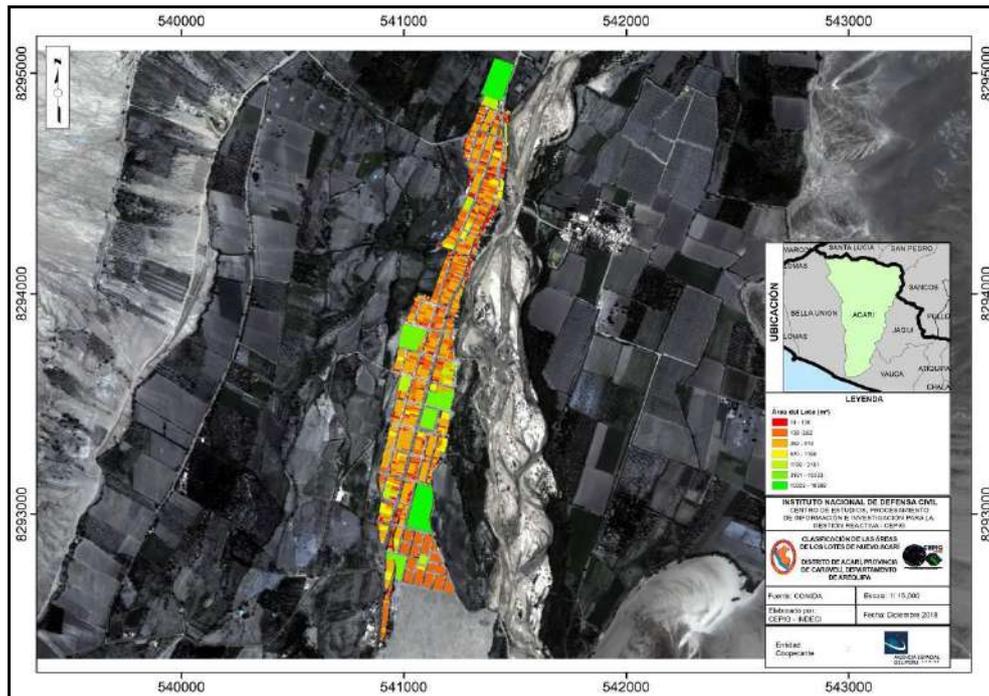


Figura 04: Clasificación de las áreas de los lotes de la localidad de Nueva Acarí

Fuente: Elaboración propia

## 2. GENERALIDADES

### 2.1 Marco Teórico

Una de las aplicaciones más comunes en teledetección es la utilización de la técnica de detección de cambios a partir imágenes de fechas diferentes y su cartografiado para representar la evolución del paisaje en cuanto a los usos o coberturas del suelo.

#### 2.1.1 Satélite peruano PERUSAT-1

El satélite peruano PERUSAT-1 es un satélite de observación de la Tierra que posee la capacidad de capturar imágenes multispectrales de alta resolución, el cual fue desarrollado por la empresa francesa Airbus Defence and Space (AIRBUS) a petición del estado peruano para aplicaciones militares y civiles dentro del ámbito del territorio peruano.

La construcción del satélite fue encargada por el gobierno del Perú en el mes de abril del año 2014, lográndose cumplir la meta de tener operativo el sistema de captura de información del satélite en menos de dos años.

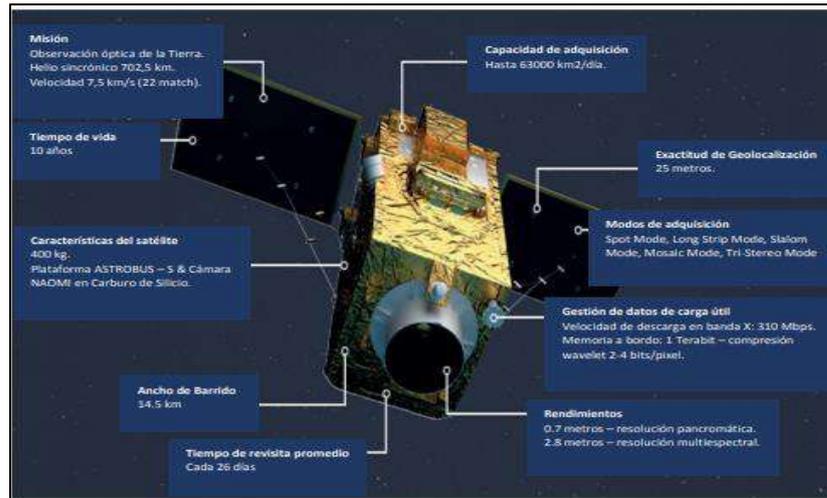


Figura 05: Representación artística del satélite peruano PERUSAT-1

Fuente: CONIDA, 2016.

Actualmente, el satélite PERUSAT-1 es operado por la Agencia Espacial del Perú (CONIDA), gestionando sus productos en base a los requerimientos del gobierno en temas de monitoreo agroforestal, planificación urbana, control de cultivos ilegales, monitoreo de desastres y control de infraestructura vial.

El satélite PERUSAT-1 está basado en la plataforma de la línea de satélites ASTROBUS-300 (desarrollada por AIRBUS), teniendo como pares más cercanos a los satélites de la línea ASTROBUS-S (menor tamaño) y ASTROBUS-500, utilizados por la Agencia Espaciales de distintos países para misiones de observación de la Tierra.

A continuación, se detalla las características del satélite peruano PERUSAT-1, en la tabla N° 01:

Tabla 01: Características del satélite peruano PERUSAT-1

ÍTEM	DETALLE
Entidad responsable	CONIDA
Misión	Observación de la Tierra (Óptica)
Orbita	Helio-síncrona (694km)
Resolución espacial	0.7m en Pancromático, 2.8m en Multiespectral
Dimensiones	1.0 m x 1.0 m x 1.7 m
Fecha de lanzamiento	16 de setiembre del 2016 - (Kourou, Guyana Francesa)
Tiempo de vida de diseño	10 años
Ancho de barrido	14.5 Km.
Banda espectral	01 Banda Pancromática: 0.45 – 0.75 $\mu\text{m}$
Bandas espectrales	04 Bandas Multiespectrales: Blue: 0.45 – 0.52 $\mu\text{m}$ Green: 0.53 – 0.60 $\mu\text{m}$ Red: 0.62 – 0.69 $\mu\text{m}$ NIR: 0.76 – 0.89 $\mu\text{m}$
Resolución radiométrica	12 bits
Programación	12 horas o 3 horas en caso de emergencia
Seguridad de la transmisión	Encriptado
Memoria a bordo	1 Tera bits
Masa de la cámara	60 Kg.
Tecnología	Carburo de silicio
Masa	400 Kg. Al lanzamiento

Fuente: CONIDA, 2016.

De la tabla anterior, una de las características a resaltar es que las imágenes Satelitales del PERUSAT-1, poseen una resolución espacial en pancromático de 0.7 m y de 2.8m en Multiespectral.

Los métodos de detección de cambios en teledetección siguen normalmente un procedimiento común basado en el ajuste radiométrico, geométrico, aplicación del algoritmo o método de detección, su evaluación y edición. Los resultados que pueden obtenerse son variados y en general dependen del problema o aplicación. Así, métodos simples como las diferencias o ratios entre imágenes son indicados para problemas sencillos y el manejo de una gran cantidad de datos. El vector de cambios y el análisis de componentes principales multitemporal facilitan la visualización e interpretación de los cambios, siendo adecuados cuando se quieren identificar pocas clases de



cambio. Sin embargo, cuando el número de clases es elevado los métodos basados en clasificación son más precisos, si bien su aplicación es más costosa. Por último, a menudo es conveniente considerar métodos mixtos que reduzcan el número de errores y optimicen su aplicación.

### 2.1.2 Detección de Cambios

La detección de cambios consiste en la identificación de variaciones en el estado y/o uso de suelo, sus variables (temperatura, humedad, entre otros) y los elementos que los conforman (infraestructuras, cuerpos de agua, área agrícola, entre otros), a partir de la comparación de dos o más imágenes.

Las técnicas de detección de cambios aplicadas a imágenes de satélite pueden agruparse en dos categorías: técnicas post-clasificación y técnicas de realce de cambios, dependiendo de si en el análisis se utilizan imágenes categorizadas o continuas (Rodríguez, 2010).

Los métodos de detección de cambios en teledetección siguen normalmente un procedimiento común basado en el ajuste radiométrico, geométrico, aplicación del algoritmo o método de detección, su evaluación y edición. Los resultados que pueden obtenerse son variados y en general dependen del problema o aplicación. Así, métodos simples como las diferencias o ratios entre imágenes son indicados para problemas sencillos y el manejo de una gran cantidad de datos.

La correcta utilización de esta técnica en escenarios de impacto por fenómenos naturales, permite la rápida identificación de potenciales viviendas y/o infraestructuras colapsadas. Sin embargo, Hermsilla (2010) menciona que la detección de edificios utilizando metodologías basadas en imágenes aéreas o de satélite supone, aún hoy en día, una tarea difícil, puesto que los edificios pueden mostrarse como estructuras complejas con muchos detalles arquitectónicos, o estar rodeados por objetos que dificulten su detección. Además, las respuestas espectrales de los tejados son muy diferentes debido a la diversidad de materiales empleados en su construcción. Esta problemática requiere, por tanto, la utilización no sólo de técnicas de visión de bajo nivel (low-level vision), como extracción de bordes o detección de alineaciones, sino también de



técnicas de visión de nivel medio o alto (highlevel vision), como son el reconocimiento de formas o la clasificación.

## 2.2 Glosario de Términos

- **Damnificado/a**

Condición de una persona o familia afectada parcial o íntegramente en su salud o sus bienes por una emergencia o desastre, que temporalmente no cuenta con capacidades socioeconómicas disponibles para recuperarse.

- **Desastre**

Conjunto de daños y pérdidas, en la salud, fuentes de sustento, hábitat físico, infraestructura, actividad económica y medio ambiente, que ocurre a consecuencia del impacto de un peligro o amenaza cuya intensidad genera graves alteraciones en el funcionamiento de las unidades sociales, sobrepasando la capacidad de respuesta local para atender eficazmente sus consecuencias, pudiendo ser de origen natural o inducido por la acción humana.

- **Emergencia**

Estado de daños sobre la vida, el patrimonio y el medio ambiente ocasionados por la ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la acción humana que altera el normal desenvolvimiento de las actividades de la zona afectada.

- **Corrección Atmosférica**

La corrección atmosférica es un proceso que se aplica a las imágenes digitales, con el propósito de eliminar el efecto de los aerosoles y la radiancia intrínseca que se introduce en el sensor y se ve reflejado en la imagen, como producto de la interacción del sensor con la atmósfera.

- **Corrección Geométrica**

Este proceso corrige los desplazamientos y distorsiones geométricas presentes en una imagen, causados por la inclinación del sensor (posición del sensor en el momento de la toma), la influencia del relieve y los errores sistemáticos asociados con la imagen.



- **Corrección Radiométrica**

La corrección radiométrica es una de las vías para tratar los valores de píxel de una imagen satélite para obtener valores de intensidad homogéneos equilibrando histogramas o corrigiendo imperfecciones presentes en los píxeles

- **Ortorectificación**

Son distorsiones geométricas presentes en imágenes satelitales que mediante procesos nos permite realizar mediciones directas y precisas de distancias, ángulos, posiciones y áreas

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Materiales

Los principales materiales utilizados para la presente investigación, son las imágenes satelitales del PeruSAT-1, del cual se utilizaron softwares especializados para su procesamiento.

##### 3.1.1 Imágenes del PERUSAT-1

Para el siguiente estudio se han utilizado las siguientes imágenes:

##### 1. Imágenes Multiespectrales:

- a) CO\_1807161705106\VOL\_PER1\_ORT\_001\_001277\IMG\_PER1\_ORT\_MS\_001277\IMG\_PER1\_20170324152716\_ORT\_MS\_001277.TIF, de fecha 24 de Marzo de 2017.
- b) CO\_1807161706361\VOL\_PER1\_ORT\_001\_000041\IMG\_PER1\_ORT\_MS\_000041\IMG\_PER1\_20180116153219\_ORT\_MS\_000041.TIF, de fecha 16 de Enero de 2018.

##### 2. Imágenes Pancromáticas:

- a) CO\_1807161705106\VOL\_PER1\_ORT\_001\_001277\IMG\_PER1\_ORT\_P\_001277\IMG\_PER1\_20170324152716\_ORT\_P\_001277.TIF, de fecha 24 de Marzo de 2017.
- b) CO\_1807161706361\VOL\_PER1\_ORT\_001\_000041\IMG\_PER1\_ORT\_P\_000041\IMG\_PER1\_20180116153219\_ORT\_P\_000041.TIF, de fecha 16 de Enero de 2018.

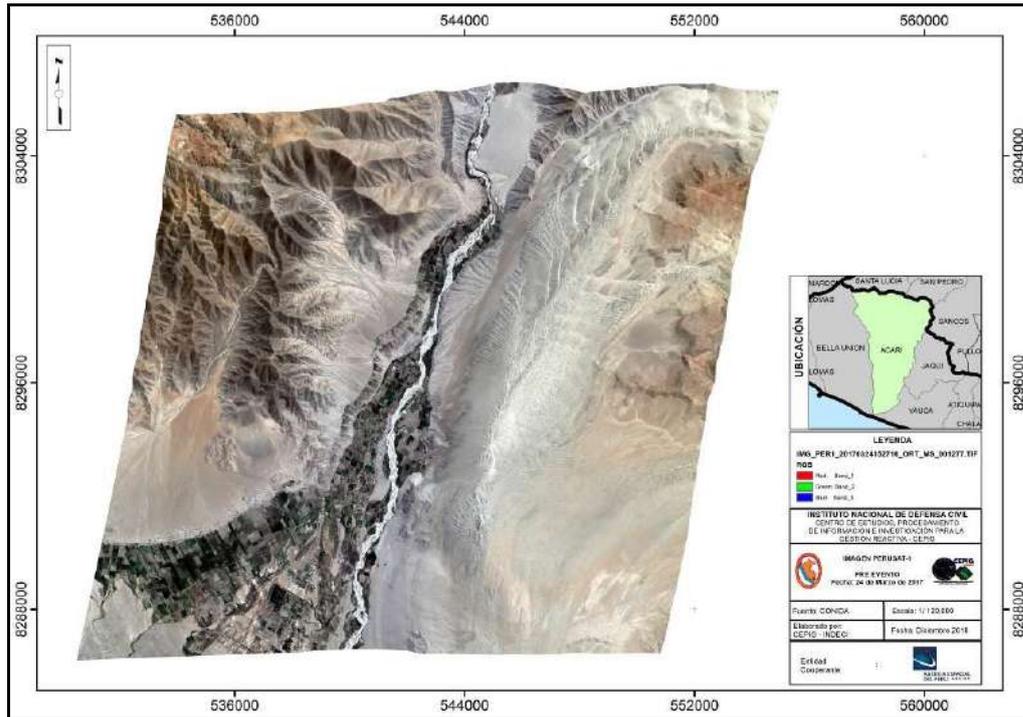


Figura 06: Imagen PERUSAT-1, correspondiente al año 2017.

Fuente: Elaboración Propia

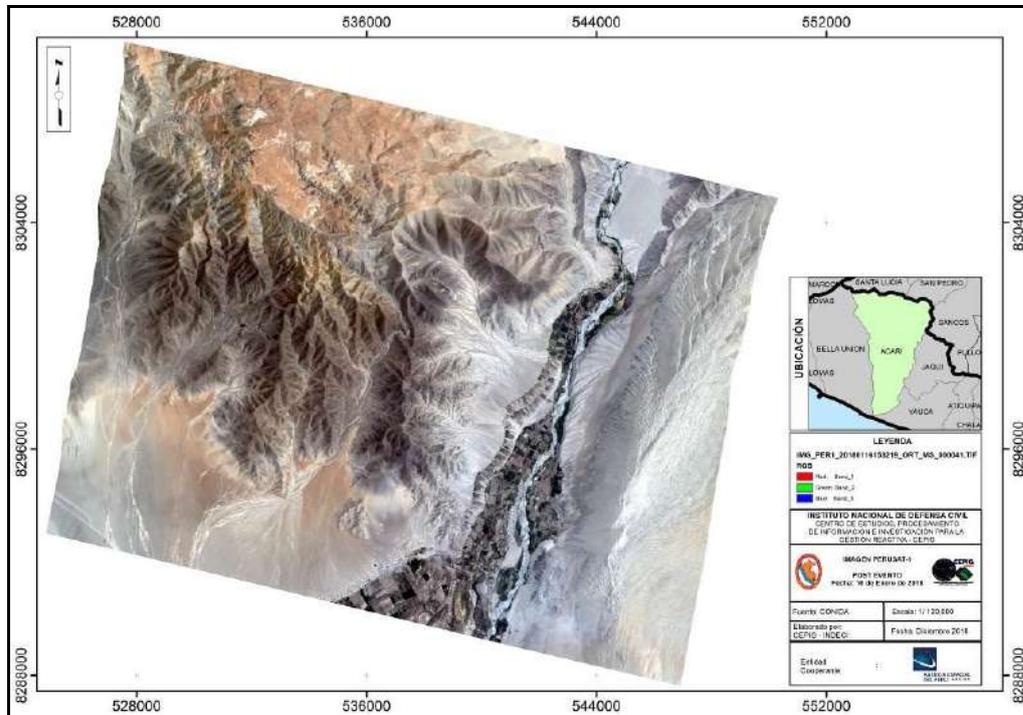


Figura 07: Imagen PERUSAT-1, correspondiente al año 2018.

Fuente: Elaboración Propia

Las características técnicas de cada imagen se indican en la tabla 02:



Tabla 02: Características técnicas de las imágenes ópticas utilizadas

Descripción	Imagen Pre-Evento	Imagen Post-Evento
Fecha de Adquisición	24/03/2017	16/01/2018
Hora de Adquisición	15:27:16	15:32:19
Columnas	874.5	874.5
Filas	12857.5	2969.5
Altitud del Satélite	705034.634	703813.6156
NBITS	16	16
SIGN	Unsigned	Unsigned
<b>Ángulos de Adquisición</b>		
Ángulo de Azimuth	127.9	92.3
Ángulo de Visión a través de la Trayectoria	22.6	34.4
Ángulo de Visión a lo largo de la Trayectoria	29.2	3.2
Ángulo de Visión	36.3	34.5
Ángulo de Incidencia a través de la Trayectoria	33.6	3.0
Ángulo de Incidencia a lo largo de la Trayectoria	32.3	38.9
Ángulo de Incidencia	39.4	38.9
<b>Incidencias Solares</b>		
Sun Azimuth	57.8	107.8
Sun Elevation	60.8	66.6
<b>Ground Sample Distance (GSD)</b>		
GSD a través de la Trayectoria	4.1	4.6
GSD a lo largo de la Trayectoria	4.1	3.5
<b>Raster Display</b>		
Red Channel	B2	B2
Green Channel	B1	B1
Blue Channel	B0	B0
Alpha Channel	B3	B3
<b>Rango de la Banda Espectral (UM: Micrómetros)</b>		
Incertidumbre B0	0.005	0.005
Mínimo	0.45	0.45
Máximo	0.52	0.52
Incertidumbre B1	0.01	0.01
Mínimo	0.53	0.53
Máximo	0.59	0.59
Incertidumbre B2	0.01	0.01
Mínimo	0.63	0.63
Máximo	0.7	0.7
Incertidumbre B3	0.01	0.01
Mínimo	0.752	0.752
Máximo	0.885	0.885
<b>Cálculo de la Radiancia <math>L = (DN/GAIN) + BIAS</math></b>		
Incertidumbre B0	5	5
GAIN	5.975202615	5.975202615



Descripción	Imagen Pre-Evento	Imagen Post-Evento
BIAS	0	0
Incertidumbre B1	4	4
GAIN	5.741597026	5.741597026
BIAS	0	0
Incertidumbre B2	3	3
GAIN	7.85915805	7.85915805
BIAS	0	0
Incertidumbre B3	4	4
GAIN	10.27482194	10.27482194
BIAS	0	0
<b>Cálculo de la Reflectancia <math>\rho_{AS} = \pi d^2 L / (E_{sun} \cdot \cos \theta_z)</math></b>		
Irradiancia Solar - Unidad de Medida	W/(m <sup>2</sup> *μm)	W/(m <sup>2</sup> *μm)
Incertidumbre B0	8.131208051	8.131208051
Valor B0	1982.671954	1982.671954
Incertidumbre B1	3.511361012	3.511361012
Valor B1	1826.087443	1826.087443
Incertidumbre B2	7.914946555	7.914946555
Valor B2	1540.494123	1540.494123
Incertidumbre B3	9.091714992	9.091714992
Valor B3	1094.747446	1094.747446
Distancia Tierra - Sol (d)	0.9969699	0.9837098
θz	29.2	23.4

En donde:  $\rho_{AS}$  = Reflectancia Aparente,  
d = Distancia Tierra - Sol (expresadas en unidades astronómicas),  $E_{sun}$  = Constante atmosférica extra-solar (W/(m<sup>2</sup>\*μm)),  $\theta_z$  = Ángulo Cenital = 90° -  $\theta_s$ ,  $\theta_s$  = Ángulo de elevación del sol, L = Radiancia al tope de la Atmósfera.

*Fuente: Elaboración propia.*

Además, la relación del B0, B1, B2 y B3 y las bandas a utilizar, se muestra en la tabla 03:

*Tabla 03: Asociación de las Bandas y el código de las imágenes ópticas del PeruSAT-1*

BANDA	CÓDIGOS PERUSAT	Nº BANDA
Azul	B0	Banda 3
Verde	B1	Banda 2
Rojo	B2	Banda 1
Infrarojo	B3	Banda 4

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.1.2 Softwares Utilizados

- a) **PCI Geomatics.-** es un paquete de software de escritorio de detección remota para procesar datos de observación de la Tierra.
- b) **ArcGIS.-** es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica.

## 3.2 Método

### 3.2.1 Recopilación de Información

El IGP (2018), indica los parámetros hipocentrales del sismo ocurrido el 14 de enero de 2018, el cual fueron obtenidos utilizando información de las estaciones sísmicas que integran la Red Sísmica Nacional (RSN) y la Red Sísmica Satelital para la Alerta de Tsunamis (REDSSAT), siendo los valores calculados, los siguientes:

*Tabla 04: Parámetros Hipocentrales del sismo del 14 de enero de 2018.*

<b>Tiempo Origen</b>	09h 18 min del día 14 de enero, 2018 (Hora Universal)
	04h 18 min del día 14 de enero, 2018 (Hora Local)
<b>Latitud Sur</b>	16.052°
<b>Longitud Oeste</b>	74.903°
<b>Profundidad</b>	26 km
<b>Magnitud</b>	6.8 mb, 7.1 Mw
<b>Epicentro</b>	A 58 km al SO de la localidad de Yauca
	A 75 km al Oeste de la localidad de Chala
	A 54 km al Sur de la localidad de Lomas
<b>Intensidad Máxima</b>	VI (MM) en las localidades de Yauca, Chala, Acarí
<b>Momento Sísmico</b>	7.9 E+26 dina-cm
<b>Magnitud Momento</b>	7.1 Mw

*Fuente Adaptado del IGP (2018)*

Asimismo, el IGP (2018) estimó las isosistas producidas por el sismo del 14 de enero de 2018, para el centro y sur del país. De esta evaluación, se identificó que para la localidad de Acarí se estimó una intensidad de VI, como mínimo, en escala de Mercalli Modificada: *“Sentido por todos, muchas personas atemorizadas huyen hacia afuera. Algunos muebles pesados cambian de sitios; pocos ejemplos de caída de aplacados o daño en chimeneas. Daños Ligeros.”*



Figura 08: Mapa de Isosistas producto del Evento Sísmico del 14 de Enero de 2018.

Fuente: Adaptado de IGP (2018).

Asimismo, según el reporte de Emergencia N°016 – 16/02/2018/COEN – INDECI / 07:20 Horas (Informe N° 02), en Acarí se registró 21 viviendas colapsadas, 124 viviendas inhabitables y 375 viviendas afectadas. Así como 452 personas damnificadas, 1480 afectadas y 30 heridas.

Según el reporte de situación N°015-2018 / 25ENE2018 17:00 HORAS (Informe N°15), del Centro de Operaciones de Emergencia del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, a partir del día 17 de enero se empezó con las instalaciones de los módulos temporales de vivienda en los distritos de Bella Unión y Acarí.

Además, según el reporte de situación N°027-2018 / 22FEB2018 15:30 HORAS (Informe N°27), del Centro de Operaciones de Emergencia del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, a la fecha 16 de febrero, se han instalado 37 Módulos Temporales de Vivienda.

Finalmente, según el Informe de Estado Situacional de la Emergencia N° 91160, se registraron 187 viviendas inhabitables, 240 viviendas afectadas. En este informe se indica que las acciones realizadas el día 17 de enero, se realiza la limpieza de escombros, la distribución de los módulos temporales de vivienda y el apoyo en su instalación.

### 3.2.2 Levantamiento de Información de campo

Se realizó la visita técnica a localidad de Acarí del 30 de enero al 01 de febrero del 2019 (1 año después al evento sísmico del 14 de enero del 2018), con la finalidad de validar, comparar y analizar los resultados obtenidos mediante la técnica de detección de cambios, según la proporción de los pixeles del año 2018 (post evento) y 2017 (pre evento).

Según la visita técnica a la localidad de Acarí, se identificó un total de 56 predios con módulo temporal de vivienda, debido a que su vivienda quedó colapsada y/o inhabitable a consecuencia del evento sísmico del 14 de enero del 2018 en la localidad de Nuevo Acarí.

Se realizó el levantamiento de información en campo, a través de fichas de recopilación de información de los lotes que cuentan con módulos temporales de vivienda. Al respecto, se realizó el levantamiento de coordenadas, la identificación del tipo de material de pared y techo anterior y posterior al evento sísmico, así como la identificación del lote así como la manzana catastral respectivo.

El modelo de ficha aplicada en campo, se indica en la figura 09:

 **FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN**  
**DETECCION DE CAMBIOS POR SISMOS**  
**ACARI, CARAVELI -AREQUIPA**  
Fecha del evento sísmico 14 de enero de 2018

  
CENTRO DE ESTUDIOS, PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN REACTIVA



1. CODIGO DE FICHA  2. FOTO.

3. DIRECCION|

4. MANZANA CATASTRAL:  5. LOTE:

6. NOMBRE DE LA PERSONA DE CONTACTO:

7. TELEFONO DE REFERENCIA:

8. TIPO DE MATERIAL DE TECHO PRE EVENTO:

9. TIPO DE MATERIAL DE TECHO POST EVENTO:

10. TIPO DE MATERIAL DE PARED PRE EVENTO:

11. TIPO DE MATERIAL DE PARED POST EVENTO:

12. DIAGNOSTICO DE DETECCION DE CAMBIOS: Marcar con una "X" donde corresponda

a. vivienda totalmente colapsada

b. vivienda potencialmente construida

c. no detectado

13. COMENTARIOS:

Figura 09: Ficha de Levantamiento de Información de viviendas colapsadas

Fuente: Elaboración propia

Al respecto, se contó con información catastral proporcionada por la Municipalidad Distrital de Acarí sobre el sector "Nuevo Acarí". Debido a esto, para fines de la selección del ámbito de estudio, se seleccionó el área correspondiente a "Nuevo Acarí".

Los mapas catastrales utilizados en campo, se muestran en la figura N° 010.



Figura N°10: Mapas base utilizados para el levantamiento en campo, proporcionado por la Municipalidad Distrital de Acarí.

Fuente: Municipalidad Distrital de Acarí.

### 3.2.3 Aplicación del método Mixto de Detección de cambios

Para el desarrollo del presente estudio se desarrollaron las siguientes fases:

#### 3.2.3.1 Pre procesamiento

##### a) Pansharpning:

Consiste en escalar o resamplear una imagen, (llevar la información de 2.8 m de la imagen multiespectral a la escala de 0.7 m de la imagen pancromática).

##### b) Correcciones:

Consiste en mejorar la imagen óptica a través de los procesamientos de corrección radiométrica, atmosférica y geométrica.

- **Corrección Radiométrica y Atmosférica:**

Consiste en detectar y corregir los errores atmosféricos como la nubosidad, neblina, entre otros.

- **Corrección Geométrica:**

Consiste en la corrección de las imágenes en función a su posición en el espacio geográfico mediante georreferenciación lineal.

### 3.2.3.2 Método Mixto

Ruiz (2017), menciona que el método mixto de Detección de cambios consiste en la evaluación de las imágenes de diferente fecha, seleccionando aquellas zonas con alta probabilidad de haber sufrido un cambio significativo, luego se aplica el método de comparación post-clasificación únicamente en las zonas identificadas. De esta forma, se reducen los errores por exceso en la identificación de cambios que se hubieran producido empleando sólo el método de clasificación, manteniendo los mismos errores por defecto.

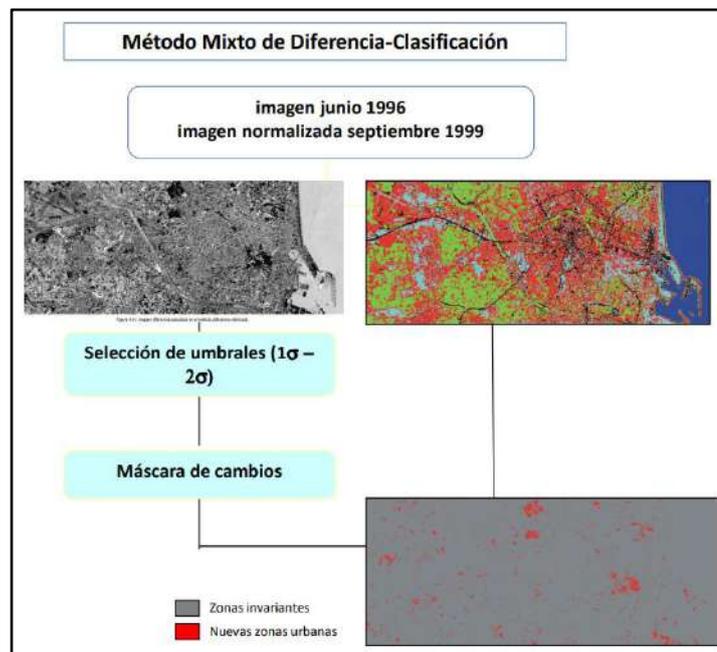


Figura 11: Esquema de método mixto de detección de cambios

Fuente: Ruiz (2017).

### 3.2.4 Definición de Umbrales

Los umbrales se determinan a partir de los resultados de la detección de Cambios, lo que permite obtener información vectorial a partir de capas raster, utilizando valores a establecer.



Figura 12: Leyenda de un raster de detección de cambios.

Fuente: Elaboración propia.

Para la determinación de estos valores de umbrales, se debe de utilizar métodos estadísticos y/o en todo caso mediante selección manual. Para esta investigación se utilizó la desviación estándar debido a que distribuye los datos de una forma más equitativa, lo que refleja los cambios en base a los datos extremos identificados.

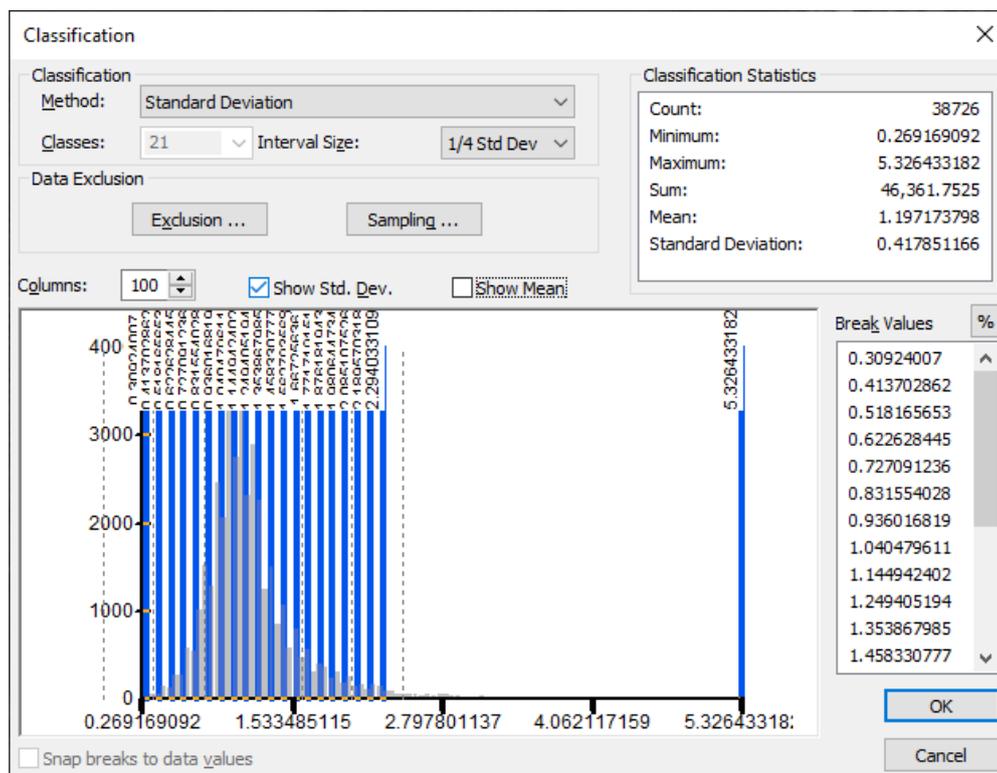


Figura 13: Se utiliza la desviación estándar (1/4 Desviación) para la determinación de umbrales a partir de la distribución de datos obtenidos en la Detección de Cambios.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.5 Detección de Cambios

Para la identificación de viviendas o estructuras colapsadas, esta investigación se basó principalmente en el uso de imágenes satelitales ópticas de alta resolución, como es el caso de las imágenes del PeruSAT-1, utilizando el procedimiento del método de detección de cambios.

El proceso metodológico utilizado en la detección de cambios, se divide en 3 etapas. La primera se refiere a la selección y disponibilidad de imágenes, la segunda al preprocesamiento y evaluación, y la tercera a la validación y generación de productos.

Para esto, se empleó el esquema general expresado en la figura N° 14:

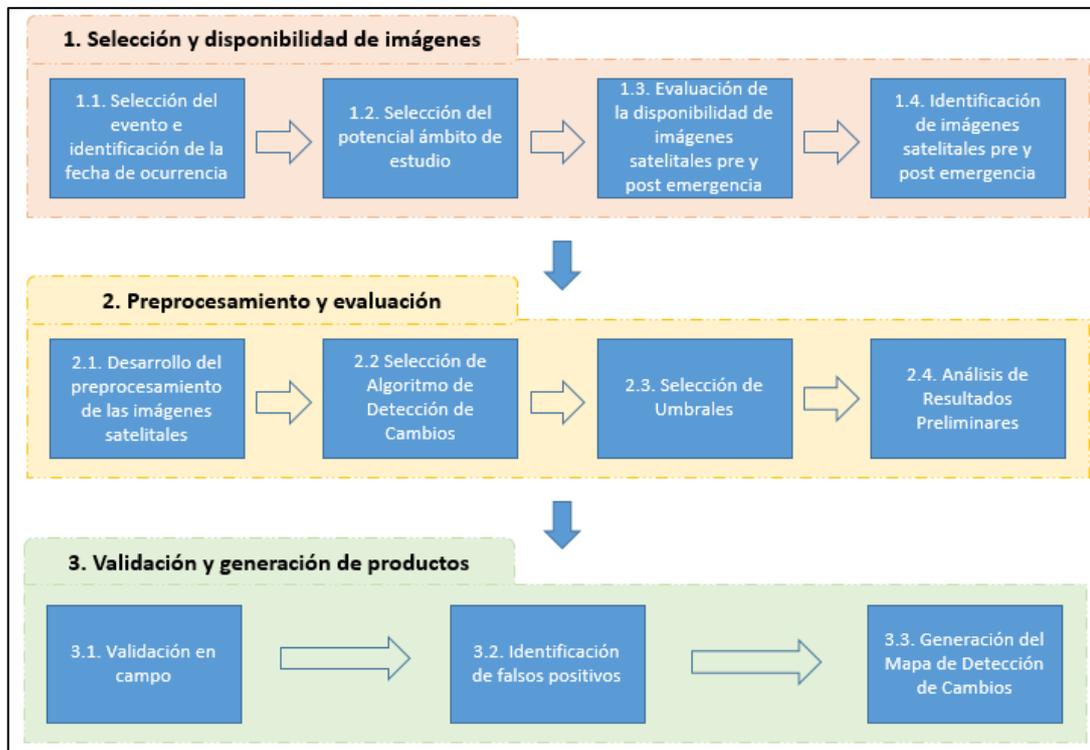


Figura 14: Esquema utilizado para la identificación de viviendas colapsadas y la generación del mapa de detección de cambios

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó la licencia de periodo de prueba del Software PCI Geomatics para realizar la corrección radiométrica, atmosférica y geométrica de las imágenes satelitales, en el cual, la importancia de cada una de ellas es obtener la reflectancia para una misma coordenada en específico en los años evaluados, para poder realizar correctamente el método de detección de cambios.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Levantamiento de Información de campo

En la etapa de campo, se identificaron los lotes que cuentan con módulos temporales de vivienda, en la localidad de Nuevo Acarí.

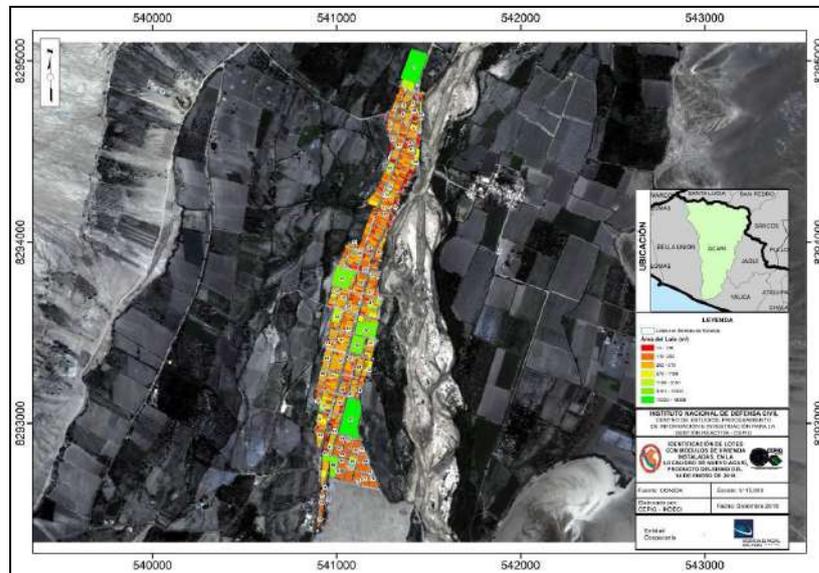


Figura N°15: Lotes que cuentan con módulos temporales de vivienda.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del levantamiento de información se muestran en el Anexo III.

### 4.2 Aplicación del método mixto de Detección de cambios

Adaptando el modelo propuesto por Ruiz (2017), se utilizó el siguiente esquema:

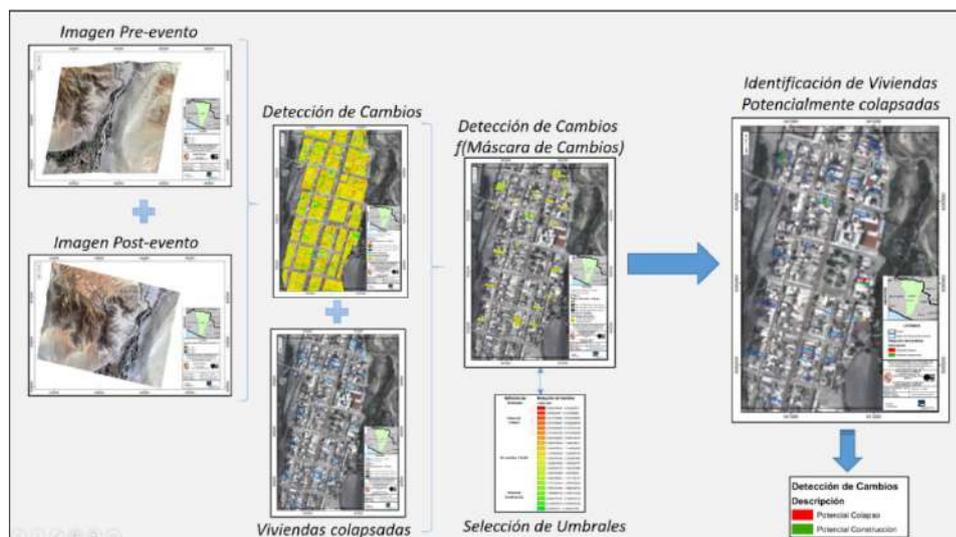


Figura N°16: Aplicación del método Mixto realizado.

Fuente: Elaboración propia.

La figura N°16 muestra que a partir de la evaluación de las imágenes ópticas del PeruSAT-1 corregidas, se realiza la evaluación de la detección de cambios (método de ratio), luego se intersecta con las viviendas colapsadas identificadas en campo, lo que representa la máscara de cambios. Luego de esta identificación se realiza la selección de umbrales para finalmente identificar las viviendas colapsadas.

#### 4.3 Definición de Umbrales

En base a la desviación estándar, para esta investigación se obtuvieron 21 clasificaciones, lo que corresponde a píxeles que identificaron cambios (potencial colapso como construcciones) y ruido y/o sin cambio significativo. De estos, se distribuyeron y seleccionaron las 6 clasificaciones extremas para la identificación del pixel que indique potencial colapso y/o potencial construcción.

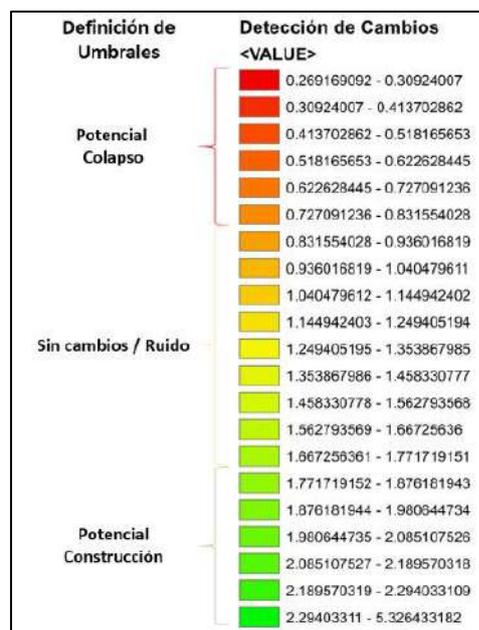


Figura 17: Establecimiento de umbrales

Fuente: Elaboración propia

El resultado de esta combinación se reclasifica en las 2 opciones seleccionadas preliminarmente: Potencial Colapso y Potencial Construcción:



Figura 18: Descripción de los cambios a partir del establecimiento de umbrales.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4 Detección de cambios

La localidad de Nuevo Acarí se presenta en 4 sectores con la finalidad de la identificación de la detección de cambios para cada uno de ellos a nivel de lote:

a) Sector 1

- o Imagen Pre Evento:

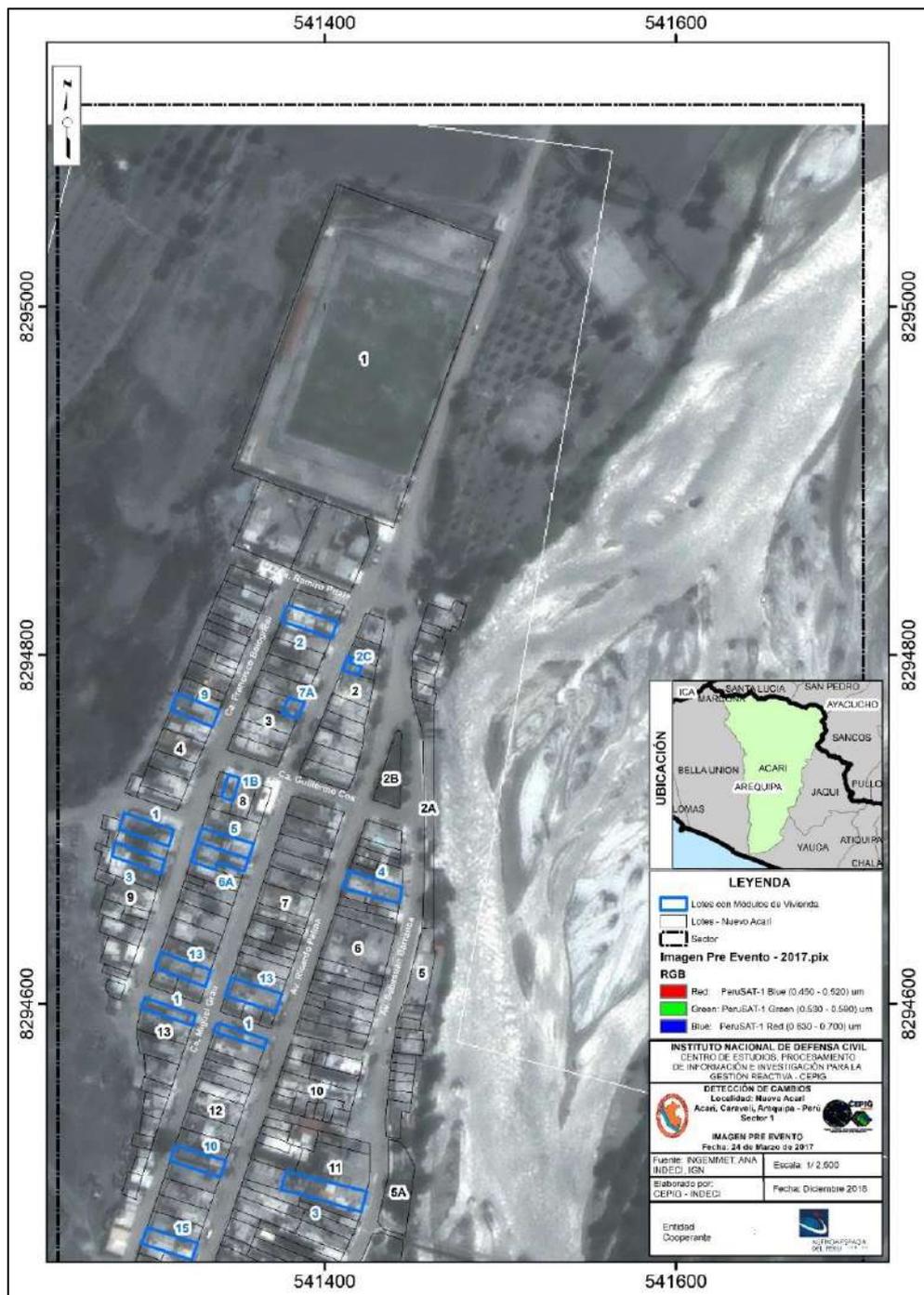


Figura 19: Imagen Satelital PeruSAT-1 de fecha 24.03.17 (Pre Evento – Sector 1)

Fuente: Elaboración propia

- Imagen Post Evento:

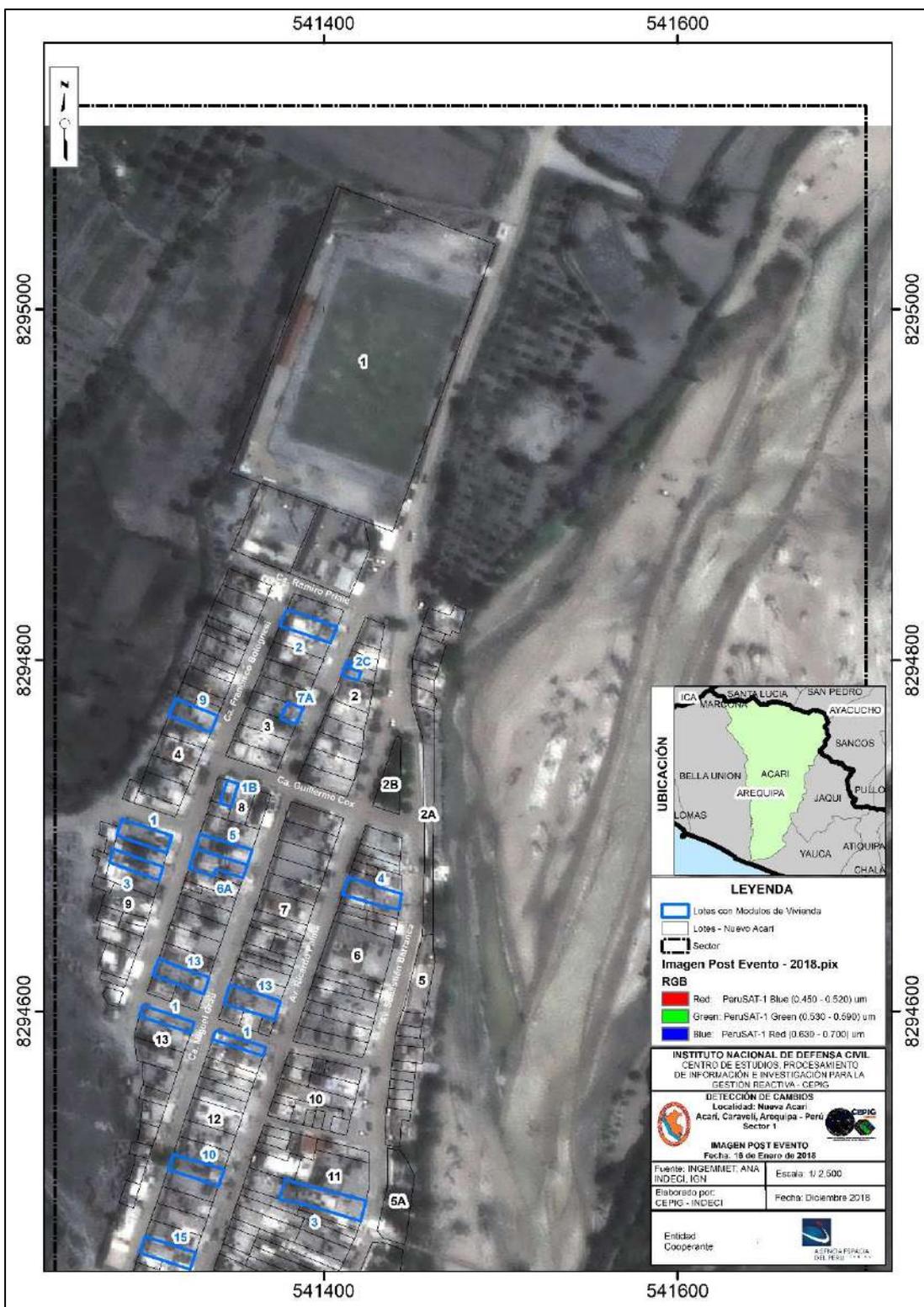


Figura 20: Imagen Satelital PeruSAT-1 de fecha 16.01.18 (Post Evento – Sector 1)

Fuente: Elaboración propia

○ Detección de Cambios (Algoritmo: Ratio)

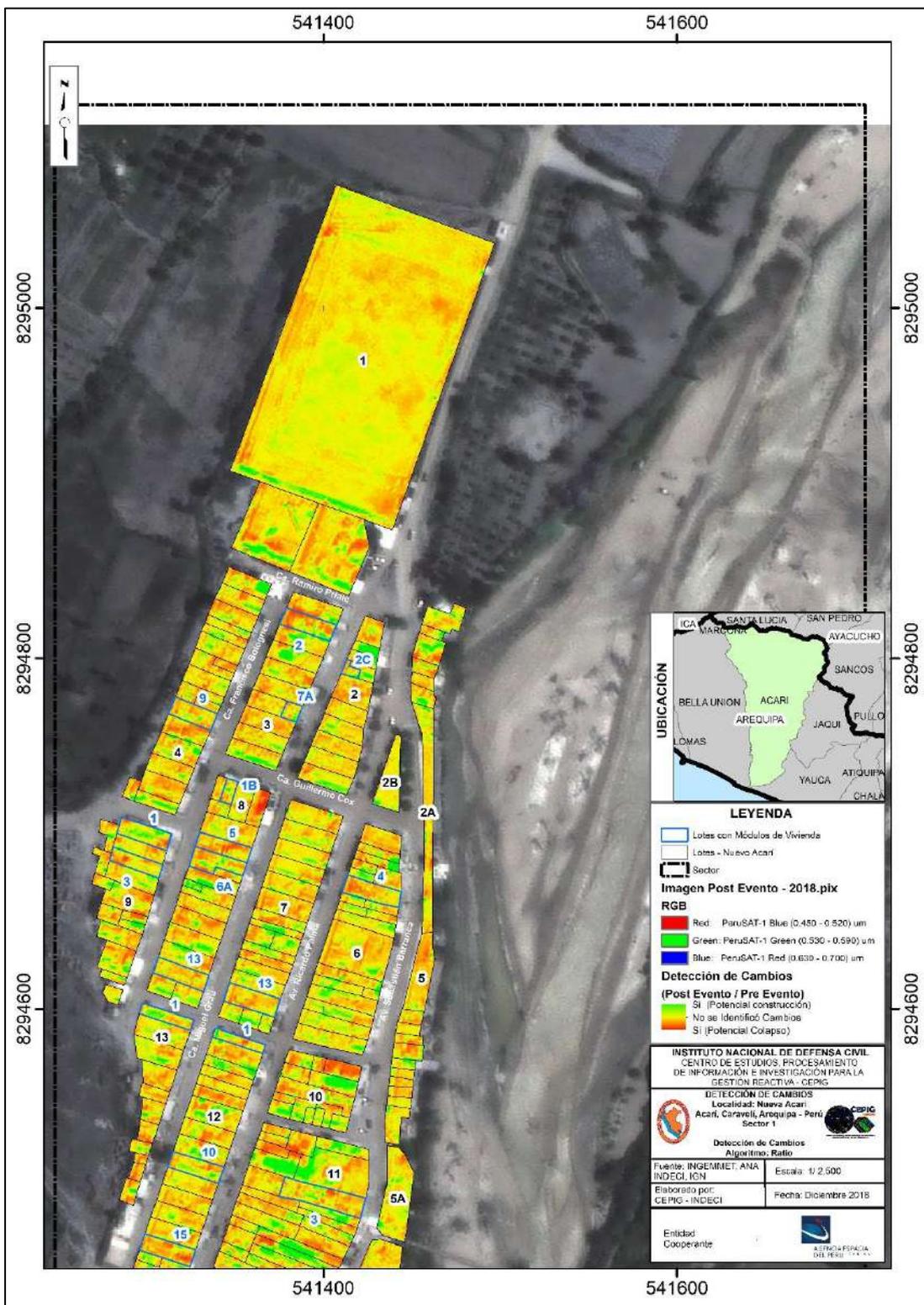


Figura 21: Detección de Cambios (Sector 1)

Fuente: Elaboración propia

- Detección de Cambios (Algoritmo: Ratio) de los lotes identificados

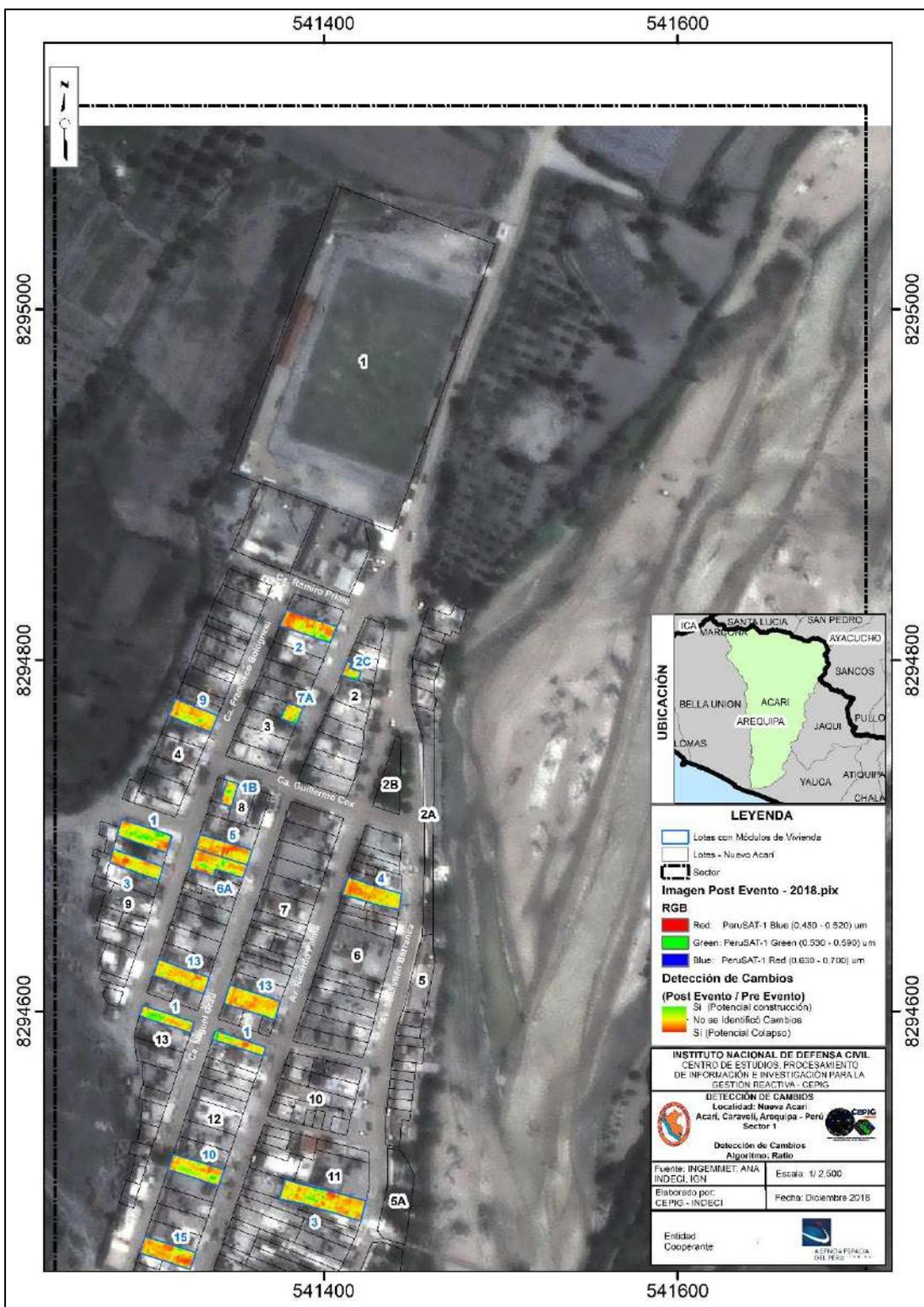


Figura 22: Máscara de cambios (Sector 1)

Fuente: Elaboración propia

- Detección de Cambios – Identificación de Viviendas colapsadas

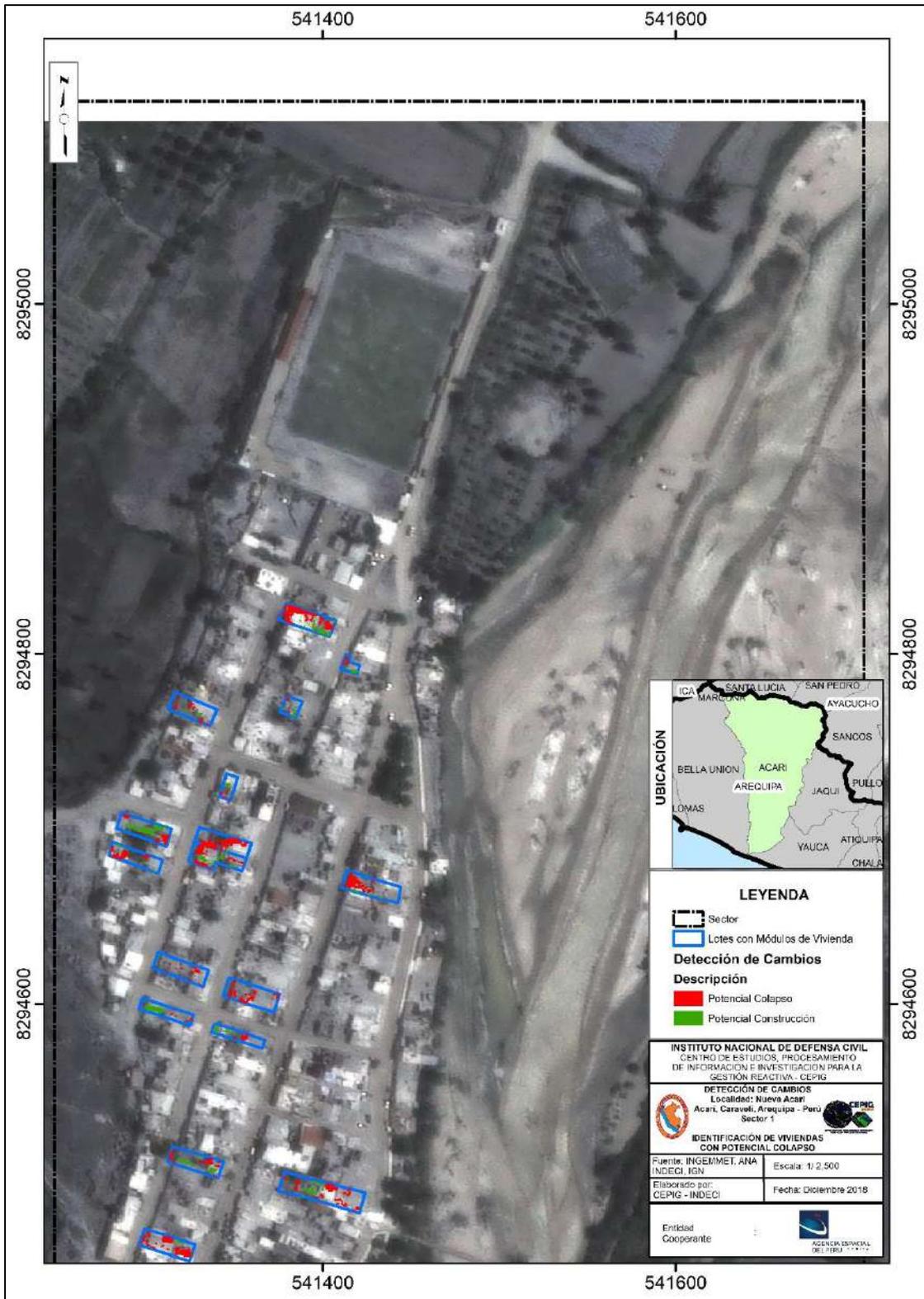


Figura 23: Identificación de Viviendas Potencialmente Colapsadas (Sector 1)

Fuente: Elaboración propia





o Imagen Post Evento:

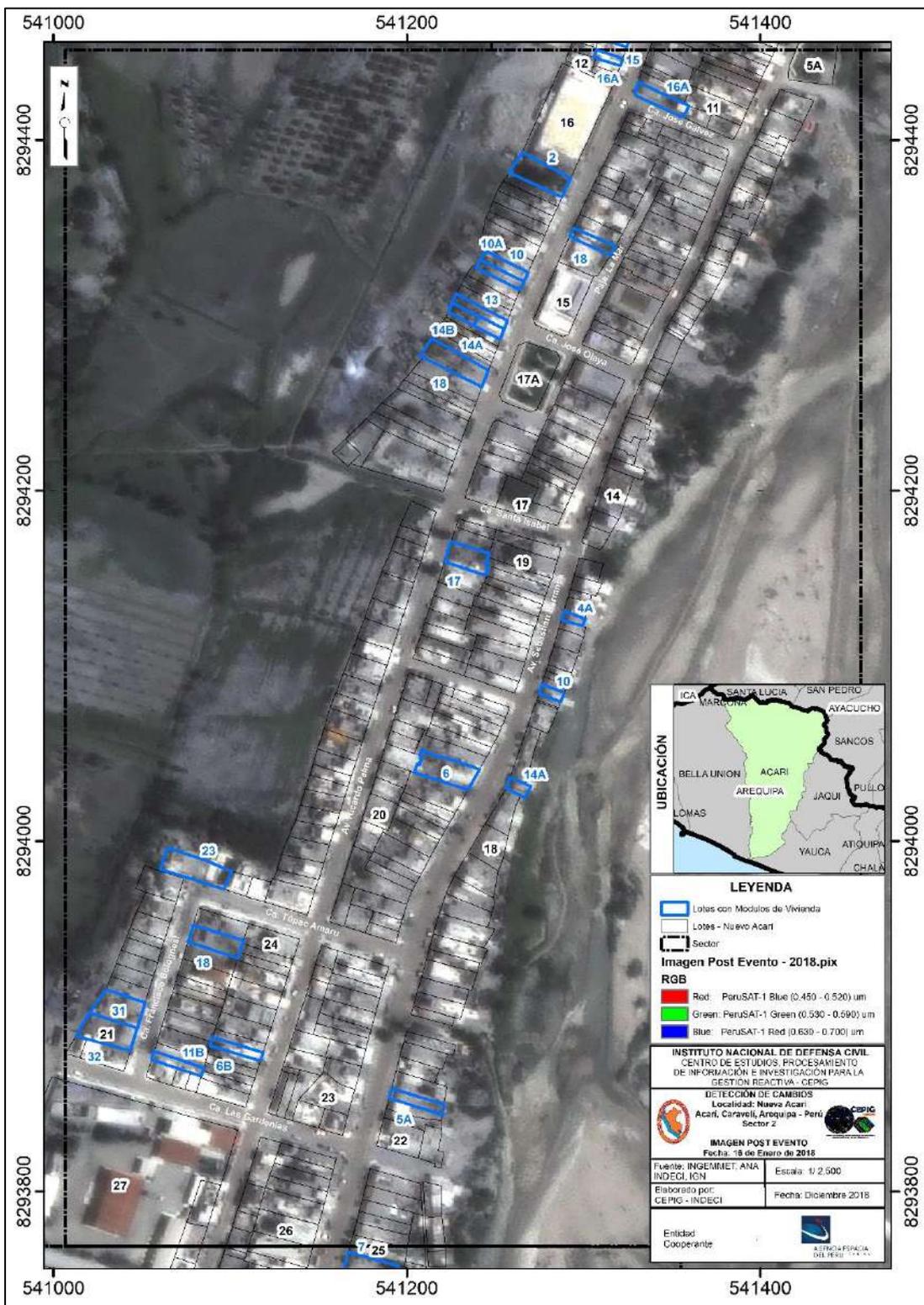


Figura 25: Imagen Satelital PeruSAT-1 de fecha 16.01.18 (Post Evento – Sector 2)

Fuente: Elaboración propia

○ Detección de Cambios (Algoritmo: Ratio)

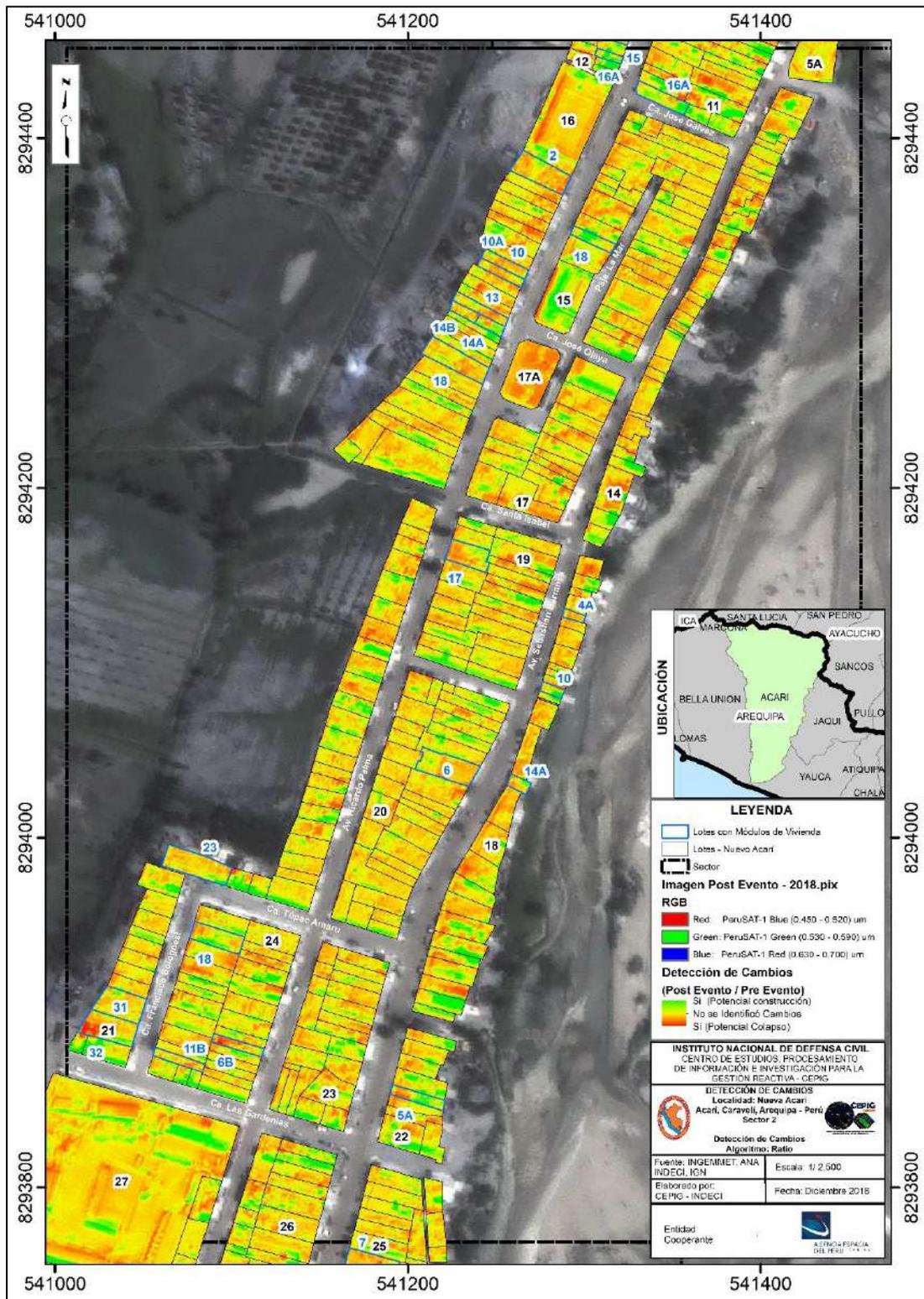


Figura 26: Detección de Cambios (Sector 2)

Fuente: Elaboración propia

- Detección de Cambios (Algoritmo: Ratio) de los lotes identificados

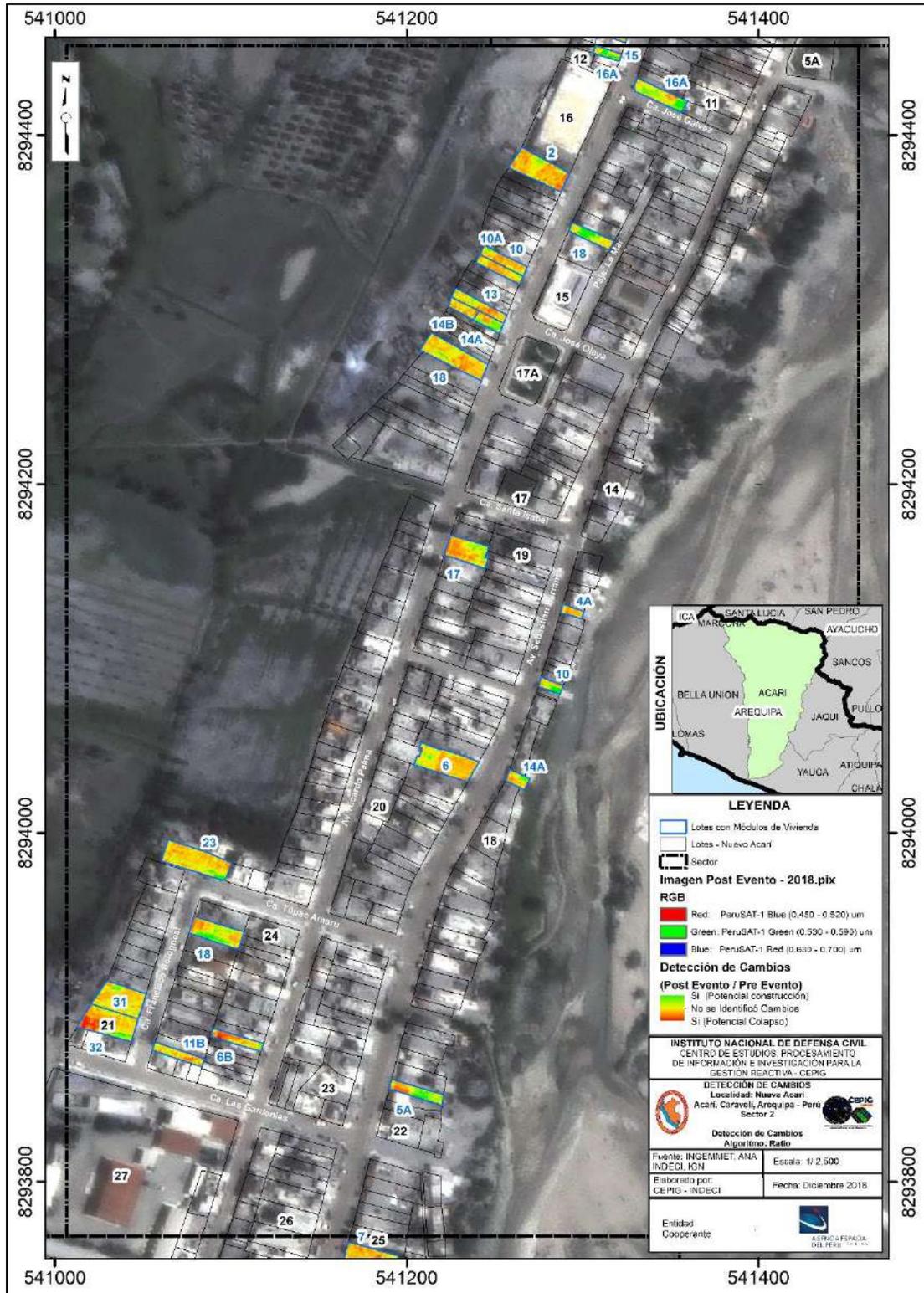


Figura 27: Máscara de cambios (Sector 2)

Fuente: Elaboración propia

○ Detección de Cambios – Identificación de Viviendas colapsadas

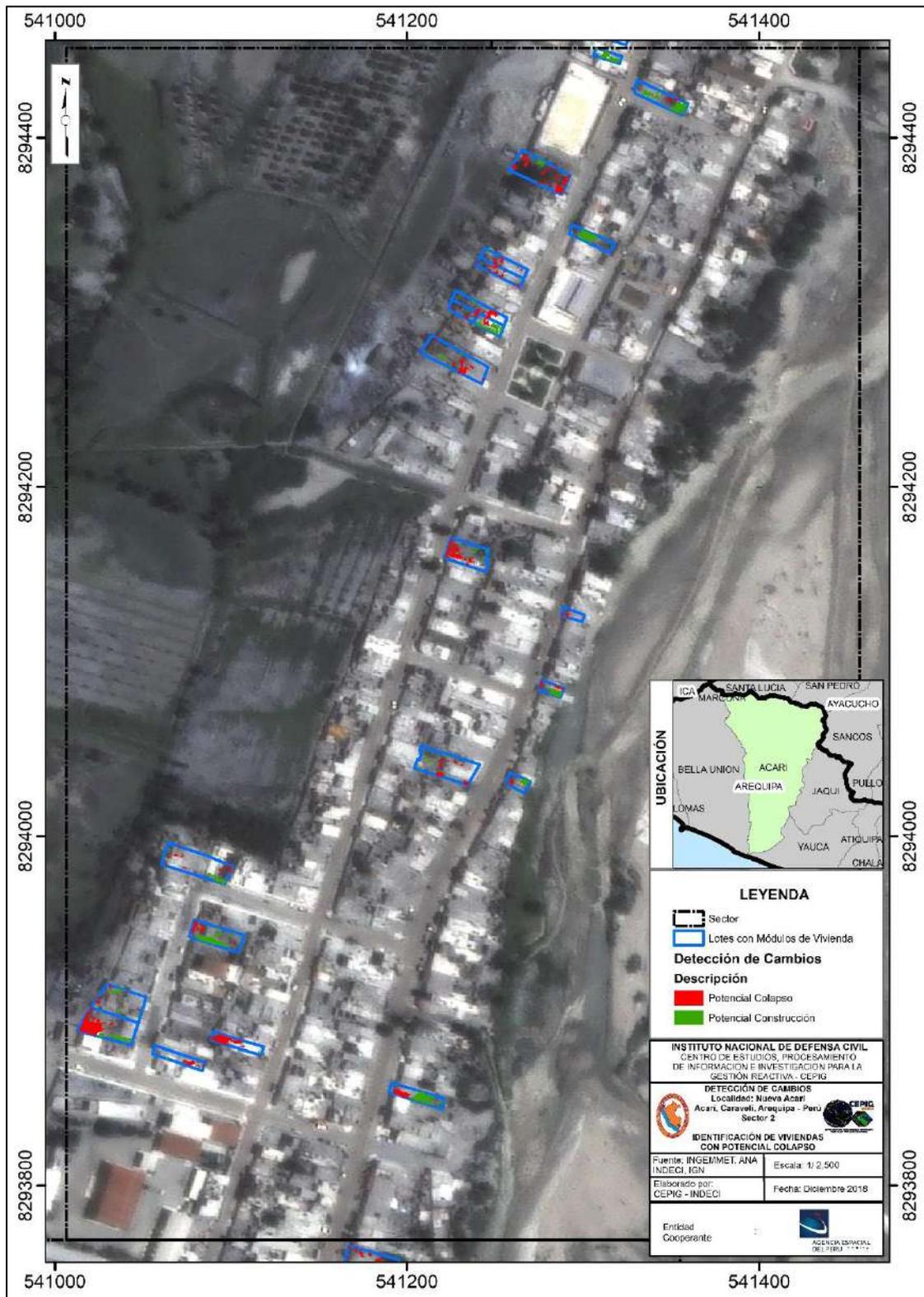


Figura 28: Identificación de Viviendas Potencialmente Colapsadas (Sector 2)

Fuente: Elaboración propia

- c) Sector 3
  - o Imagen Pre Evento:

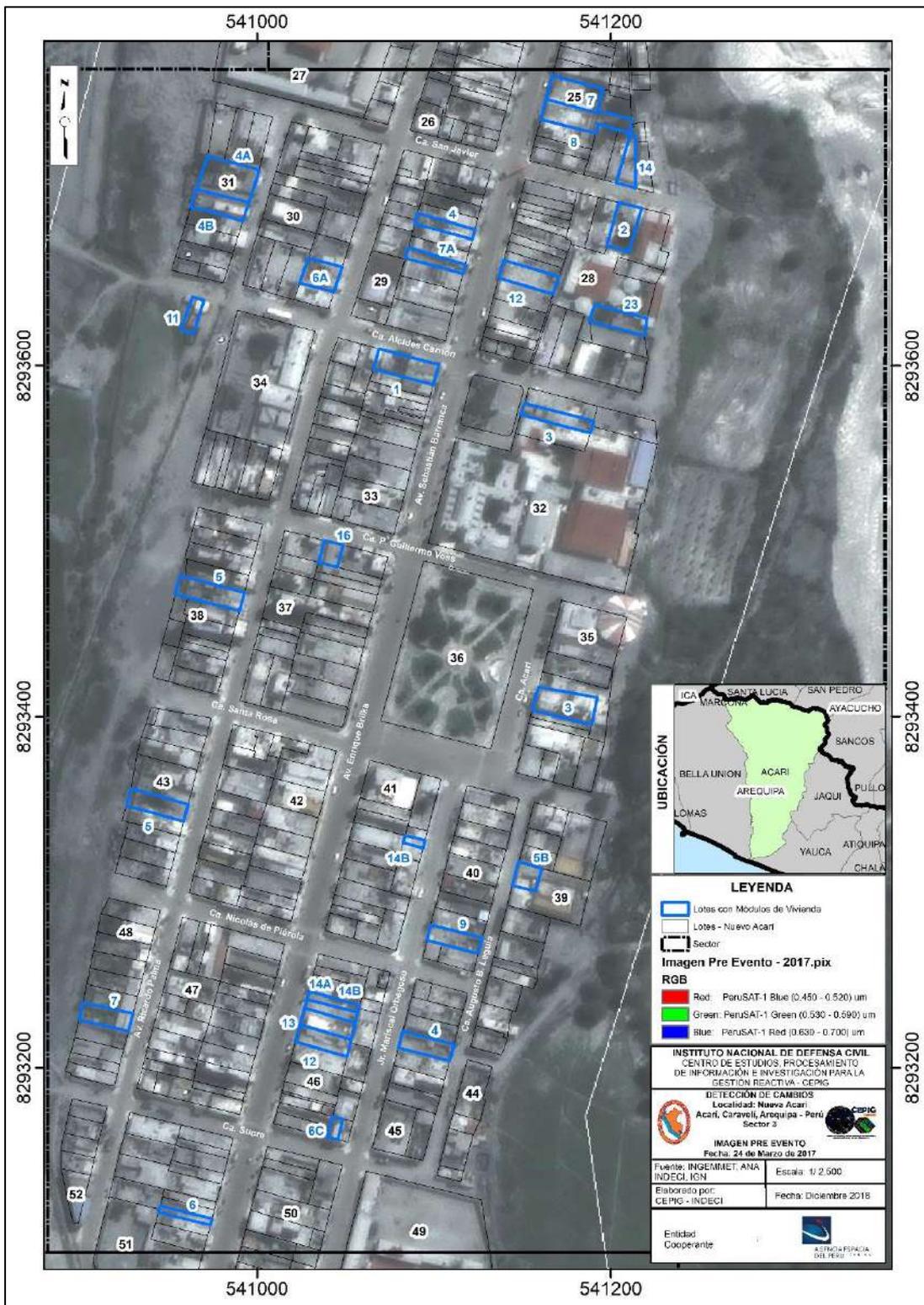


Figura 29: Imagen Satelital PeruSAT-1 de fecha 24.03.17 (Pre Evento – Sector 3)

Fuente: Elaboración propia

○ Imagen Post Evento:

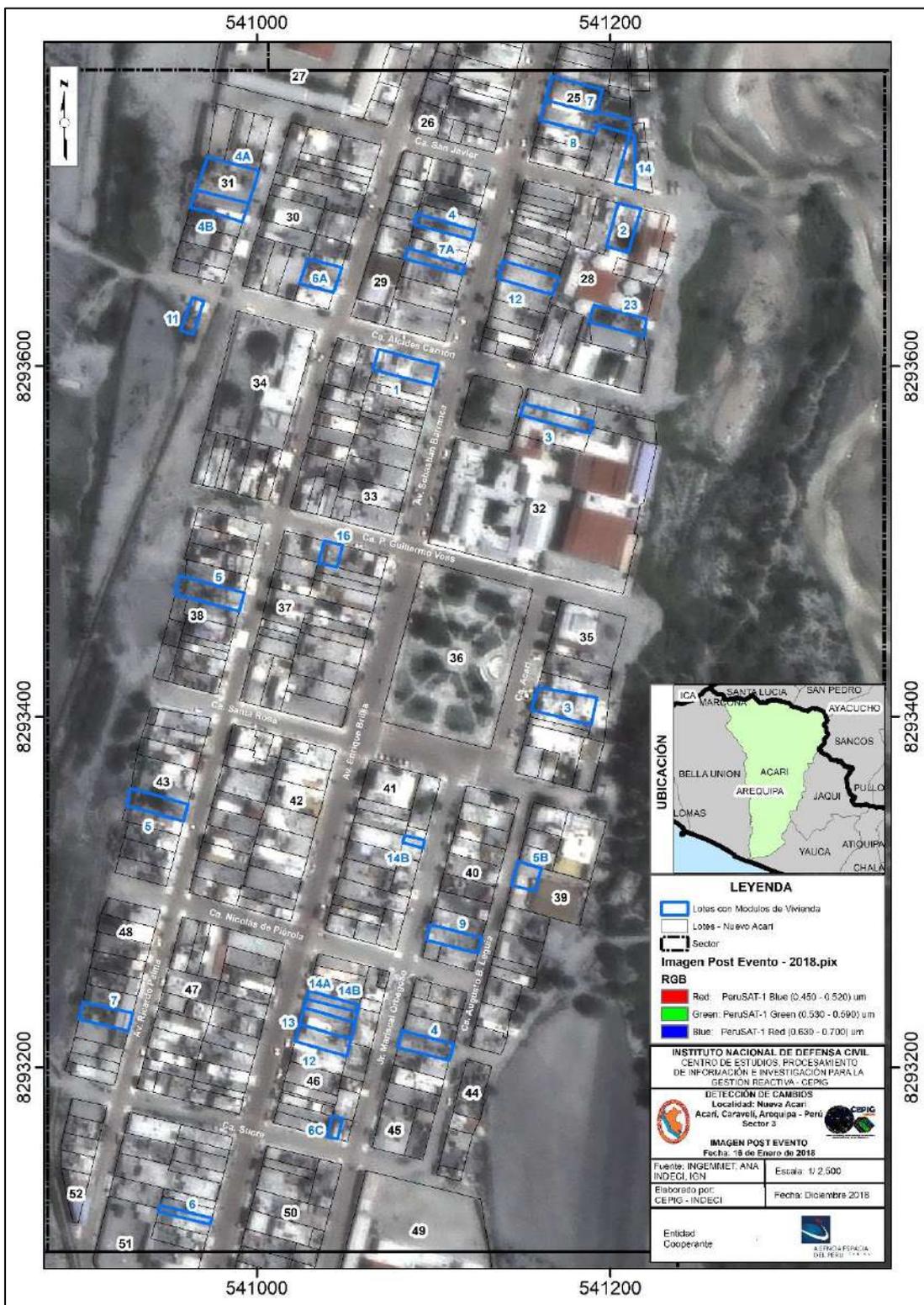


Figura 30: Imagen Satelital PeruSAT-1 de fecha 16.01.18 (Post Evento – Sector 3)

Fuente: Elaboración propia

○ Detección de Cambios (Algoritmo: Ratio)

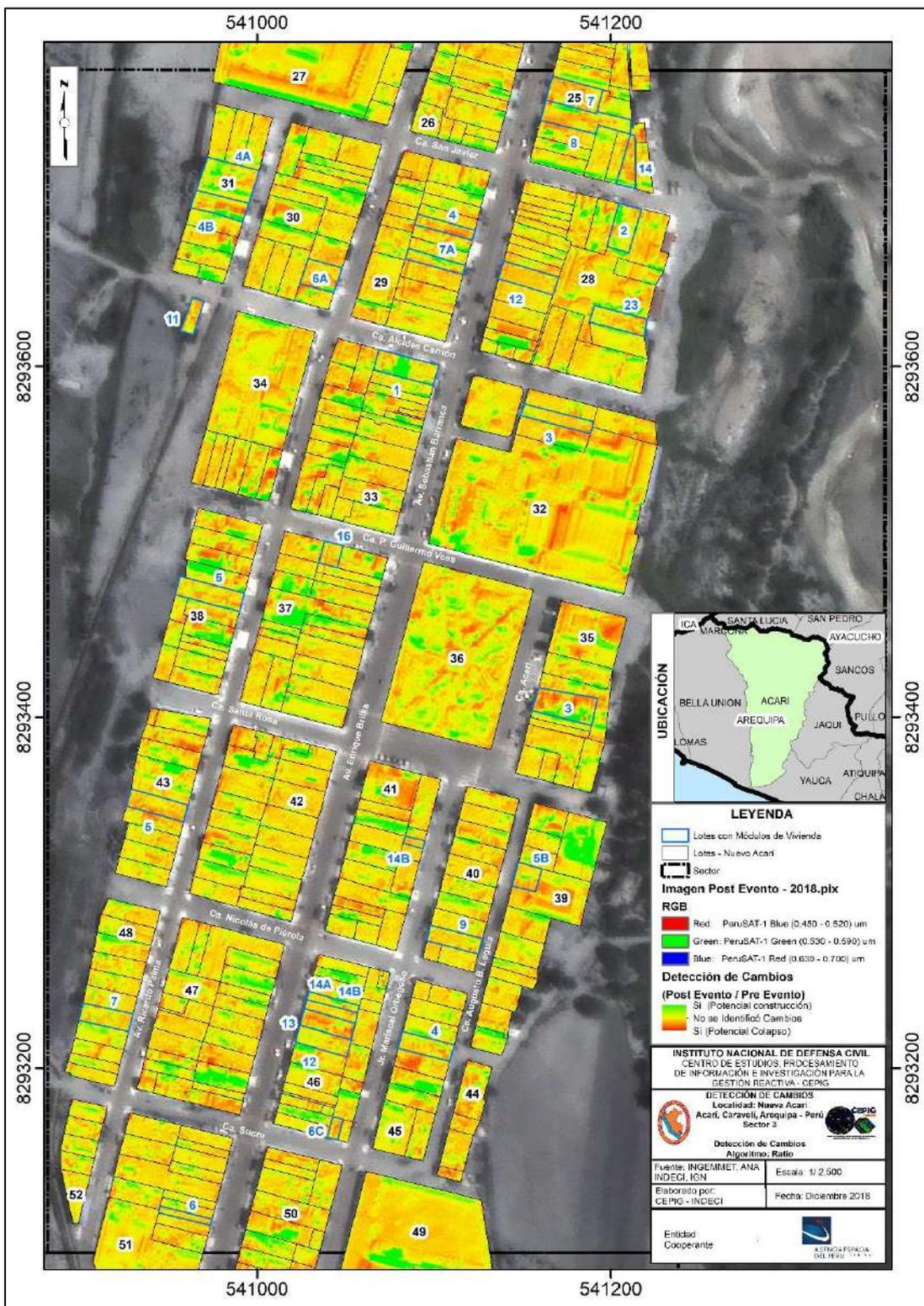


Figura 31: Detección de Cambios (Sector 3)

Fuente: Elaboración propia

- Detección de Cambios (Algoritmo: Ratio) de los lotes identificados

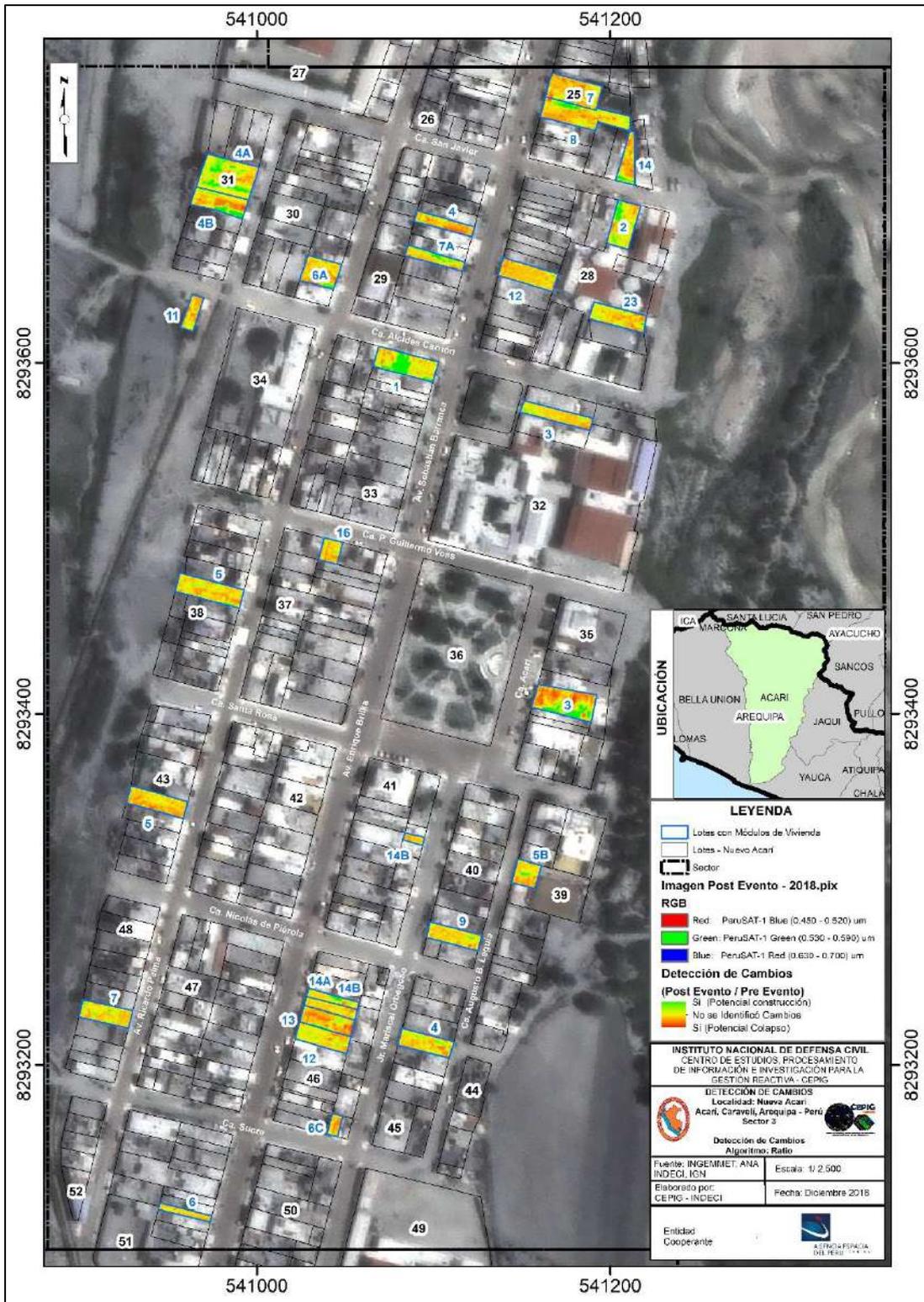


Figura 32: Máscara de cambios (Sector 3)

Fuente: Elaboración propia

- Detección de Cambios – Identificación de Viviendas colapsadas

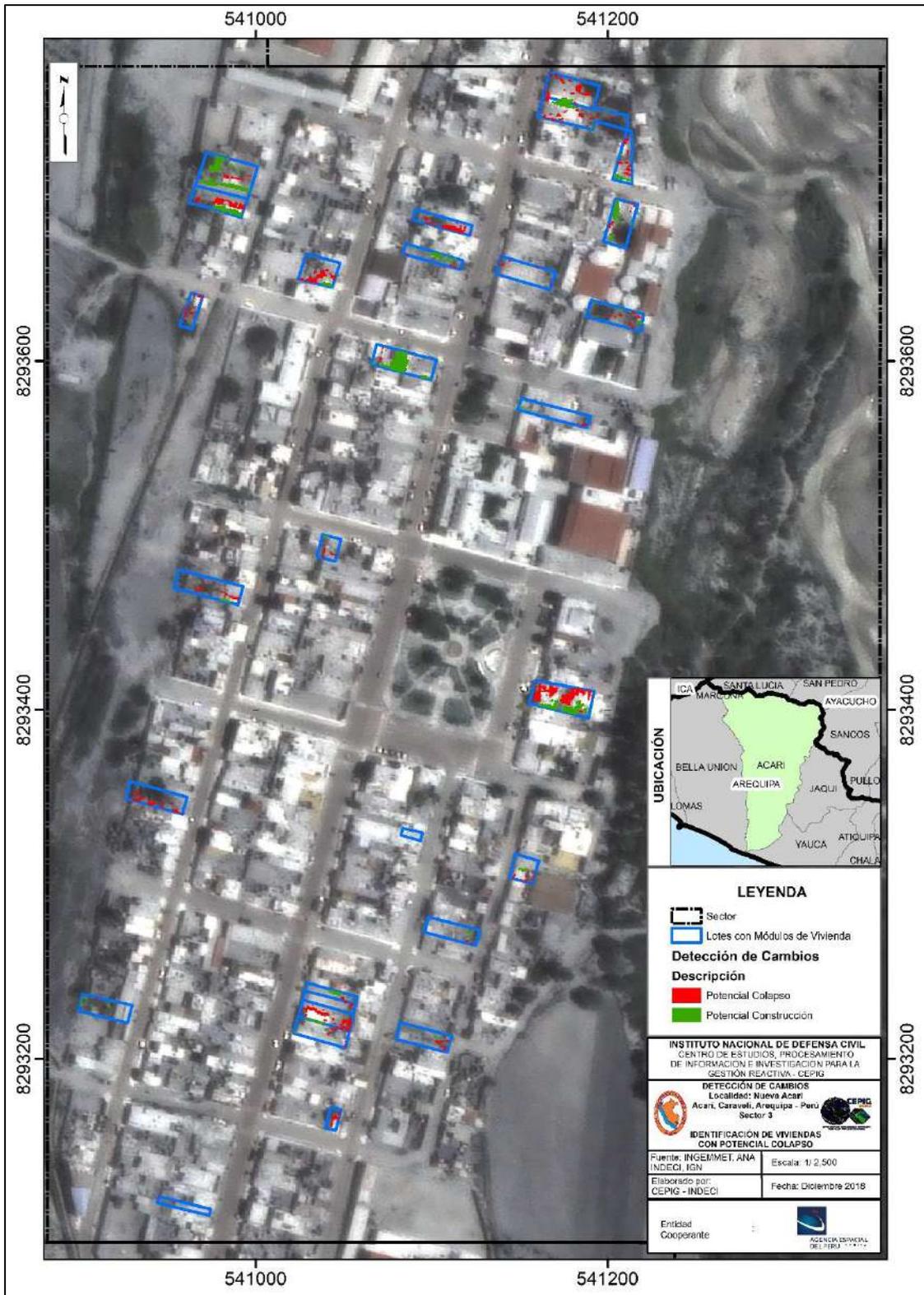


Figura 33: Identificación de Viviendas Potencialmente Colapsadas (Sector 3)

Fuente: Elaboración propia

d) Sector 4

- o Imagen Pre Evento:

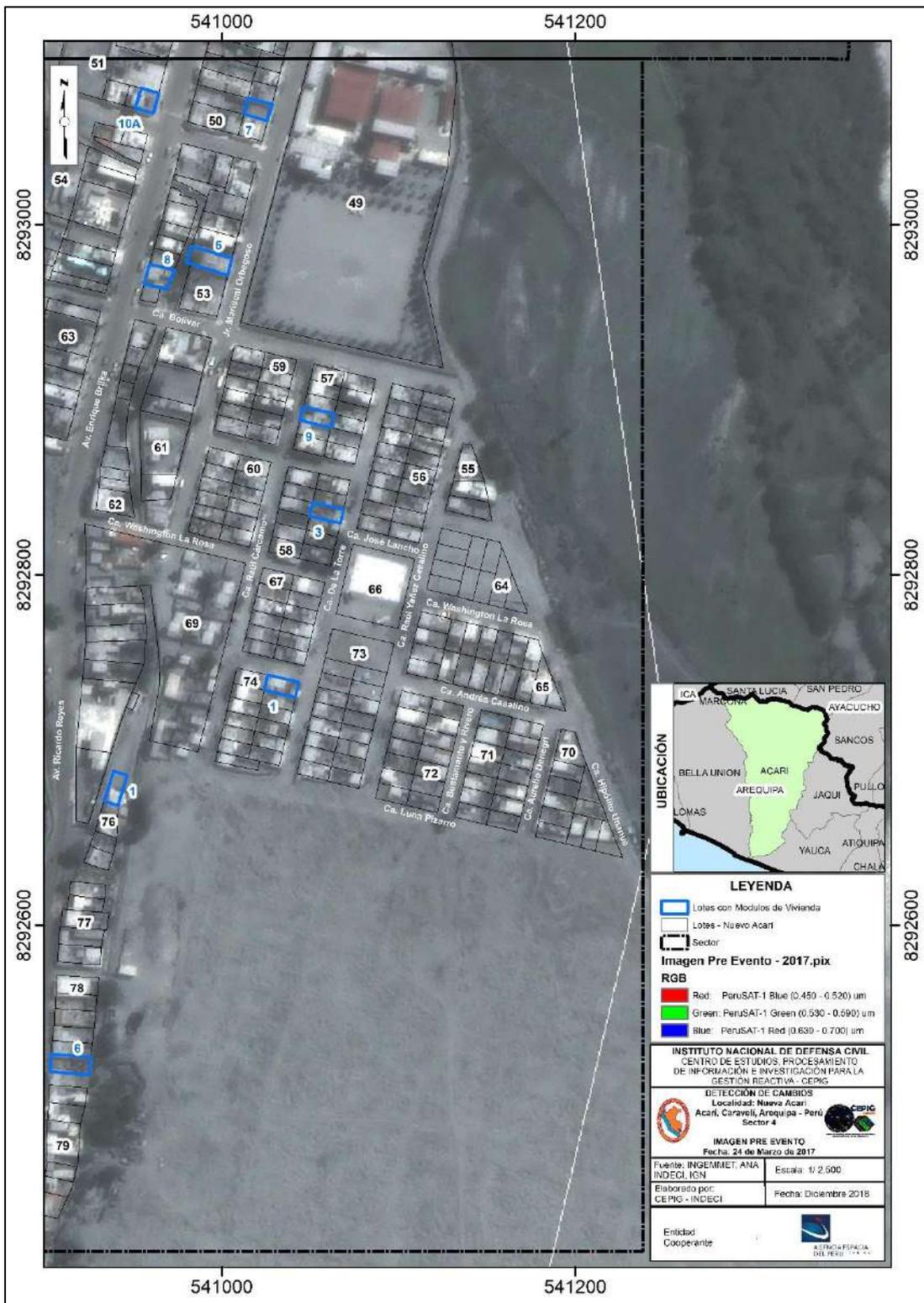


Figura 34: Imagen Satelital PeruSAT-1 de fecha 24.03.17 (Pre Evento – Sector 4)

Fuente: Elaboración propia

○ Imagen Post Evento:

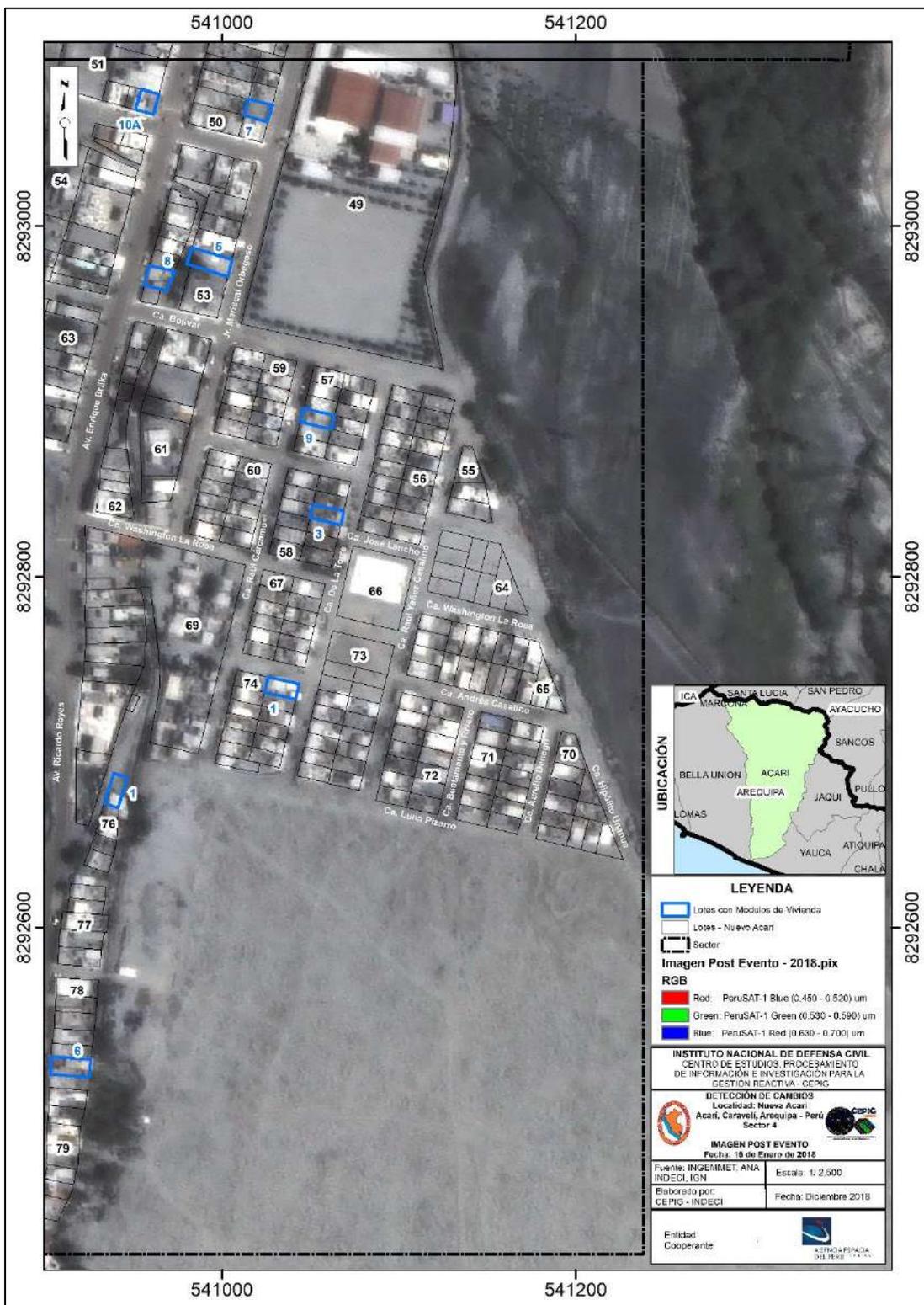


Figura 35: Imagen Satelital PeruSAT-1 de fecha 16.01.18 (Post Evento – Sector 4)

Fuente: Elaboración propia

○ Detección de Cambios (Algoritmo: Ratio)

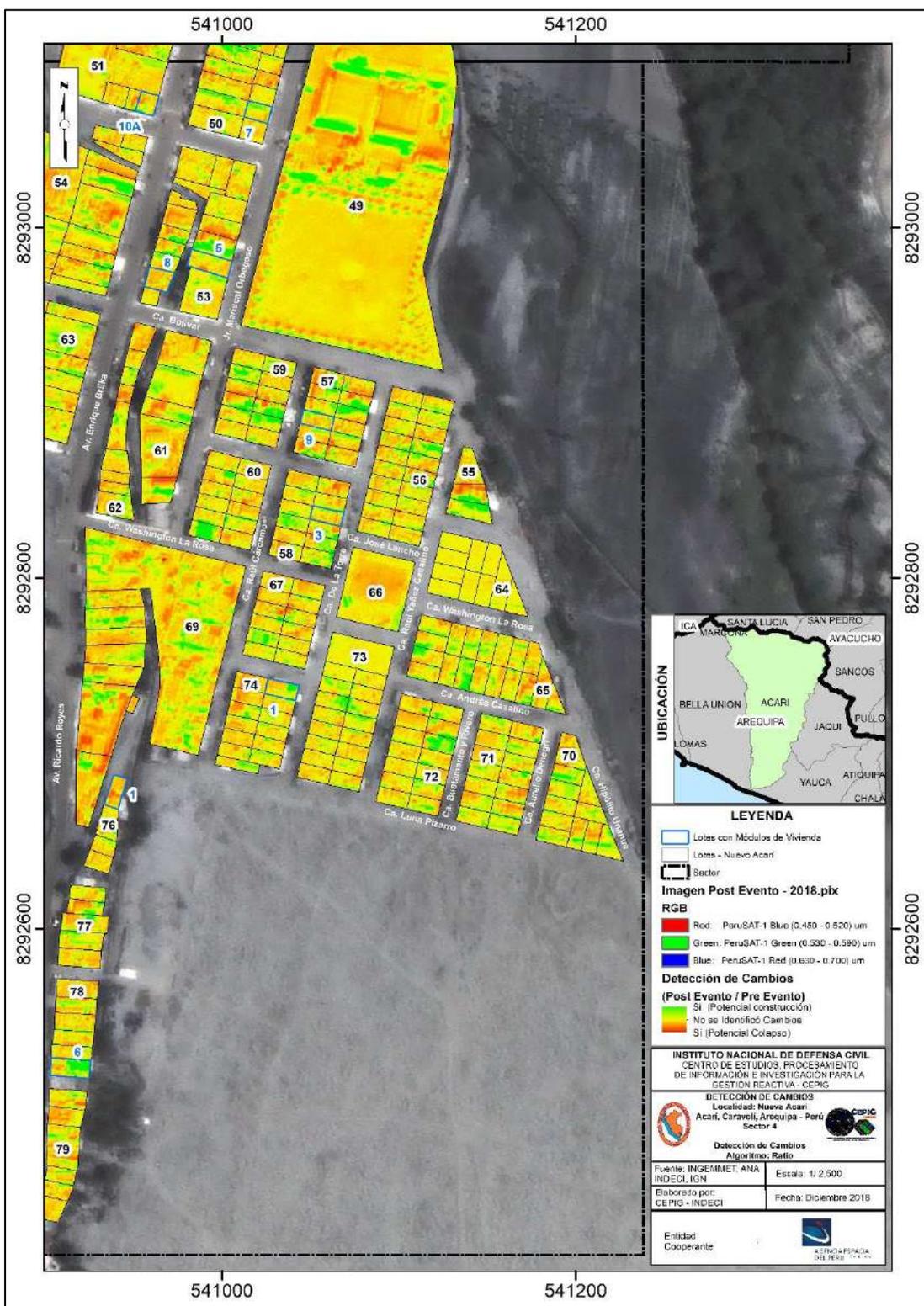


Figura 36: Detección de Cambios (Sector 4)

Fuente: Elaboración propia

- Detección de Cambios (Algoritmo: Ratio) de los lotes identificados

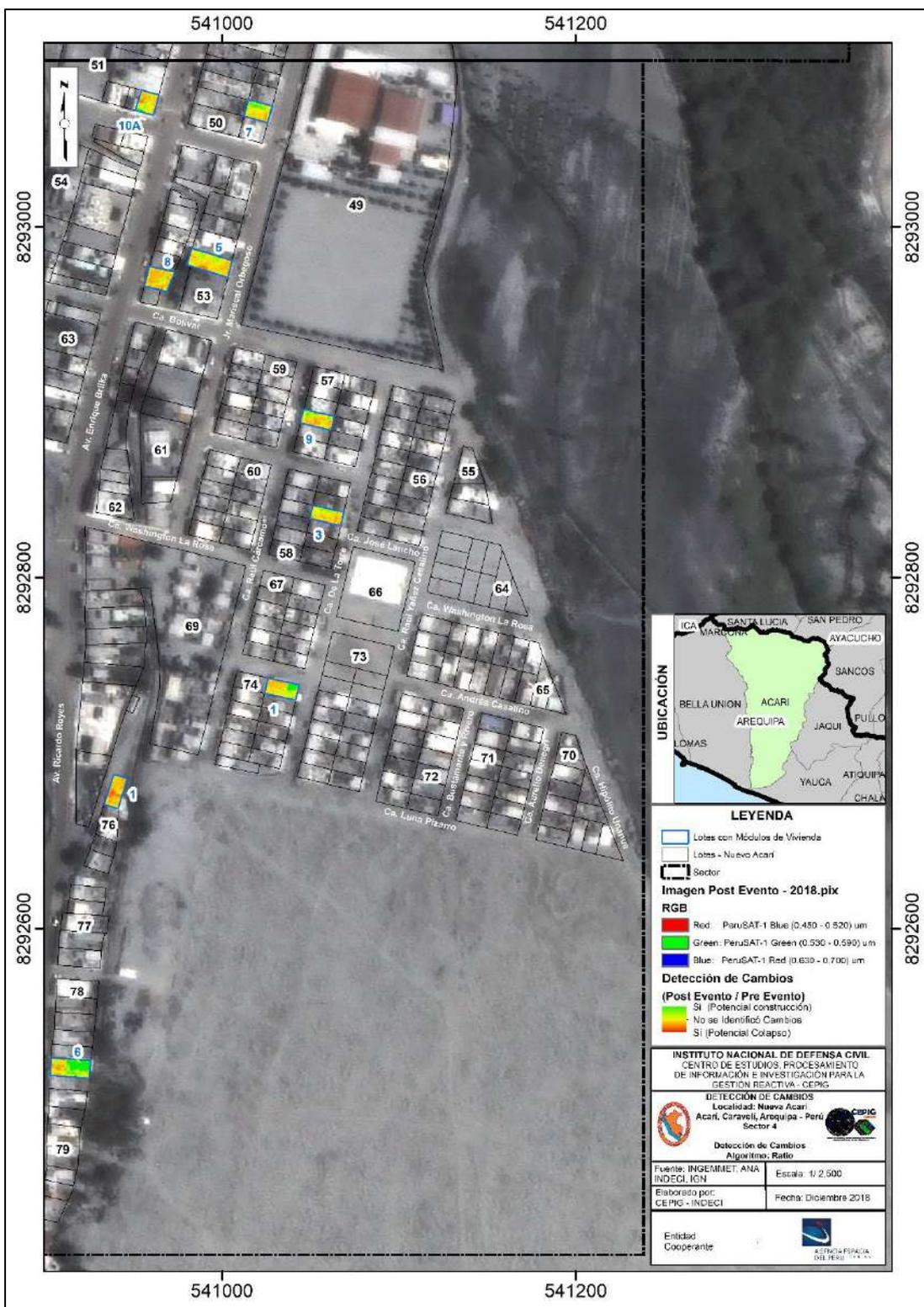


Figura 37: Máscara de cambios (Sector 4)

Fuente: Elaboración propia

- Detección de Cambios – Identificación de Viviendas colapsadas

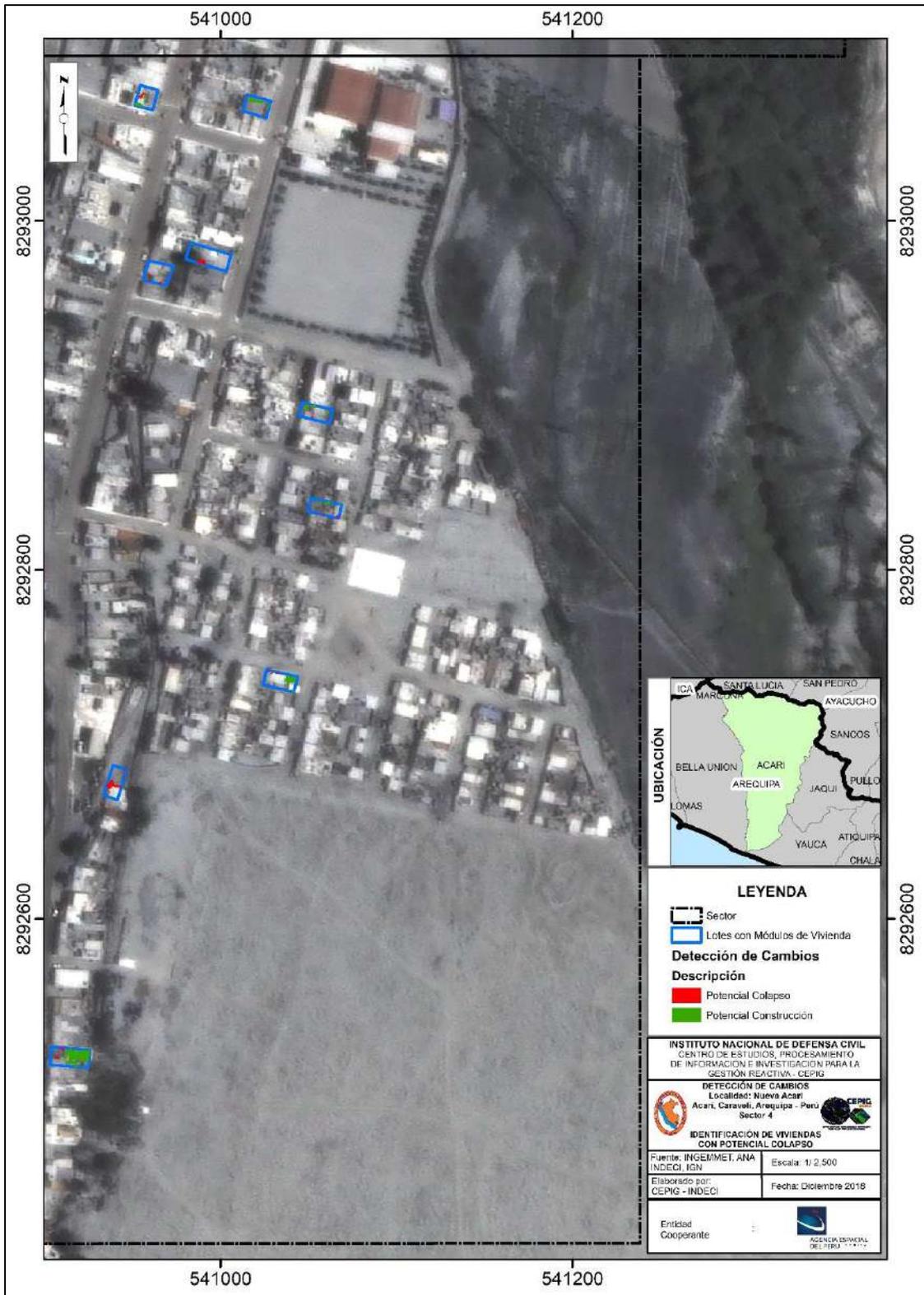


Figura 38: Identificación de Viviendas Potencialmente Colapsadas (Sector 4)

Fuente: Elaboración propia

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se identificó la sumatoria de área analizada por sector según la máscara de cambios, los resultados se muestran en la tabla N°05.

Tabla 05: Áreas identificadas mediante la técnica de detección de cambios

SECTOR	ÁREA (m <sup>2</sup> )				
	LOTE	VIVIENDA COLAPSADA	%VIVIENDA COLAPSADA	VIVIENDA CONSTRUIDA	%VIVIENDA CONSTRUIDA
1	4402.05	691.88	16%	272.44	6%
2	4983.72	561.54	11%	460.6	9%
3	8186.84	716.38	9%	651.21	8%
4	1479.56	63.7	4%	174.93	12%

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla N°05 se extrae que la mejor representatividad de identificación de viviendas colapsadas se realiza en el sector 1, con un 16%. Esto debido a que los lotes analizados en este sector, son de mayor tamaño, con respecto al resto, sobre todo con el sector 4, el cual presenta predios de menor tamaño.

Cabe resaltar que la sumatoria de las áreas de los lotes por cada sector, identificados en la tabla anterior, se encuentra en función del área total del predio según el catastro proporcionado por la Municipalidad Distrital de Acarí y NO representa el área colapsada producido por el evento del 14 de enero de 2018. Esto explica la poca representatividad del porcentaje de las viviendas colapsadas y construidas con respecto al total.

La identificación de potenciales Viviendas Construidas post evento sísmico se explica de cuatro maneras:

- a) La entrega inmediata e instalación de los módulos temporales de vivienda.
- b) La construcción posterior a la fecha de la imagen pre evento. Es decir, construcciones posteriores al 24 de marzo de 2017.
- c) Cambio en el uso y/o cobertura de techo.
- d) Identificación de Falsos positivos debido a los efectos producidos por diversos factores como el ángulo de la toma de imagen, altura de la edificación, presencia de sombras, incidencia de rayos solares, entre otros aspectos.



## 6. CONCLUSIONES

- De los 77 lotes identificados en campo, 63 predios fueron identificados mediante la técnica de detección de cambios, utilizando las imágenes satelitales PERUSAT-1, lo que representa que el 81.81% de viviendas, han mostrado algún cambio (potencial construcción y/o potencial colapso), descartando los píxeles que tenían un área menor o igual a 1.96 m<sup>2</sup> (área producida por 4 píxeles, considerando que la resolución del PERUSAT-1 es de 0.7 m el píxel, lo que representa 0.49 m<sup>2</sup> en el terreno).
- El procesamiento metodológico fue validado con la evaluación de detección de cambios del impacto por flujos en la zona de Huaycoloro – Lima, en el cual se registraron importantes elementos impactados como la infraestructura, agricultura, red vial, entre otros.
- Se identificó en la localidad de “Nueva Acarí”, con apoyo de la Municipalidad Distrital de Acarí, que 56 lotes cuentan con módulos temporales de vivienda.

## 7. RECOMENDACIONES

- Replicar la metodología del presente documento en diversas zonas que fueron afectadas por eventos sísmicos.
- Aplicar la presente metodología a un evento sísmico reciente, en el cual se pueda identificar las viviendas colapsadas en campo, para así validar su fiabilidad.
- Promover el desarrollo de investigaciones que puedan reforzar la fiabilidad de los resultados de detección de cambios mediante la comparación de diferentes umbrales, utilizando Inteligencia Artificial, entre otros.



## Bibliografía

- Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (2018, 19 de enero). Comunicado oficial: PerúSAT-1, satélite de observación de la Tierra [Comunicado de prensa].  
<http://www.conida.gob.pe/index.php/noticias/perusat-1-satelite-de-observacion-de-la-tierra>
- Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú. (2018). Sismo y Tsunami de Yauca 2018 (7.1 Mw), s/ed. Lima – Perú. 6 págs.
- Hermosilla, T., Ruiz, L.A., Recio, J.A. (2010). Detección automática de edificios mediante imágenes de alta resolución y datos Lidar para la actualización de base de datos cartográficas en entornos urbanos. Revista de Teledetección. España.
- Instituto Geofísico del Perú. (2018). Sismo de Lomas – Yauca del 14 de Enero del 2018 (Caravelí – Arequipa) – Aspectos Sismológicos – S/Ed. Lima – Perú. 15 pags.
- Instituto Geofísico del Perú. (2020). Mapa Sísmico del Perú – Periodo: 1960 -2019. Lima – Perú. S/Ed.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2006). Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres 2006 - Sismos Ocurridos en el Perú a través del tiempo. S/ed. Lima – Perú. Accesado el 07 de Agosto de 2020.  
[https://www.indeci.gob.pe/compend\\_estad/2006/7\\_otras\\_estad/7.1\\_sismos/7.1.4\\_hist\\_sismos.pdf](https://www.indeci.gob.pe/compend_estad/2006/7_otras_estad/7.1_sismos/7.1.4_hist_sismos.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. Consultado el 07 de Agosto de 2020.  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1541/cuadros/dpto04.xlsx](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/cuadros/dpto04.xlsx)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2017). Mapeo con imágenes del Satélite Peruano PERUSAT-1 y Clasificación de la Carretera Central. S/ed. Consultado el 07 de Agosto de 2020.  
[http://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/Imagen\\_Satelital/4%20Mapeo\\_Imag\\_PeruSat-1\\_PE-22\\_Pte\\_Los\\_Angeles\\_Pte\\_Ricardo\\_Palma\\_Set-2017.pdf](http://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/Imagen_Satelital/4%20Mapeo_Imag_PeruSat-1_PE-22_Pte_Los_Angeles_Pte_Ricardo_Palma_Set-2017.pdf)



- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018). Reporte de Situación N°027-2018/22FEB2018 15:30 HORAS (Informe N°027). Accesado el 07 de Agosto de 2020.  
[http://www3.vivienda.gob.pe/grd/documentos/Reporte%20de%20Situaci%C3%B3n%20N%C2%BA%20027-2018%20\(Sismo%20en%20Arequipa%20-%2022Feb\).pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/grd/documentos/Reporte%20de%20Situaci%C3%B3n%20N%C2%BA%20027-2018%20(Sismo%20en%20Arequipa%20-%2022Feb).pdf)
- Rodriguez-Galiano, V.F. García-Soldado, M.J., Chica-Olmo, M., Pardo-Igúzquiza, E., Rigol-Sánchez J.P., Chica-Rivas, M. (2010). Análisis de cambios de usos del suelo en la “Vega de Granada”: correcciones radiométricas y evaluación de cambios. Revista de Teledetección. España.
- Ruiz Fernández, LÁ. (2017). Métodos de detección de cambios en teledetección. Consultado el 07 de Agosto de 2020.  
<http://hdl.handle.net/10251/83139>
- Tavera, H. (2018). Instituto Geofísico del Perú. Obtenido de Sismo de lomas – Yauca del 14 de Enero del 2018 (Caravelí – Arequipa): Aspectos sísmológicos- Consultado el 07 de Agosto de 2020.  
<https://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/1067>.
- United States Geological Survey. (2020). ShakeMap 4 Manual. Consultado el 07 de Agosto de 2020.  
[http://usgs.github.io/shakemap/manual4\\_0/tg\\_verification.html](http://usgs.github.io/shakemap/manual4_0/tg_verification.html)



## ANEXOS

**Anexo 1.** Manual de Procedimientos para el Análisis de Detección de Cambios

**Anexo 2.** Validación de la metodología – Caso de Estudio – Detección de Cambios por Flujos en la Quebrada Huaycoloro

**Anexo 3.** Fichas de Recopilación de Información en la localidad de Acarí

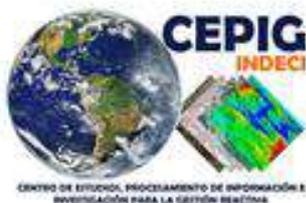


**INDECI**  
DEFENSA CIVIL, tarea de todos

## ANEXO I

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL ANÁLISIS DE

# DETECCIÓN DE CAMBIOS



AGENCIA ESPACIAL  
DEL PERÚ CONIDA

DIRECCIÓN DE  
GEOMÁTICA  
DIGEO



### Añadir Archivos y Guardar el Proyecto:

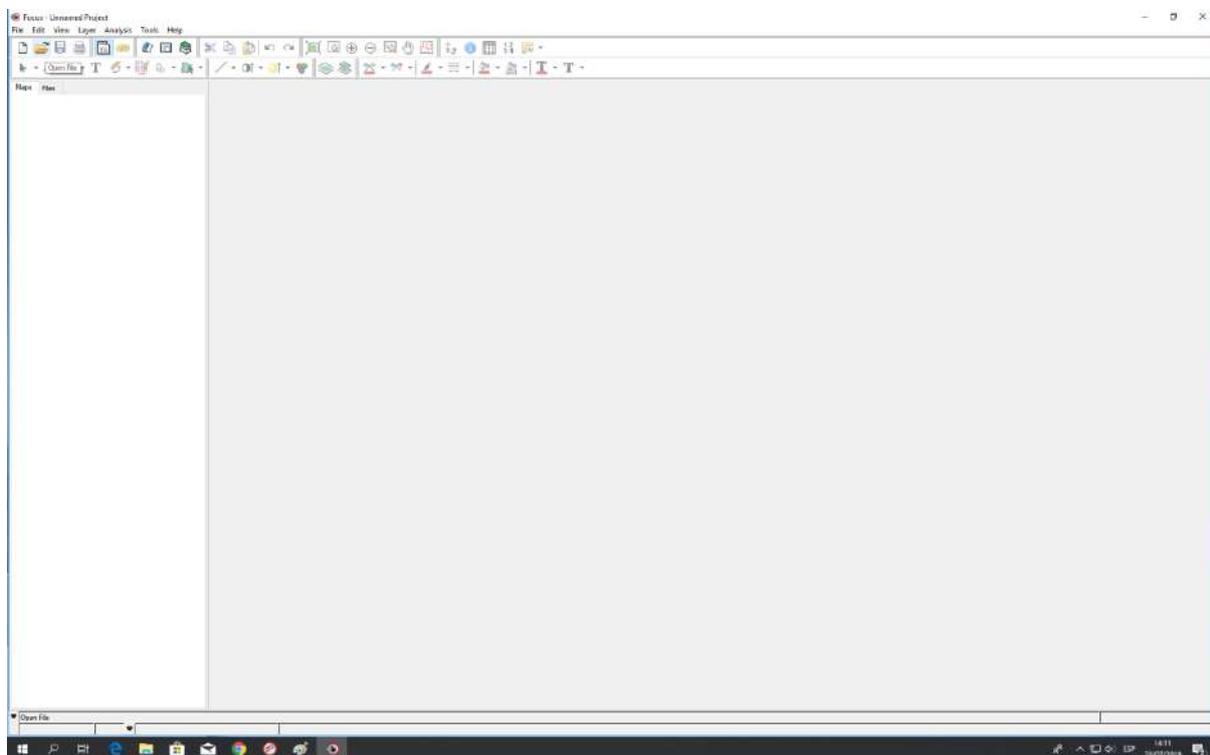
- Iniciar el programa de Geomática 2018.



- Seleccionar el módulo "Focus".

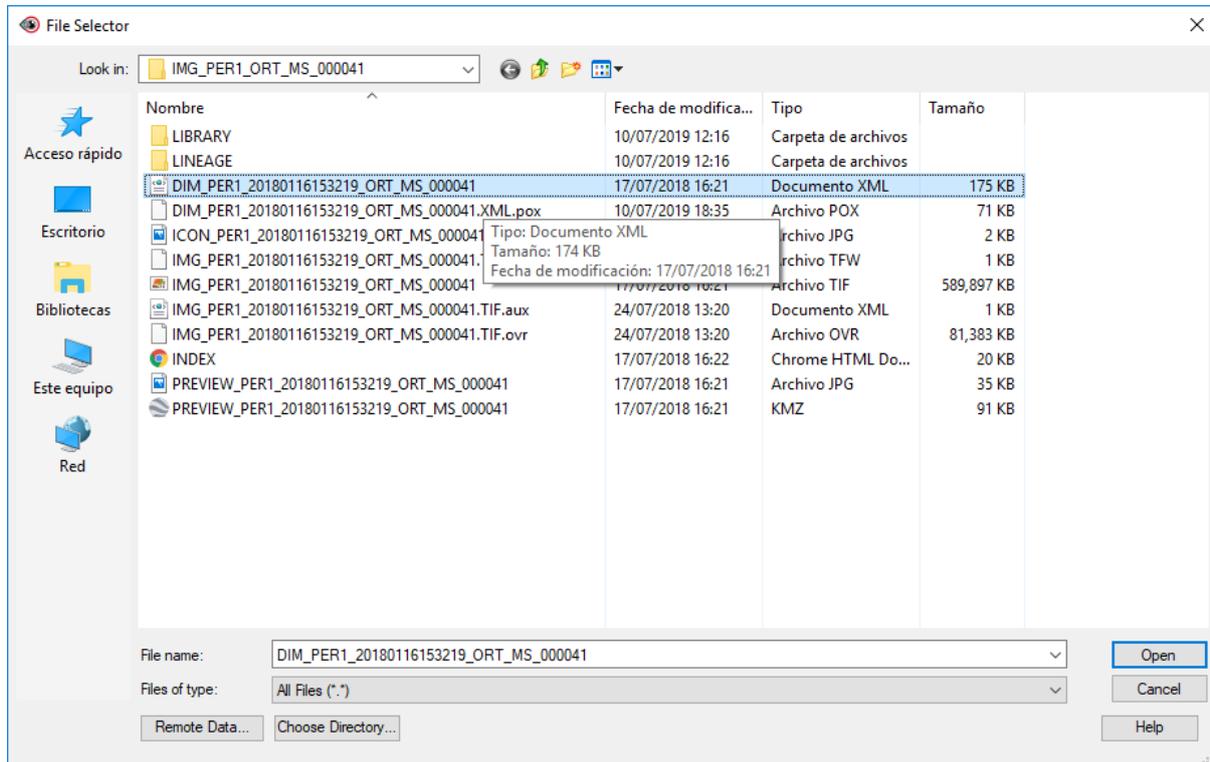


- Elegir la opción de añadir al aparecer la ventana principal del Módulo "Focus",

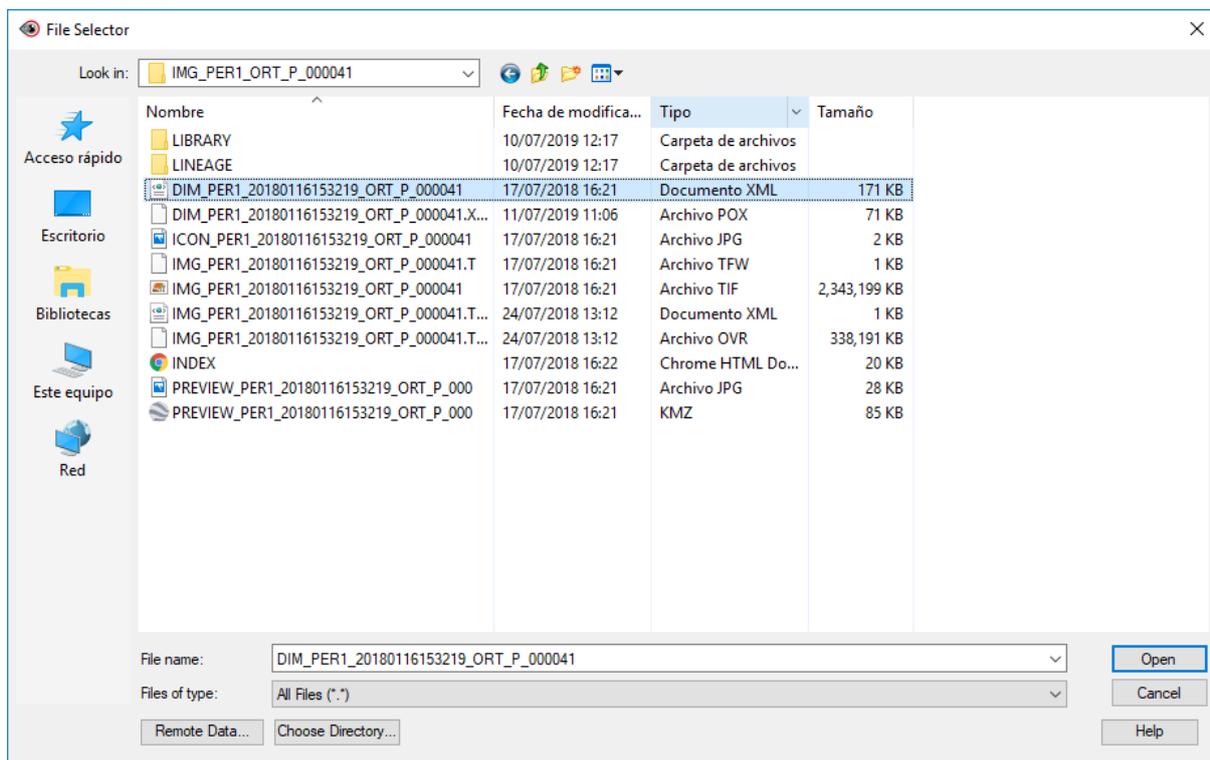




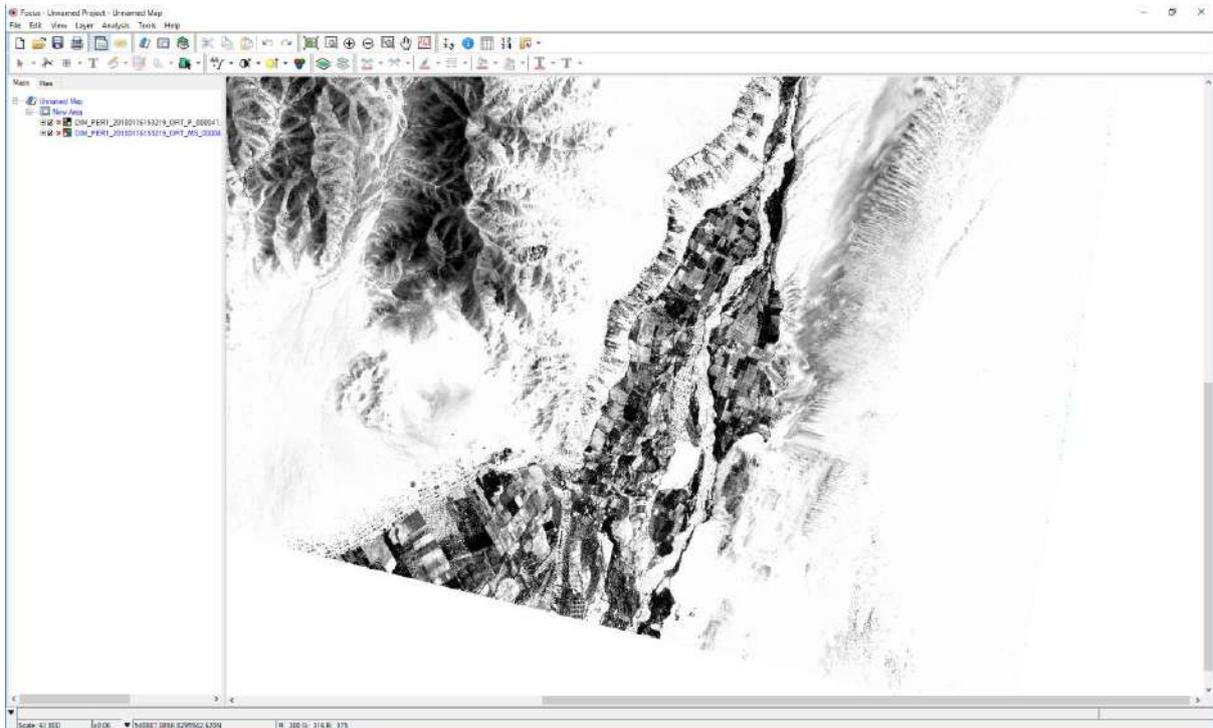
- Seleccionar el archivo de Imagen Multiespectral (MS) de interés en formato XML y luego la opción “open”.



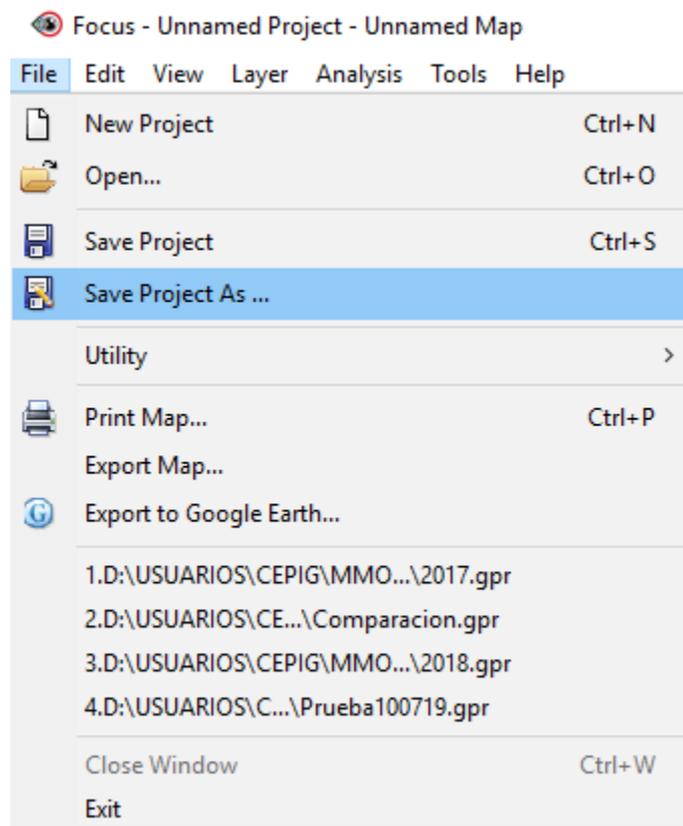
- Elegir el archivo de Imagen Pancromática de interés de la misma escena en formato XML.



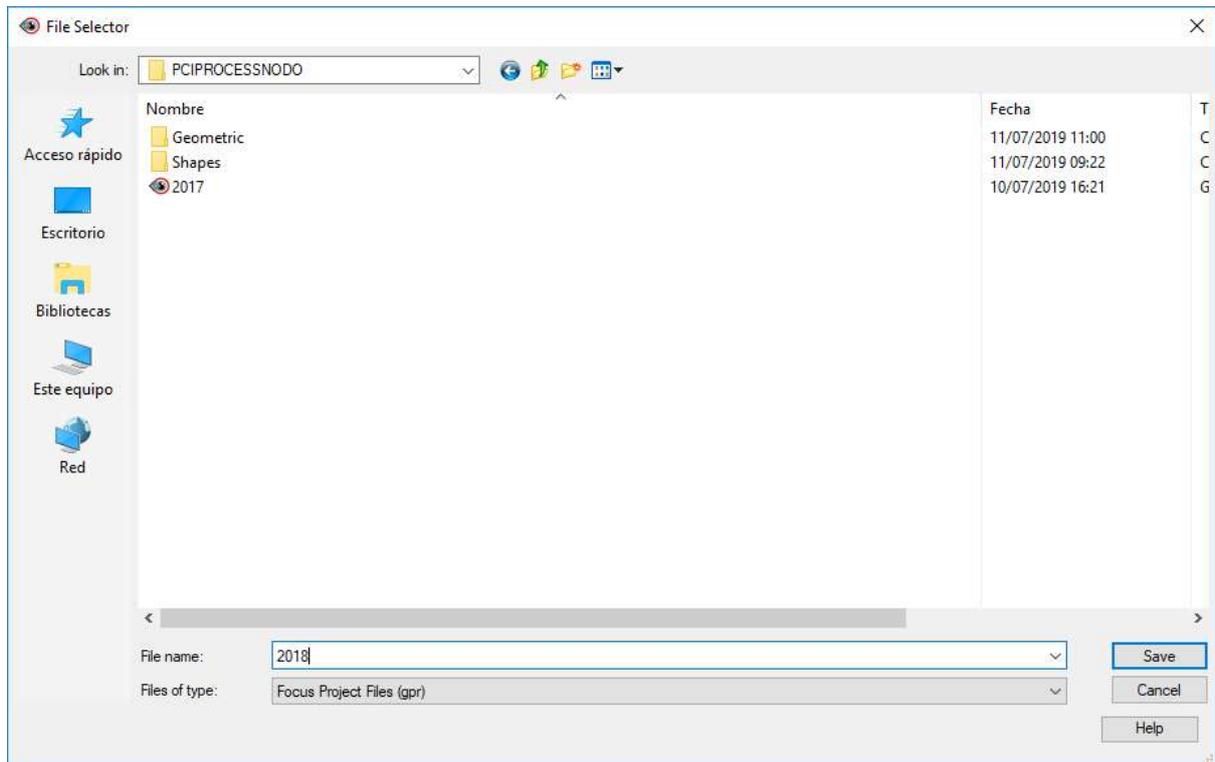
- Cargar automáticamente y visualiza las 2 imágenes en el módulo “Focus”.



- Elegir la opción “File” de la barra de Menu y luego la opción “Save Project As”, para grabar el proyecto,



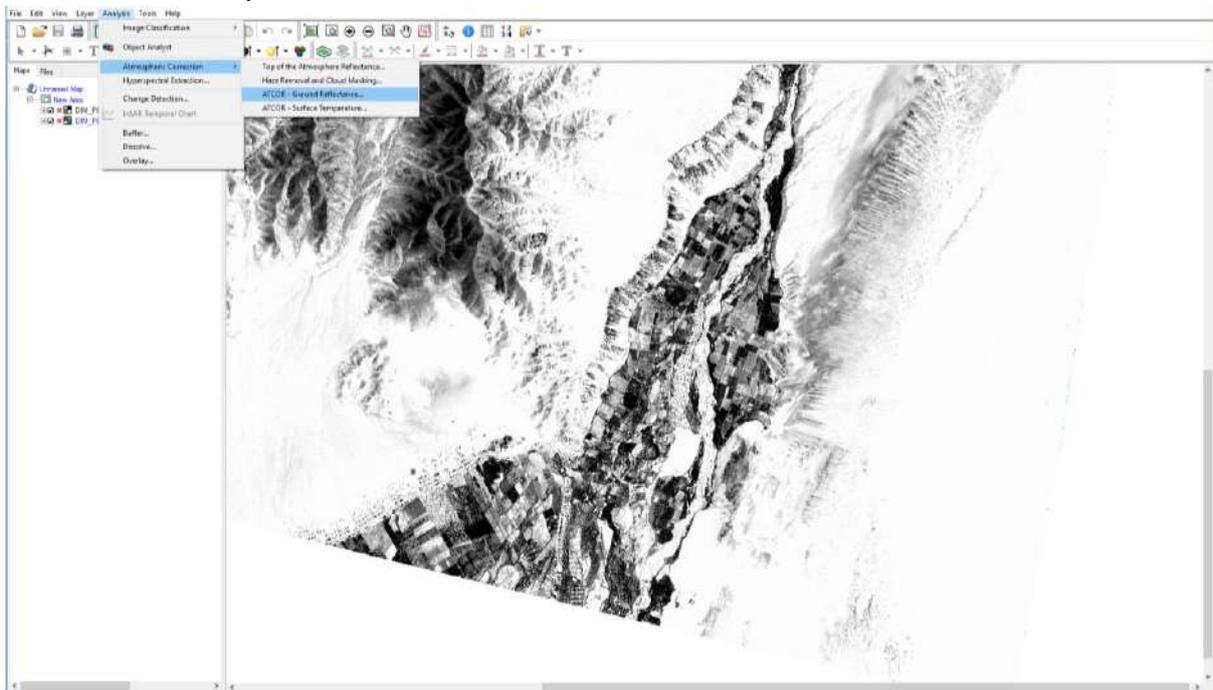
- Colocar el nombre de archivo en la ventana emergente. Para este ejemplo, se colocó el nombre: “2018”.



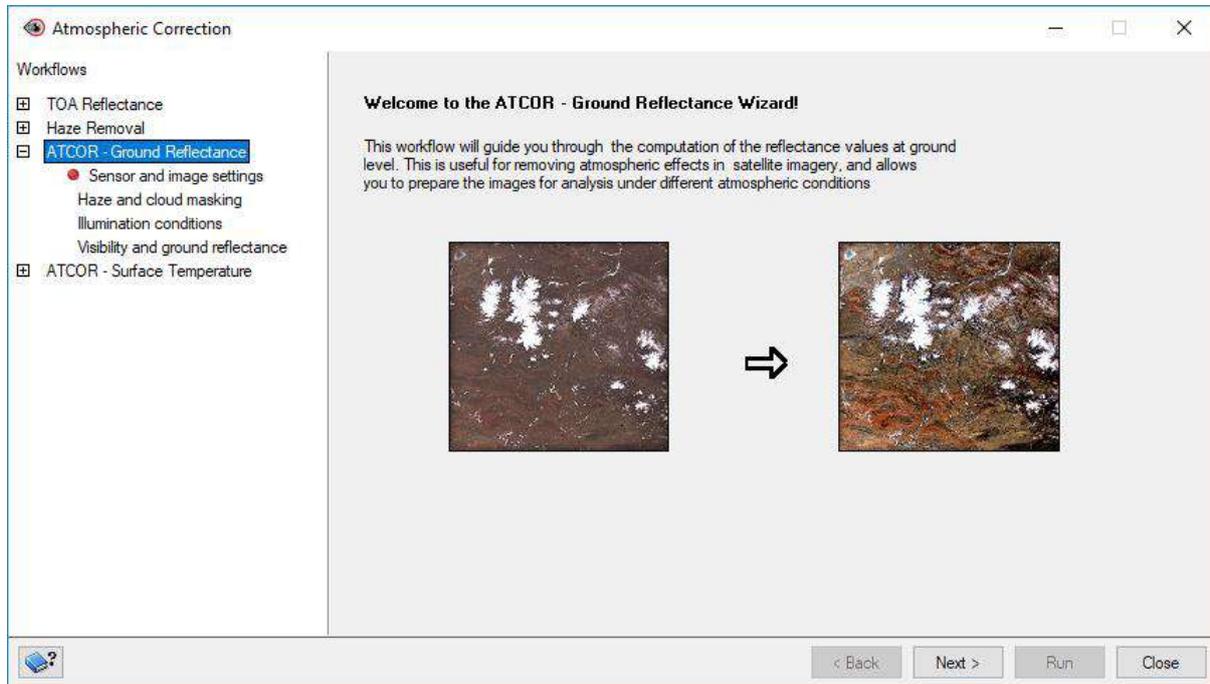
### Correcciones de las imágenes PERU-SAT1:

#### a) Corrección Atmosférica:

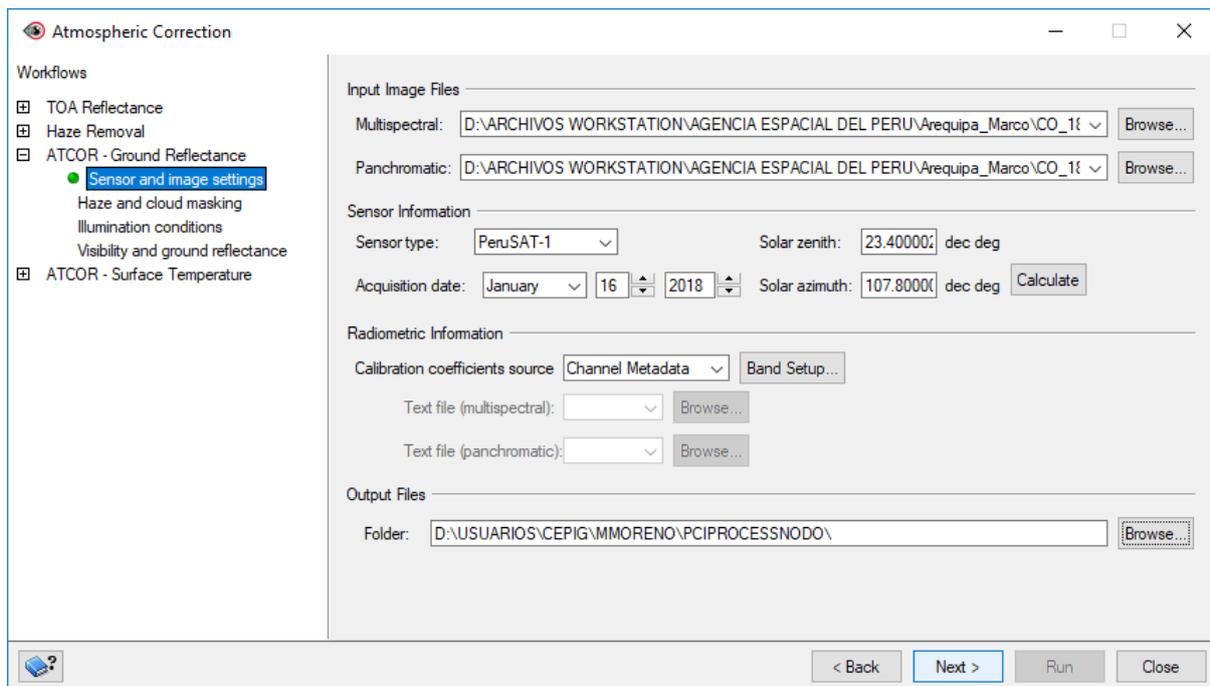
- Elegir el menú “Analysis”, luego la opción de Atmospheric Correction y después ATCOR – Ground Reflectance.



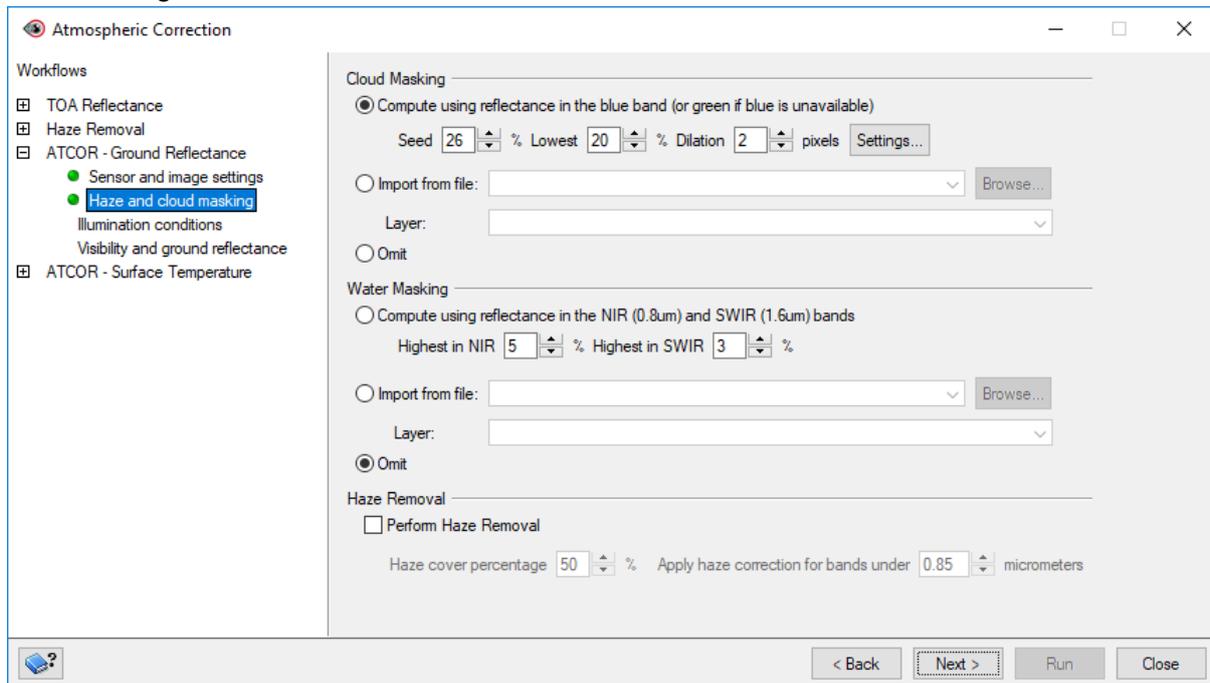
- Seleccionar la opción “Next” (siguiente), después de visualizar el Menú de la Corrección Atmosférica.



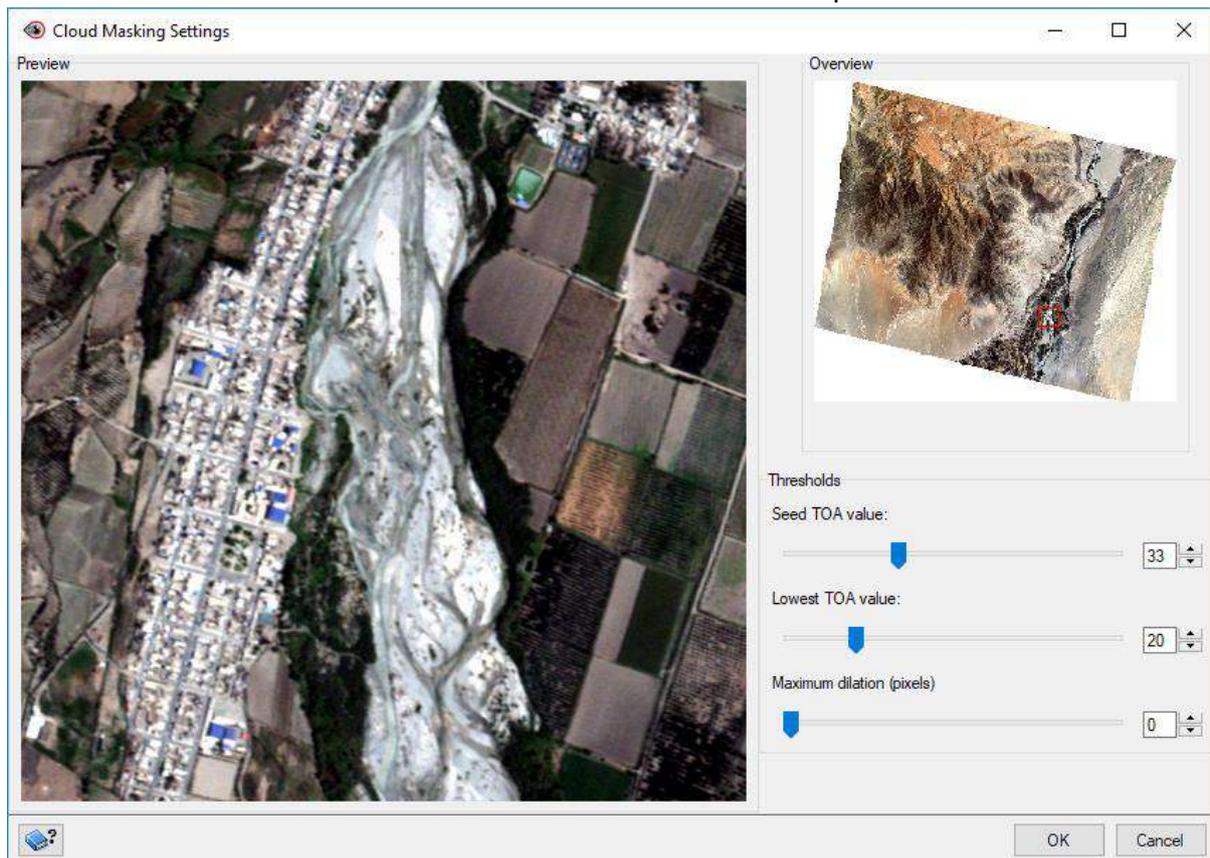
- Elegir la imagen multiespectral y la pancromática, colocar la ruta de exportación de archivos y elegir la opción siguiente.



- Elegir las opciones de máscara de nubes, eligiendo la opción “Settings” al visualizar la siguiente ventana:



- Regular los umbrales según lo que se puede apreciar en la imagen evaluada para el enmascaramiento de nubes. Al finalizar seleccionar la opción Ok.





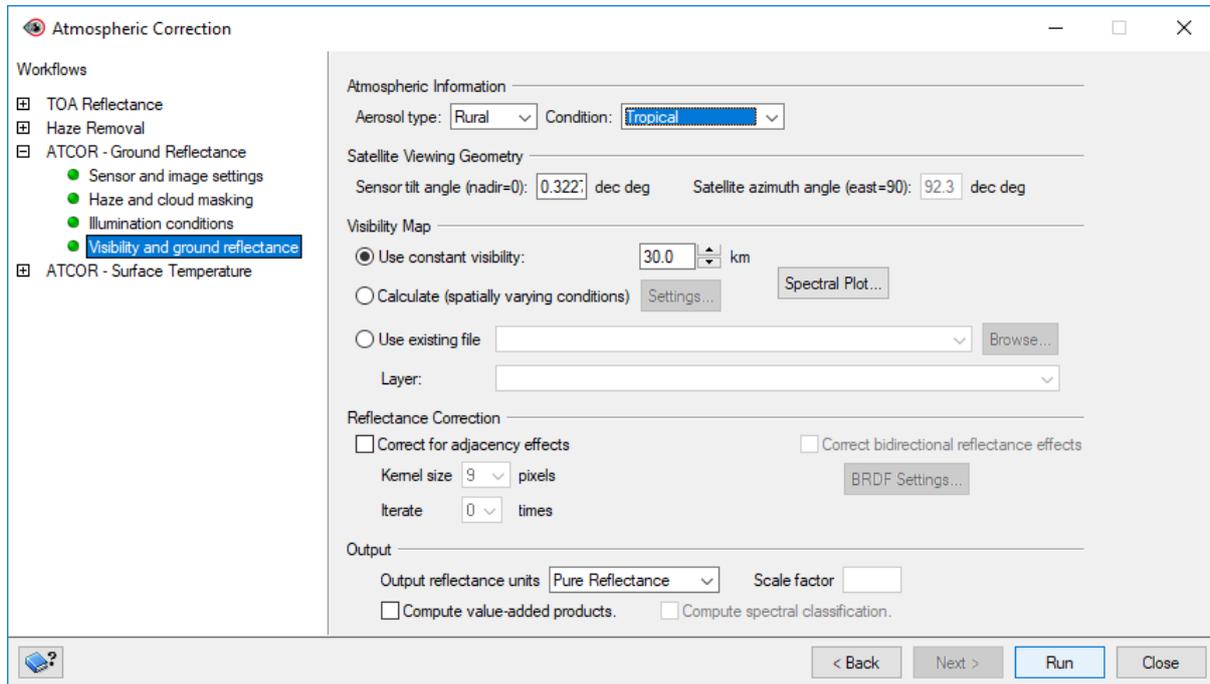
- Activar la opción de “Haze Removal” y elegir la opción “Next”.

The screenshot shows the 'Atmospheric Correction' dialog box with the 'Haze Removal' workflow selected. The 'Haze Removal' section is active, showing the option 'Perform Haze Removal' checked. Below it, the 'Haze cover percentage' is set to 50% and 'Apply haze correction for bands under' is set to 0.85 micrometers. The 'Cloud Masking' and 'Water Masking' sections are also visible, with 'Compute using reflectance in the blue band' selected for cloud masking and 'Omit' selected for water masking. The 'Workflows' list on the left includes TOA Reflectance, Haze Removal, ATCOR - Ground Reflectance, Sensor and image settings, Haze and cloud masking, Illumination conditions, Visibility and ground reflectance, and ATCOR - Surface Temperature. The 'Haze and cloud masking' option is highlighted in blue. At the bottom, there are buttons for '< Back', 'Next >', 'Run', and 'Close'.

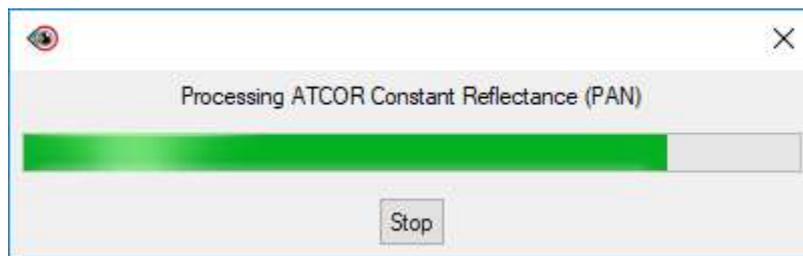
- Mantener la configuración de información de elevación por defecto. Elegir la opción “Next”.

The screenshot shows the 'Atmospheric Correction' dialog box with the 'Elevation Information Setup' workflow selected. The 'Elevation Information Setup' section is active, showing the option 'Constant height: 1362.1 meters above sea level' selected. Below it, the 'DEM file' is set to an empty field with 'Browse...' and 'DEM Settings...' buttons. The 'Clip DEM to image extents' option is checked. The 'DEM Derivatives' section has 'Calculate' selected. The 'Illumination Map' section has 'Calculate' selected. The 'Workflows' list on the left is the same as in the previous screenshot, with 'Illumination conditions' highlighted in blue. At the bottom, there are buttons for '< Back', 'Next >', 'Run', and 'Close'.

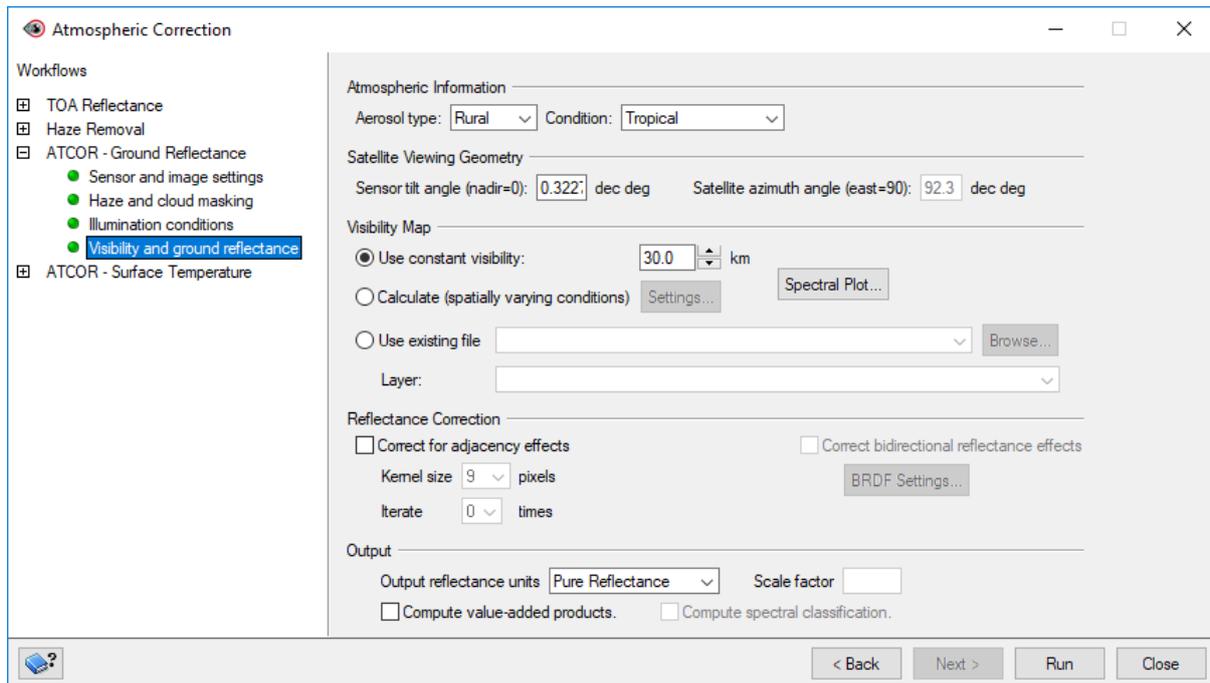
- Elegir la opción de tipo de Aerosol: Rural y Condición: Tropical; en la sección “Output”, elegir la opción de “Pure Reflectance” y después la opción “Run”.



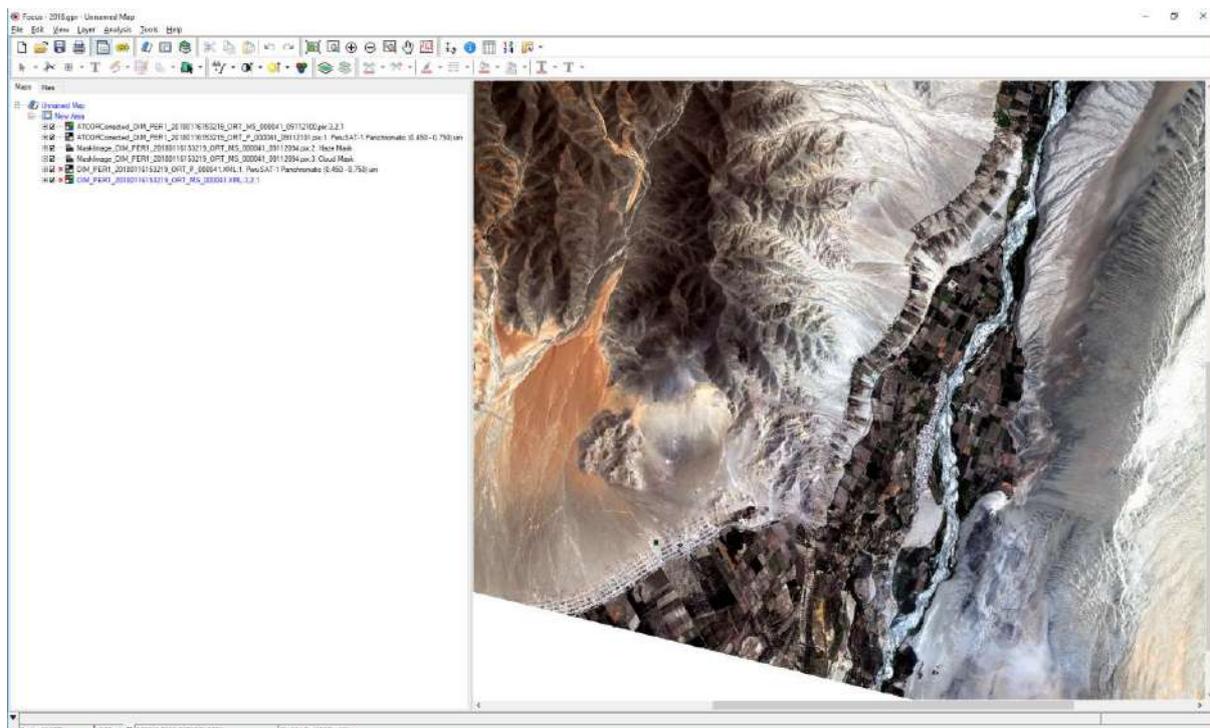
- Esperar el término del Proceso de la corrección atmosférica.



- Elegir la opción “Close”, al terminar el proceso.



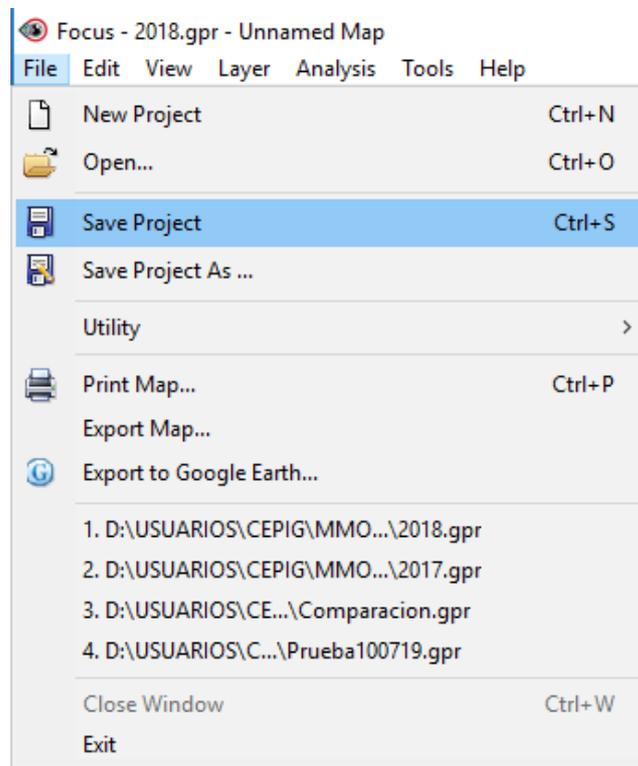
- Finalmente, se obtienen diversos archivos adicionales en el módulo “Focus”, correspondiente al resultado de la Corrección Atmosférica para las imágenes multiespectral y pancromática.



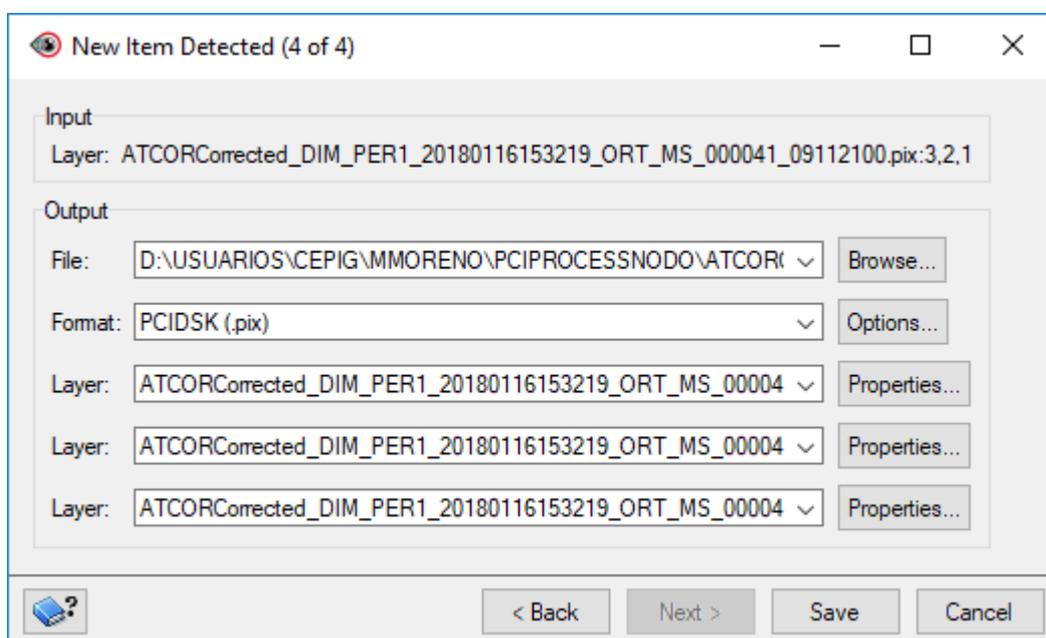


### Grabación del Proyecto:

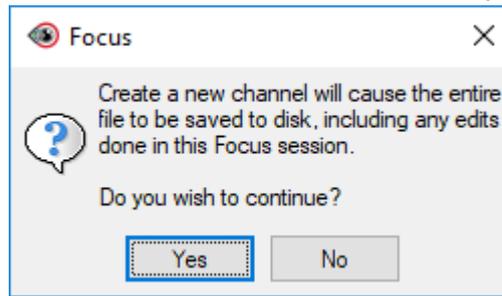
- Una vez cargado todas las capas se elige la opción “File” y luego “Save Project”.



- Realizar la grabación, en el cual se pedirá que se direccionen algunos archivos temporales. Finalmente, elegir cada una de las rutas solicitadas, el software procederá a guardarlos.



- De requerirse, crear nuevos canales. Continuar con la opción “Yes”.

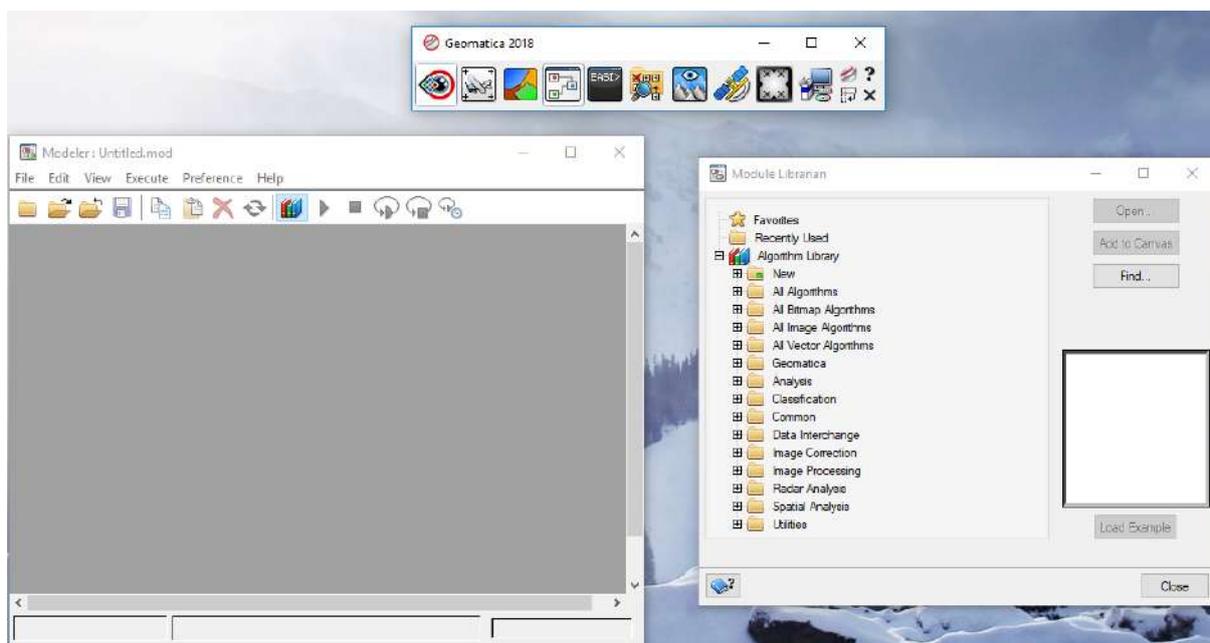


### Pansharpning:

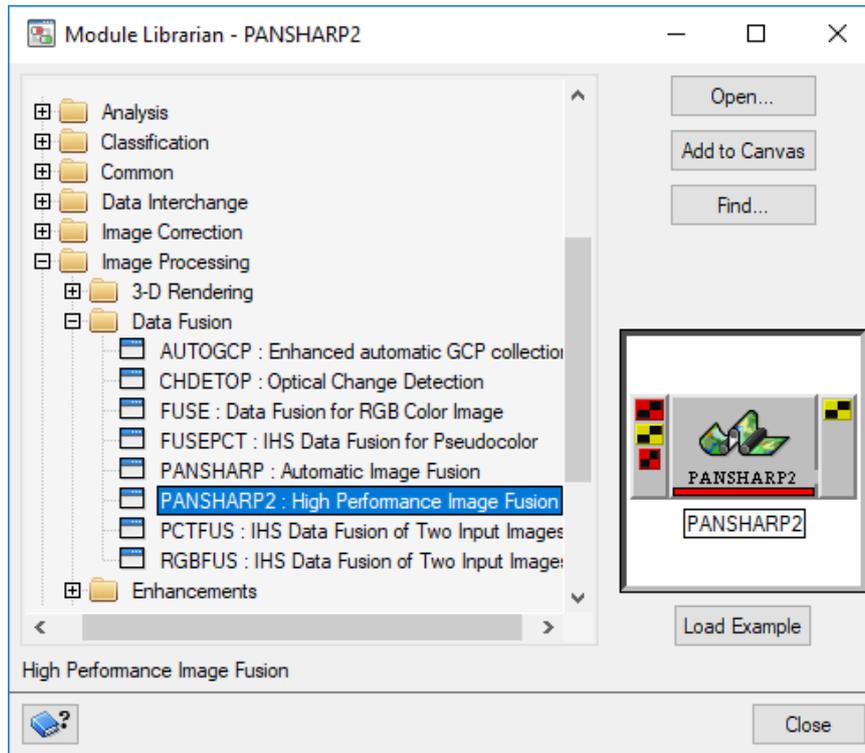
- Seleccionar el módulo “Modeler” de la Barra de Menú de “Geomática”.



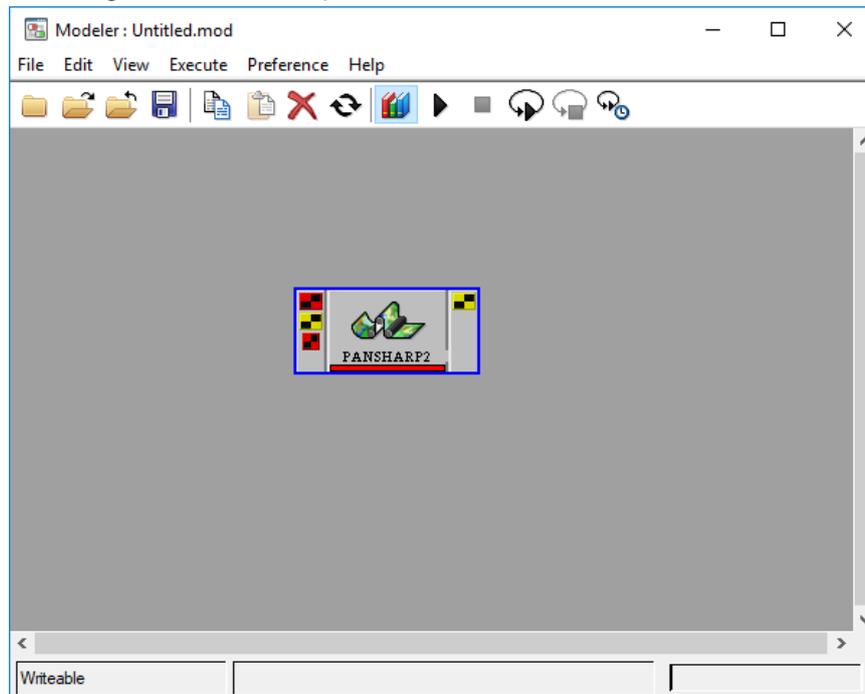
- Se cargan las ventanas de “Modeler” y “Module Librarian”



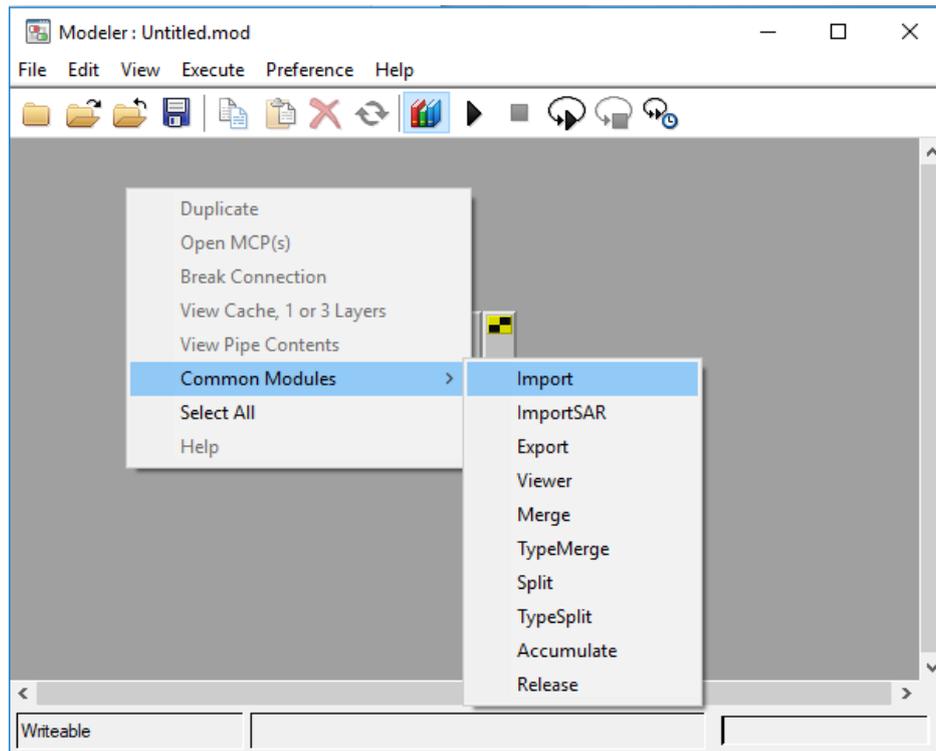
- Elegir la sección de “Image Processing” y luego “Data Fusion”, para finalmente seleccionar la opción “PANSHARP2”.



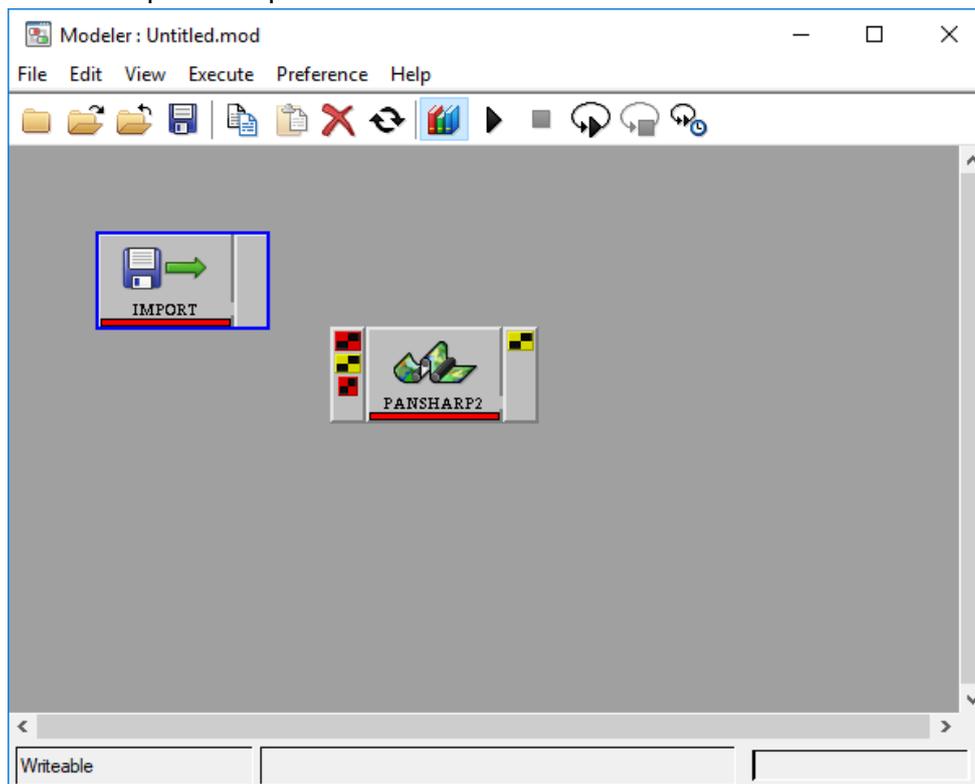
- Arrastrar la figura de Pansharp2 al módulo de “Modeler”.



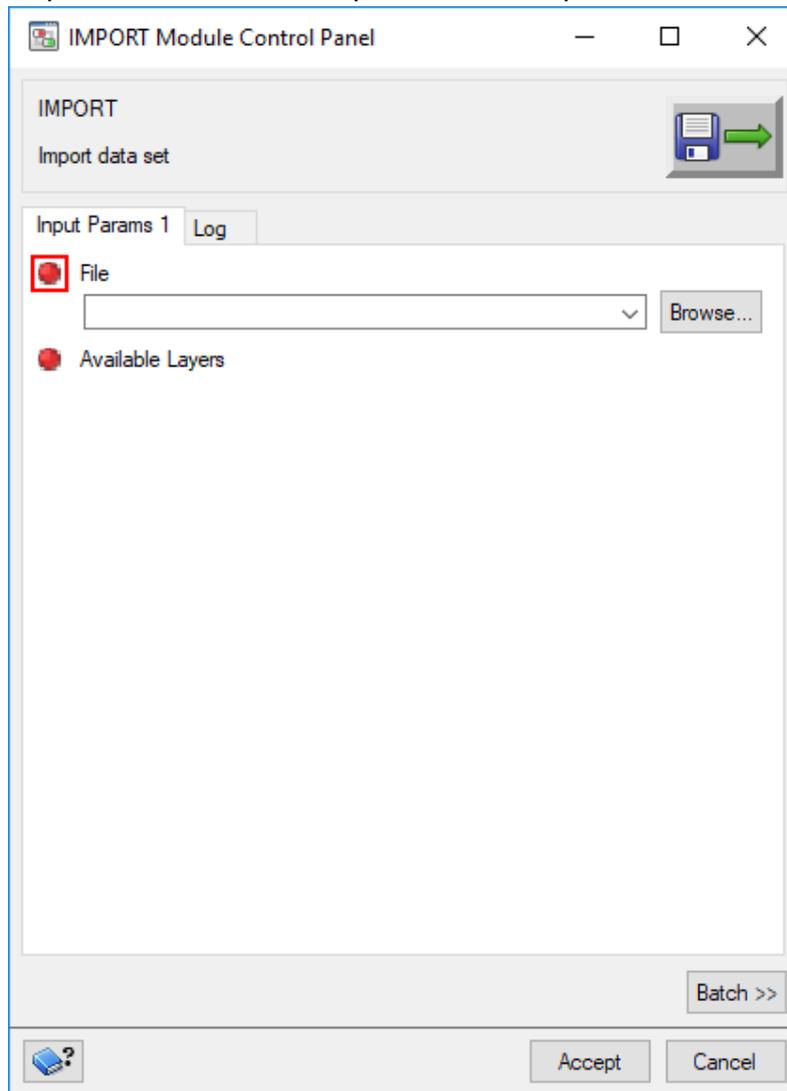
- Realizar click derecho en cualquier parte gris de la pantalla y seleccionar la opción “Common Modules” y luego “Import”.



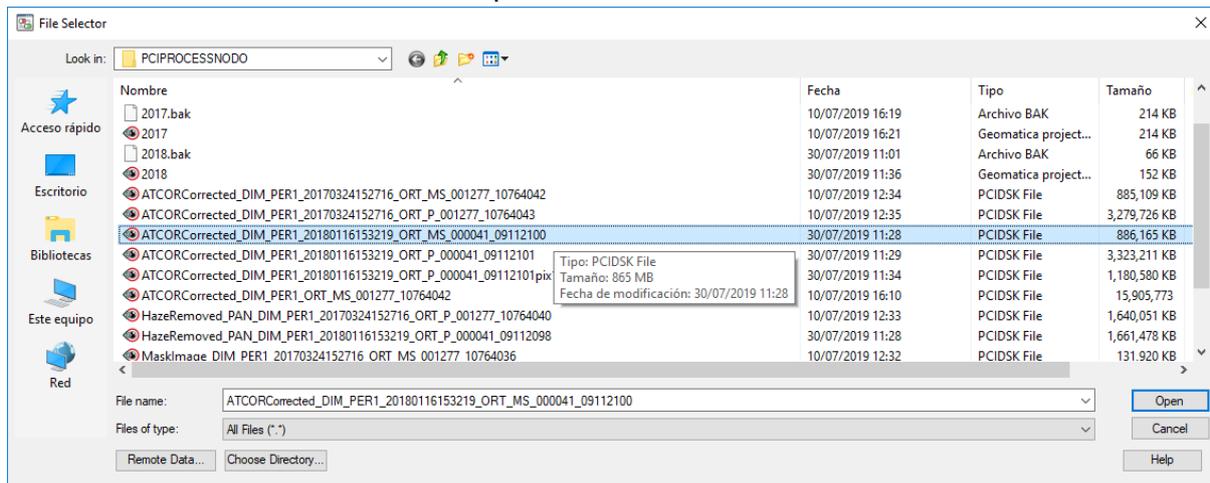
- Colocar la opción “Import” en el módulo.



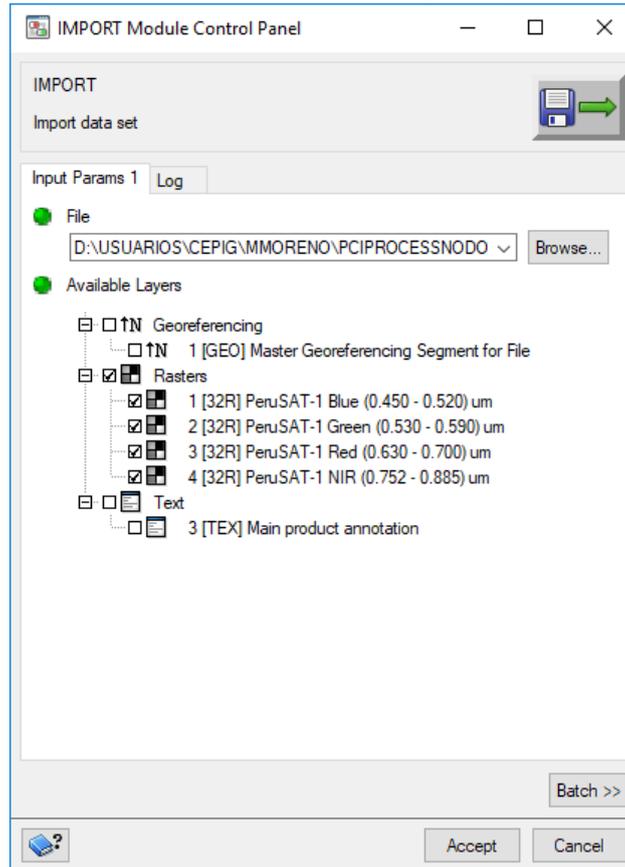
- Realizar doble click a la pestaña creada de "import", luego aparece una nueva ventana de panel de Control correspondiente a la opción seleccionada.



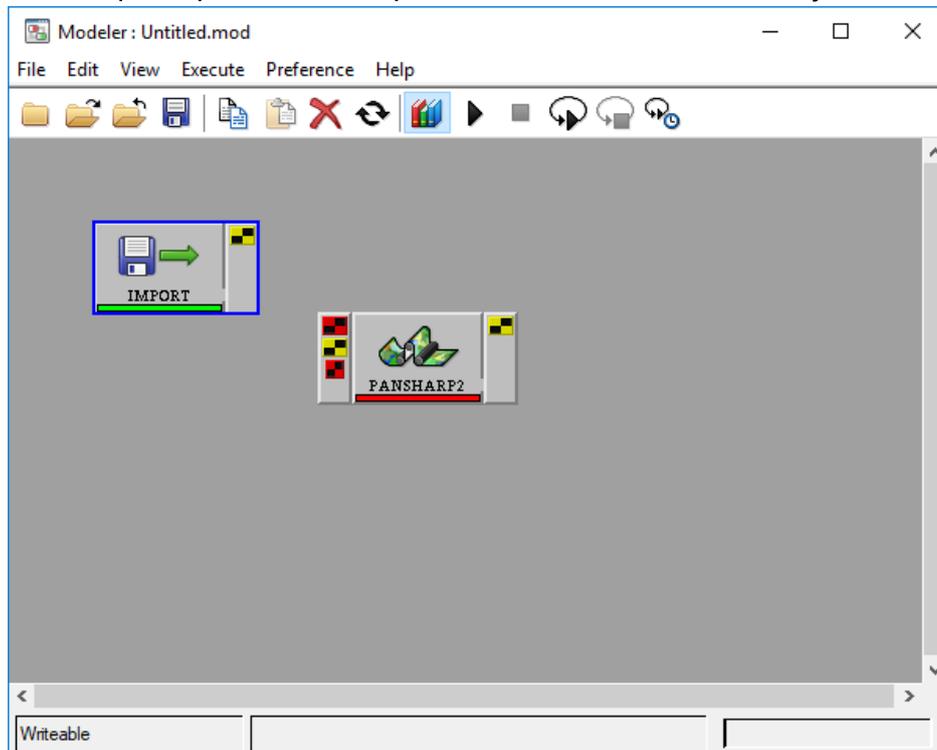
- Seleccionar el archivo Multiespectral a utilizar.



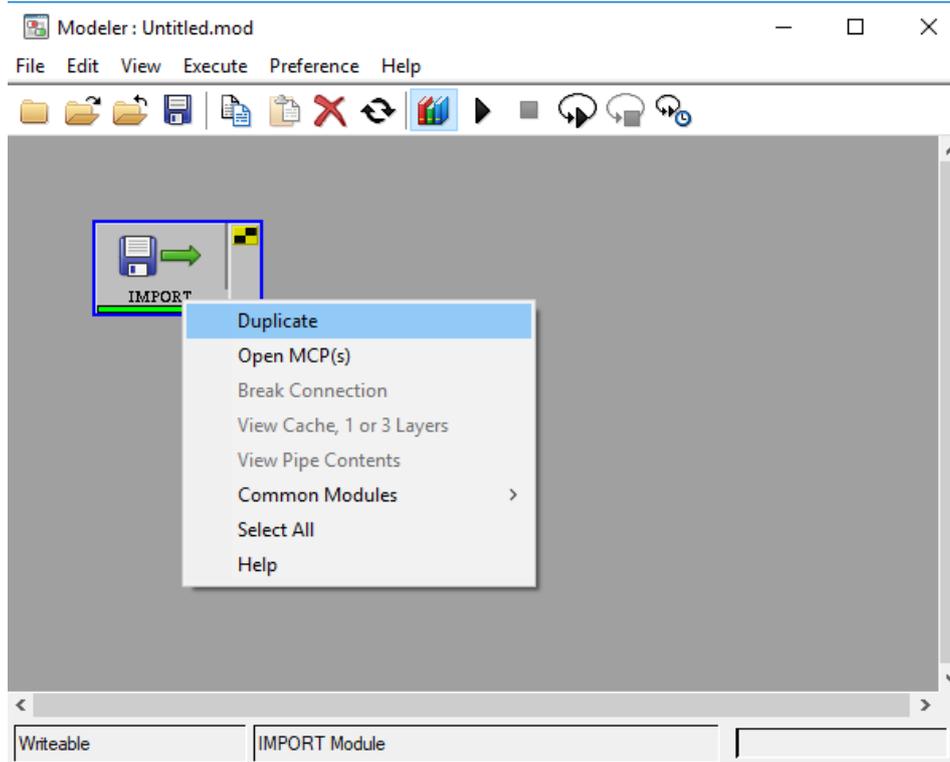
- Habilitar las características de “Raster” y se elige la opción de Aceptar.



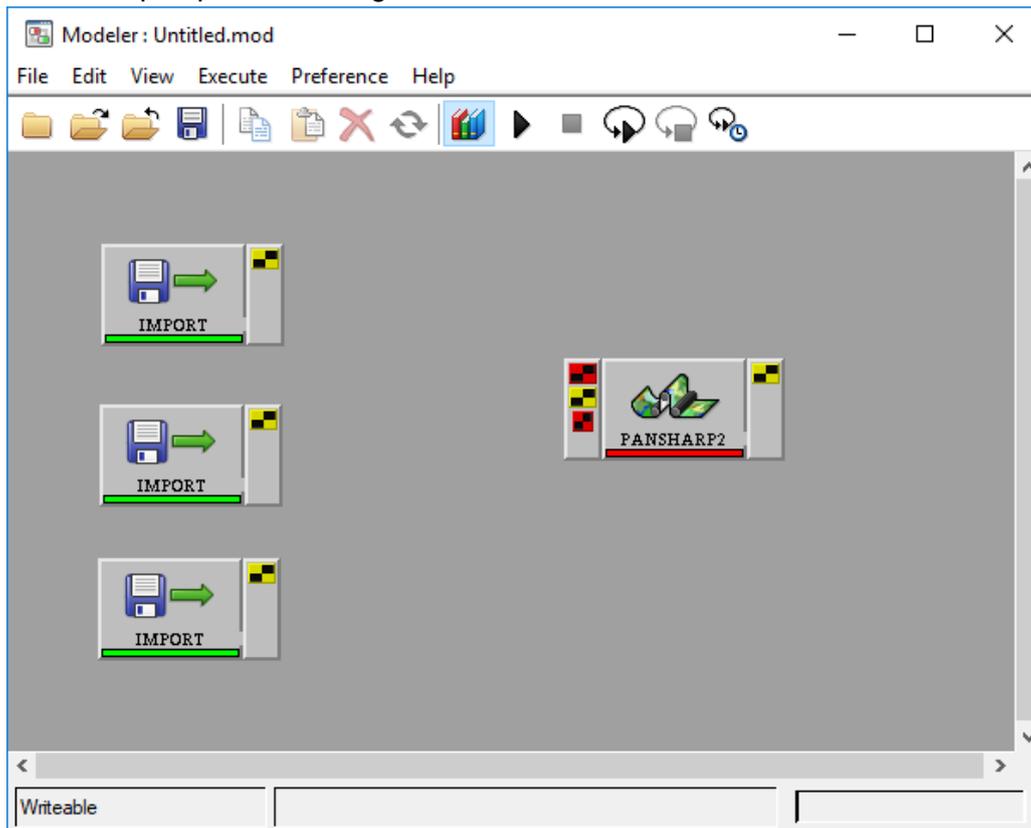
- Confirmar que la pestaña de “Import” se actualice de color: de rojo a verde.



- Realizar click derecho a la pestaña “import” y duplicarlo 2 veces.

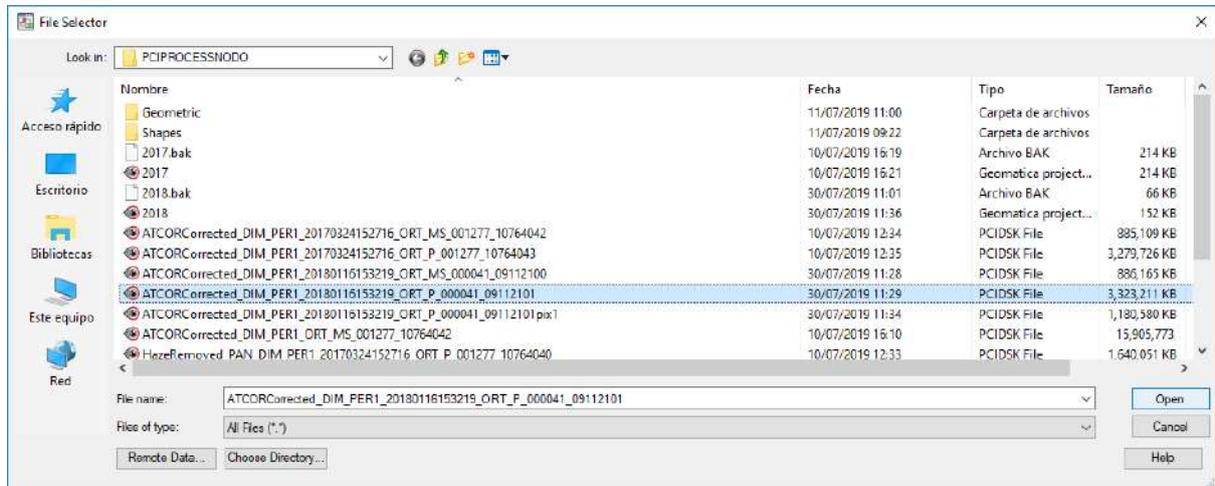


- Verificar que quede de la siguiente manera:

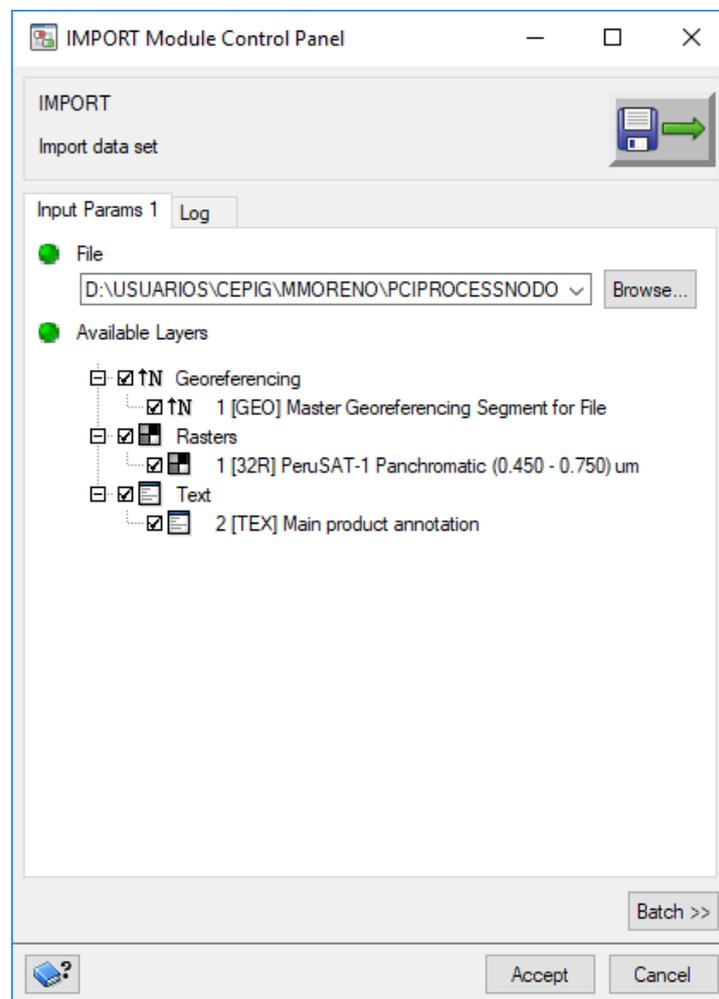




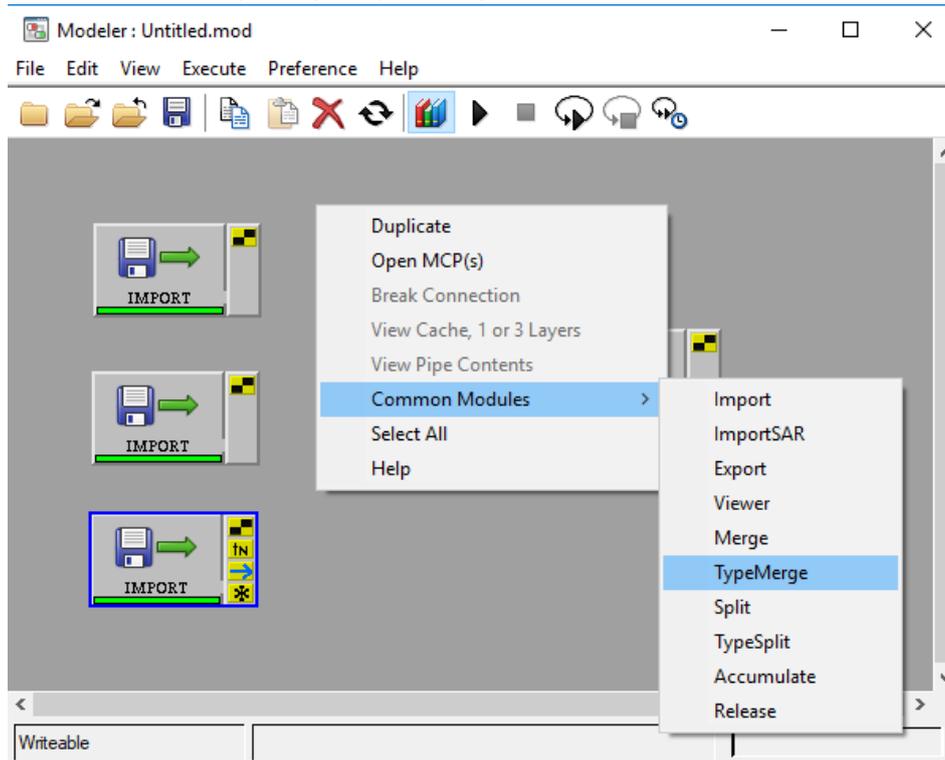
- Cambiar la imagen a la última pestaña duplicada, seleccionando la imagen pancromática.



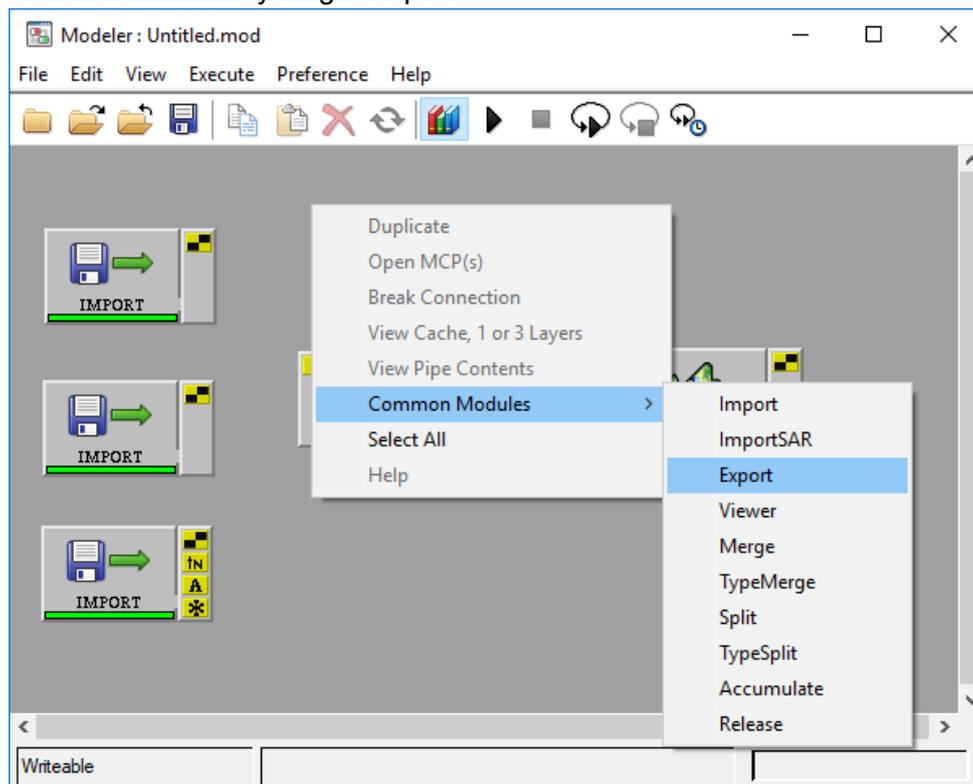
- Habilitar todas las características y dar click en Aceptar.



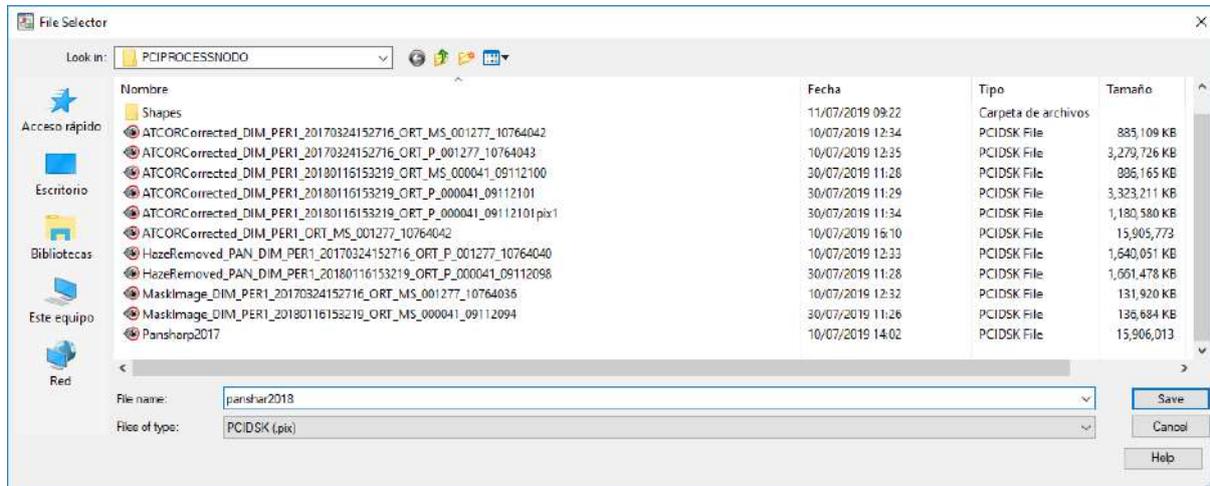
- Realizar click derecho en cualquier área gris de la pantalla y elegir la opción de “Common Modules” y luego “TypeMerge”.



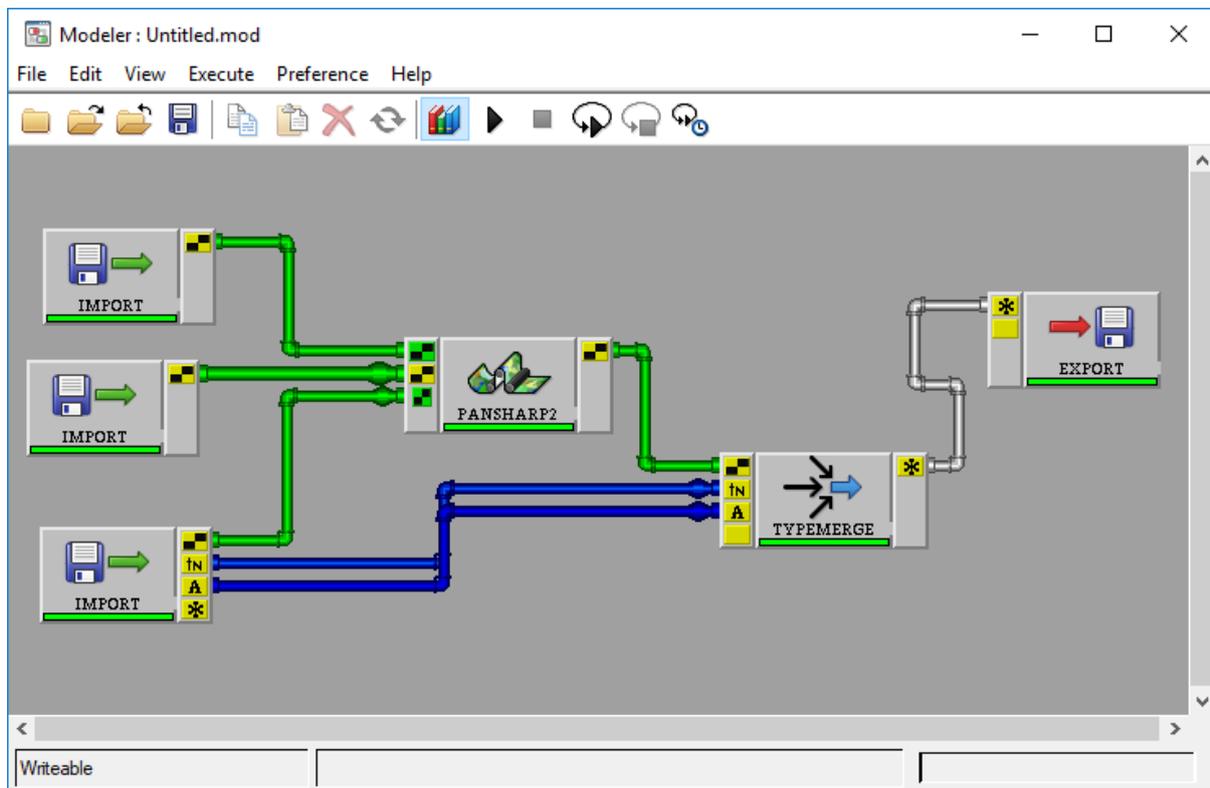
- Realizar click derecho en cualquier área gris de la pantalla y elegir la opción de “Common Modules” y luego “Export”



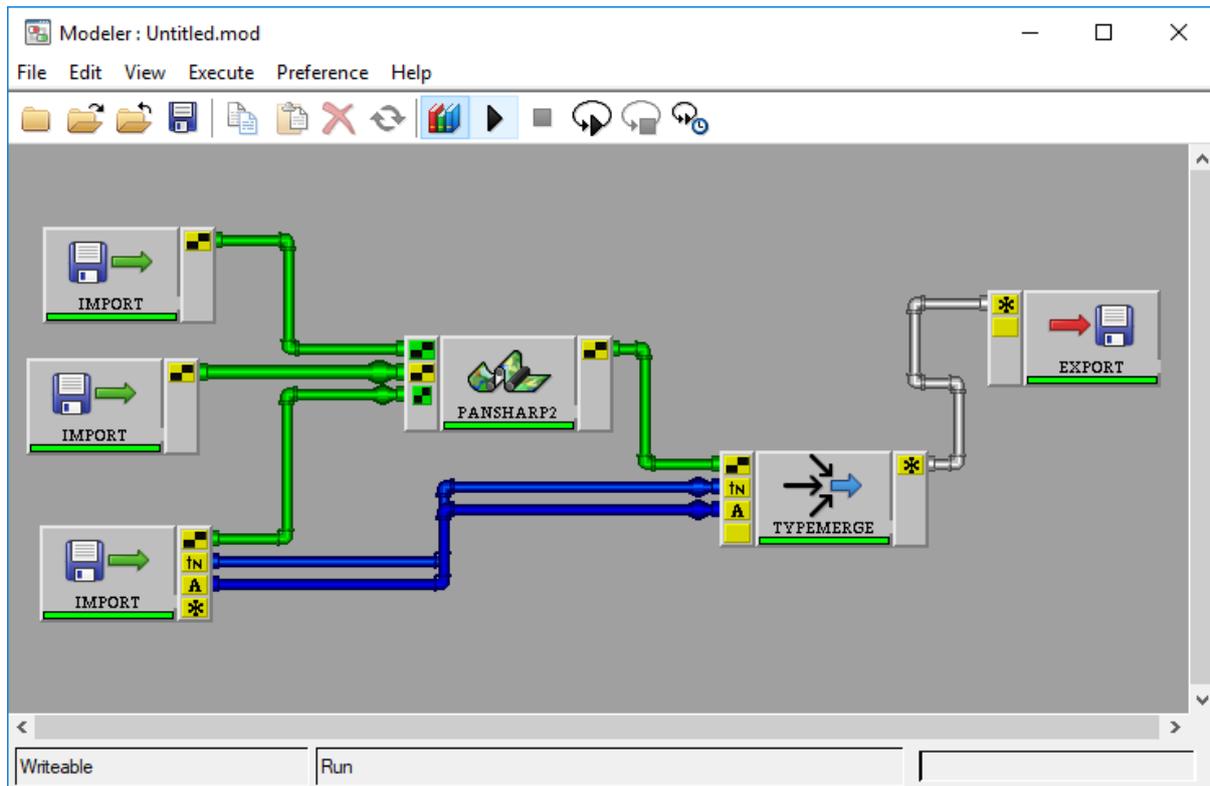
- Realizar doble click a la pestaña “export” y seleccionar la ruta y el nombre de archivo a grabar.



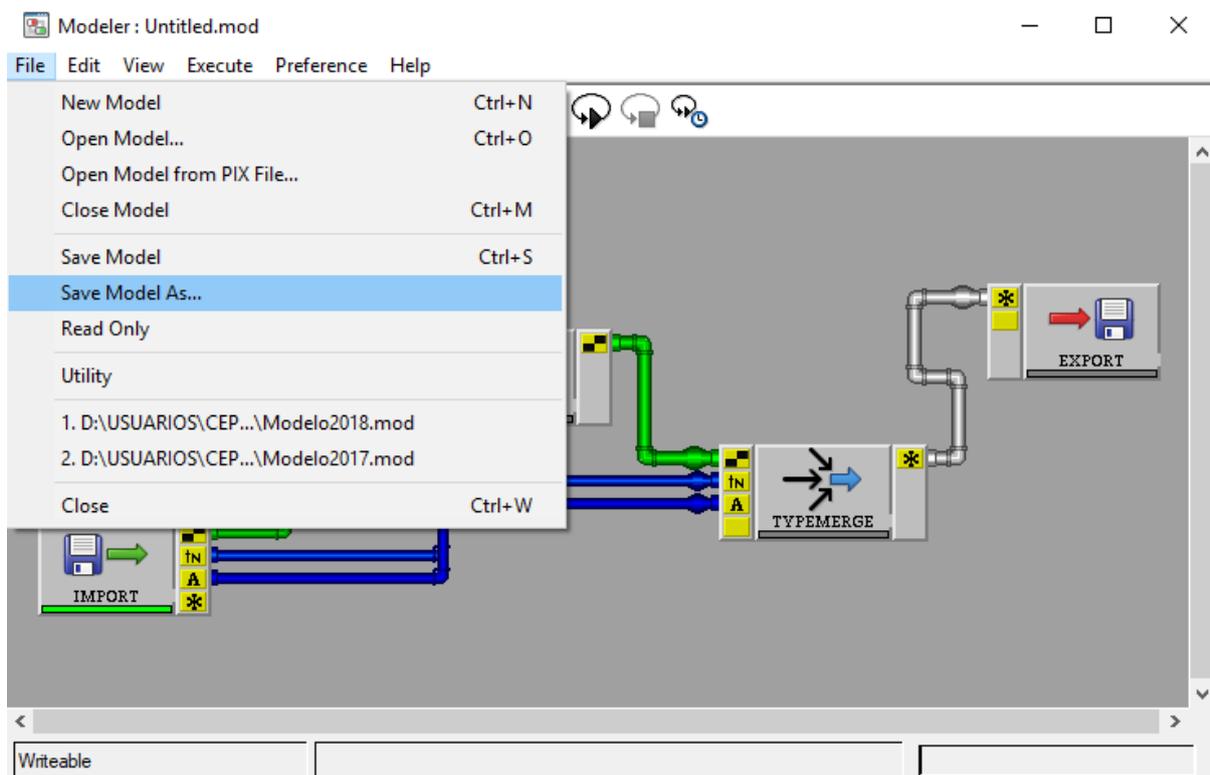
- Finalmente, realizar las conexiones, quedando de la siguiente manera:



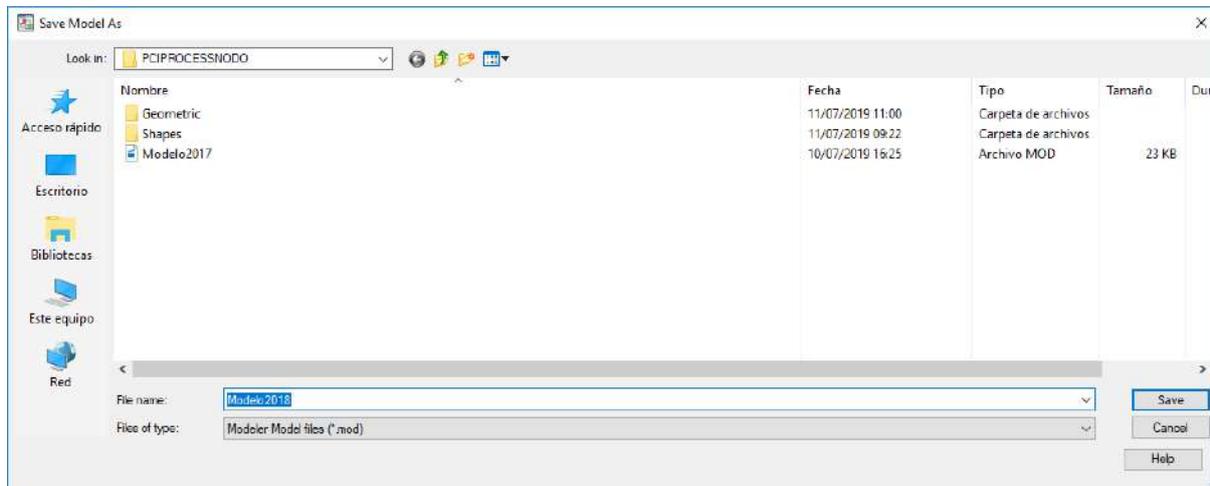
- Elegir la opción “Run” y se dará inicio al procesamiento de “Pansharpenin”



- Guardar el modelo eligiendo la opción “File” y luego “Save Model As”



- Designar el nombre en la ventana emergente. Para este caso, se eligió el nombre “Modelo2018”

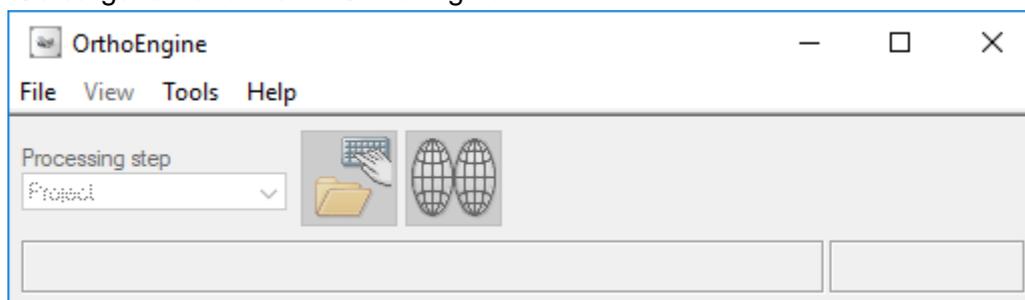


## CORRECCIÓN GEOMÉTRICA

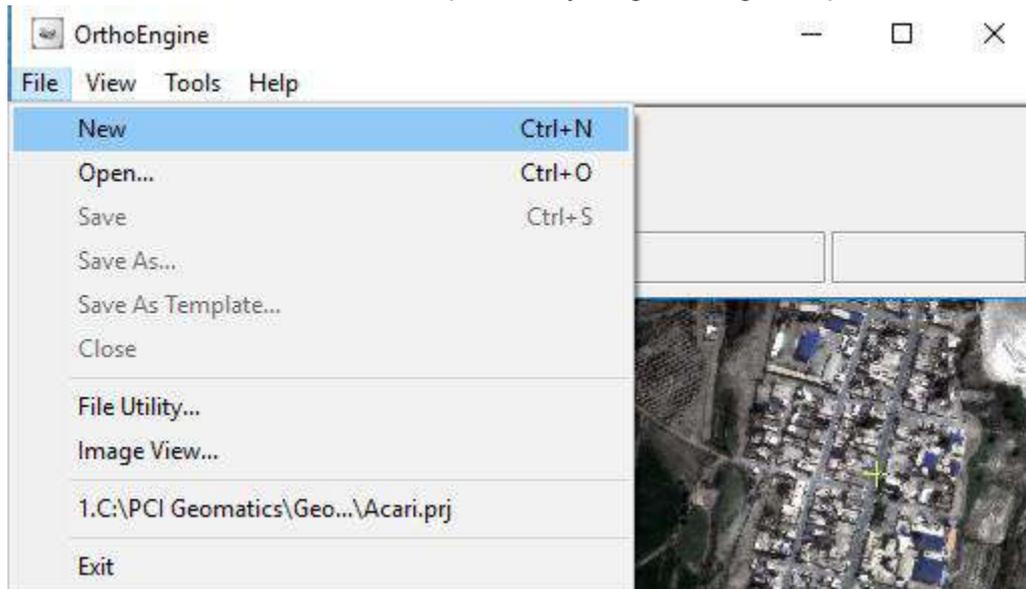
- Utilizar la herramienta “OrthoEngine”.



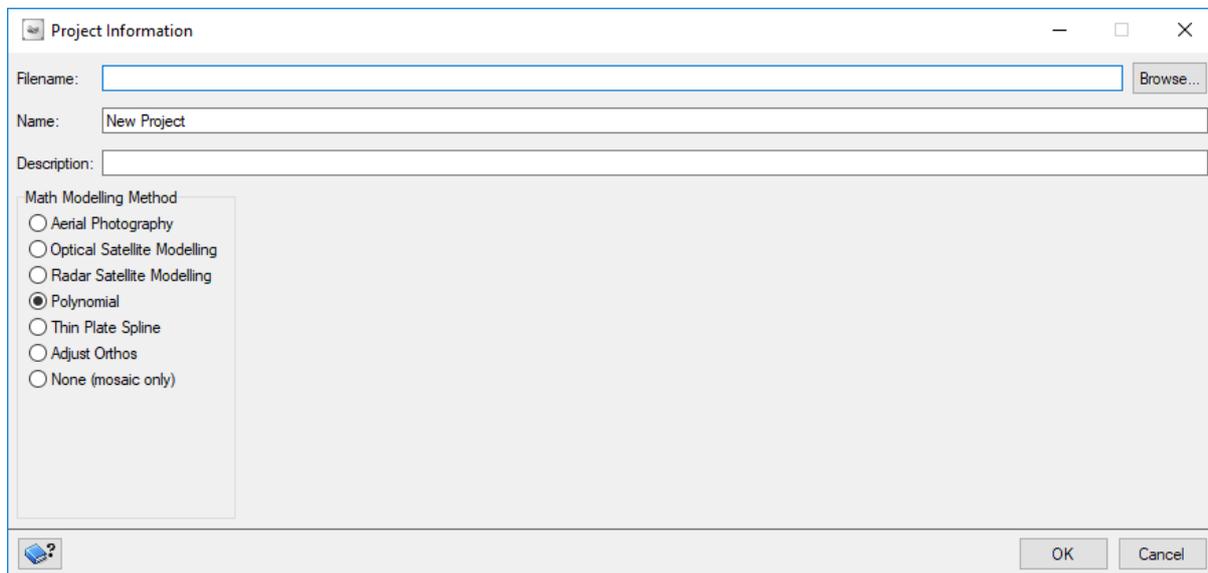
- Se carga la herramienta OrthoEngine



- Seleccionar “File”, del menú de opciones, y luego se elige la opción “New”.



- Se carga la ventana de “Project Information”.



- Asignar un nombre al proyecto, así como sus características y método a elegir.

Project Information

Filename: C:\PCI Geomatics\Geomatica 2018\user\Geometrica.pj

Name: Geometric Correction

Description: Geometric Correction

Math Modelling Method

- Aerial Photography
- Optical Satellite Modelling
- Radar Satellite Modelling
- Polynomial
- Thin Plate Spline
- Adjust Orthos
- None (mosaic only)

OK Cancel

- Se carga la ventana de "Set Projection".

Set Projection

Output Projection

Meter Earth Model... METER More

Output pixel spacing: m

Output line spacing: m

GCP Projection

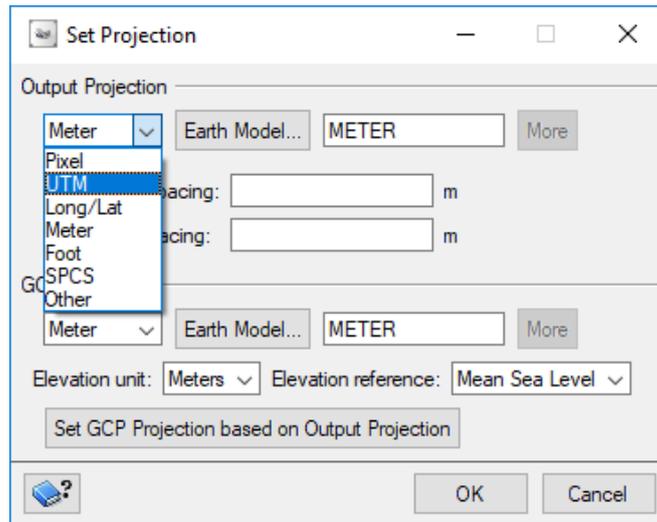
Meter Earth Model... METER More

Elevation unit: Meters Elevation reference: Mean Sea Level

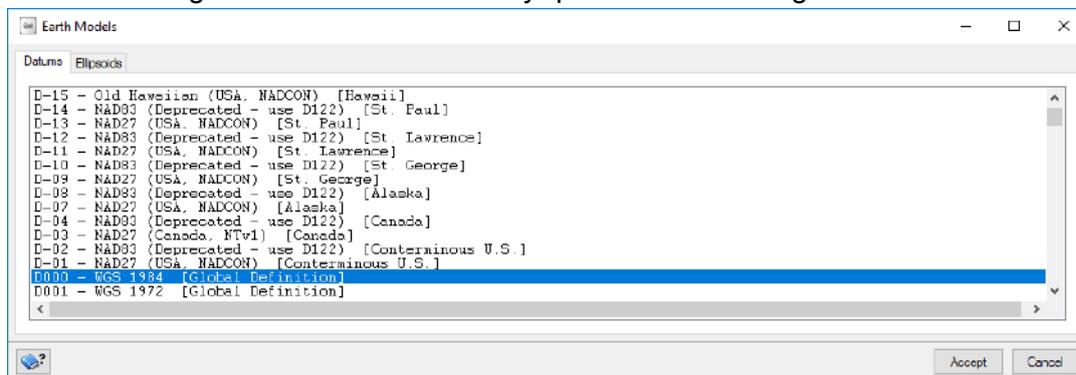
Set GCP Projection based on Output Projection

OK Cancel

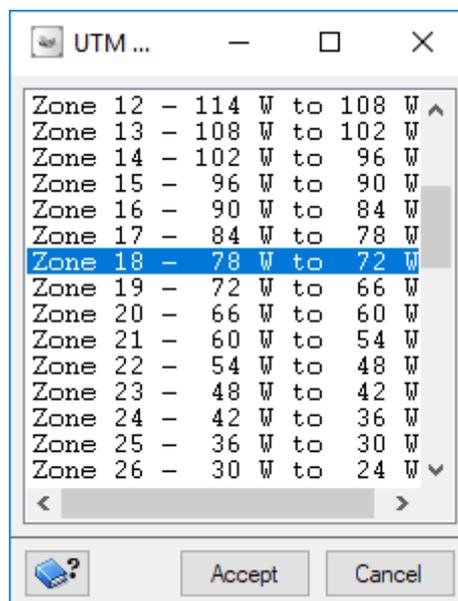
- Elegir la opción UTM



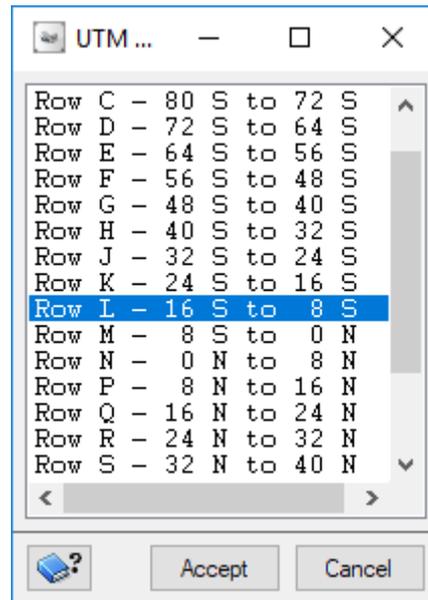
- Se carga una ventana donde hay que colocar el código "D-000 - WGS84" al Datum



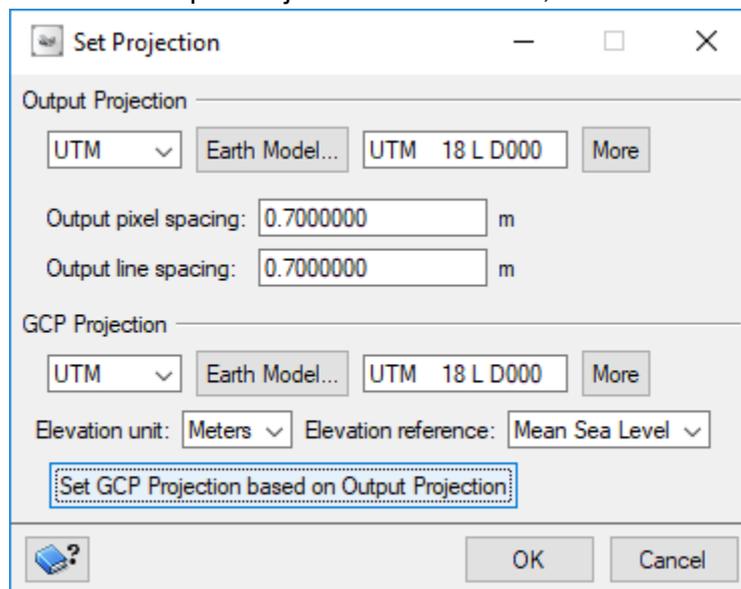
- Elegir la Zona UTM donde se encuentra la localidad de "Acari", en este caso es Zona 18.



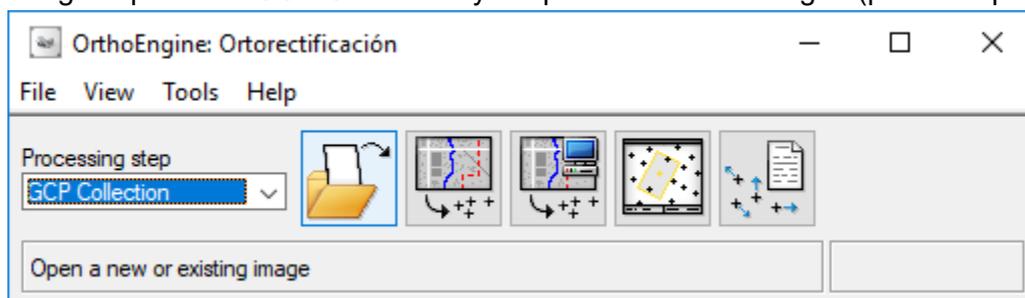
- Elidir el cuadrante, en este caso “L”.



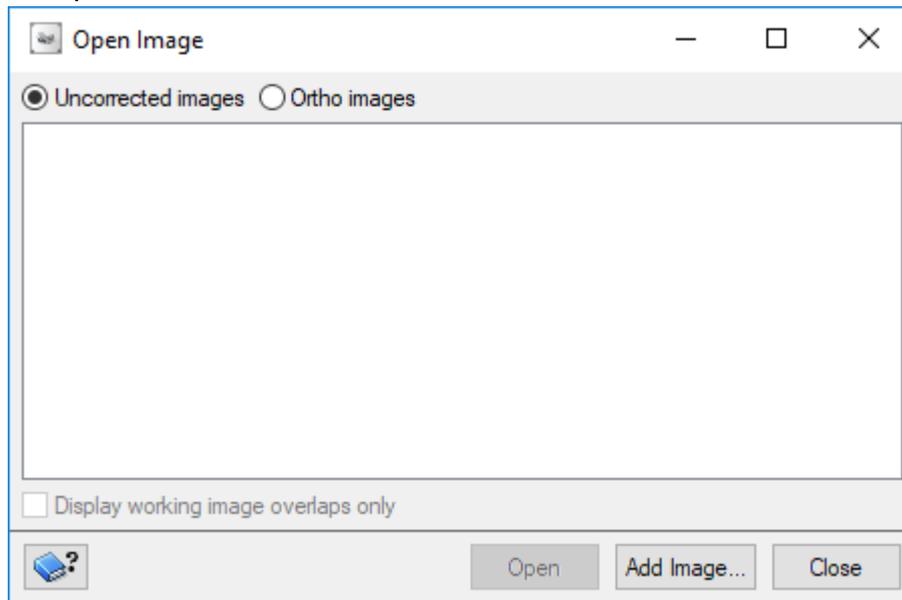
- Indicar la resolución. Para este caso, 0.7 m y luego se coloca la opción “Set GCP Projection based on Output Projection”. Finalmente, click en Ok.



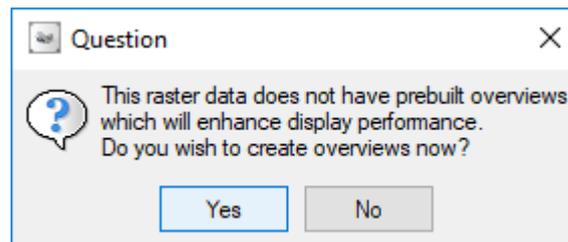
- Elegir al proceso “GCP Collection” y la opción de añadir imagen (primera opción)



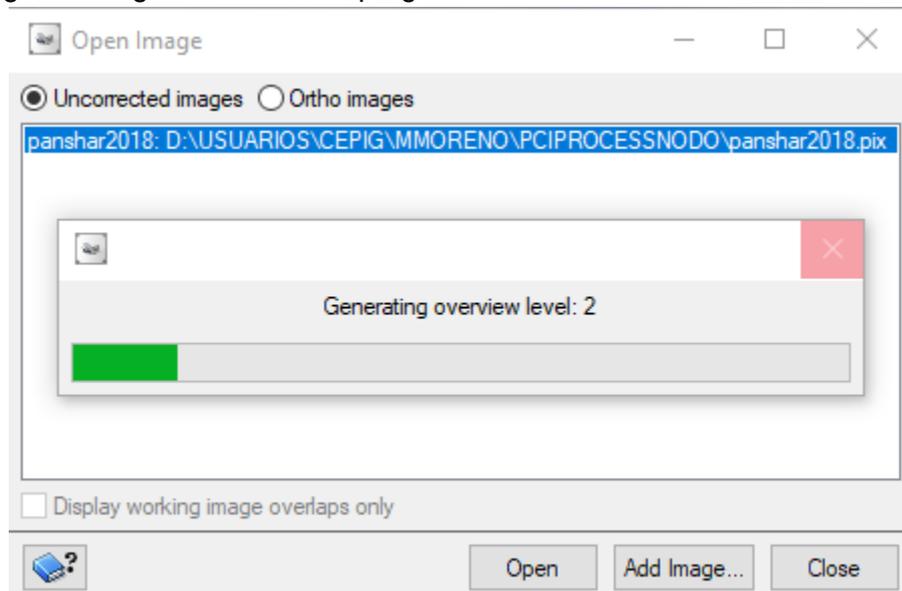
- Se carga la ventana “Open Image”, al que se debe de añadir la imagen del “Panshar2018”.



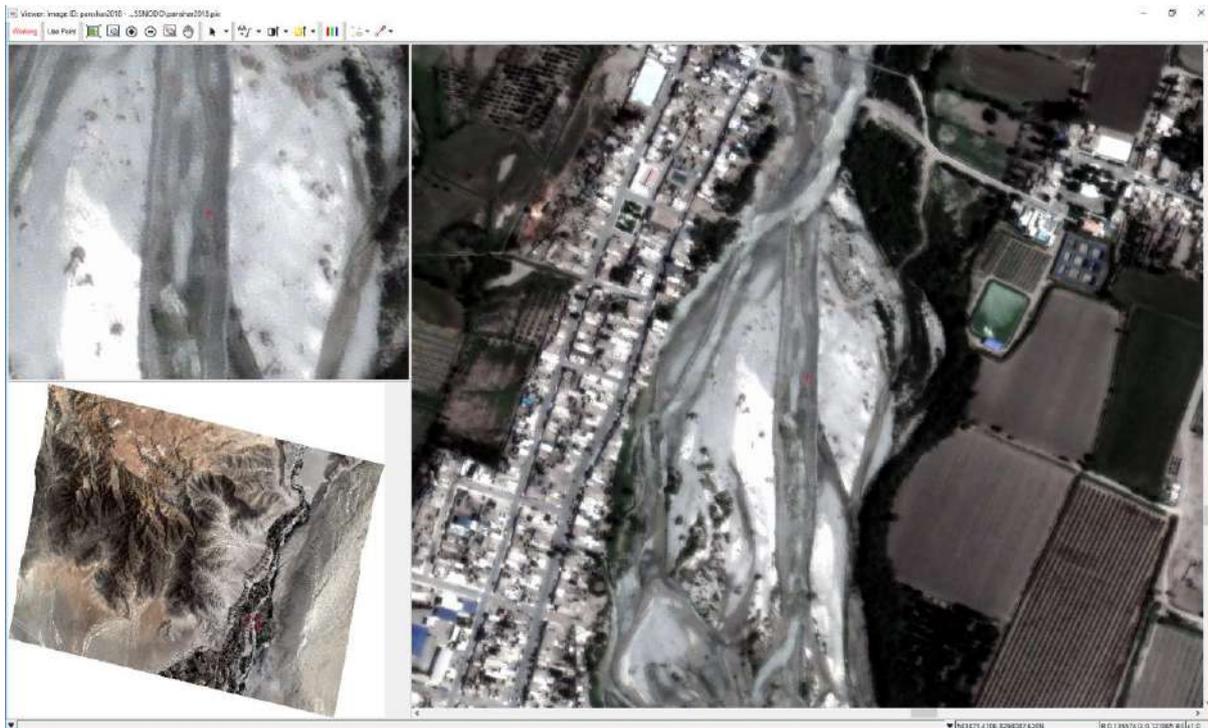
- Se carga automáticamente la ventana de consulta, al cual se debe elegir la opción “Yes”.



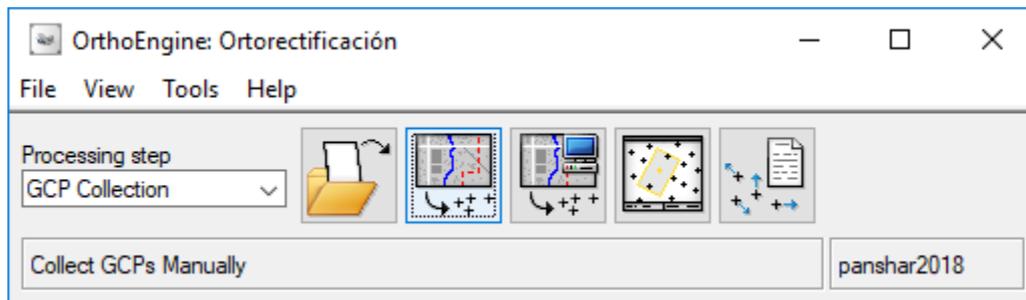
- Luego, se carga la ventana de progreso.



- Luego de finalizar el proceso, se carga la ventana de Viewer, mostrando 3 vistas de la imagen seleccionada.



- Seleccionar la herramienta de puntos de control





- En el cual, se carga la ventana GCP Collection

GCP Collection for panshar2018

Ground control source:

Filename:

DEM:

No. of Coefficients:

Auto locate

Working Image: panshar2018

Point Projection: UTM 18 C D000

Point ID:

Image pixel:  +/-  P

Image line:  +/-  L

Easting (X):  +/-  m

Northing (Y):  +/-  m

MSL Elev (Z):  +/-  m

Reference Image GCPs and Candidates

Image ID	Status

Accepted Points: 0 Total

Residual units:  Ground  Pixels

RMS: X RMS: Y RMS:

Point ID	Residual	Res X	Res Y	Type	Image



- Cambiar la opción de “Ground control source” a “Geocoded vectors”, para poder georeferenciar la imagen con un archivo vector (Shapefile),

GCP Collection for panshar2018

Ground control source: **Manual entry** (dropdown menu open showing: Manual entry, Geocoded image, **Geocoded vectors**, Chip database, PIX/Text file)

Filename:

DEM:

No. of Coefficients:

Auto locate

Working Image: panshar2018

Point Projection: UTM 18 C D000

Point ID:

Image pixel:  +/-  P

Image line:  +/-  L

Easting (X):  +/-  m

Northing (Y):  +/-  m

MSL Elev (Z):  +/-  m

Reference Image GCPs and Candidates

Image ID	Status

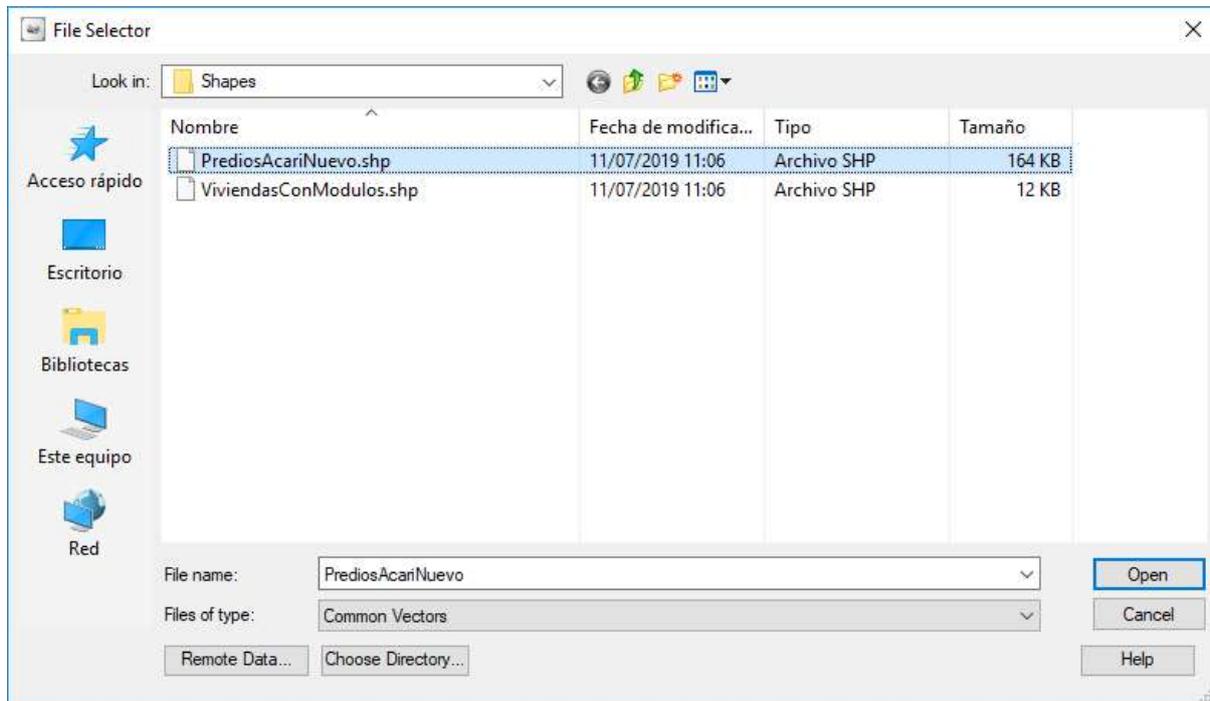
Accepted Points: 0 Total

Residual units:  Ground  Pixels

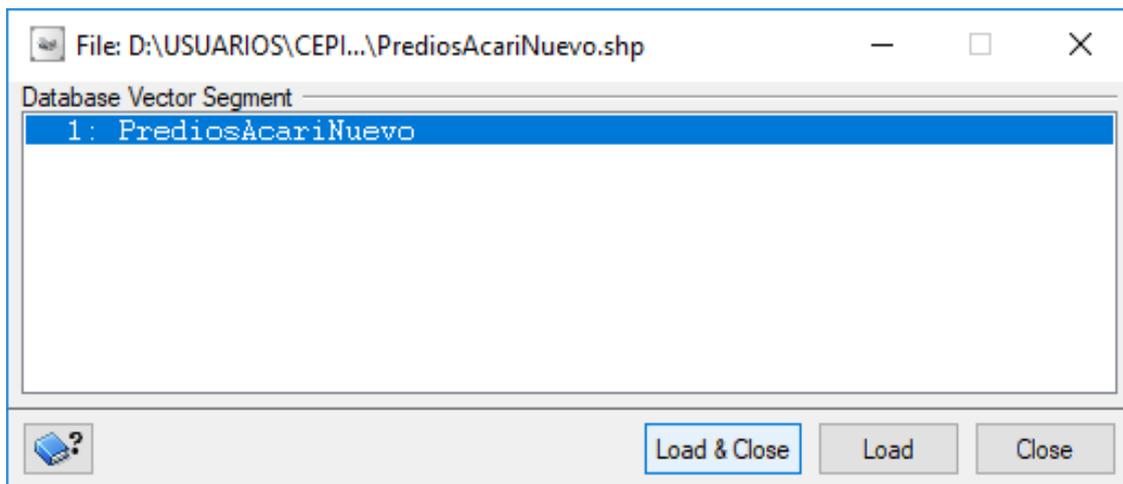
RMS: X RMS: Y RMS:

Point ID	Residual	Res X	Res Y	Type	Image

- Ubicar el archivo a utilizar:

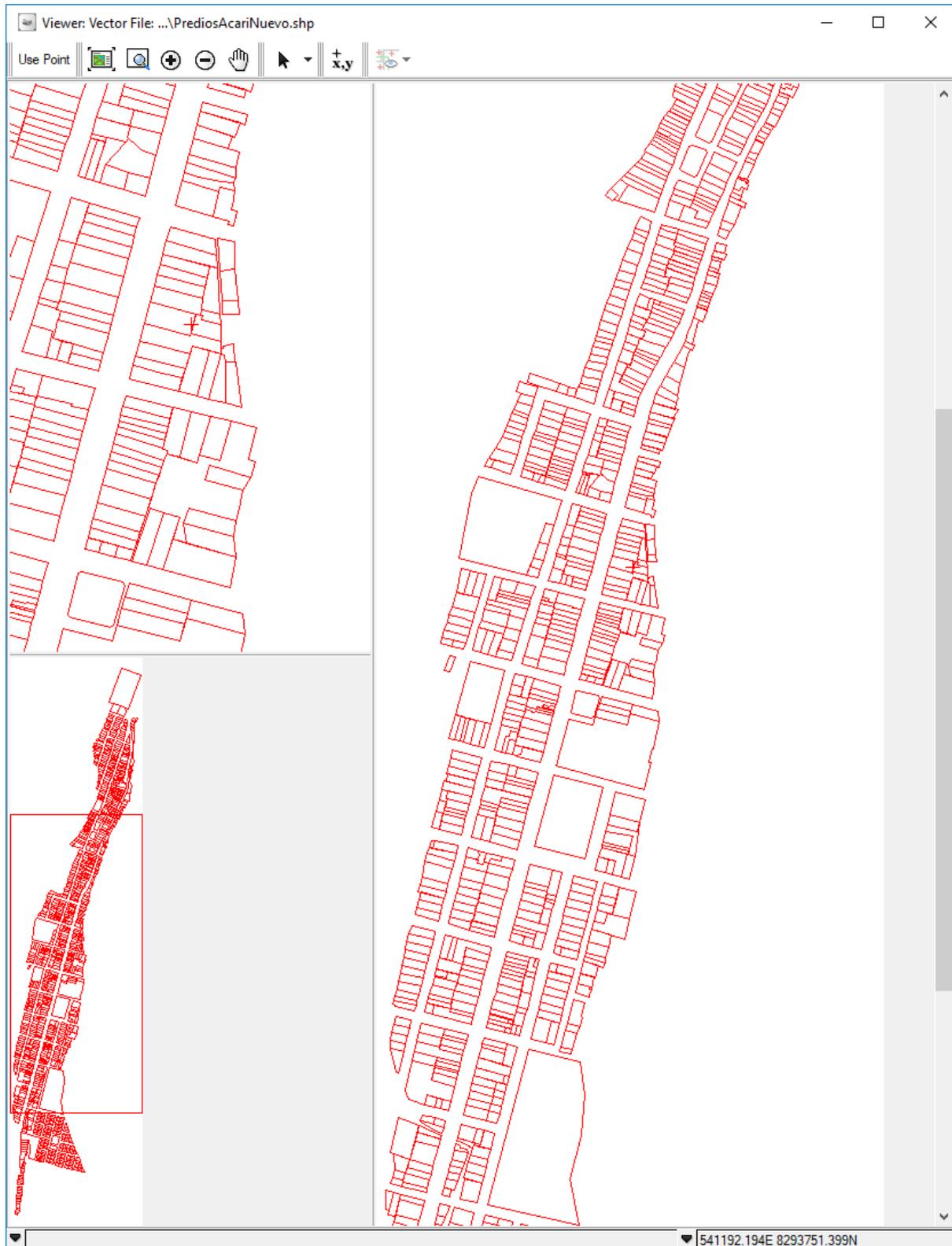


- Se carga la ventana para seleccionar el archivo. Después se elige la opción “Load & Close”.



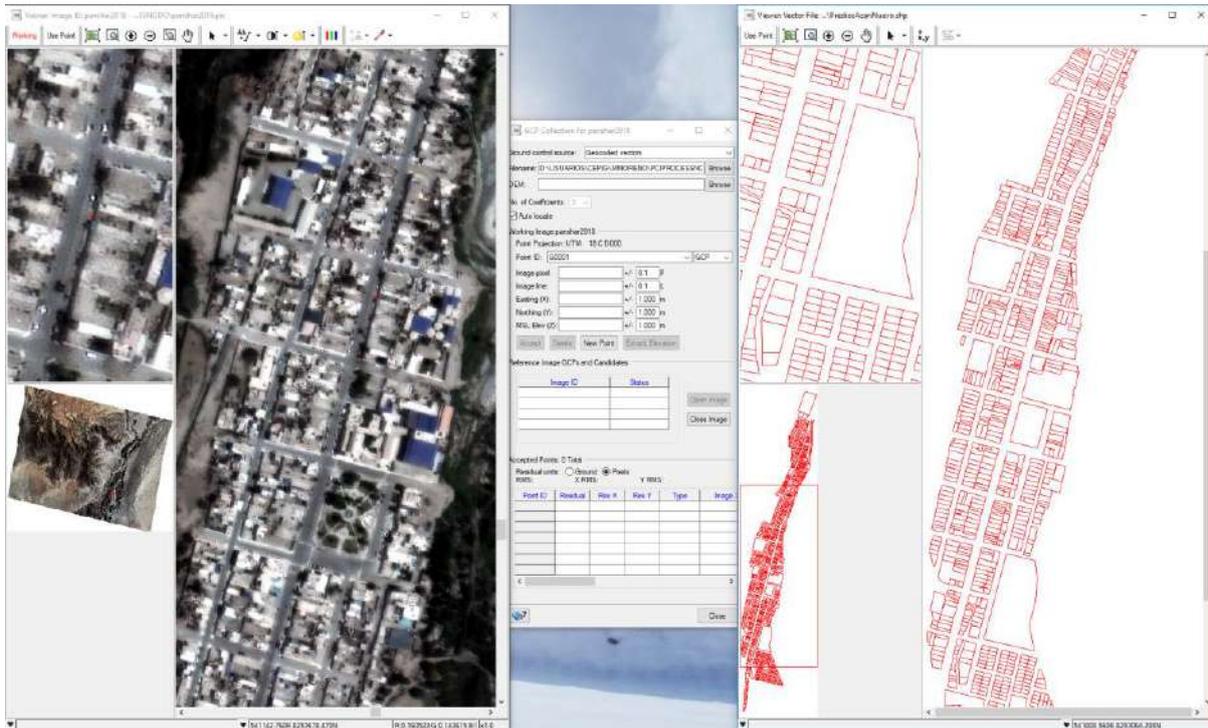


- Se carga automáticamente la segunda ventana de "Viewer", con el archivo de vector elegido.

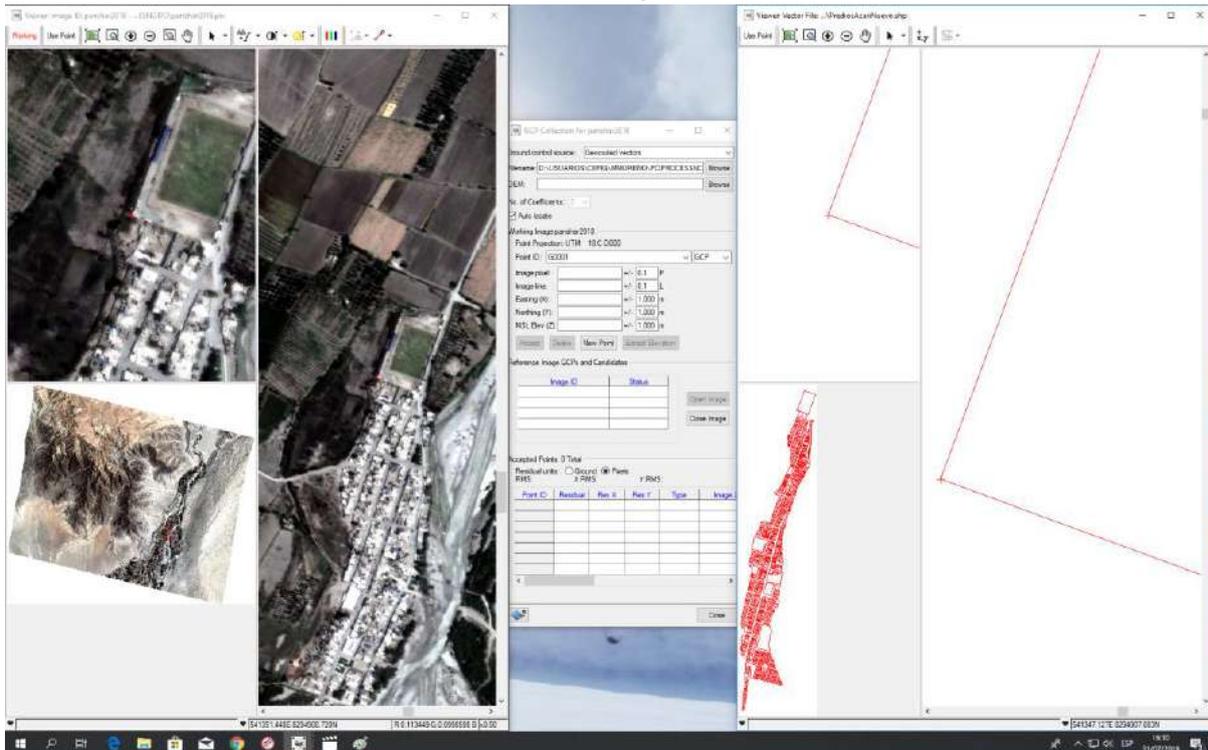




- Establecer puntos de control. Para eso, se recomienda tener la siguiente distribución.



- Utilizar Use Point para ambas Vistas, luego de identificar los puntos de control





- Al finalizar el establecimiento del primer punto de control, debe quedar de la siguiente manera:

GCP Collection for panshar2018

Ground control source:

Filename:

DEM:

No. of Coefficients:

Auto locate

Working Image: panshar2018

Point Projection: UTM 18 C D000

Point ID:

Image pixel:  +/-  P

Image line:  +/-  L

Easting (X):  +/-  m

Northing (Y):  +/-  m

MSL Elev (Z):  +/-  m

Reference Image GCPs and Candidates

Image ID	Status

Accepted Points: 0 Total

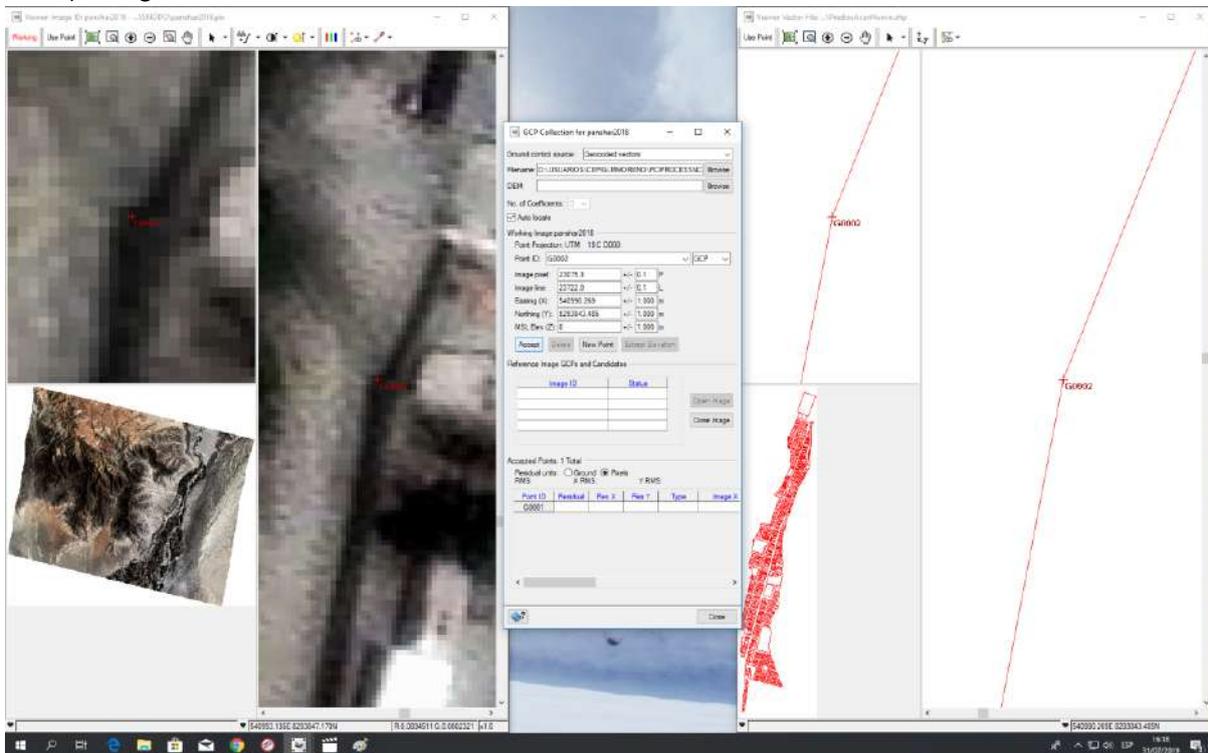
Residual units:  Ground  Pixels

RMS: X RMS: Y RMS:

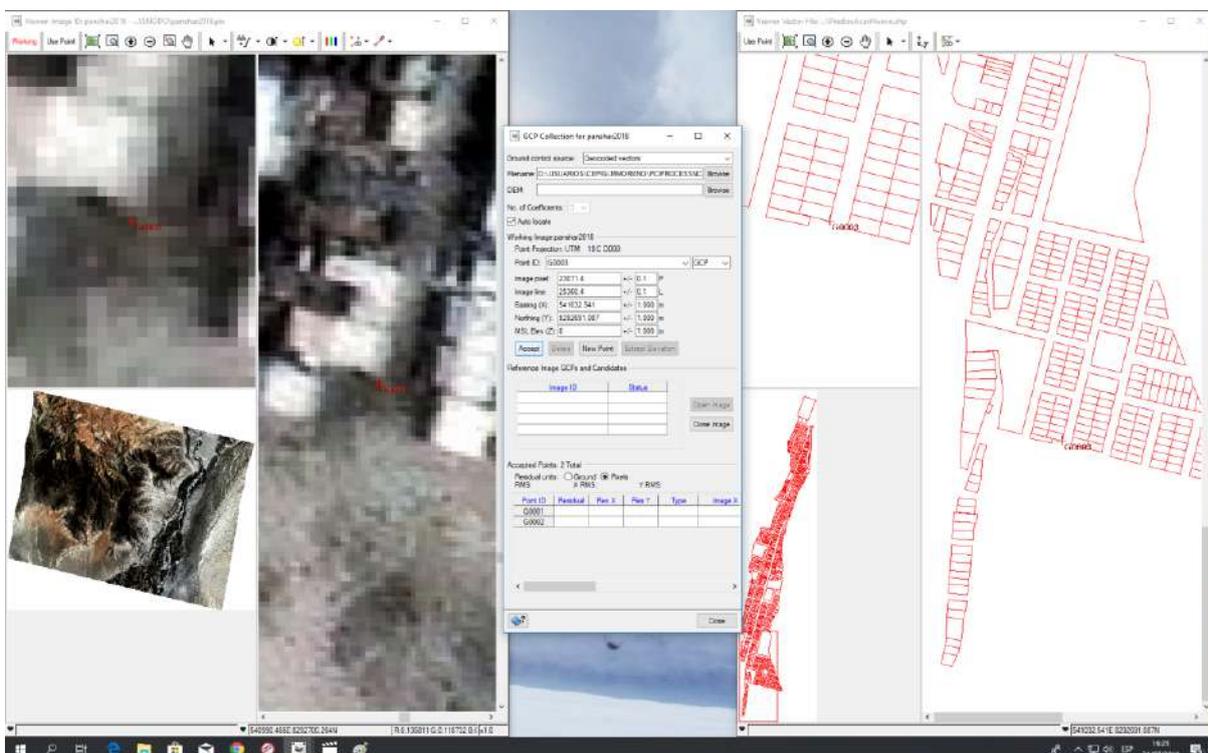
Point ID	Residual	Res X	Res Y	Type	Image

- Elegir la opción de Aceptar y se continúa el llenado de los siguientes puntos de control.

### a) Segundo Punto

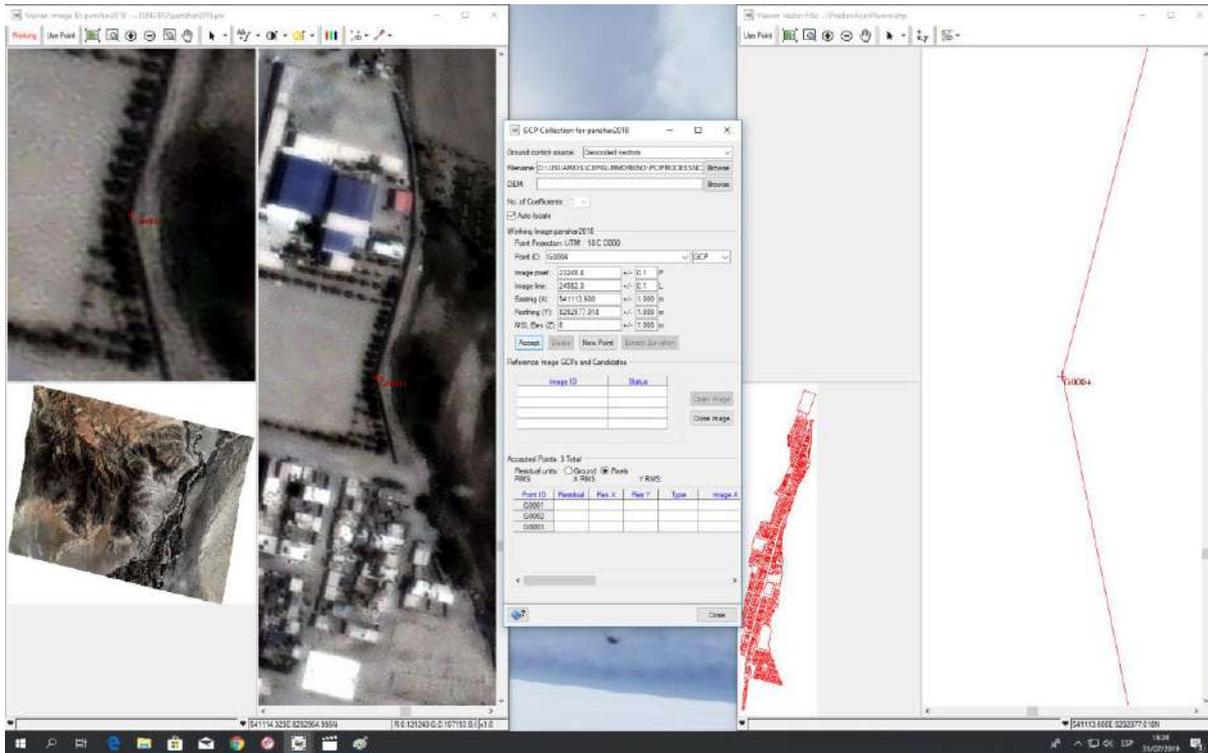


### b) Tercer Punto

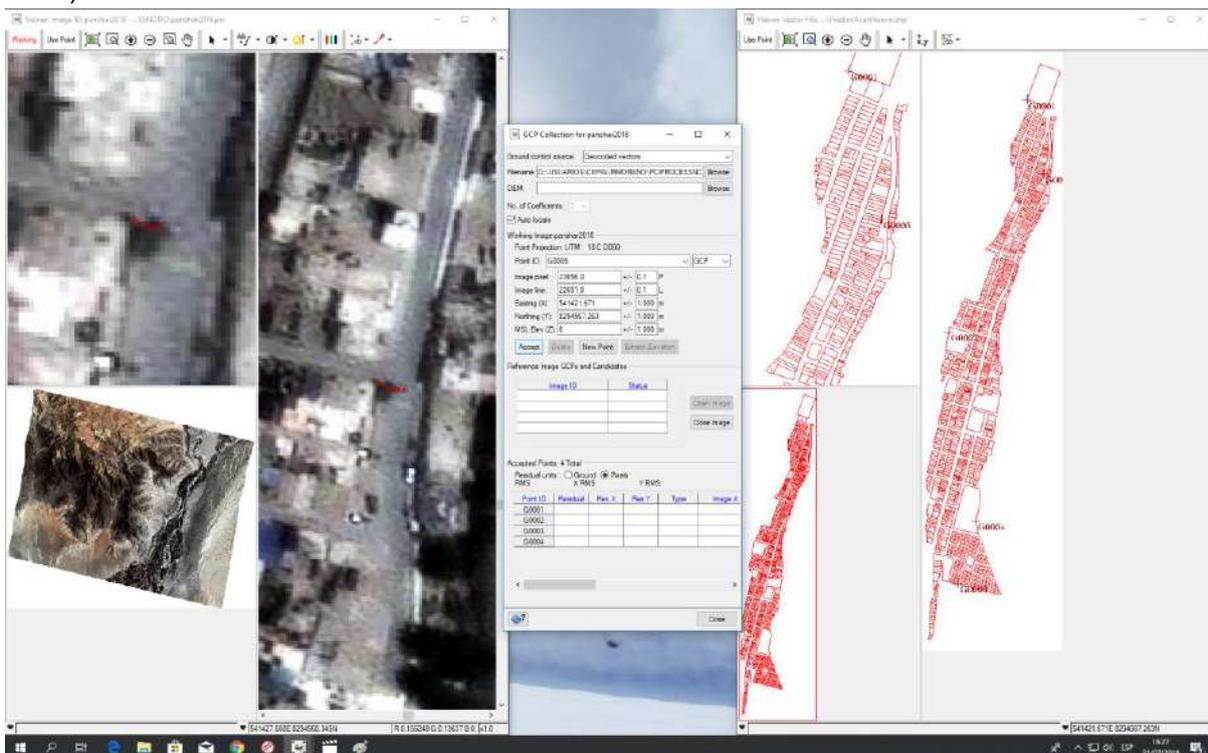




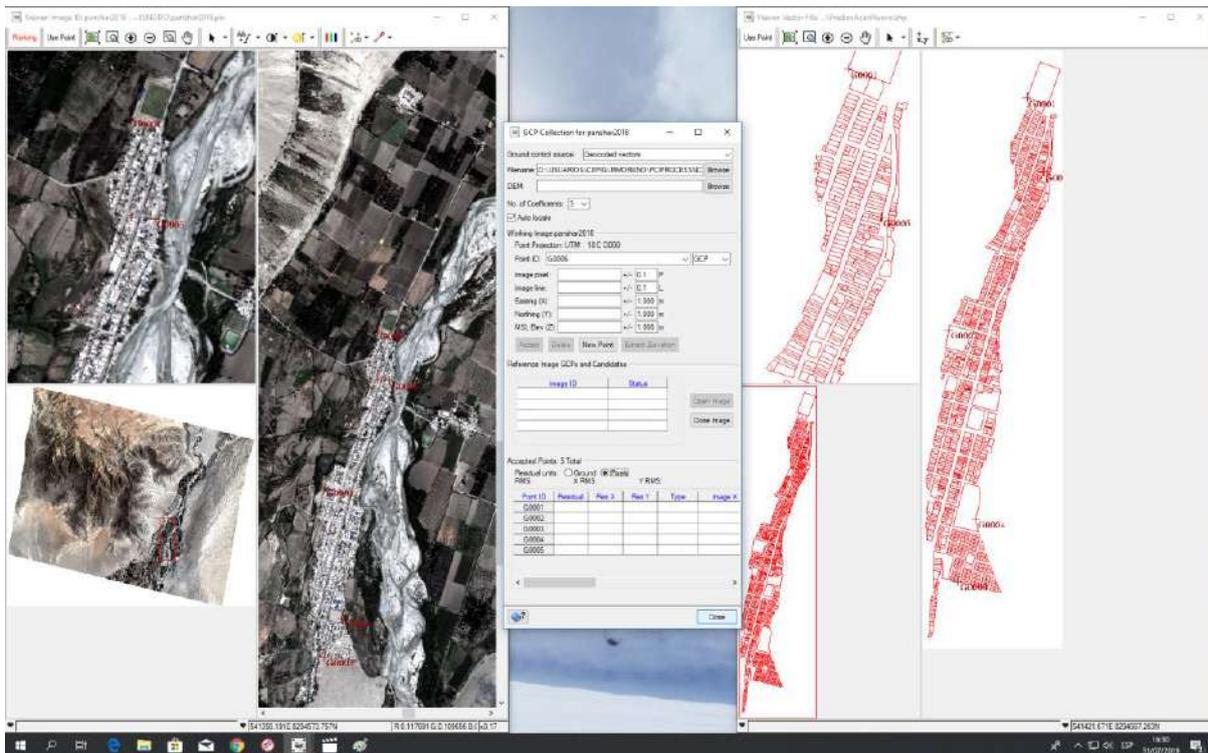
c) Cuarto Punto



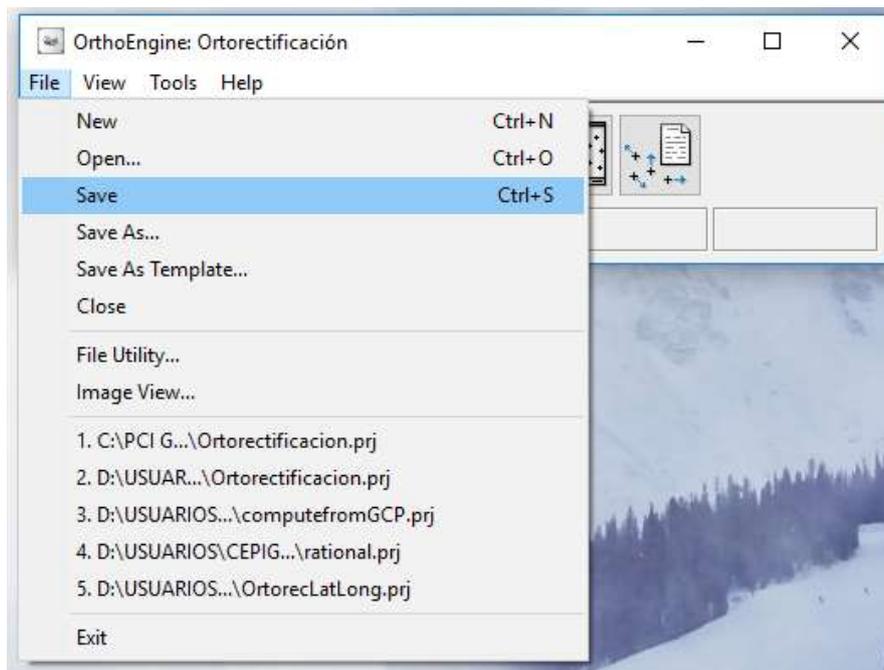
d) Quinto Punto



- Finalmente de establecer los puntos de control, queda de la siguiente manera:

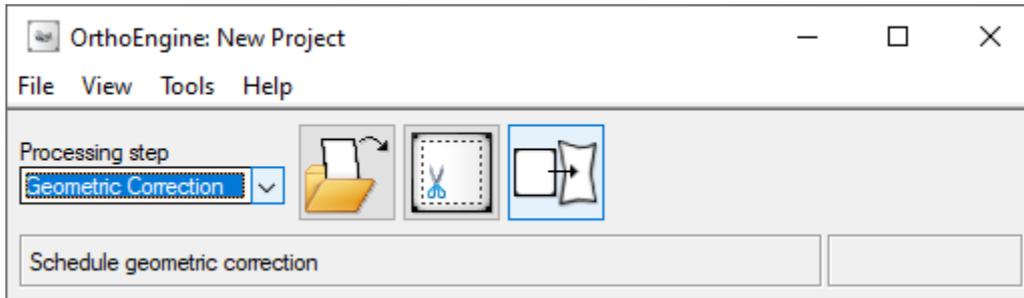


- Elegir la opción Close (de la ventana de puntos de control), cerrar las 3 ventanas y guardar el proyecto.

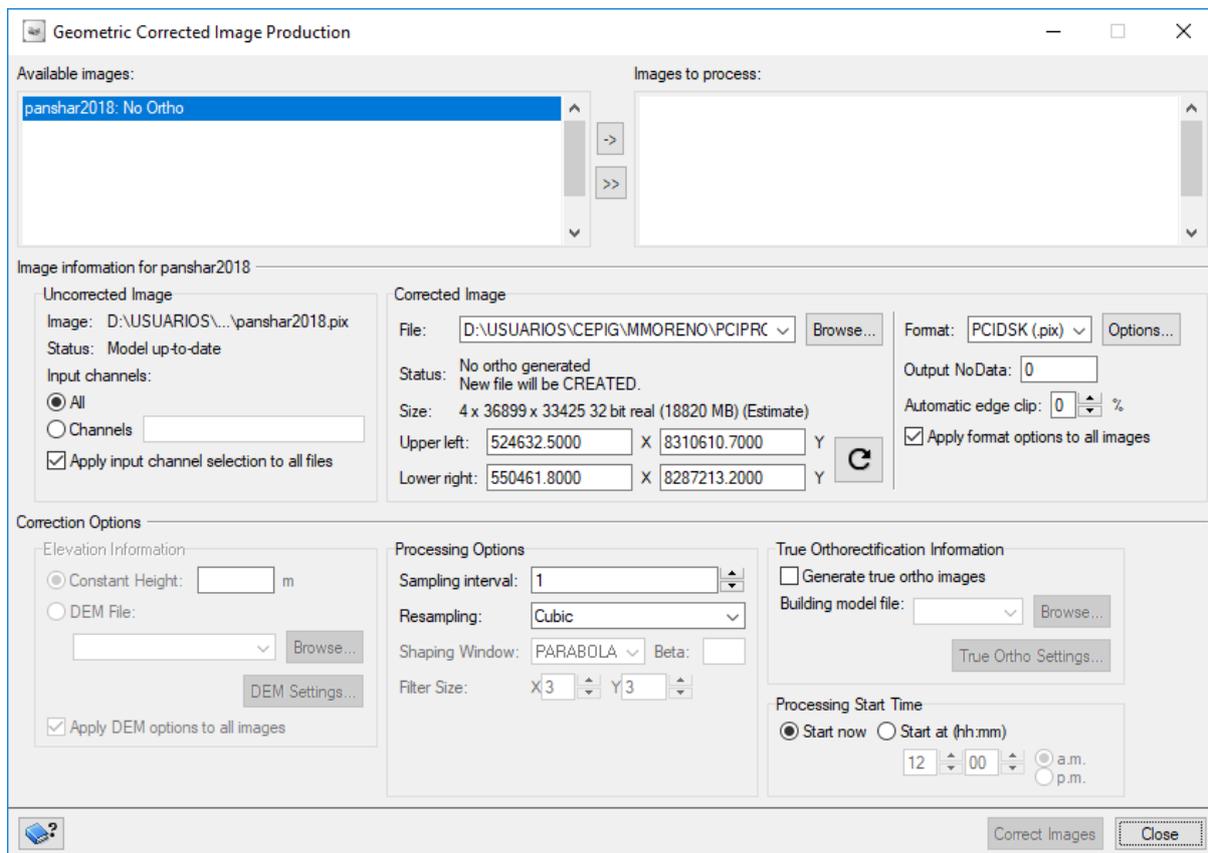




- Elegir el procesamiento: “Geometric Correction”.

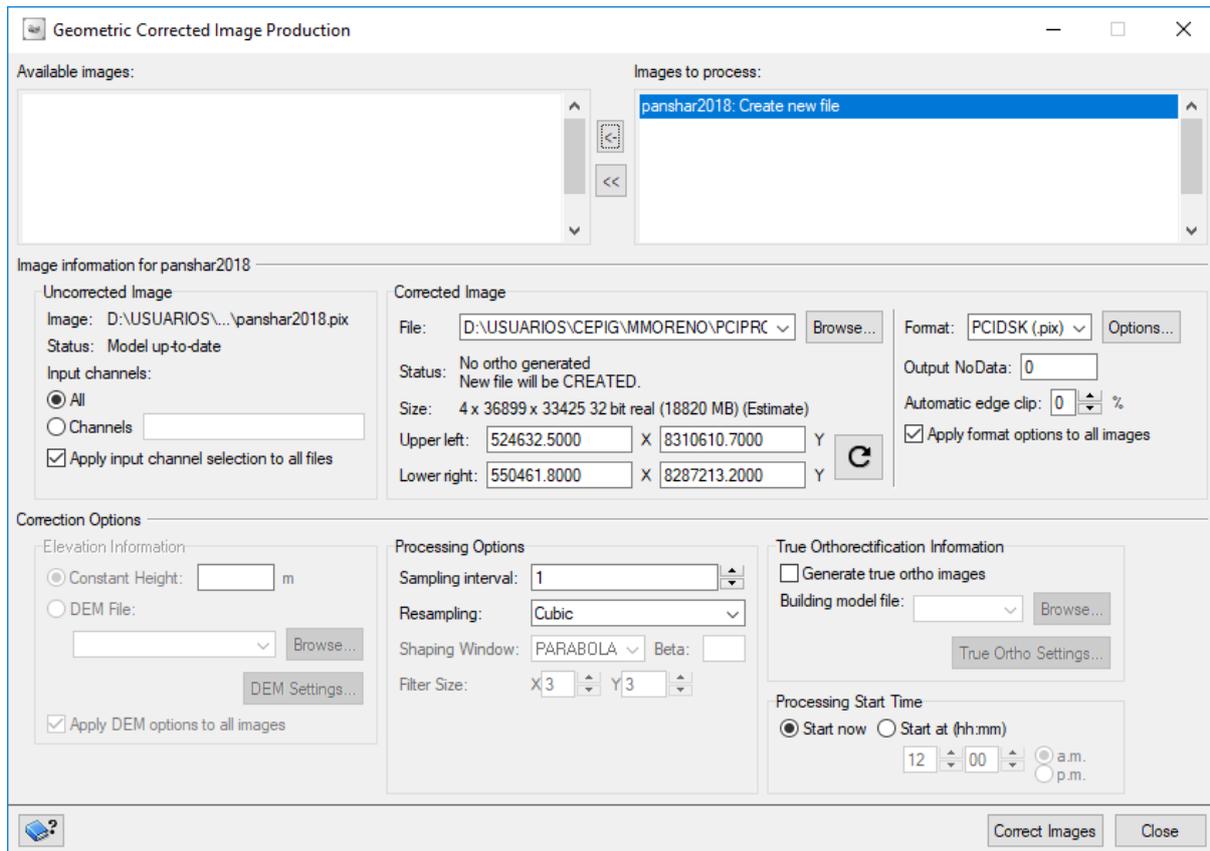


- Elegir la opción “Shedule Geometric Correction”, en el cual aparece la siguiente ventana

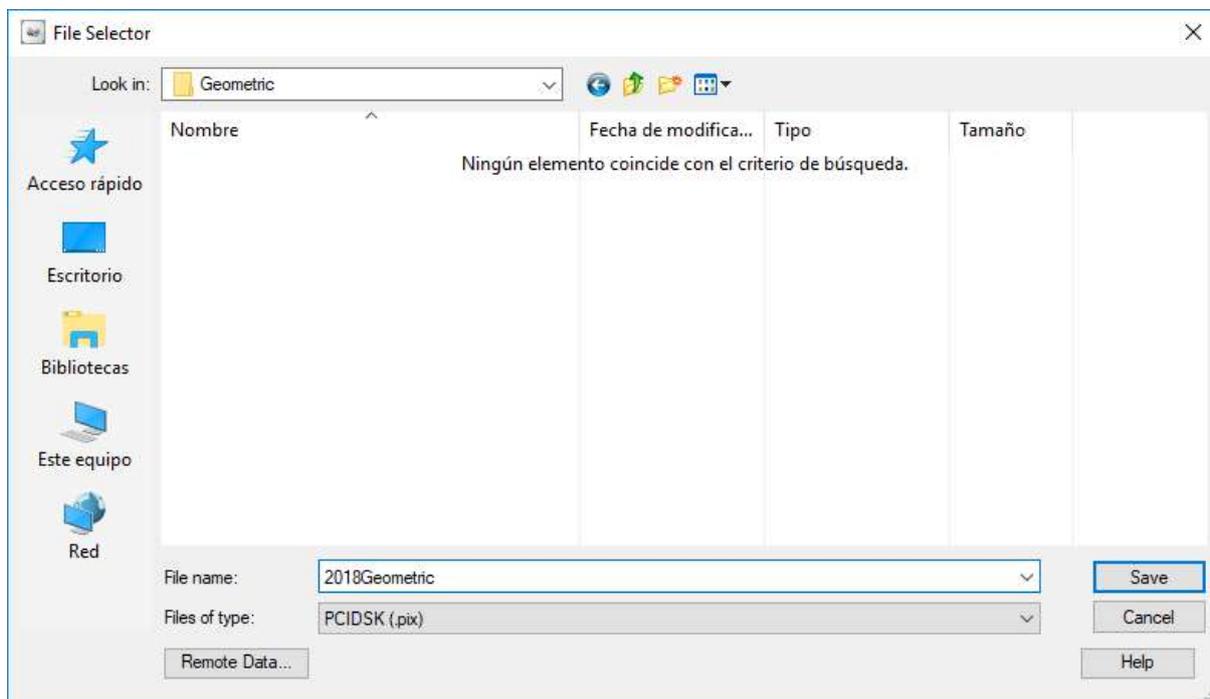




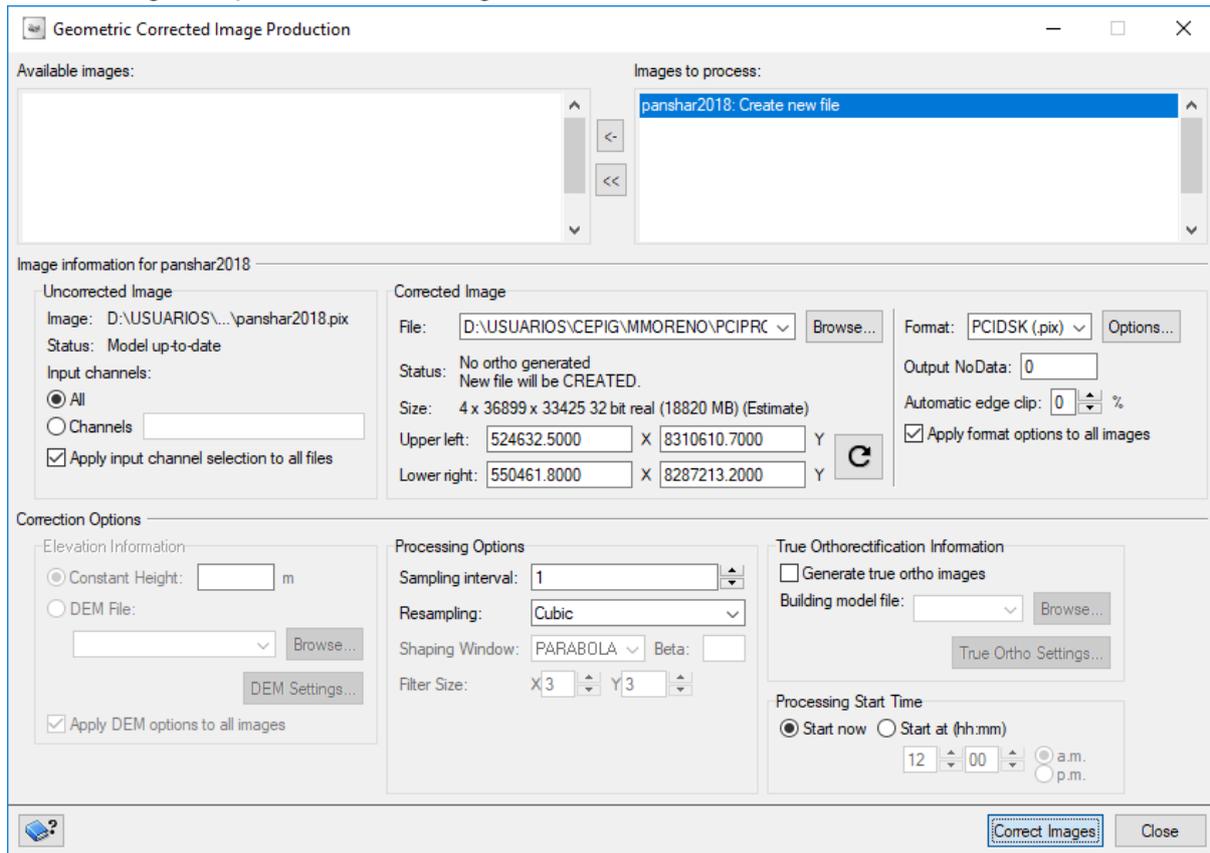
- Elegir la imagen y luego se escoge el botón “->”, quedando de la siguiente manera:



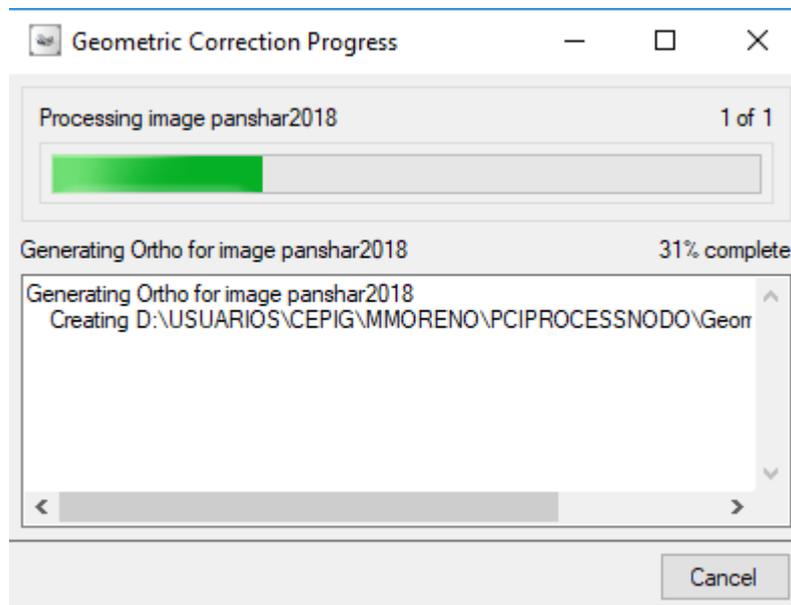
- Dar el nombre y establecer la ruta de grabación.



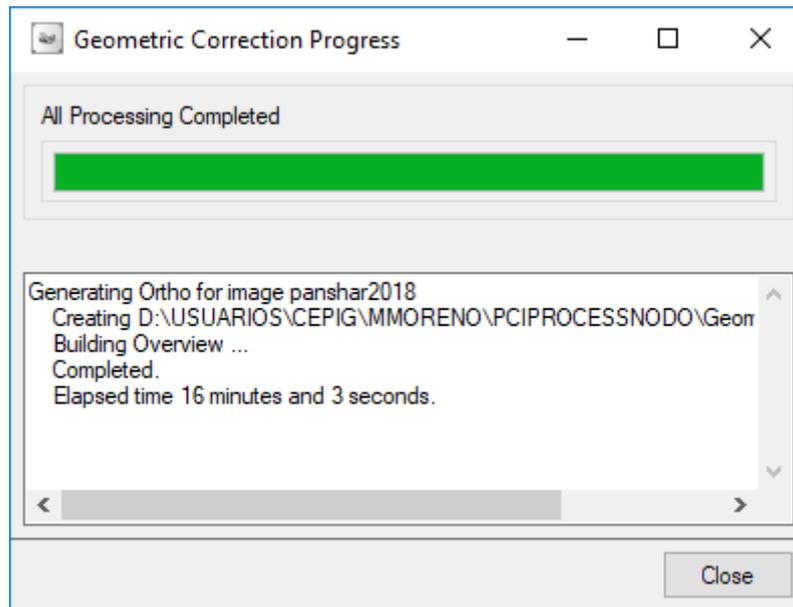
- Elegir la opción “Correct Images”.



- Se carga automáticamente la siguiente ventana:

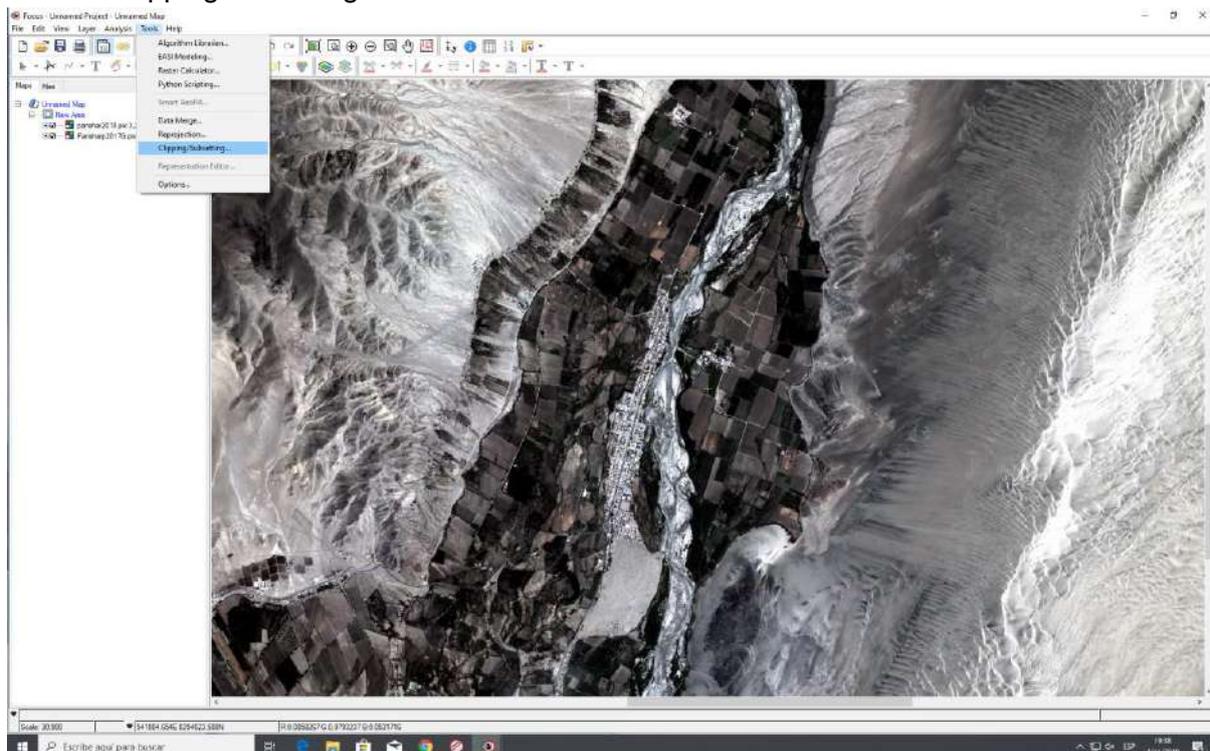


- Finalmente, se carga la ventana de progreso con el tiempo de procesamiento.



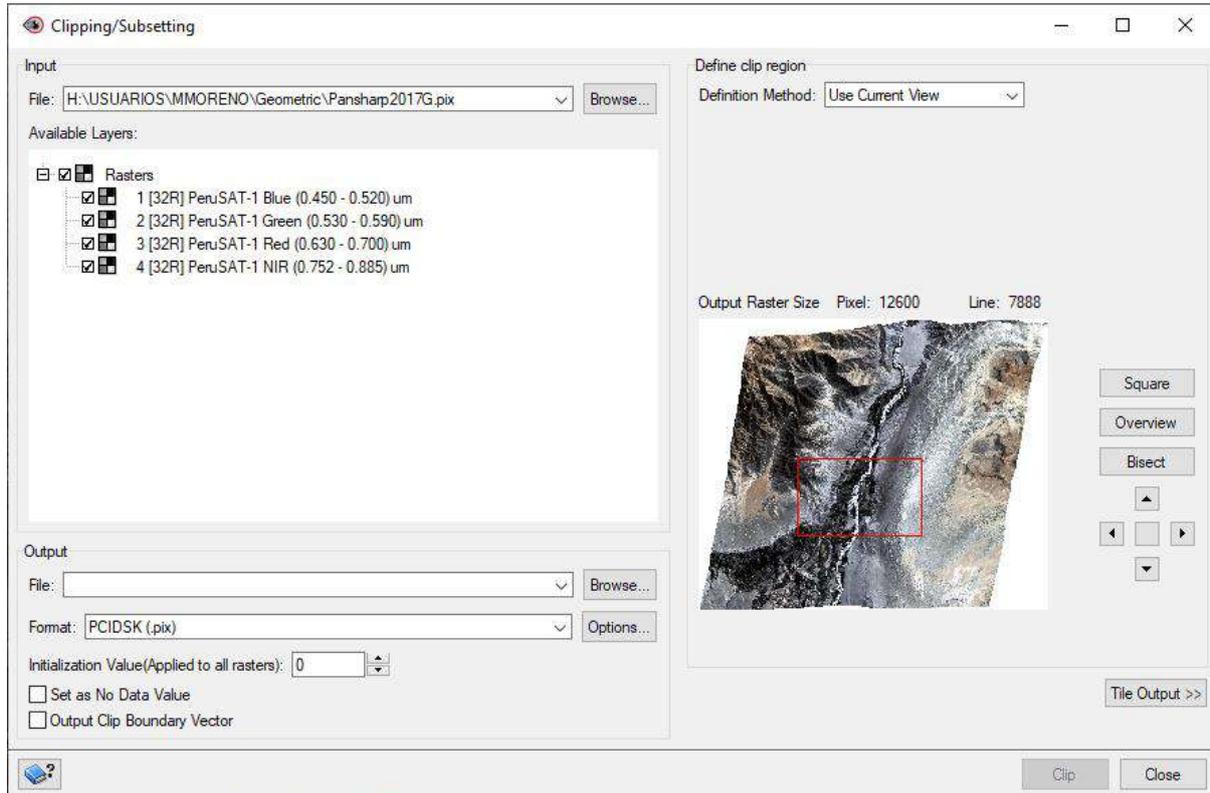
## CLIP

- Elegir la opción “Tools” de la barra de Menús y luego la opción “Clipping/Subsetting...”

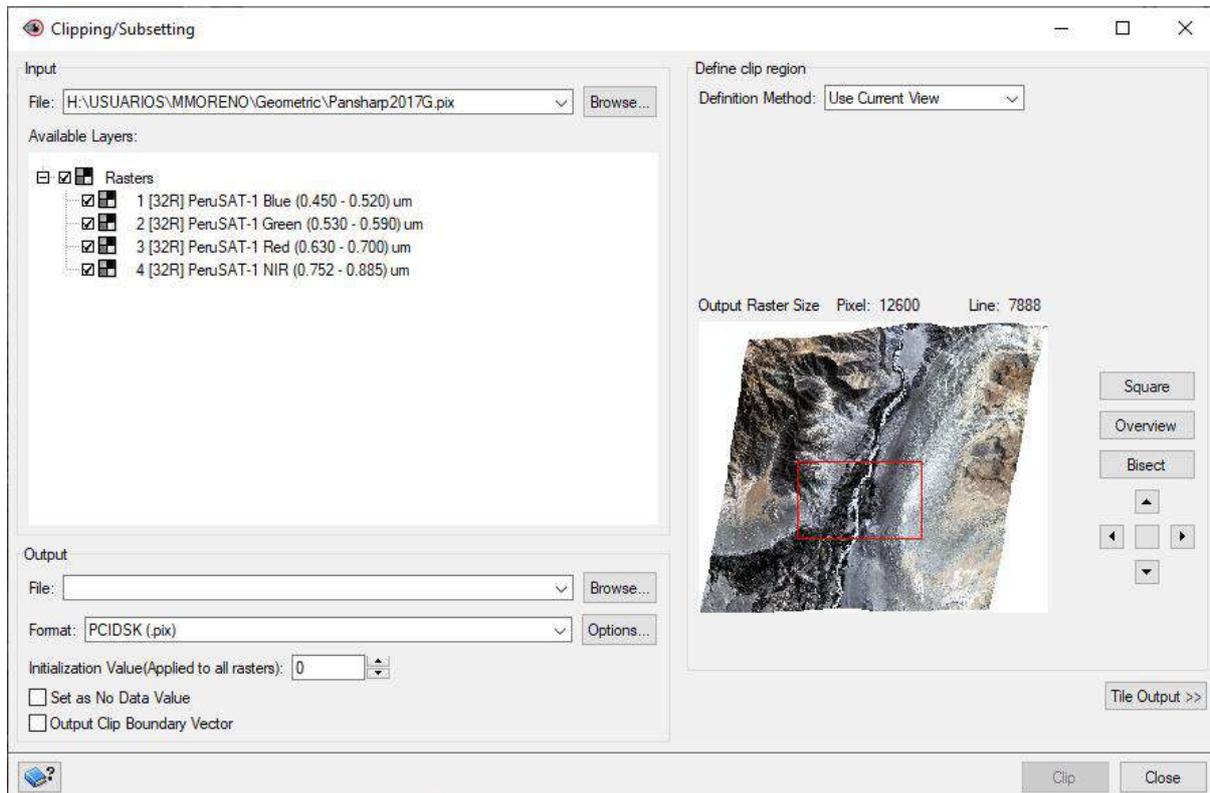




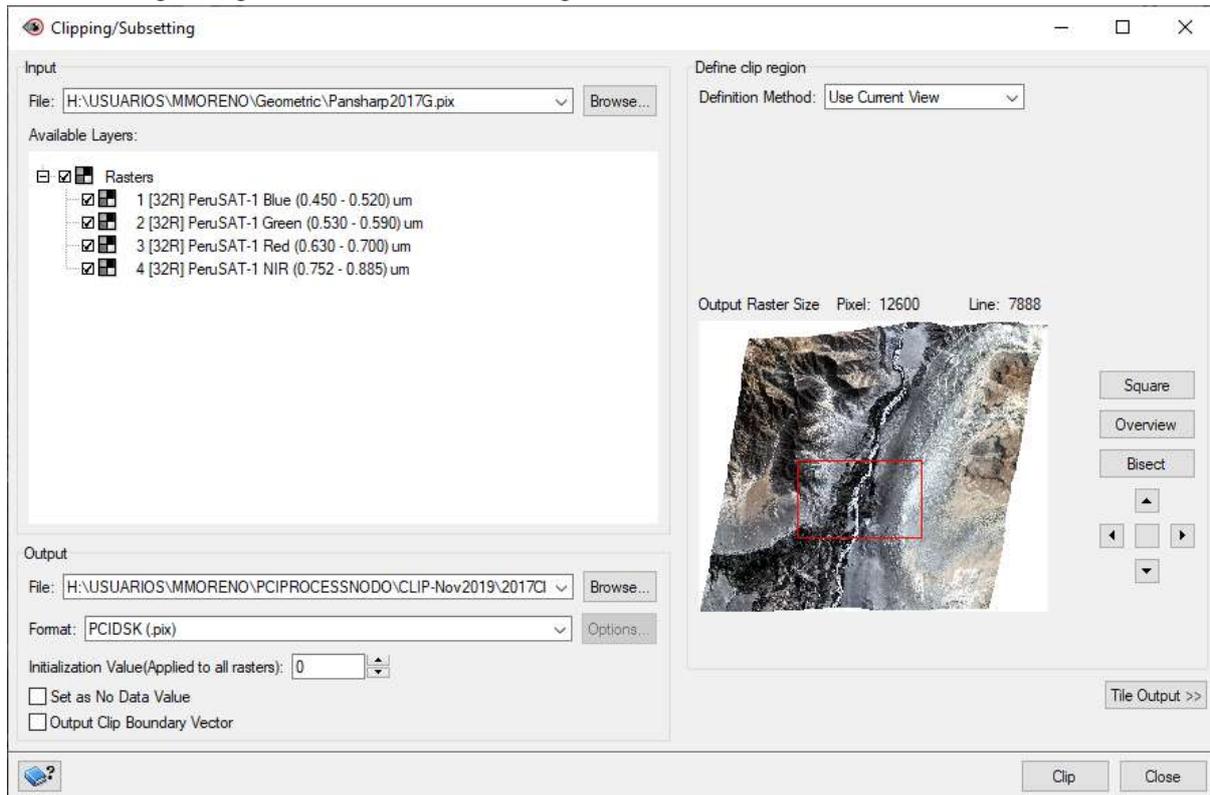
- Se carga la siguiente ventana automáticamente



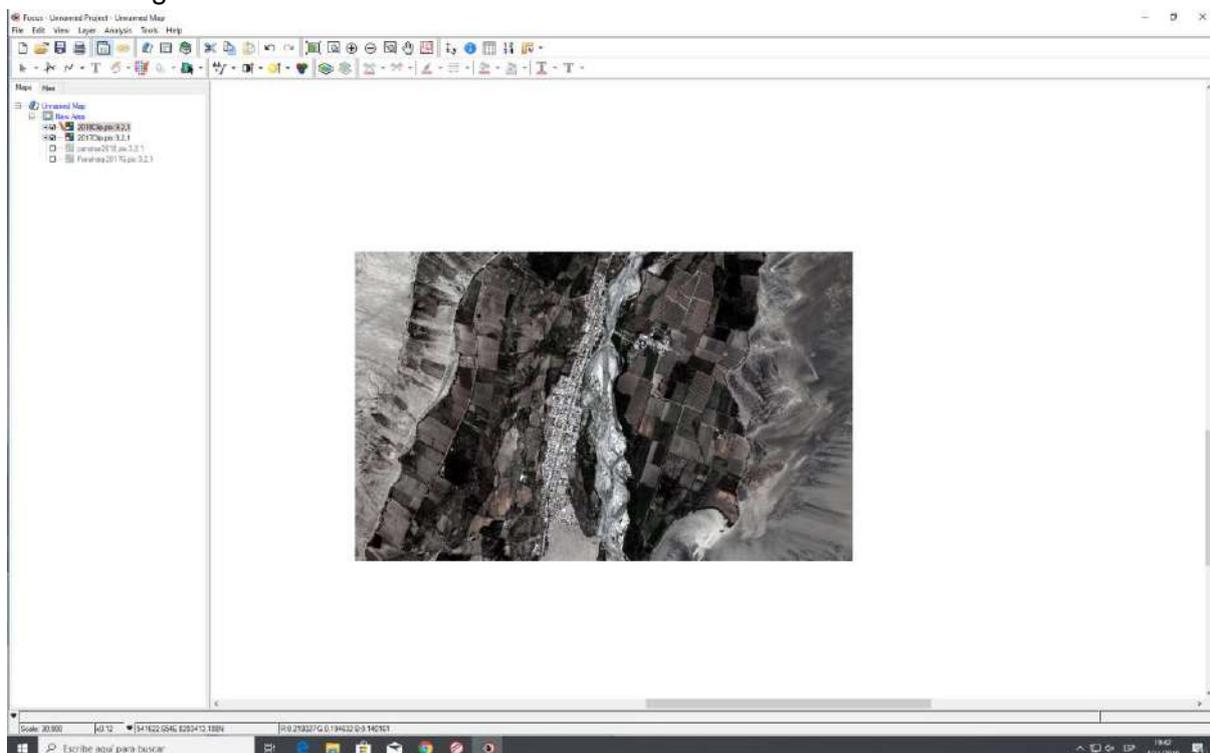
- Elegir la opción más conveniente para definir la región de corte, para este caso, se utilizó "Current View".



- Luego elegir la ruta donde se va a guardar el archivo.

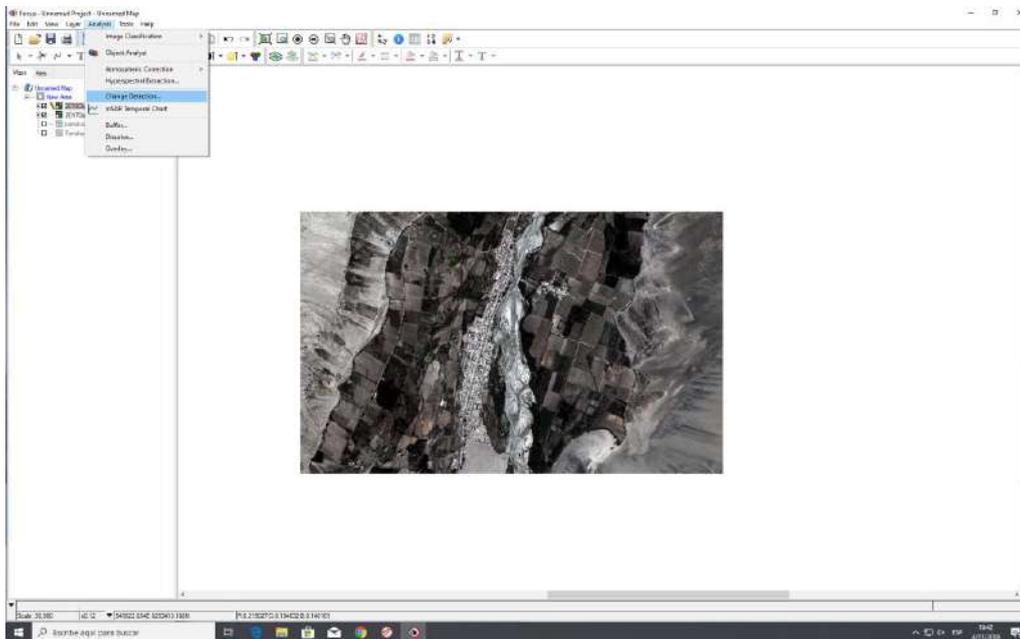


- Luego, de realizarse el corte para las imágenes a comparar, se debe añadir las imágenes cortadas:

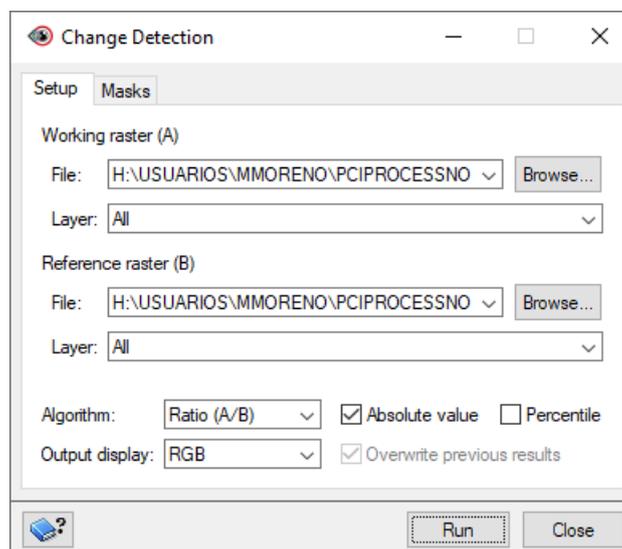


## DETECCIÓN DE CAMBIOS

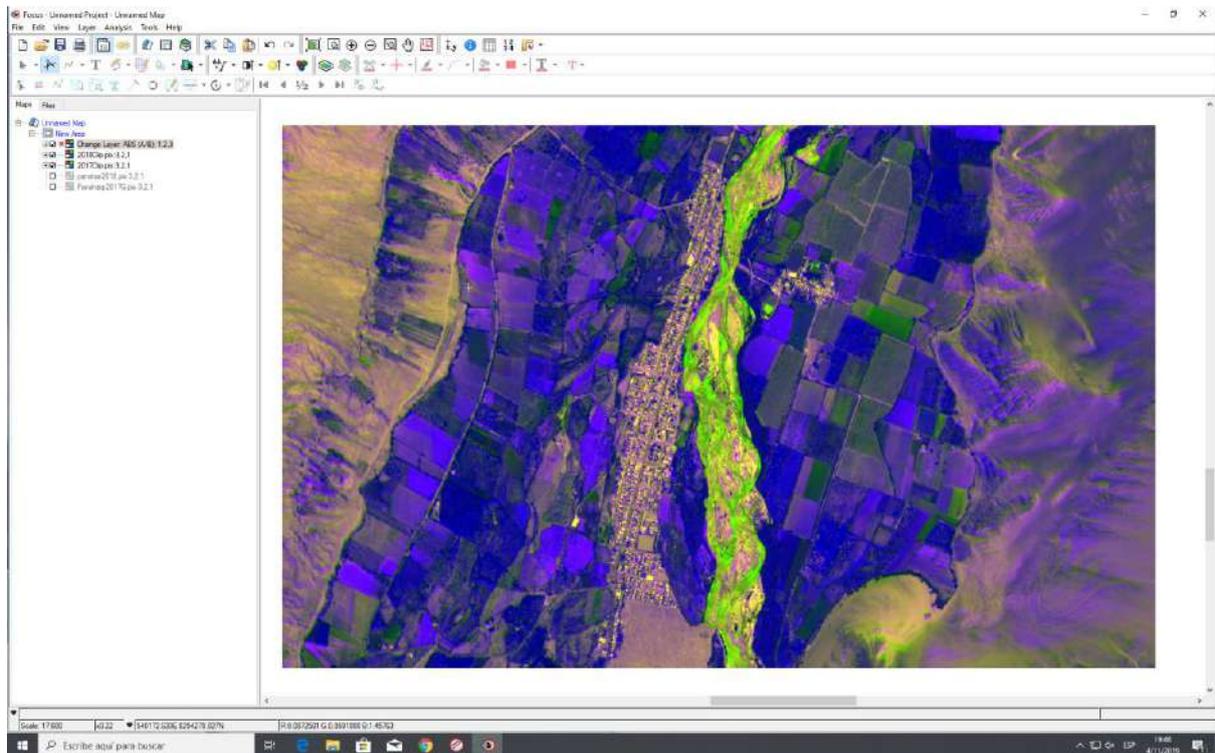
- Elegir el Menú “Analysis” y luego “Change detection”



- Se carga la ventana de “Change Detection” y luego elegir las siguientes características:
  - Working raster (A): Imagen Post Evento
  - Reference Raster (B): Imagen Pre Evento
  - Algorithm: Ratio (A/B)
  - Output Display: RGB
- Click en Run.

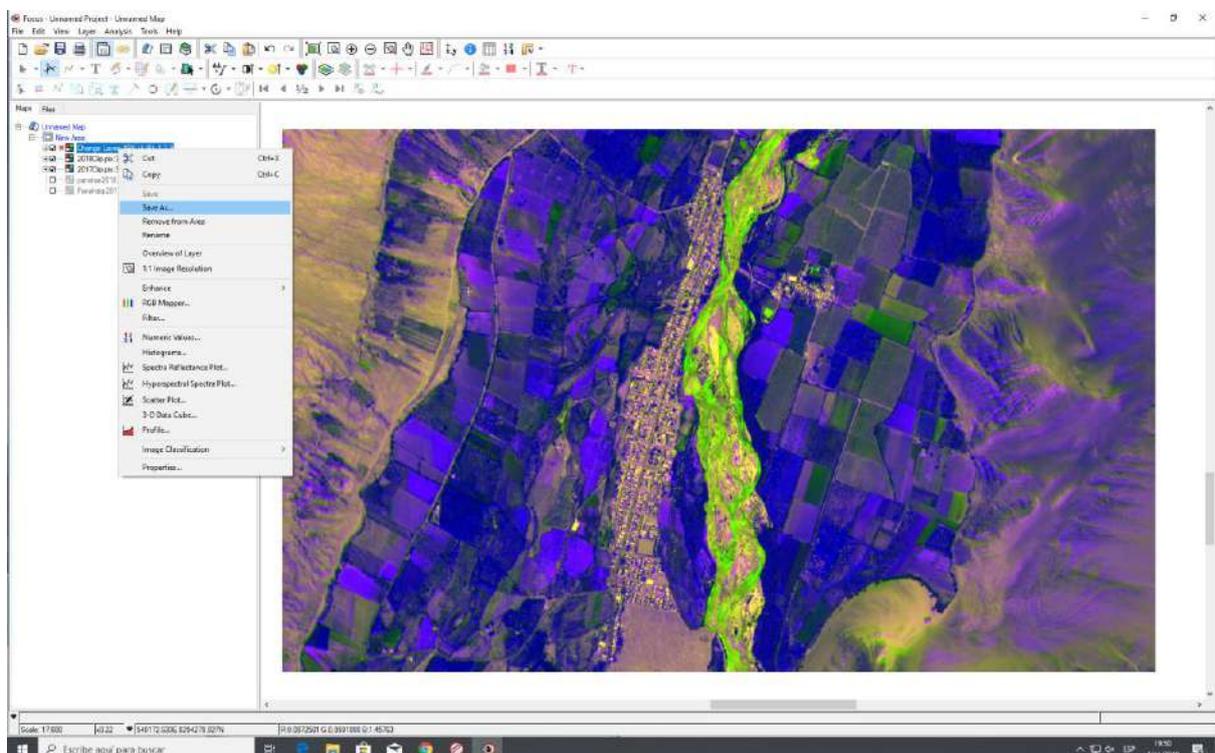


- Luego, aparece el siguiente resultado

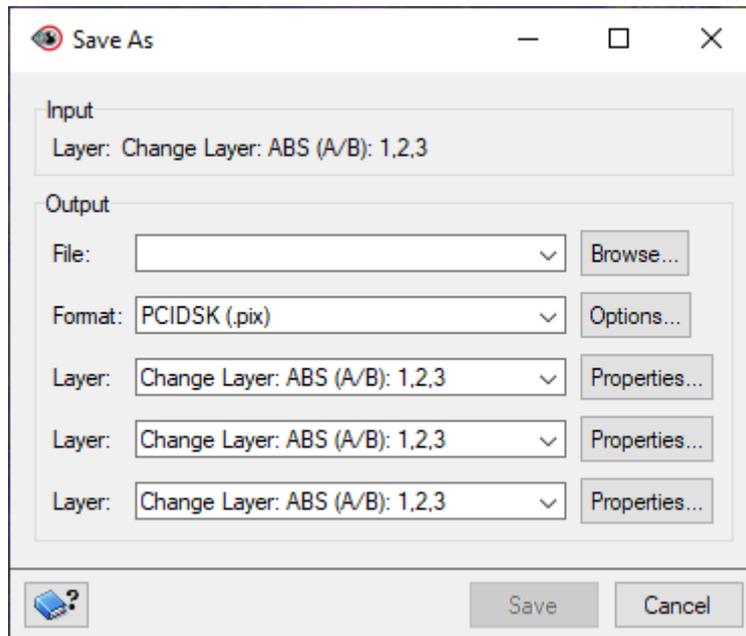


## CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA

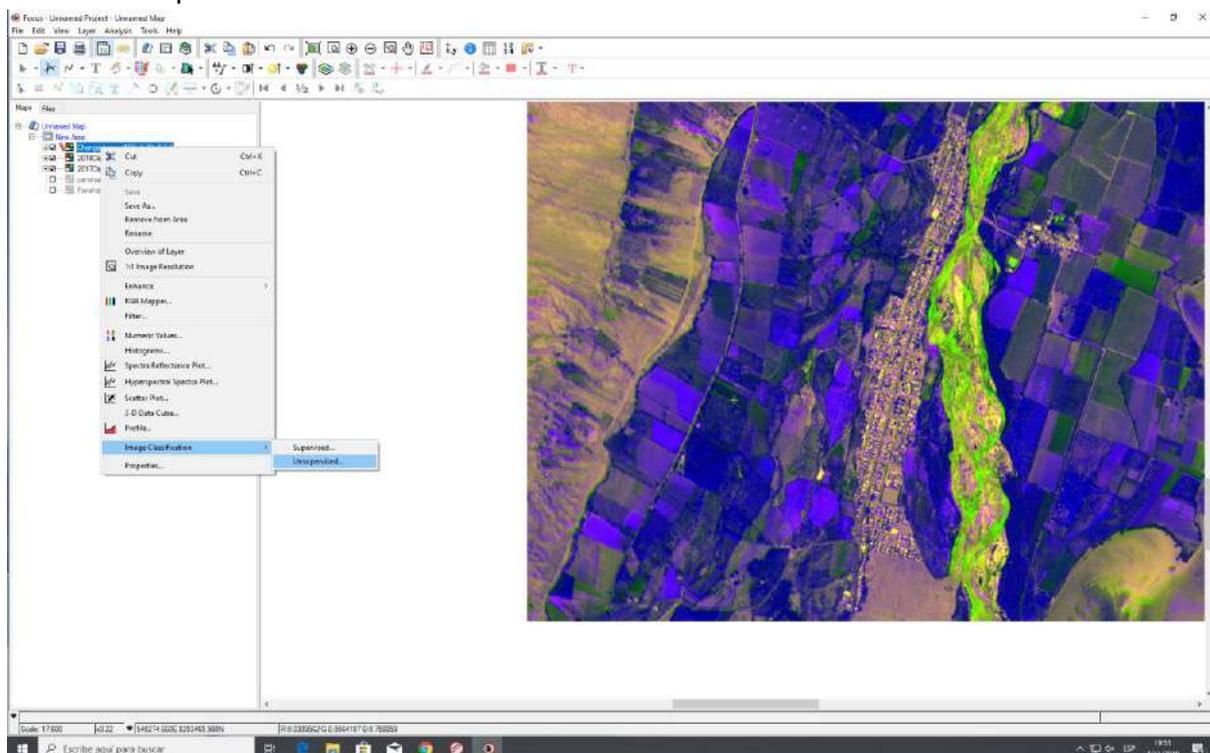
- Guardar el archivo obtenido.



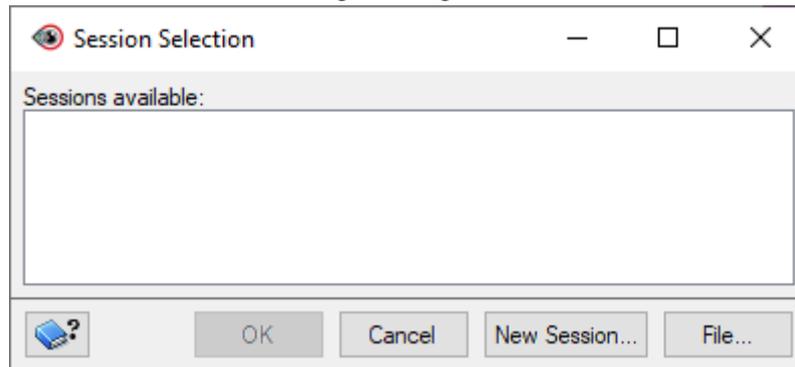
- Se carga la siguiente ventana, en el cual debe de rutearse y dar click en Save.



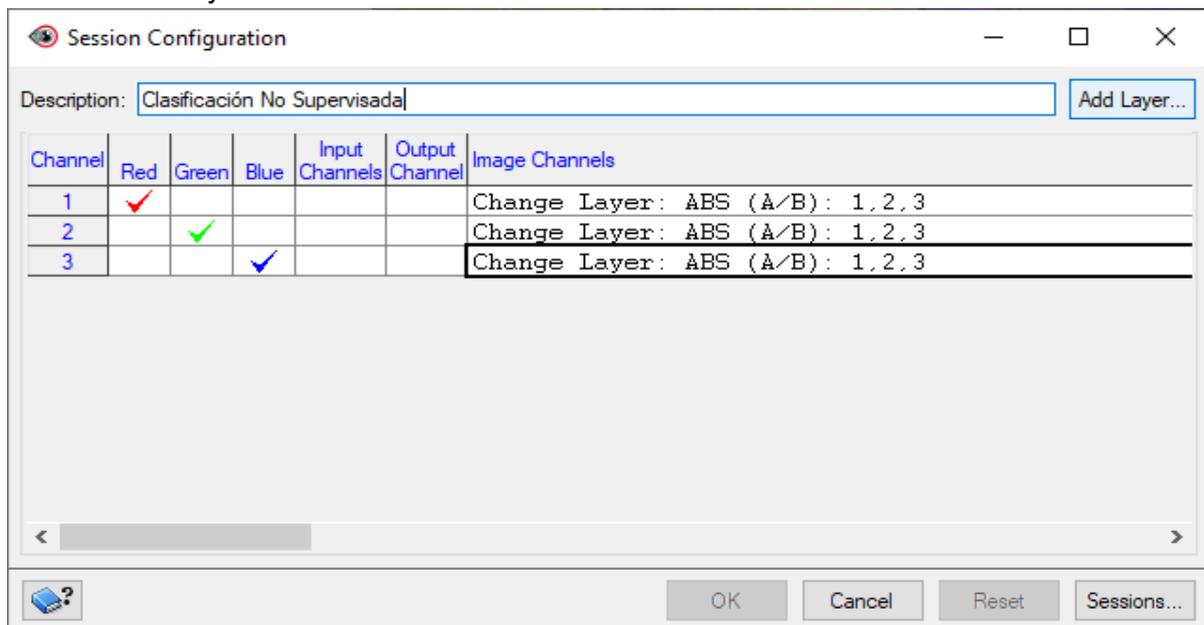
- Luego click derecho en el raster de detección de cambios y realizar la clasificación no supervisada.



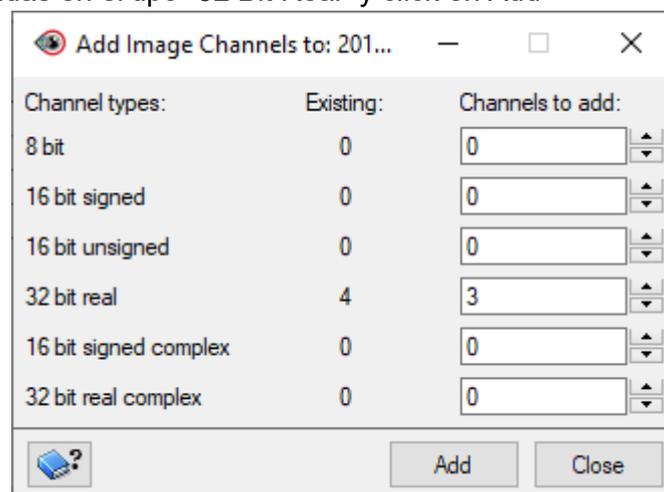
- Dar click en “New Session” al cargar la siguiente ventana



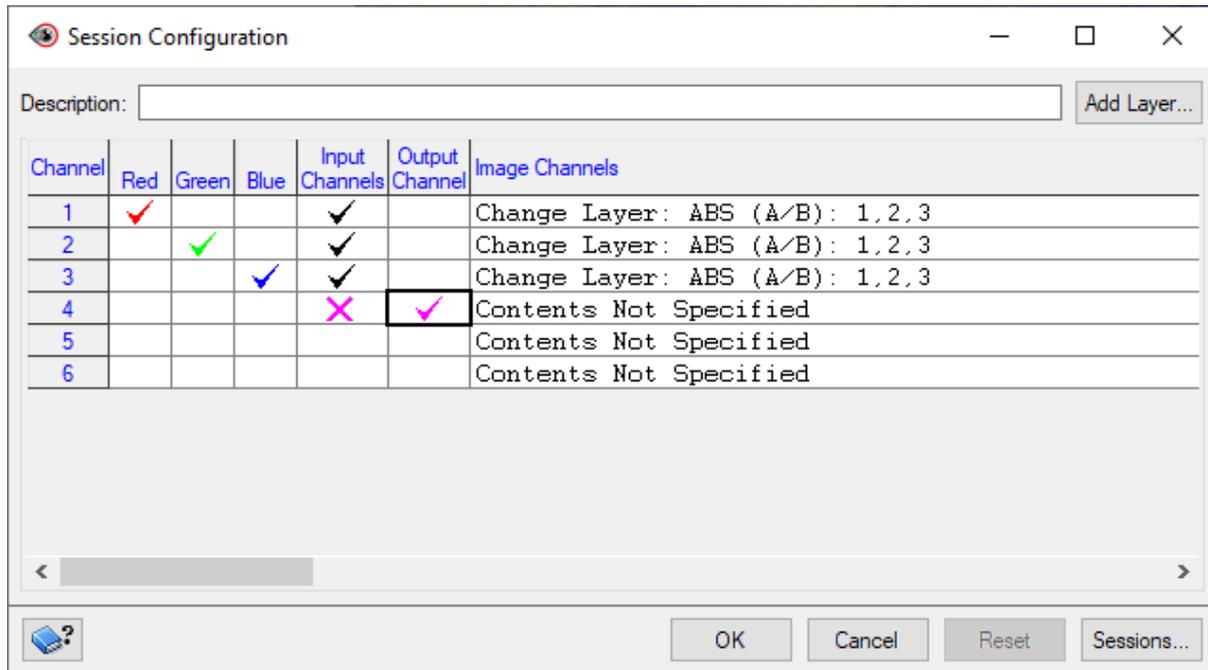
- Se carga la ventana “Session Configuration” el cual hay que seleccionar la opción “Add Layer”.



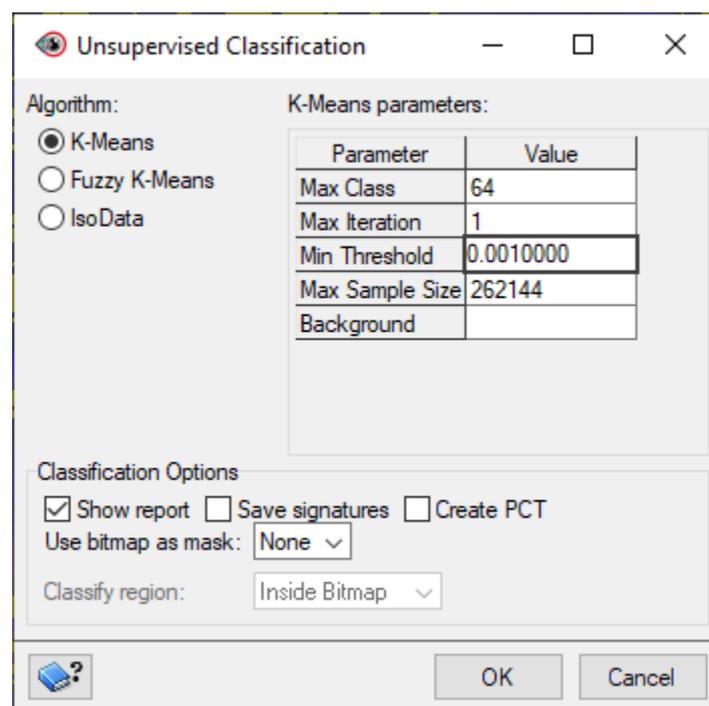
- Añadir 3 bandas en el tipo “32 Bit Real” y click en Add



- Elegir las 3 bandas (Canales 1, 2 y 3) como Input y el canal 4 como Output, quedando de la siguiente manera



- Seleccionar "OK" y Elegir la opción "K-Means Parameters"



- Finalmente, Seleccionar "Ok".

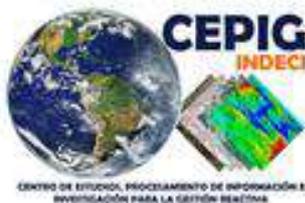


**INDECI**  
DEFENSA CIVIL, tarea de todos

## ANEXO II

# VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA – QUEBRADA: HUAYCOLORO LIMA - PERÚ

CASO DE ESTUDIO: IMPACTO POR FLUJOS (HUAYCOS)



AGENCIA ESPACIAL  
DEL PERÚ CONIDA

DIRECCIÓN DE  
GEOMÁTICA  
DIGEO



## POSTER DE DETECCIÓN DE CAMBIOS – CASO APLICATIVO: IMPACTO POR FLUJOS



WORKSHOP INTERNACIONAL  
"LECCIONES APRENDIDAS PERUSAT1"

### DETECCIÓN DE CAMBIOS CASO APLICATIVO: IMPACTO POR FLUJOS (HUAYCOS)



AGENCIA ESPACIAL DEL PERÚ CONIDA

<sup>1</sup>M, Moreno ; <sup>2</sup>S, Passuni ; <sup>2</sup>W, Caballero  
<sup>1</sup>Centro de Estudios, Procesamiento de Información e Investigación  
Para la Gestión Reactiva– CEPIG/INDECI  
<sup>2</sup>Dirección de Geomática- CONIDA

#### I. Introducción

La técnica de detección de cambios mediante imágenes satelitales de alta resolución, utilizada en el marco de la Gestión del Riesgo de Desastres, permite identificar áreas de afectación, elementos impactados (viviendas, equipamiento urbano y rural, áreas agrícolas y ecosistemas), desplazamientos, crecimiento urbano, cambio de morfología, entre otros. En ese sentido, la presente investigación explora las técnicas de detección de cambios para la identificación de áreas de impacto por flujos (huaycos) ocurridos el 31 de enero de 2017 en la quebrada Huaycoloro - Lima, utilizando imágenes satelitales del PERUSAT-1.

#### II. Objetivo General

Identificar la potencial área de impacto por flujos (Huaycos) mediante la técnica de Detección de cambios utilizando imágenes satelitales de alta resolución del PERUSAT-1.

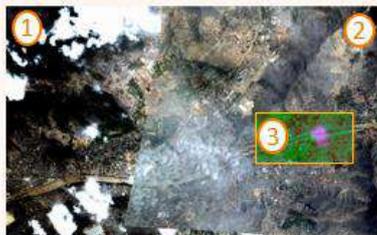
#### III. Metodología

Se identificaron escenas previas y posteriores al evento de flujos en la quebrada Huaycoloro (31 de enero de 2017). Luego se priorizó el área con menor ruido (i.e. nubosidad). Finalmente se llevó a cabo la técnica de detección de cambios con la finalidad de identificar áreas potencialmente impactadas ante eventos de flujos.



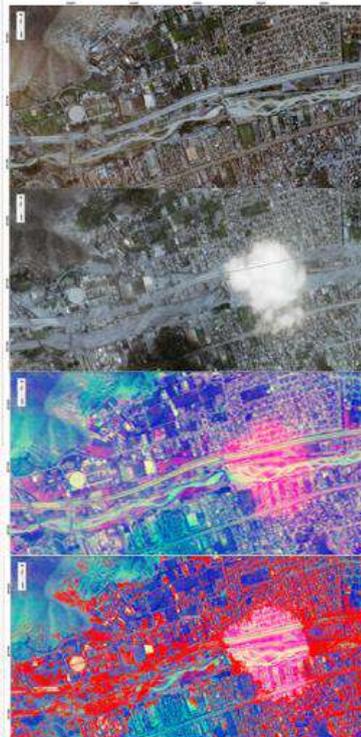
Escena Post Evento

Escena Pre Evento



Área Priorizada/Evaluada

#### IV. Resultados



##### 1) Pre Evento

Identificación de potenciales elementos expuestos

##### 2) Post Evento

Identificación del área impactada y cuantificación preliminar de los daños.

##### 3) Detección de cambios

Identificación del potencial área de impacto

##### 4) Clasificación

Evaluación, categorización e identificación del área de impacto.

#### V. Conclusiones

Se identificaron las potenciales áreas de impacto por flujos mediante técnica de detección de cambios utilizando imágenes satelitales del PERUSAT-1. De la etapa de clasificación, se identificó que el 90% del área obtenida aproximadamente representa el impacto real.

De diversas metodologías comparadas, la técnica de Detección de Cambios mediante la evaluación del cociente de la imagen posterior al evento sobre la imagen previa, así como la evaluación óptica automática, permite un mejor resultado con respecto a la comparación diferencial, ya que no generan mucho ruido y/o falsos positivos en su evaluación.





# POSTER DE DETECCIÓN DE CAMBIOS PRESENTADO EL 26 DE NOVIEMBRE DE 2019 EN WORKSHOP INTERNACIONAL "LECCIONES APRENDIDAS PERUSAT-1"



PRODUCTO: Detección de cambios Caso aplicativo: Impacto por flujos (huaycos)



## OBJETIVO

Identificar la potencial área de impacto por flujos (huaycos) mediante la técnica de detección de cambios utilizando imágenes satelitales de alta resolución del Perú SAT-1.

## RESULTADO

De la etapa de clasificación, se identificó que el 90% de área obtenida aproximadamente representa el impacto real.

## METODOLOGÍA

Escenas pre y post evento de flujos en Quegrada Huaycoloro

Selección del área de estudio (priorizada)

Detección de cambios

Evaluación, categorización e identificación de potenciales áreas de impacto



Escena Pre Evento Quebrada Huaycoloro

Escena PerúSAT-1 Post Evento Quebrada Huaycoloro del 31 enero 2017



Área priorizada/evaluada



PRE EVENTO: Identificación de potenciales elementos expuestos



POST EVENTO: Identificación del área impactada y cuantificación preliminar de los daños



DETECCIÓN DE CAMBIOS: Identificación de la potencial área de impacto



CLASIFICACIÓN: Evaluación, categorización e identificación del área de impacto



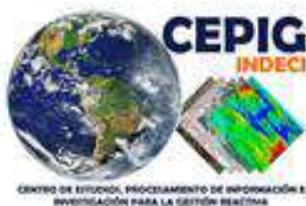
**INDECI**  
DEFENSA CIVIL, tarea de todos

### ANEXO III

## FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

-

## RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN



AGENCIA ESPACIAL  
DEL PERÚ CONIDA

DIRECCIÓN DE  
GEOMÁTICA  
DIGEO



### FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN UTILIZADA EN CAMPO



**INDECI**  
DEFENSA CIVIL, tarea de todos

**FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN**  
**DETECCION DE CAMBIOS POR SISMOS**  
**ACARI, CARAVELI - AREQUIPA**  
 Fecha del evento sísmico 14 de enero de 2018



1. CODIGO DE FICHA:

3. DIRECCION:

4. MANZANA CATASTRAL:

6. NOMBRE DE LA PERSONA DE CONTACTO:

7. TELEFONO DE REFERENCIA:

8. TIPO DE MATERIAL DE TECHO PRE EVENTO:

9. TIPO DE MATERIAL DE TECHO POST EVENTO:

10. TIPO DE MATERIAL DE PARED PRE EVENTO:

11. TIPO DE MATERIAL DE PARED POST EVENTO:

12. DIAGNOSTICO DE DETECCION DE CAMBIOS: Marcar con una "X" donde corresponda

a. vivienda totalmente colapsada

b. vivienda potencialmente construida

c. no detectado

2. FOTO:

5. LOTE:

13. COMENTARIOS:



### RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN MEDIANTE FICHAS

FICHA DE CAMPO	CÓDIGO DE LOTE	CÓDIGO DE MANZANA	Área (m <sup>2</sup> )	X	Y	DIRECCIÓN	TIPO DE MATERIAL DE TECHO PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL TECHO POST EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED POST EVENTO
4	2C	2	59.09	541415.3	8294793.2	Calle Miguel Grau S/N	Adobe	Adobe	Adobe	Adobe
5	7A	3	91.01	541382	8294769.73	Calle Miguel Grau S/N	Adobe	Adobe	Adobe	Adobe
6	2	3	299.45	541391.32	8294819.33	Calle Francisco Bolognesi S/N	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
7	9	4	265.56	541326.06	8294768.44	Calle Francisco Bolognesi S/N	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
8	1B	8	91.83	541346.47	8294724	Calle Manuel Ugarte S/N	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
9	5	8	270.93	541343.52	8294692.13	Calle Francisco Bolognesi S/N	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared



FICHA DE CAMPO	CÓDIGO DE LOTE	CÓDIGO DE MANZANA	Área (m <sup>2</sup> )	X	Y	DIRECCIÓN	TIPO DE MATERIAL DE TECHO PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL TECHO POST EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED POST EVENTO
10	6A	8	296.14	541338.87	8294683.71	Calle Francisco Bolognesi S/N	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
11	3	9	237.59	541293.83	8294683.57	Calle Francisco Bolognesi S/N	Caña	Caña (una parte)	Adobe	Adobe (una parte)
12	1		193.49	541311.21	8294595.56	Calle San Martín S/N	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
13	3	11	534.37	541399.85	8294492.51	Av. Sebastián Barranca 210	Torta de Barro	No cuenta con techo	Adobe	Adobe
14	10	12	288.69	541327.92	8294509.7	Calle Ricardo Palma S/N	Terreno	-	Terreno	-
15	10	16	144.59	541252.77	8294323.04	Calle Ricardo Palma S/N	Torta de Barro	Torta de Barro (un sector)	Adobe	Adobe



FICHA DE CAMPO	CÓDIGO DE LOTE	CÓDIGO DE MANZANA	Área (m <sup>2</sup> )	X	Y	DIRECCIÓN	TIPO DE MATERIAL DE TECHO PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL TECHO POST EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED POST EVENTO
16	18	15	146.31	541305.04	8294341.99	Calle La Mar S/N	Caña aligerada (Techo aligerado y caña)	No cuenta con techo	Adobe	Adobe
17	18	16	416.49	541226.95	8294273.01	Calle Ricardo Palma S/N	Caña	Caña	Adobe	Adobe
18	17	19	290.08	541234.32	8294161.34	Calle Ricardo Palma S/N	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
19	23	21	473.5	541080.19	8293984.18	Calle Tupac Amaru S/N	Totora	Totora y Calamina	Adobe	Adobe
20	18	24	305.83	541091.92	8293942.76	Calle Mariátegui S/N	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
21	11B	24	148.26	541070.31	8293872.96	Calle Mariátegui S/N (Calle Francisco Bolognesi (S/N))	Caña	No cuenta con techo	Adobe	Estera



FICHA DE CAMPO	CÓDIGO DE LOTE	CÓDIGO DE MANZANA	Área (m <sup>2</sup> )	X	Y	DIRECCIÓN	TIPO DE MATERIAL DE TECHO PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL TECHO POST EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED POST EVENTO
22	31	21	398.87	541037.22	8293904.4	Calle Mariátegui S/N	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
23	6B	24	149.21	541103.68	8293881.29	Av. Ricardo Palma S/N	Caña	Caña	Adobe	Adobe
24	5A	22	183.17	541205.8	8293851.37	Calle Sebastián Barranca S/N	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
25	7	25	416.77	541179.35	8293754.76	Calle Sebastián Barranca S/N	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
26	2	28	337.45	541207.48	8293678.96	Calle San Javier S/N	Torta de Barro	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
27	3	35	503.81	541174.42	8293406.56	Plaza de Armas - Pasaje S/N	Caña	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
28	12	28	340.57	541153.44	8293650.38	Av. Sebastián Barranca	Caña	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared



FICHA DE CAMPO	CÓDIGO DE LOTE	CÓDIGO DE MANZANA	Área (m <sup>2</sup> )	X	Y	DIRECCIÓN	TIPO DE MATERIAL DE TECHO PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL TECHO POST EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED POST EVENTO
29	7A	29	194.51	541100.37	8293659.7	Av. Sebastián Barranca	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
30	4B	31	323.38	540978.99	8293691.61	Calle Mariano Melgar	Caña	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
31	4A	31	597.57	540983.53	8293706.02	Calle Mariano Melgar	Caña	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
32	15	12	300.23	541311.74	8294462.41	Av. Ricardo Palma S/N	Caña	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
33	6A	30	299.17	541036.04	8293651.68	Av. Miguel Grau S/N	Terreno	Terreno	Terreno	Terreno
34	4	6	322.56	541427.37	8294666.79	Av. Ricardo Palma S/N	Caña	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
35	6	20	435.83	541222.35	8294040.23	Av. Sebastián Barranca	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
36	11		143.08	540963.45	8293628.52	Av. Sebastián Barranca	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared



FICHA DE CAMPO	CÓDIGO DE LOTE	CÓDIGO DE MANZANA	Área (m <sup>2</sup> )	X	Y	DIRECCIÓN	TIPO DE MATERIAL DE TECHO PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL TECHO POST EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED POST EVENTO
37	1	1B	418.79	541084.2	8293599.31	Calle Daniel Alcides Carrión	Estera	No cuenta con techo	Estera	No cuenta con Pared
38	3	32	284.29	541169.68	8293570.1	Calle Daniel Alcides Carrión	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
39	23	28	313.85	541204.49	8293625.98	Av. Sebastian Barranca (frente a parque)	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
40	16	37	141.43	541041.61	8293492.82	Calle los Laufi S/N	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
41	5	38	409	540973.23	8293470.24	Calle Guillermo Bost	Caña con barro	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
42	7	48	294.69	540914.54	8293228.93	Calle Ricardo Palma S/N	Caña con barro	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared



FICHA DE CAMPO	CÓDIGO DE LOTE	CÓDIGO DE MANZANA	Área (m <sup>2</sup> )	X	Y	DIRECCIÓN	TIPO DE MATERIAL DE TECHO PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL TECHO POST EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED POST EVENTO
43	5B	39	186.99	541152.55	8293308.82	Calle Ricardo Palma S/N	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
44	14B	41	52.5	541088.82	8293328.71	Calle Ricardo Palma S/N	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
45	9		276.52	541111.66	8293273.19	Calle Augusto B. Leguía	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
46	14A	46	134.31	541042.62	8293237.52	Av. Mariscal Orbegoso	Torta de Barro	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
47	14B		167.79	541042.15	8293232.38	Calle Mariscal Orbegoso	Adobe (caña con barro)	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
48	13		296.07	541039.91	8293224.97	Calle Enrique Brylka S/N	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
49	12	46	305.25	541037.48	8293215.33	Calle Enrique Brylka S/N	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared



FICHA DE CAMPO	CÓDIGO DE LOTE	CÓDIGO DE MANZANA	Área (m <sup>2</sup> )	X	Y	DIRECCIÓN	TIPO DE MATERIAL DE TECHO PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL TECHO POST EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED POST EVENTO
50	6C	46	73.44	541044.09	8293165.62	Calle Enrique Brylka S/N	Caña	Caña	Adobe	Adobe
51	6	51	113.86	540959.23	8293115.76	Calle Enrique Brylka S/N	Caña	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
52	10A	51	124.73	540957.75	8293070.61	Calle Enrique Brylka S/N	Bambú con Barro	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
53	7		135.54	541020.48	8293065.64	Av. Mariscal Orbegoso	Torta de Barro	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
54	8	53	161.57	540964.29	8292970.2	Calle Enrique Brylka S/N	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
55	6	78	223.16	540914.25	8292520.62	Av. Ricardo Reyes S/N	Torta de Barro	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
56	1	76	146.86	540939.94	8292678.12	Calle Enrique Brylka S/N	Caña	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
57	1	74	162	541033.85	8292736.47	Calle La Torre	Torta de Barro	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared



FICHA DE CAMPO	CÓDIGO DE LOTE	CÓDIGO DE MANZANA	Área (m <sup>2</sup> )	X	Y	DIRECCIÓN	TIPO DE MATERIAL DE TECHO PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL TECHO POST EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED PRE EVENTO	TIPO DE MATERIAL PARED POST EVENTO
58	3	58	144	541059.26	8292835.47	Av. José Antonio de Zela	Adobe	No cuenta con techo	Adobe	No cuenta con Pared
59	4	45	294.52	541095.57	8293212.26	Calle Gral. Orbegoso S/N	Terreno	Terreno	Terreno	Terreno

**Nota:** Las fichas del 1 al 3 no fueron consideradas para el presente estudio, ya que fueron utilizadas para la validación de la ficha de levantamiento de información.