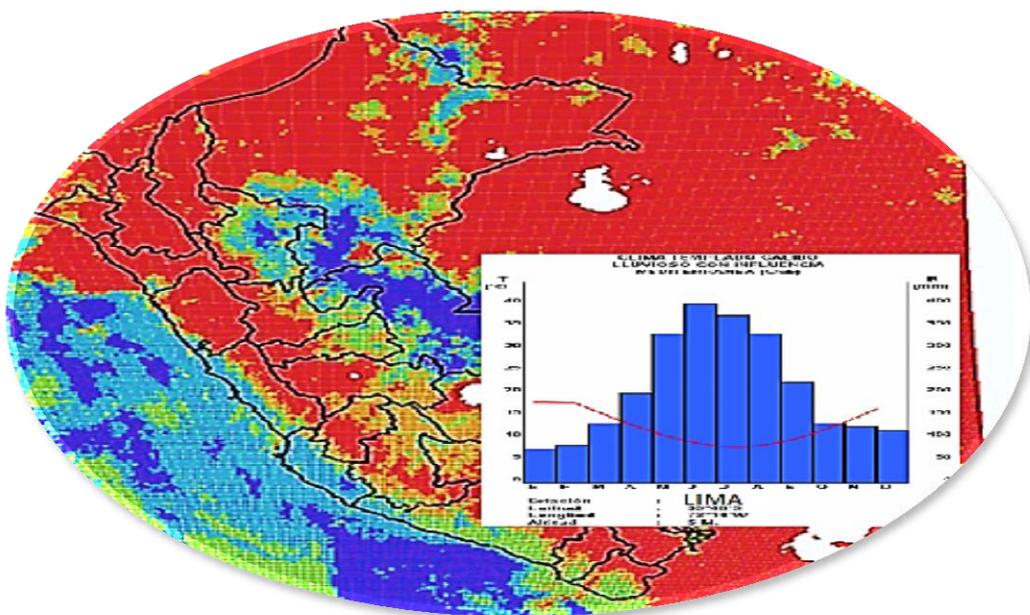




# COMISIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AEROSPAZIAL

DIRECCIÓN TÉCNICA DE CIENCIAS Y APLICACIONES ESPACIALES

DIRECCIÓN DE GEOMÁTICA



INFORME FINAL

TITULO PRODUCTO:

ZONAS GEOGRÁFICAS CON MONITOREO PERMANENTE PARA LA  
EVALUACIÓN DE EVENTOS NATURALES HIDROMETEOROLÓGICOS  
UTILIZANDO TELEDETECCIÓN  
(PRIMERA EDICIÓN)

2013

Estudio realizado por profesionales de la Dirección de Geomática

CONIDA

Investigador: Rodolfo Moreno Santillán

Investigador: Carmen Villon Reynoso

Técnico: Cynthia Quispe Mancco

Practicante: Jesús Quintana

## 1. PRESENTACIÓN

Conocer la distribución espacial y temporal de la precipitación es de suma importancia para diversas actividades entre las que se cuentan aquellas relacionadas con el pronóstico del tiempo, la hidrología, la industria y el agro. Durante los últimos años surgieron diversas técnicas para estimar la precipitación acumulada en base a sensores remotos y a una combinación de sensores remotos y pluviómetros entre otros, que busca lograr una descripción detallada de la variabilidad temporal y espacial de la precipitación aún en aquellas regiones donde la densidad de estaciones es muy escasa.

Uno de los mayores avances en este campo, fue la incorporación en varios satélites meteorológicos (TRMM, GOES, NOAA) de sensores en microondas pasivas que proveen mejores estimaciones de la tasa de precipitación. En particular una de las estimaciones que hace uso de esta nueva tecnología es la técnica HIDRO ESTIMADOR.

Dentro de la región peruana, existen áreas en donde la densidad de estaciones pluviométricas es muy escasa y la medición de la precipitación se hace en el mejor de los casos cada 6 horas. La falta de datos en gran parte de nuestra región, dificulta desarrollos de aplicaciones, la verificación de los pronósticos numéricos y la calibración de pronósticos probabilísticos que tienen la potencialidad de mejorar la calidad del producto final que se brinda a los usuarios.

## 2. METODOLOGIA

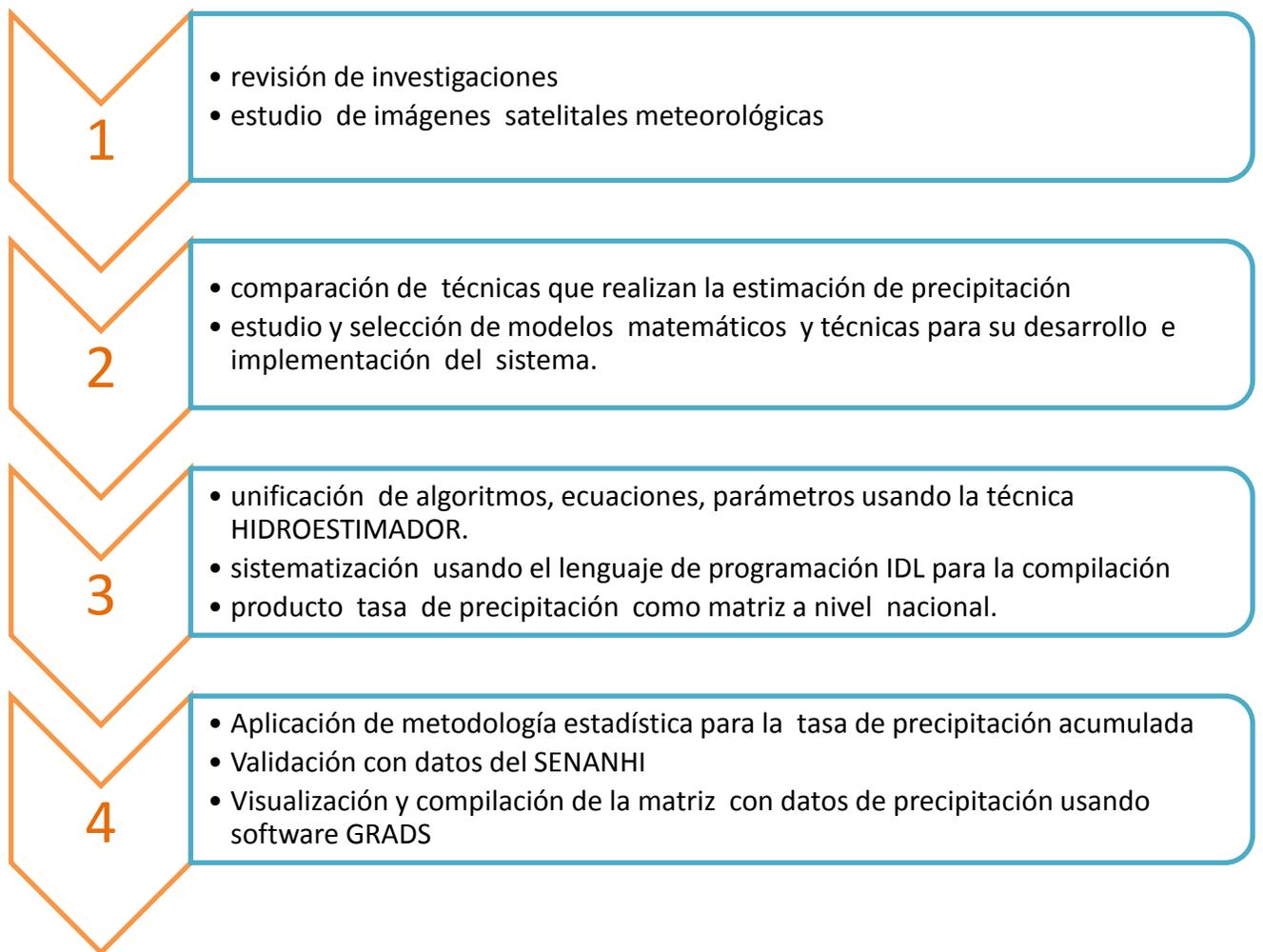
La metodología aplicada en la siguiente investigación se basa en uso de imágenes satelitales meteorológicas para el cálculo de la tendencia de la variable hidrometeorológicas precipitación en tiempo real, así mismo en la percepción y comportamiento de dicha variable, cuyo objetivo es obtener un resultado con menor error de estimación en comparación con los datos de una estación meteorológica. Esta metodología se elaboró a partir de la revisión de investigaciones que abordan en específico el cálculo de la tendencia de la variable precipitación, hidrología, meteorología, climatología, investigaciones científicas que han analizado el cálculo de variable precipitación a nivel cuenca, local y nacional así también como investigaciones generales de percepción y su análisis para el pronóstico y planificación.

### 2.1. ESTRATEGIA DE METODOLOGIA

La investigación consiste en la estructuración y elaboración de un sistema de monitoreo y alerta ante peligros hidrometeorológicos haciendo uso de imágenes satelitales meteorológicas en tiempo real, cuyo producto es la estimación de la variable precipitación, esta metodología es elaborada con el lenguaje de programación IDL mas la técnica HIDRO-ESTIMADOR, haciendo uso de algoritmos y ecuaciones para la unificación y compilación.

El desarrollo de esta investigación se dividió en cuatro etapas para la estimación del cálculo automatizado de la tasa de precipitación en unidades (mm/h).

Buscando seguir con los objetivos propuestos se planteó la siguiente estrategia meteorológica. Ver (**Figura 1**)



**Figura 1:** Actividades realizadas en la estrategia metodológica propuesta en este estudio.

### **2.1.1 REVISIÓN DE INVESTIGACIONES**

Se ha realizado varias revisiones de las investigaciones publicadas en revistas indexadas, estudios de grados a PhD, investigaciones y publicaciones de la NASA, INPE, CONAE, OMM – WMO, que tengan algún tipo de relación con el tema meteorológico, hidrológico, climatológico.

Cada información adquirirá sirvió para unificar y estructurar el sistema que se desea realizar basado en el uso de imágenes satelitales para el cálculo de la variable precipitación.

Cada modelo matemático elegido para la implementación del sistema tiene base científica comprobada esto es importante para los resultados obtenidos.

Muchas agencias espaciales del mundo usan la técnica que hemos decidido elegir, nuestra tarea ha sido compilar, unificar, estructurar y sistematizar la data adquirida para la elaboración del sistema con funcionamiento en territorio nacional.

OMM Organización Meteorológica Mundial

WMO (World Meteorological Organization Homepage)

CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales) argentina

NOAA (National Oceanic And Atmospheric Administration)

NOAA's Satellite and Information Service (NESDIS)

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)

### **2.1.2 IMÁGENES SATELITALES METEOROLÓGICAS**

Entre los distintos satélites meteorológicos geoestacionarios como son los satélites (GOES, METOP, NOAA, etc.) de los cuales se pueden hacer estudios de variables meteorológicas, para nuestro estudio elegimos el satélite GOES 13. En nuestro estudio decidimos utilizar el satélite GOES N, por las siguientes características.

Las imágenes del satélite GOES contiene una valiosa información debido a su continua entrega de datos (cada treinta minutos) de una misma región en el globo. Gracias a esta característica dichas imágenes son usadas por diferentes instituciones nacionales, e internacionales, para el monitoreo continuo de las condiciones atmosféricas de nuestro planeta. Algunas instituciones usando

software especializados han logrado, sacar provecho a esta información y poder así detectar zonas convectivas, estimar vientos, precipitación, temperatura, etc.

### 2.1.3 SATÉLITE GEOESTACIONARIO GOES 13-N

El satélite Geoestacionario Operacional Medio Ambiental (GOES), operado por el Servicio Nacional de Datos e Información basados en Satélites Medio Ambientales (NESDIS), proporciona la información meteorológica adecuada y la recolección de datos medio ambientales regionales correspondientes a la mayoría de los países del Norte y Sur de América y los océanos circundantes. El sistema de recolección de datos recibe y transmite una amplia gama de parámetros medio ambientales provenientes de los sensores conectados con la plataforma de recolección de datos. Los datos transmitidos desde el satélite GOES son recibidos y desconfigurados en la estación terrena NESDIS y desde allí la información se procesa y se manda a una transformación posterior y/o transmisión.

El GOES N es un satélite que se encuentra en una órbita geoestacionaria a 35790 Km. sobre el plano del ecuador en la longitud 75 ° oeste. El mismo posee sensores de radiación y la respuesta de estos se encuentran en cinco bandas espectrales que van desde el visible al infrarrojo, como se muestra en la (**Tabla 1**), donde también se observa su resolución.

CANAL	RESOLUCION	INTERVALO ESPECTRAL ( $\mu\text{m}$ )
1	1x1 Km	0.55-0.75
2	4x4 Km	3.80-4.00
3	4x8 Km	6.50-7.00
4	4x4 Km	10.7-11.2
5	4x4 Km	11.5-12.5

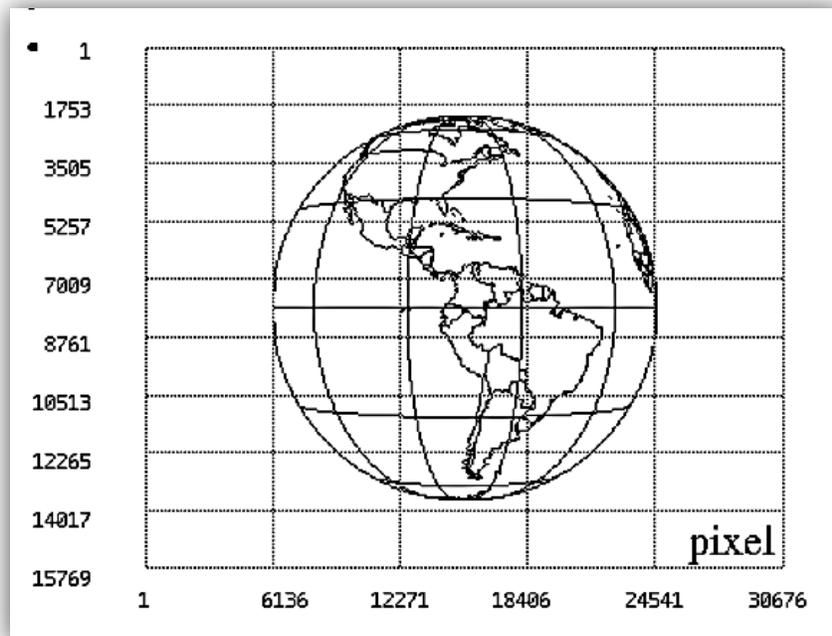
**Tabla 1.** : Características de los canales del satélite GOES N  
<http://www.oso.noaa.gov/goes/goes-calibration/change-channels.htm>

## Del Canal infrarrojo de onda larga de 10.7 $\mu\text{m}$ , del GOES13

- Tiene una resolución de 4 km (vista en el nadir sobre el ecuador).
- Poca atenuación atmosférica.
- Revela las temperaturas en la superficie y en los topes de las nubes.

El satélite toma una imagen cada 15 minutos en un formato de 10 bits. Esta imagen es enviada a tierra, georeferenciada y transmitida hacia los usuarios en un formato denominado GVAR. La información es codificada en entero de dos bytes. Para acceder a este servicio se debe disponer de un equipo de recepción de señales satelitales.

En la (**Figura 2**) se observa el sistema de coordenadas línea-píxel utilizado en el GOES.



**Figura 2:** Sistema de coordenadas línea-píxel de GOES a 75 W.

Las imágenes satelitales, se pueden obtener por Internet en el portal de la NASA-GOES-N. En este lugar se dispone de archivos en formato TIF de imágenes GOES de América del Sur.

En el nombre de estos archivos se encuentra el día, la hora, el satélite y el canal con el que fue tomada.

Sobre las características de la información de las imágenes GOES-N, aquí hemos implementado y elaborado un programa escrito en lenguaje IDL. Llamado en nuestro caso programa estructurador, este programa realiza la extracción de la imagen desde el lugar donde están ubicados que sería los servidores de la NASA, también le da una georreferenciación, esta información está clasificada en carpetas por días.

Las características de la información contenida en cada imagen realizada por nuestro programa elaborado en IDL es la siguiente:

```
ENVI> ESTRUCTURADOR.PRO
% Compiled module: PRUEBA_DATA_GOES.
** Structure <28f64820>, 18 tags, length=144, data length=132,
refs=1:
  CHANNELS          LONG          1
  DIMENSIONS        LONG          Array[2]
  HAS_PALETTE       INT           0
  IMAGE_INDEX       LONG          0
  NUM_IMAGES        LONG          1
  PIXEL_TYPE        INT           1
  TYPE              STRING        'TIFF'
  BITS_PER_SAMPLE   LONG          8
  ORIENTATION       LONG          1
  PLANAR_CONFIG     LONG          1
  PHOTOMETRIC       LONG          1
  POSITION           FLOAT          Array[2]
  RESOLUTION        FLOAT          Array[2]
  UNITS             LONG          2
  TILE_SIZE         LONG          Array[2]
  DESCRIPTION       STRING        '
GOES 13 Imager frame 136 at UTC 17:45:24.664 day 248 of 2013
Vis pixels : 5861, 26684 line'...
  DOCUMENT_NAME     STRING        ''
  DATE_TIME         STRING        ''
IMG                BYTE          = Array[1200, 862]
ENVI>
```

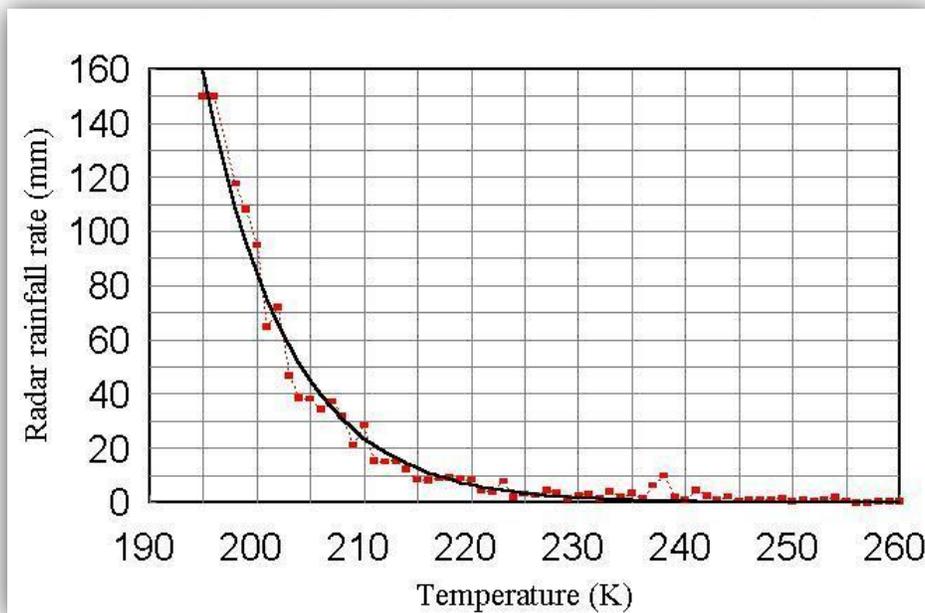
Para nuestro estudio hemos utilizado imágenes satelitales meteorológicas GOES13  
**[ANEXO 1]**

#### 2.1.4 TÉCNICA HIDRO-ESTIMADOR

El Hydro-Estimador (Kuligowski et al. 2003) fue desarrollado en respuesta a la necesidad de eliminar la dependencia de los radares que la AE tenía. Esto se hizo teniendo en cuenta las condiciones de los píxeles que lo rodean, y no sólo del propio píxel, la hora de determinar la presencia y la tasa de lluvia. En el primer caso, los píxeles con una temperatura de brillo por encima del promedio de la región se consideran circundantes. Otros cambios incluyen ajustes separados PW y RH y un esquema para ajustar las curvas de tipos de la lluvia sobre la base de la condición de los píxeles circundantes. La HE ha demostrado una capacidad sustancialmente mejorado para diferenciar llover nubes de cirros en comparación con la AE, pero funciona de manera similar a la AE cuando el AE utiliza una pantalla de radar.

Hidro-estimador: La técnica de estimación de lluvia por satélite fue desarrollada por Gilberto Vicente (1998) para producir estimaciones de lluvia automáticamente para los USA. Fue desarrollado en la National Oceanic and Atmospheric Administration/National Environmental Satellite Data and Information Service (NOAA/NESDIS) y usa la banda infrarroja ( $10.7\mu\text{m}$ ) del satélite GOES de resolución espacial  $4\times 4$  Km. El cálculo se basa en la ley potencial de regresión logarítmica que es derivado de un análisis estadístico entre la estimación de lluvia instantánea obtenida con un radar en superficie y la temperatura del tope de la nube (T) según la banda infrarroja del satélite (**Ecuación 1**). La estimación de la tasa de lluvia (R) es mostrada en la (**Figura 3**) curva de regresión, esta ajusta por los factores de humedad, tasa de crecimiento y gradiente de temperatura (Vicente et al., 1998) y los factores de paralaje y orografía (Vicente et al., 2002).

$$R = 1.183 \times 10^{11} \exp(-3.6382 \times 10^{-2} T^{1.2}) \quad (\text{Ecuación 1})$$



**Figura 3:** Tasa de lluvia y temperatura, GOES (Vicente et al., 1998)

### La conversión de GVAR datos infrarrojos a Escena Radiancia y Temperatura

Los datos de la imagen infrarroja en nuestro caso canal 4 (IR4) de 10-bit, es la imagen infrarroja del satélite GOES N son dados en GVAR (formato de GOES variables) las imágenes son obtenidas del sensor IMAGER del SATELITE GOES N. de las conversiones:

#### ❖ Conversión de GVAR sensor IMAGER a Radiancia

Los GVAR de 10-bit que estará en el rango de (0-1023) pueden ser convertidos a escenas de Radiancia acordado por la siguiente (**Ecuación 2**):

$$R = (X - b)/m \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Donde R es radiancia ( $\text{mW}/[\text{m}^2\text{-sr}\cdot\text{cm}^{-1}]$ )

X es valores GVAR o ND (niveles digitales)

Los coeficientes (m) y (b) son la pendiente y la intersección de escala respectivamente.

Los valores de (m) y (b) están en la (**Tabla 2**)

Ello depende del canal seleccionado.

Channel	m	b
2	227.3889	68.2167
3	38.8383	29.1287
4	5.2285	15.6854
6	5.5297	16.5892

**Tabla 2:** GOE-N, sensor IMAGER, escala de coeficientes  
Michael P. Weinreb, Joy X. Johnson, and Dejiang Han  
NOAA NESDIS Office of Satellite Operations  
(Revised, August 2011)

❖ **Conversión de GVAR sensor IMAGER a Temperatura**

Hay tres pasos para convertir un valor del GVAR 10-bit (0-1023) a temperatura.

**Paso1**

Convertir los GVAR o niveles digitales (ND) a Radiancia usando la (Ecuación 2) anterior

**Paso2**

Convertir la Radiancia a Temperatura Efectiva usando la inversa de la función de Planck que es la siguiente (Ecuación 3)

$$T_{eff} = \frac{(c_2 * v)}{\ln [1 + (c_1 * v^3) / R]}$$

$$c_1 = 1.191066 \times 10^{-5} [mW/(m^2-sr-cm^{-4})]$$

$$c_2 = 1.438833 (K/cm^{-1})$$

(Ecuación 3)

Donde  $T_{eff}$  es la temperatura efectiva (K)

R es Radiancia

Los coeficientes  $v$ ,  $c_1$ , y  $c_2$  son invariantes, pero  $v$ , depende de las características espectrales del canal, y varían de un instrumento a otro.

### Paso3

Convertir la Temperatura Efectiva  $T_{eff}$  a actual Temperatura T(K) usando la siguiente **(Ecuación 4)**:

$$T = \alpha + \beta * T_{eff} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde  $\alpha$  y  $\beta$  son dos coeficientes de conversión

Nótese de las conversiones **Tabla 3**.

Channel /Detector	$\nu$	$\alpha$	$\beta$
2/a	2561.74	-1.437204	1.002562
2/b	2561.74	-1.437204	1.002562
3/a	1522.52	-3.625663	1.010018
3/b	1521.66	-3.607841	1.010010
4/a	937.23	-0.386043	1.001298
4/b	937.27	-0.380113	1.001285
6 (ITT original)	753.15	-0.195055	1.000610
6 (ITT updated)	751.93	-0.134688	1.000481
6 (Currently operational, STAR updated)	749.83	-0.134801	1.000482

**Tabla 3:** GOES-13 IMAGER –Coefficients

Michael P. Weinreb, Joy X. Johnson, and Dejiang Han

NOAA NESDIS Office of Satellite Operations

(Revised, August 2011)

Hidro-Estimador

[ANEXO 2]

## 2.2. APLICACIÓN METODOLÓGICA

En este punto unificaremos todos los puntos antes mencionados, mostraremos los pasos que nuestro estudio viene realizando con el fin de estructurar una metodología.

### 2.2.1 UNIFICACIÓN DE ALGORITMOS, ECUACIONES, PARÁMETROS USANDO LA TÉCNICA HIDROESTIMADOR.

Contamos con la secuencia de la técnica Hidro-Estimador, con las ecuaciones para el canal que trabajaremos que es IR4 del satélite GOES 13, los parámetros que varían las constantes de calibración del instrumento del GOES 13 denominado IMAGER. Todo ello lo unificaremos y compilaremos usando el lenguaje de programación IDL, se efectuara varios script para determinadas funciones. Algunos script realizados en FORTRAN 90 serán interpretados en IDL.

Para la visualización de la acumulación de la precipitación en esta fase inicial utilizaremos los software ArcGIS y PCI Geomática.

#### Script programados con el lenguaje IDL

##### Paso1

Se programó un proyecto de funciones en IDL que compilan en conjunto y llamaremos proyecto GOES13\_IMAGEN, este proyecto extrae la imagen desde el internet página web de la NASA, pasa por un filtro de georreferenciación para nuestro territorio peruano, y es archivado en fechas diarias y por canales en nuestro servidor.

Proyecto en IDL (GOES13\_IMAGEN.funtion).

```
DL Widget Interface Procedures. This Code is automatically
PROYECTO GOES13_IMAGEN
;      generated and should not be modified.
; Generated on: 10/24/2013 07:32.36
pro WID_BASE_GOES_event, Event

    wTarget = (widget_info(Event.id,/NAME) eq 'TREE' ? $
               widget_info(Event.id, /tree_root) : event.id)

    wWidget = Event.top

    case wTarget of
```

```

Widget_Info(wWidget, FIND_BY_UNAME='WID_BASE_GOES'): begin
end
Widget_Info(wWidget, FIND_BY_UNAME='W_MENU_INTERVALO'): begin
  if( Tag_Names(Event, /STRUCTURE_NAME) eq 'WIDGET_BUTTON'
) then $
  ONINTERVALO, Event
  end
Widget_Info(wWidget, FIND_BY_UNAME='W_MENU OPCIONES'): begin
  if( Tag_Names(Event, /STRUCTURE_NAME) eq 'WIDGET_BUTTON'
) then $
  ONOPCIONES, Event
  end
Widget_Info(wWidget, FIND_BY_UNAME='W_MENU DIRMBANDAS'): begin
  if( Tag_Names(Event, /STRUCTURE_NAME) eq 'WIDGET_BUTTON'
) then $
  ONDIRBANDAS, Event
  end
Widget_Info(wWidget, FIND_BY_UNAME='W_MENU GOES'): begin
  if( Tag_Names(Event, /STRUCTURE_NAME) eq 'WIDGET_BUTTON'
) then $
  ONGOES, Event
  end
Widget_Info(wWidget, FIND_BY_UNAME='WID_BUTTON_ACEPTAR'):
begin
  if( Tag_Names(Event, /STRUCTURE_NAME) eq 'WIDGET_BUTTON'
) then $
  ONACEPTAR, Event
  end
Widget_Info(wWidget, FIND_BY_UNAME='WID_BUTTON_CONECTAR'):
begin
  if( Tag_Names(Event, /STRUCTURE_NAME) eq 'WIDGET_BUTTON'
) then $
  ONCONECTAR, Event
  end
  else:
  endcase
end

pro WID_BASE_GOES, GROUP_LEADER=wGroup, _EXTRA=_VWBExtra_

  Resolve_Routine, 'PROGOES_eventcb',/COMPILE_FULL_FILE ; Load
event callback routines

WID_BASE_GOES = Widget_Base( GROUP_LEADER=wGroup, $
  UNAME='WID_BASE_GOES' ,XOFFSET=5 ,YOFFSET=5 ,SCR_XSIZE=380
$
  ,SCR_YSIZE=271 ,NOTIFY_REALIZE='ONCARGASLIDER' ,TITLE='GOES'
$
  ,SPACE=3 ,XPAD=3 ,YPAD=3 ,MBAR=WID_BASE_GOES_MBAR)

Opciones = Widget_Button(WID_BASE_GOES_MBAR, UNAME='Opciones' $

```

```

    ,/MENU ,VALUE='Opciones')

WID_LIST_Ir4 = Widget_List(WID_BASE_2, UNAME='WID_LIST_Ir4' $
    ,FRAME=1 ,SCR_XSIZE=350 ,SCR_YSIZE=150 ,XSIZE=11 ,YSIZE=2)

WID_BASE_4 = Widget_Base(WID_TAB_BANDAS, UNAME='WID_BASE_4' $
    ,SCR_XSIZE=352 ,SCR_YSIZE=153 ,TITLE='Ir6' ,SPACE=3 ,XPAD=3
$
    ,YPAD=3

WID_BUTTON_ACEPTAR = Widget_Button(WID_BASE_GOES, $
    UNAME='WID_BUTTON_ACEPTAR' ,XOFFSET=238 ,YOFFSET=183 $
    ,SCR_XSIZE=123 ,SCR_YSIZE=26 ,/ALIGN_CENTER
,VALUE='Aceptar')

WID_BUTTON_CONECTAR = Widget_Button(WID_BASE_GOES, $
    UNAME='WID_BUTTON_CONECTAR' ,XOFFSET=114 ,YOFFSET=183 $
    ,SCR_XSIZE=120 ,SCR_YSIZE=26 ,/ALIGN_CENTER
,VALUE='Conectar')

WID_LABEL_TIMER = Widget_Label(WID_BASE_GOES, $
    UNAME='WID_LABEL_TIMER' ,XOFFSET=10 ,YOFFSET=186
,SCR_XSIZE=73 $
    ,SCR_YSIZE=23 ,/ALIGN_LEFT ,VALUE='.')

Widget_Control, /REALIZE, WID_BASE_GOES

XManager, 'WID_BASE_GOES', WID_BASE_GOES, /NO_BLOCK

end
; Empty stub procedure used for autoloading.
;
pro PROGOES, GROUP_LEADER=wGroup, _EXTRA=_VWBExtra_
    WID_BASE_GOES, GROUP_LEADER=wGroup, _EXTRA=_VWBExtra_
end

```

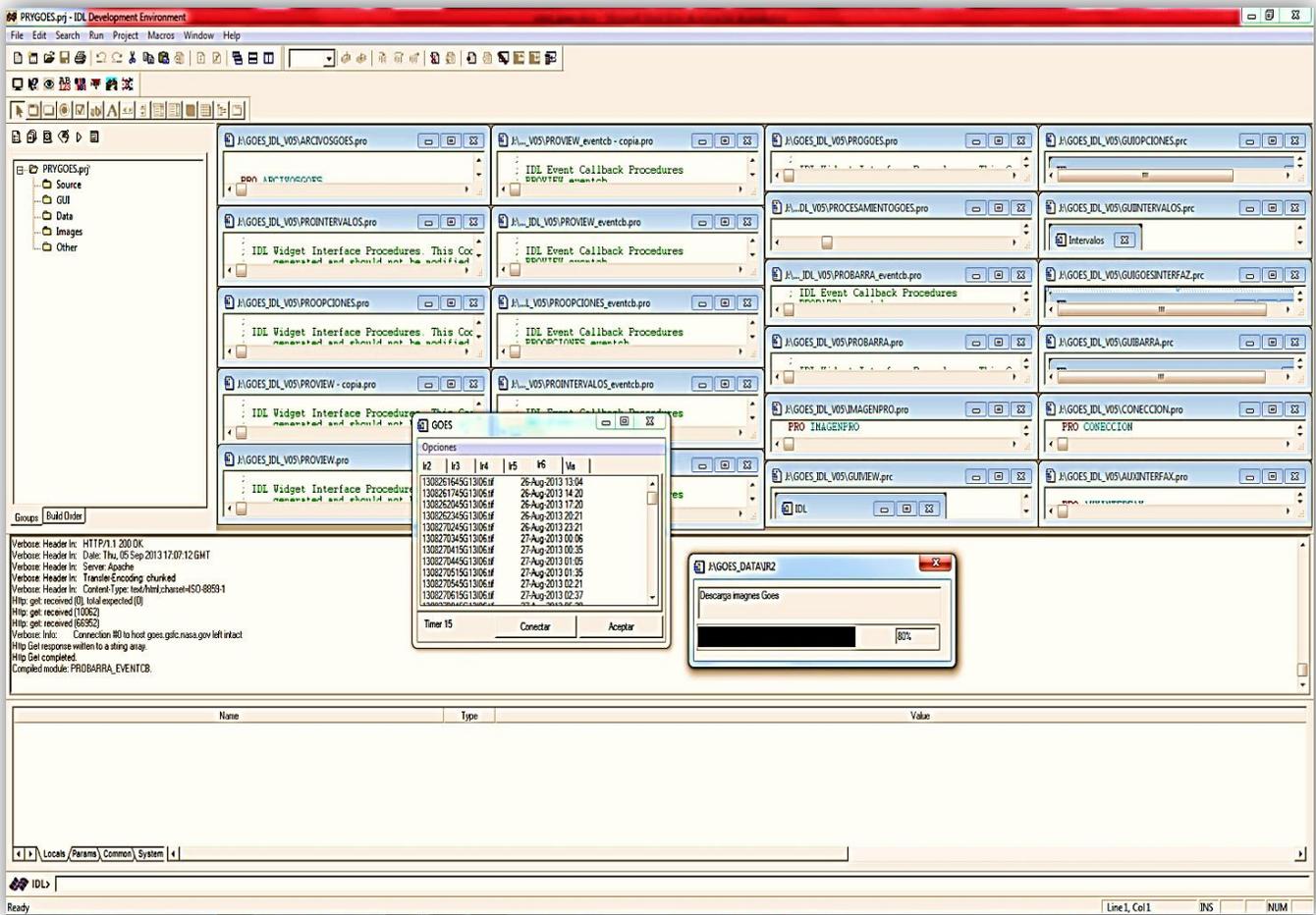
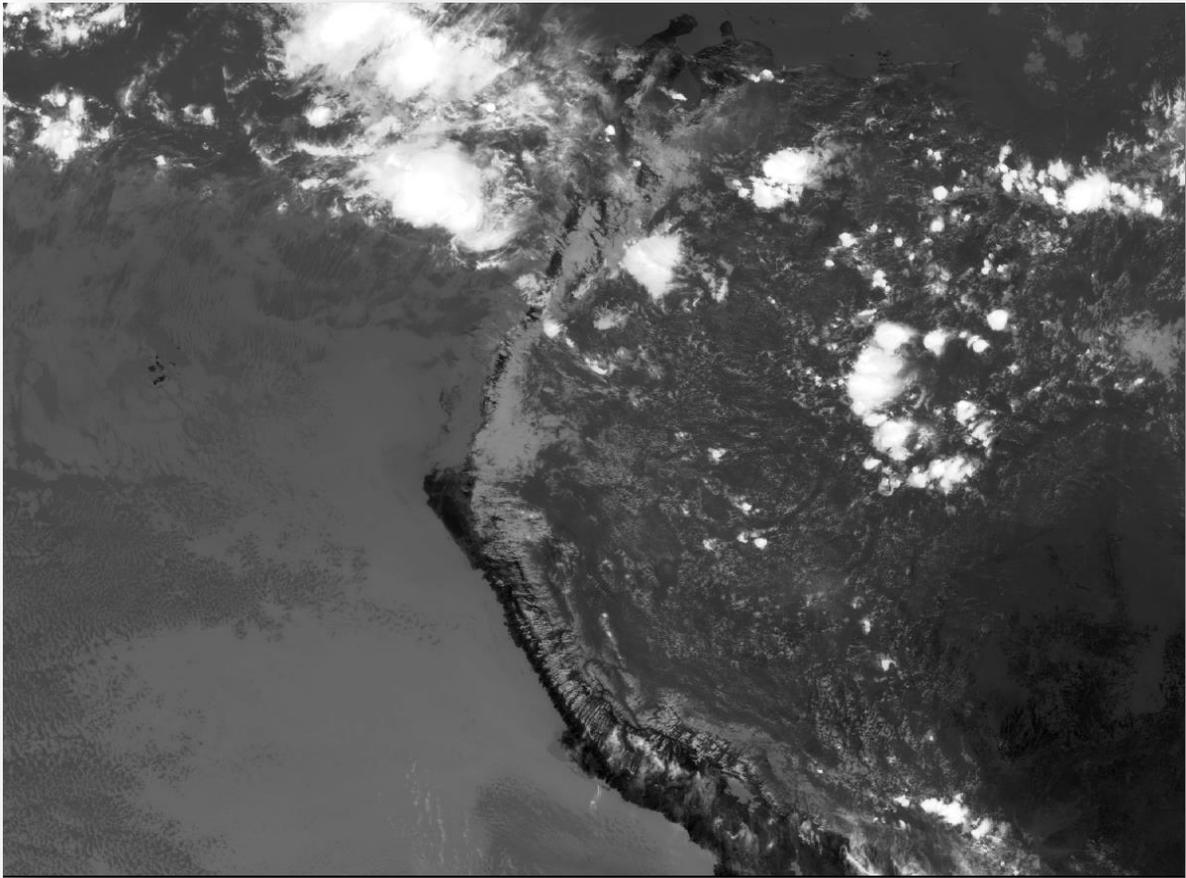


Figura 4: Proyecto GOES13\_IMAGEN.funfuncion compilación en IDL



**Figura 5:** Imagen extraída con el script GOES13\_IMAGEN.funtion -  
Geo\_1308041815G13I04.tif

Imagen georreferenciada

Formato .tif

Fecha 04 de agosto del 2013

Hora 18:15 UTM

GOES 13

CANAL I04

## Paso2

Como ya tenemos las imágenes en nuestro servidor ordenado por fecha y canal, utilizaremos los del canal 4 (IR4) que son las imágenes infrarrojas utilizadas con el GOES13 para la técnica Hidro- Estimador, elaboramos otro script en IDL que contengan los algoritmos de Radiancia, temperatura efectiva, temperatura, y tasa de precipitación, estos algoritmos serán aplicados a una imagen georreferenciada extraída de la primera compilación (**Paso1**)

El siguiente script lo llamaremos (HE-HIDROESTIMADOR.pro)

```
pro HE-HIDROESTIMADOR
```

```
filegeo_1=
```

```
'C:\Users\rmoreno\Desktop\prueba_arc_preci\1312170445G13I04.tif'
```

```
IMAHIDROESTIMADOR, filegeo_1,filegeohidro_tiff
```

```
END
```

```
PRO IMAHIDROESTIMADOR , filegeo_1,filegeohidro_tiff
```

```
datatif = READ_TIFF(filegeo_1)
```

```
datatif2=(datatif/255.)*1200.
```

```
;;radiancia=fix(datatif)
```

```
radiancia=(FLOAT(datatif2)-15.6854)/5.2285
```

```
;;print,radiancia
```

```
help,radiancia
```

```
teffective = A/ALOG(1+(B/FLOAT(radiancia)))
```

```
help,teffective
```

```
;;print,"temperatura brillo maxima: ",max(teffective)-273
```

```
;;print,"temperatura brillo minima: ",min(teffective)-273
```

```
t=-0.386043+1.001298*float(teffective)
```

```
C=111830000000;1.1183*10^11
```

```
D=-0.036382;-3.6382*(10^(-2))
```

```
;;intensidad de lluvia
```

```
TasaPP=fltarr(1200,862)
```

```
for i=0,n-1 do begin
```

```
    if (FINITE(datatif2[i]) eq byte(1)) then begin
```

```
        ; b[i]=FINITE(datatif [i])
```

```
        TasaPP[i] = C * exp(D*(FLOAT(t[i])^1.2))
```

```
    endif
```

```

endfor
    help, TasaPP

print, "intensidad de lluvia maxima: ", max(TasaPP)
print, "intensidad de lluvia minima: ", min(TasaPP)

file=FILE_BASENAME(filegeo_1, '.tif')
print, file
filegeohidro= FILE_DIRNAME(filegeo_1) + '\hidroest_'+file
print, filegeohidro
TABLE_HEADER=string array]

END

```

De la compilación del script HE-HIDROESTIMADOR.pro

```

IDL> .compile
'C:\Users\cquispe\cynthia_2014\HIDRO_2014\IDL_GOES\goes_hidrome_id
1\IMAGECRUDA_HE.PRO'
% Compiled module: IMAGECRUDA_HE.
% Compiled module: IMAHIDROESTIMADOR.
IDL> IMAGECRUDA_HE
% Compiled module: IMAGECRUDA_HE.
% Compiled module: IMAHIDROESTIMADOR.
RADIANCIA          FLOAT      = Array[1200, 862]
TEFFECTIVE         FLOAT      = Array[1200, 862]
T                  FLOAT      = Array[1200, 862]
TASAPP             FLOAT      = Array[1200, 862]
intensidad de lluvia maxima:      0.0323179
intensidad de lluvia minima:      3.36495e-007
1309050415G13I04
C:\Users\cquispe\cynthia_2014\HIDRO_2014\IMAGE_GOES\05-Sep-
2013\hidroest_1309050415G13I04.csv

```

1	0,012831	0,009573	0,007903	0,010547	0,008695	0,011629	0,005432	0,004521	0,007903	0,007189	0,003449
2	0,017322	0,01417	0,009573	0,005432	0,007903	0,008695	0,001871	0,000294	0,007903	0,005432	0,000273
3	0,012831	0,008695	0,009573	0,011629	0,012831	0,008695	0,000591	0,000032	0,001578	0,000467	0,00013
4	0,010547	0,012831	0,011629	0,01417	0,01417	0,010547	0,000162	0,000005	0,000188	0,000064	0,000025
5	0,01566	0,017322	0,01566	0,01417	0,01566	0,009573	0,000064	0,000003	0,000069	0,000037	0,000049
6	0,01566	0,01566	0,012831	0,010547	0,01417	0,007903	0,000037	0,000003	0,000091	0,000218	0,000253
7	0,01566	0,01566	0,01417	0,010547	0,011629	0,007903	0,000003	0,000003	0,000064	0,001227	0,001227
8	0,009573	0,01566	0,01566	0,01417	0,01566	0,002888	0,00003	0,000004	0,004954	0,00596	0,001227
9	0,010547	0,01417	0,01566	0,01566	0,01417	0,006544	0,000032	0,000018	0,008695	0,011629	0,007903
10	0,010547	0,017322	0,017322	0,017322	0,01417	0,01417	0,000162	0,000037	0,012831	0,01417	0,01417
11	0,01566	0,017322	0,017322	0,017322	0,01566	0,01417	0,002645	0,005432	0,011629	0,012831	0,01417
12	0,01417	0,017322	0,017322	0,01566	0,01566	0,01417	0,012831	0,011629	0,010547	0,010547	0,011629
13	0,017322	0,017322	0,017322	0,01566	0,017322	0,01566	0,012831	0,011629	0,001451	0,000693	0,006544
14	0,017322	0,017322	0,01566	0,01566	0,01566	0,01566	0,01566	0,012831	0,001578	0,000693	0,009573
15	0,01417	0,009573	0,011629	0,01417	0,01566	0,01566	0,01417	0,012831	0,002222	0,004521	0,010547
16	0,010547	0,003773	0,004521	0,007189	0,011629	0,012831	0,01417	0,01417	0,000023	0,000085	0,007189
17	0,011629	0,004129	0,003449	0,00596	0,00596	0,004521	0,010547	0,012831	0,000022	0,000049	0,004129
18	0,007189	0,003449	0,004129	0,008695	0,004129	0,000591	0,003773	0,011629	0,000045	0,000113	0,004129
19	0,012831	0,003155	0,003155	0,004521	0,007189	0,002888	0,003773	0,005432	0,00113	0,002038	0,00596
20	0,01566	0,007903	0,007189	0,007903	0,008695	0,011629	0,01417	0,011629	0,00596	0,007189	0,012831
21	0,017322	0,017322	0,017322	0,01417	0,006544	0,008695	0,01566	0,01417	0,004521	0,003773	0,01417
22	0,017322	0,019176	0,017322	0,01417	0,006544	0,009573	0,007189	0,004129	0,004954	0,006544	0,01566
23	0,019176	0,017322	0,017322	0,01566	0,00596	0,007189	0,000693	0,00004	0,010547	0,012831	0,01417
24	0,019176	0,019176	0,019176	0,01566	0,005432	0,003773	0,004129	0,002888	0,01417	0,01566	0,011629
25	0,019176	0,019176	0,019176	0,017322	0,008695	0,006544	0,00596	0,009573	0,01566	0,01566	0,008695
26	0,019176	0,019176	0,019176	0,017322	0,01566	0,005432	0,011629	0,012831	0,01566	0,01566	0,007903
27	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,017322	0,01566	0,01566	0,017322	0,017322	0,006544
28	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,017322	0,017322	0,017322	0,01566	0,012831
29	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,017322	0,017322	0,01566	0,017322
30	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176
31	0,017322	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,017322	0,017322	0,017322	0,019176	0,017322
32	0,012831	0,017322	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,019176	0,017322	0,01417	0,01566	0,017322
33	0,017322	0,017322	0,017322	0,017322	0,017322	0,017322	0,017322	0,017322	0,017322	0,017322	0,01566
34	0,01566	0,01566	0,01566	0,017322	0,017322	0,017322	0,017322	0,017322	0,01417	0,01417	0,006544
35	0,01566	0,01417	0,01417	0,012831	0,01417	0,01566	0,01566	0,017322	0,007189	0,009573	0,007903
36	0,01566	0,012831	0,012831	0,003449	0,000815	0,012831	0,01566	0,01566	0,012831	0,011629	0,005432
37	0,01417	0,012831	0,011629	0,001451	0,000009	0,000218	0,003773	0,00596	0,01417	0,012831	0,007903
38	0,011629	0,011629	0,008695	0,000318	0,000004	0,000004	0,000045	0,000064	0,01417	0,011629	0,007189
39	0,01417	0,011629	0,008695	0,000162	0,000004	0,000003	0,000011	0,00006	0,01417	0,012831	0,00596
40	0,01566	0,01417	0,012831	0,00104	0,000006	0,000004	0,000019	0,00004	0,01417	0,01417	0,011629
41	0,01417	0,01417	0,012831	0,003449	0,000105	0,000958	0,00596	0,000693	0,011629	0,009573	0,011629
42	0,004129	0,00596	0,007189	0,007903	0,010547	0,012831	0,012831	0,008695	0,004954	0,003773	0,007903
43	0,002038	0,001871	0,003155	0,009573	0,01417	0,012831	0,012831	0,010547	0,004954	0,006544	0,010547

**Figura 6:** Matriz resultante de compilar el script HE-HIDROESTIMADOR.pro.

El resultado de compilar el script **HE-HIDROESTIMADOR.pro**, es que los niveles digitales de la imagen georreferenciada (.tif) han pasado por la formulación de los algoritmos, y nos entrega una matriz con nuevos datos estos datos serian la tasa de precipitación pero de una imagen, para hacer una estimación se efectúa la precipitación acumulada.

### Paso3

Formación de la grilla regular, estará dada por la latitud y longitud, grilla elaborada solo para imágenes GOES en territorio peruano, los datos están comprimidos y codificados en un formato desconocido llamado NAV.

Se elaboró un script en IDL que lea este tipo de formato, el siguiente script lo llamaremos LECTURA-NAV.pro

```

LECTURA-NAV.pro para la medida actualizada
;04/01/2014
file=dialog_pickfile(filter='*.nav')

nf=file_lines(file) ;numero de datos
print,format='("numero de datos=",i8)',nf
;xy=fltarr(2,nf,/nozero)
;% Compiled module: LEER_NAV_REDUCIDO.
;numero de datos= 42304

xy=fltarr(2,1034400)

openr,uni,file,/get_lun
readu,uni,xy
free_lun,uni
help, xy

RE=fltarr(2,1)

    for i=374782,1031182,1200 do begin
RE=[[RE],[xy[0:1,i:i+519]]]
endfor
RE=RE[0:1,1:284960]
help,RE

;este cambio de tamaño se realizo por que el shp del peru quedo un
poco grande frente al NAV
; for i=419227,1031227,1200 do begin
;RE=[[RE],[xy[0:1,i:i+474]]]
;endfor
;RE=RE[0:1,1:242725]
;help,RE

;salida de datos
PRO outfile, aux, salida
    OPENW, unit2, SALIDA,/GET_LUN
    printf, unit2, aux
    Free_lun, unit2
    ; enterga resultados solo para peru
END

```

```

lat      long
-O. 0488150    -81.2770
-O. 0488144    -81.2406
-O. 0488138    -81.2043
-O. 0488132    -81.1679
-O. 0488126    -81.1316
-O. 0488120    -81.0953
-O. 0488114    -81.0589
-O. 0488108    -81.0226
-O. 0488103    -80.9863
-O. 0488097    -80.9500
-O. 0488091    -80.9137
-O. 0488085    -80.8773
-O. 0488080    -80.8410
-O. 0488074    -80.8047
-O. 0488069    -80.7684
-O. 0488063    -80.7321
-O. 0488058    -80.6958
-O. 0488052    -80.6596
-O. 0488047    -80.6233
-O. 0488041    -80.5870
-O. 0488036    -80.5507
-O. 0488031    -80.5144
-O. 0488026    -80.4782
-O. 0488020    -80.4419
-O. 0488015    -80.4056
-O. 0488010    -80.3694
-O. 0488005    -80.3331
-O. 0488000    -80.2969
-O. 0487995    -80.2606
-O. 0487990    -80.2244
-O. 0487985    -80.1881
-O. 0487980    -80.1519
-O. 0487975    -80.1157
-O. 0487970    -80.0794
-O. 0487965    -80.0432
-O. 0487960    -80.0070
-O. 0487955    -79.9707
-O. 0487951    -79.9345
-O. 0487946    -79.8983
-O. 0487941    -79.8621
-O. 0487937    -79.8259
-O. 0487932    -79.7897
-O. 0487928    -79.7535
-O. 0487923    -79.7173

```

**Figura 7:** resultado de compilar el script LECTURA-NAV.pro, datos de longitud y latitud.

**Directorio /pub/goeast-lzw/peru/maps/ de FTP en goes.gsfc.nasa.gov**

Para ver este sitio FTP en el Explorador de archivos: presiona Alt, haz clic en Ver y, luego, en Abrir el sitio FTP en el Explorador de archivos.

[Subir al directorio de nivel superior](#)

---

07/12/2010 12:00	Directorio	<a href="#">old</a>
06/01/2010 12:00	6,642,412	<a href="#">peru 1006011745 G13I01 L float.nav.gz</a>
06/01/2010 12:00	1,521,971	<a href="#">peru 1006011745 G13I01 L int.nav.gz</a>
06/01/2010 12:00	6,797,639	<a href="#">peru 1006011745 G13I01 M float.nav.gz</a>
06/01/2010 12:00	1,832,774	<a href="#">peru 1006011745 G13I01 M int.nav.gz</a>
06/01/2010 12:00	42,525	<a href="#">peru 1006011745 G13I01 coasts.ps</a>
06/01/2010 12:00	86,382	<a href="#">peru 1006011745 G13I01 coasts.tif</a>
06/01/2010 12:00	63,592	<a href="#">peru 1006011745 G13I01 countries.ps</a>
06/01/2010 12:00	88,264	<a href="#">peru 1006011745 G13I01 countries.tif</a>
06/01/2010 12:00	6,642,412	<a href="#">peru 1006011745 G13I04 L float.nav.gz</a>
06/01/2010 12:00	1,521,971	<a href="#">peru 1006011745 G13I04 L int.nav.gz</a>
06/01/2010 12:00	6,797,639	<a href="#">peru 1006011745 G13I04 M float.nav.gz</a>
06/01/2010 12:00	1,832,774	<a href="#">peru 1006011745 G13I04 M int.nav.gz</a>
06/01/2010 12:00	42,525	<a href="#">peru 1006011745 G13I04 coasts.ps</a>
06/01/2010 12:00	86,382	<a href="#">peru 1006011745 G13I04 coasts.tif</a>
06/01/2010 12:00	63,592	<a href="#">peru 1006011745 G13I04 countries.ps</a>
06/01/2010 12:00	88,264	<a href="#">peru 1006011745 G13I04 countries.tif</a>
11/16/2009 12:00	2,779	<a href="#">readme.nav.txt</a>

---

**Figura 8:** ubicación de los archivos NAV.

## Paso4

Usando el software ArcGIS y PCI geomatica, obtenemos la grilla, con los datos de longitud y latitud, este proceso tubo variaciones de los formatos leídos por los script, se exporto información de datos para que sea leído por los software.

Sea crea un archivo .shp Polígonos basado en latitud y longitud. Usando thieesen

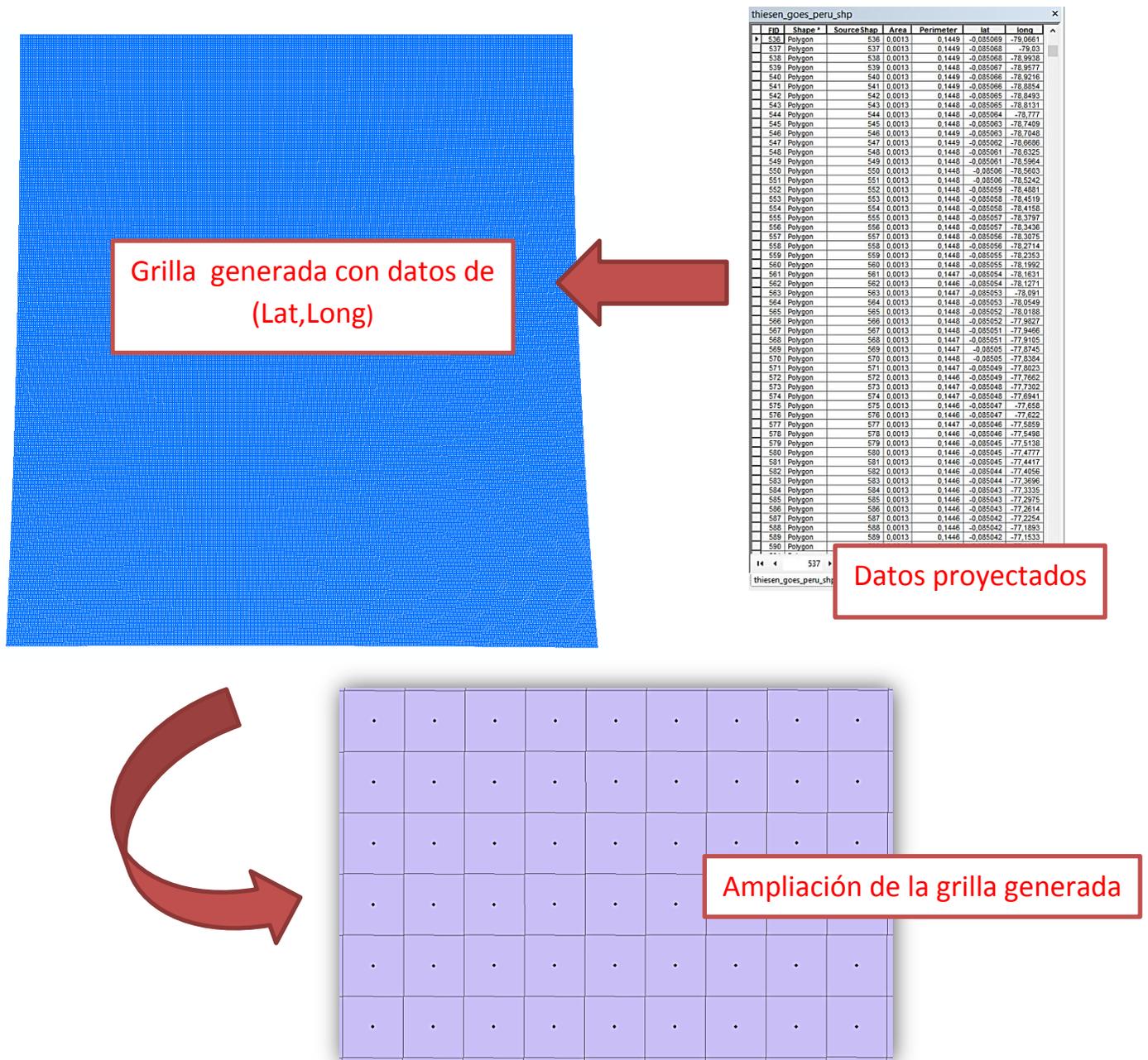


Figura 9: Generación de grilla regular con los software matriz (600\*650)



**Figura 10:** Resultado de la formación de grilla regular para imágenes GOES, cada celda tiene una separación de 4\*4Km la grilla obtenida ya es reducida para el área de trabajo que deseamos realizar, toda la región Perú.

## **Paso5**

Usamos los software ARCGIS y PCI geomática realizamos un JOIN con los datos de HE-HIDROESTIMADO y la GRILLA.

Con este proceso podemos visualizar el ordenamiento de nuestros datos de precipitación en cada celda de la grilla dando así los colores o acumulaciones respectivas de la tasa de precipitación.

### **2.2.2 SISTEMATIZACIÓN USANDO EL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN IDL PARA LA COMPILACIÓN**

En esta primera fase del estudio se ha podido obtener el valor de tasa de precipitación de una imagen los script realizados obedecen a la lectura de una imagen.

Para la sintonización del estudio y posteriormente proceder a una metodología estadística usando varias imágenes se tiene que unificar todos los script realizados en un solo proyecto, esto quiere decir que una sola compilación del proyecto nos dará el resultado acumulado de la precipitación.

Como primera fase se ha creado 10 scripts divididos en compilación conjunta y compilación individual.

La programación nos dará datos extraídos de una imagen pero siempre necesitara otro programa para la visualización del ordenamiento de estos datos llamados software gráfico, como para poder visualizar un mapa climático los software utilizados en este estudio principalmente fueron:

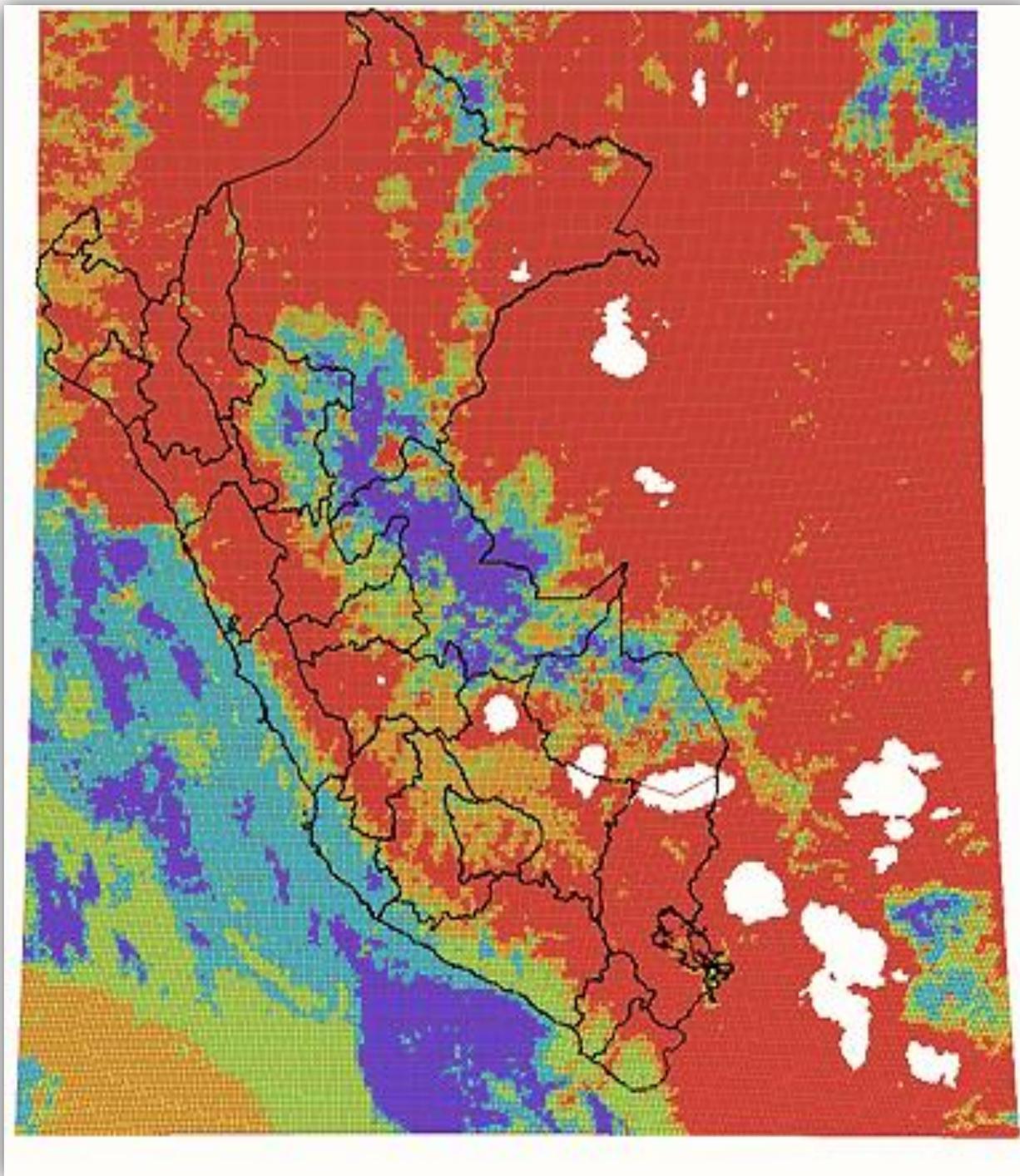
- ENVI
- IDL +ENVI
- ArcGIS
- PCI geomática

La data utilizada eran matrices de data bastante grandes, por lo cual se realizaron diferentes programas usando el software ArcGis ,PCI para el manejo de la data y los software IDL como herramienta para el procesamiento de datos crudos y datos empaquetados en tamaños y cantidades relativamente grandes.

### 2.2.3 PRODUCTO TASA DE PRECIPITACIÓN EN LA REGIÓN PERÚ.

Dado que la lluvia tiende a ser un variable de discontinua, el cálculo correcto de las estimaciones no sólo depende de la determinación precisa de las tasas de precipitación instantánea para cada píxel, el producto de esta primera fase ha sido obtener el valor de la precipitación por imagen y poder visualizarla en la segunda fase entraremos a la sistematización, y acumulación de tasa de precipitación.

En la **Figura11** podemos visualizar el JOIN de los datos de precipitación con la grilla para una imagen, vemos también donde la precipitación tiene mayor concentración en determinada fecha y hora.



**Figura 11:** GOES13-IMAGEN - 1308081615G13I04.tif

Fecha 08 de agosto del 2013

Hora 16:15 UTM

GOES 13

CANAL IR04

## **2.2.4 APLICACIÓN METODOLOGICA ESTADÍSTICA**

Las estimaciones de la tasa de precipitación se ajustan para regímenes diferentes de humedad utilizando los campos más recientes de agua precipitable y de humedad relativa generada, con la metodología estadística se busca trabajar con cantidad de datos en nuestro estudio se aproxima trabajar con 12 imágenes para estimar un acumulado de 6 horas se necesita de modelo numérico para estas estimaciones. Esta parte es la segunda fase del estudio pero aquí mencionamos el modelo que se desea seguir.

### **Modelos numéricos para el pronóstico del tiempo**

El pronóstico numérico del tiempo es la simulación de los procesos atmosféricos en computadoras con el objetivo de deducir los estados futuros del tiempo basados en las condiciones actuales. Con la excepción de los pronósticos a muy corto plazo (menores a 12 horas), todos los pronósticos del tiempo que se generan hoy en día se basan en los modelos numéricos.

La formulación matemática de los procesos atmosféricos deriva en un conjunto de ecuaciones que describen el cambio temporal de las variables atmosféricas (presión del aire, viento, temperatura). Desafortunadamente, la estructura matemática de estas ecuaciones es tan compleja (ecuaciones diferenciales parciales y no lineales) que no existe una solución analítica que determine el estado futuro de la atmósfera con exactitud. Sin embargo, estas ecuaciones se pueden resolver en forma aproximada con métodos numéricos. La solución numérica de las ecuaciones del modelo requiere como primer paso definir la grilla del modelo.

Esto representa una dificultad debido a que la estructura espacial y temporal de los procesos relevantes en la atmósfera que afectan al tiempo es muy variable. Además de la distribución en gran escala de las áreas de sistemas de alta y baja presión (de dimensiones mayores a los 1000 km) que determinan en forma general la situación meteorológica, hay también fenómenos de pequeña escala como tormentas (con dimensiones características de unos pocos kilómetros) las cuales, en su escala, pueden tener una gran influencia en el estado del tiempo. Por lo tanto, es deseable trabajar con un retículo de puntos separados por la menor distancia posible (alta resolución) para que el modelo numérico sea capaz de resolverlos.

Nuestra región presenta además características topográficas (cordillera de Los Andes, costas) que muy frecuentemente dan lugar a fenómenos meteorológicos particulares, los cuales sólo pueden ser correctamente descriptos con modelos de alta resolución.

### Modelo ETA

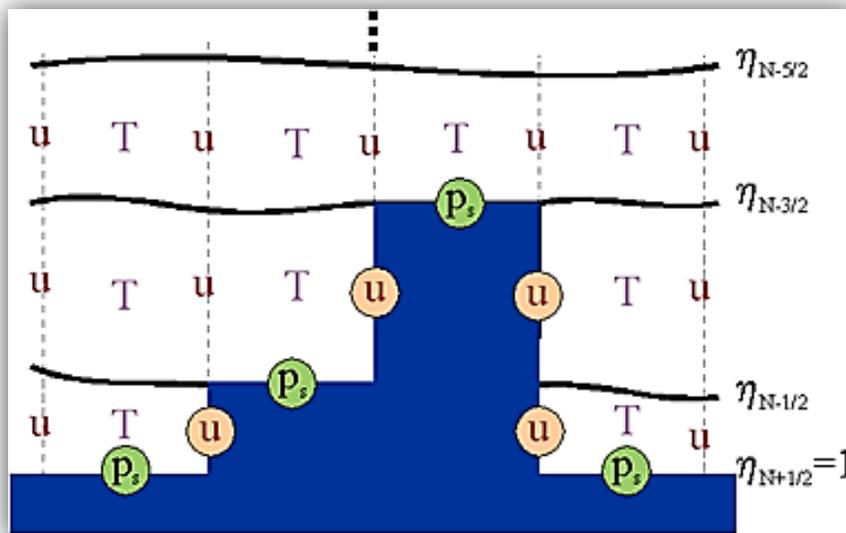
El desarrollo del modelo ETA comenzó en 1973 de la mano de Fedor Mesinger y Zaviša Janji, en la Universidad de Belgrado y en el Instituto Federal de Hidrometeorología, Yugoslavia. Entre los años ochenta y noventa, los principales desarrollos y mejoras fueron realizados en el NOAA / National Centers for Environmental Prediction (NCEP), Estados Unidos, donde el modelo es usado para pronóstico del tiempo operacional desde 1993. Esta versión del modelo ETA fue obtenida en el International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italia en el año 2002 y adaptada para el extremo sur de Sudamérica por el Grupo de Modelado Numérico del Departamento de Procesos Automatizados del Servicio Meteorológico Nacional.

El modelo ETA utiliza la coordenada vertical ETA, una generalización de la coordenada vertical sigma, ideal para regiones de topografía muy abrupta (como la cordillera de Los Andes) debido a que tiene la ventaja de minimizar el error en cálculo de la fuerza del gradiente de presión sobre este tipo de topografías. La coordenada ETA se define como:

$$\eta = \left( \frac{p - p_T}{p_{zfc} - p_T} \right) \eta_{zfc} \quad \eta_{zfc} = \frac{p_{ref}(z_{zfc}) - p_T}{p_{ref}(0) - p_T}$$

Donde  $p_T$  es la presión en el tope de la atmósfera,  $p_{zfc}$  y  $Z_{zfc}$  es la presión y altura del borde inferior del modelo,  $p_{ref}$  es la presión de referencia (presión a nivel del mar). Como resultado las superficies ETA son cuasi horizontales todo el tiempo mientras mantienen las ventajas matemáticas de un sistema isobárico que no intersecta la superficie terrestre.

El modelo ETA SMN posee en la vertical 38 niveles. Para realizar los cálculos se utiliza el retículo de Philips, donde la temperatura, humedad específica, y las componentes horizontales del viento se localizan en el medio de las capas verticales, mientras que la velocidad vertical, geopotencial y energía cinética turbulenta (TKE) se computan en las interfaces de las capas (**Figura12**). Los nodos de viento se encuentran a su vez del lado vertical de los boxes. La topografía del modelo está representada por unos escalones discretos cuyos topes coinciden exactamente con alguna superficie ETA. La condición de borde "no-slip" mantiene velocidad cero a los lados de los boxes que coinciden con uno de estos escalones.



**Figura12:** Corte vertical de un modelo ETA con N niveles. Variables de masa como temperatura y variables de velocidad (T y U respectivamente) están definidas en el medio de cada capa.  $P_s$  es la presión de superficie. Las componentes de viento representadas con un círculo a lo largo de los escalones toman el valor de cero debido a la condición de "no-slip" definida en el borde inferior del modelo.

## 2.2.5 APLICACIÓN DE METODOLOGÍA ESTADÍSTICA PARA LA TASA DE PRECIPITACIÓN ACUMULADA

Este punto corresponde a la segunda fase.

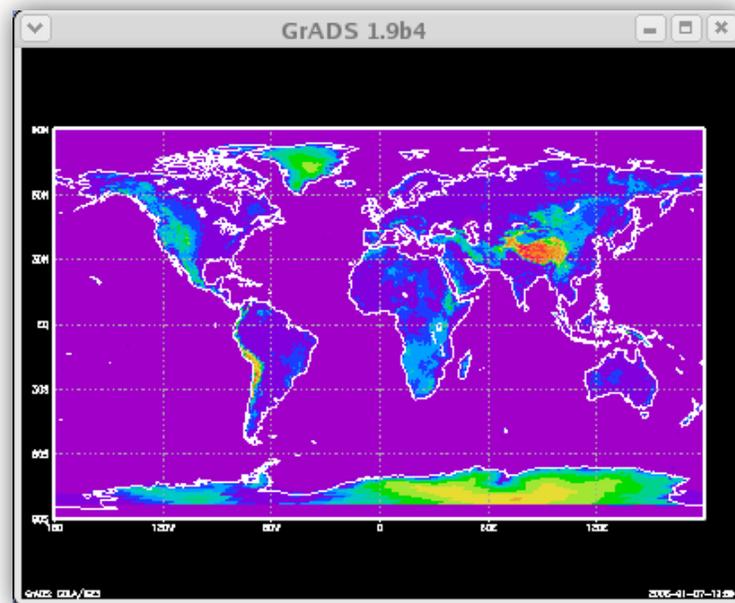
## 2.2.6 VALIDACIÓN CON DATOS

En esta primera fase de nuestro estudio las validaciones se han dado de forma comparativa con los resultados de la organización mundial meteorológica.

Es correspondiente a la segunda fase del estudio la validación con el SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL PERU (SENAMHI).

## 2.2.7 VISUALIZACIÓN Y COMPILACIÓN DE LA MATRIZ CON DATOS DE PRECIPITACIÓN USANDO SOFTWARE GRADS

Es correspondiente a la segunda fase, se desea también trabajar con el software libre GRADS, ya que sigue la secuencia de programación los resultados de visualización grafica se obtienen programando en lenguaje FORTRAN90.



**Figura13:** Imagen obtenida con software GRADS

### 3 RESULTADOS

En este estudio se describe el desarrollo de un sistema usando técnica de estimación de precipitaciones (llamado el Hidro-Estimador). La tasa de lluvia se deriva de una regresión de ley de potencia relación entre el canal IR-04 de 10,7 mm GOES-13 radiancia y temperatura de brillo. Este sistema se ajusta a modelos numéricos mencionados para la estimación de precipitación en modo pronóstico en tiempo real y está diseñado para, la previsión de fuertes precipitaciones y los modelos hidrológicos posteriormente.

En este estudio la estimación de la tasa de precipitación por imagen fue implementada en IDL (lenguaje de programación y los mapas están diseñados en software ArcGis, los scripts elaborados son operativos y moldeables a cualquier cambio de ecuación o algoritmos que pueda requerir la imagen utilizada.

En este estudio mostramos resultados de los recientes avances en el desarrollo de la técnica de estimación de precipitación por satélite en los datos de satélite e información de Servicio (NESDIS) en la Administración Nacional Oceánica y atmosférica (NOAA).

Este estudio describe también la secuencia desde la obtención de imagen meteorológica GOES13 hasta su producto tasa de precipitación, esta secuencia es desarrollada por profesionales de la Dirección de Geomática (CONIDA).

## 4 RECOMENDACIONES

La estimación de la precipitación a través de técnicas satelitales, ha sido una herramienta de bastante utilidad para monitorear la distribución de la precipitación en zonas alejadas y en donde no existe infraestructura adecuada para medir la precipitación. La CONIDA (COMISION NACIONAL DE INVESTIGACION Y DESARROLLO AEROESPACIAL) pretende implementar la operación del sistema Hydro-estimator en las instalaciones de la CONIDA. El sistema permite un monitoreo continuo, y por ende, observar y prever zonas potenciales de inundaciones. El antecedente de este sistema es el Auto-estimador, el cual fue desarrollado varios años atrás como un proceso automático que asiste a los meteorólogos para monitorear la precipitación a escalas pequeñas, particularmente en regiones donde no existe datos de radar o datos pluviométricos.

Por ello para que el sistema que está en estudio tenga una eficaz aplicación y ejecución necesita una antena receptora de imágenes satelitales meteorológicas que nos dará las imágenes que trabajaremos en tiempo real el estudio de la implementación de la estación terrena es otro proyecto ya realizado por LA CONIDA.

El tema principal es ESTUDIO PARA EL FORTALECIMIENTO DE MONITOREO HIDROMETEOROLOGICO UTILIZANDO TELEDETECCIÓN que recae en otro estudio sobre Zonas geográficas monitoreadas y alertadas ante peligros hidrometeorologico. Lo desarrollado hasta el momento se hará efectivo cuando se cuente con los materiales y equipos indicados por los profesionales de la Dirección de Geomática (CONIDA).

Se pretende contar con un sistema de recepción de imágenes satelitales meteorológicas y la metodología para trabajar las imágenes que esta nos proporcionará el estudio que se está realizando es esa metodología que nos llevara al producto final que el monitoreo y alerta ante peligro hidrometeorologico, siendo el único beneficiado la región del PERU.

Profesionales del área meteorológica, instituciones del estado y privadas serán beneficiados a quienes llamaremos usuarios, son los profesionales o entidades que tomaran decisiones con la data entregada.

## 5 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Weinreb, M.P., M. Jamieson, N. Fulton, Y. Chen, J.X. Johnson, J. Bremer, C. Smith, and J. Baucom, "Operational calibration of Geostationary Operational Environmental Satellite-8 and -9 imagers and sounders," *Applied Optics*, **36**, pp. 6895-6904, 1997.
- [2] Johnson, J.X., GOES-8 radiance to brightness-temperature conversions, internal memorandum, Sept. 20, 1996.
- [3] Bristor, C.L. (ed.), "Central processing and analysis of geostationary satellite data," NOAA Tech. Memo. NESS 64, U.S. Dep't. Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, DC, 155 pp. (1975)
- [4] Joyce, R., J. Janowiak, and G. Huffman, 2001: Latitudinally and seasonally dependent zenith-angle corrections for geostationary satellite IR brightness temperatures. *J. Appl. Meteor.*, 40, 689-703.
- [5] Scofield, R. A., 1987: The NESDIS operational convective precipitation technique. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1773-1792.
- [6] Scofield, R. A., 2001: Comments on "A quantitative assessment of the NESDIS Auto-Estimator." *Wea. Forecasting*, 16, 277-278.
- [7] Vicente, G. A., J. C. Davenport, and R. A. Scofield, 2002: The role of orographic and parallax corrections on real time high resolution satellite rainfall estimation. *Int. J. Remote Sens.*, 23, 221-230.
- [8] Vicente, G. A., R. A. Scofield, and W. P. Menzel, 1998: The operational GOES infrared rainfall estimation technique. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 79, 1883-1898.

# 6 ANEXO

## [ANEXO 1] CARACTERÍSTICA SATÉLITE GEOESTACIONARIO GOES13



NOAA Satellite and Information Service  
National Environmental Satellite, Data, and Information Service (NESDIS)



Office of Satellite  
Operations



### GOES 13 Spacecraft Status Summary

#### Spacecraft Data

Spacecraft Letter: N      Spacecraft Location: 75 West      AOC Mode: Normal Upright  
Launch Date: 05/24/2006      Operational Date: 04/14/2010      Operational Status: Operational East  
**Notes:** GOES-13 resumed GOES-East services at 1445z on October 18, 2012.

#### Subsystem Status:

Subsystem	Description	Status
<a href="#">IMAGER</a>	Imager	GREEN
<a href="#">SEM</a>	Space Environment Monitor	YELLOW
<a href="#">SOUNDER</a>	Sounder	GREEN
<a href="#">SXI</a>	Solar X-Ray Imager	YELLOW
<a href="#">ACS</a>	Attitude Control System	GREEN
<a href="#">COMM</a>	Communication Subsystem	GREEN
<a href="#">INR</a>	Image Navigation and Registration	GREEN
<a href="#">POWER</a>	Electrical Power Subsystem	GREEN
<a href="#">PROP</a>	Propulsion	GREEN
<a href="#">TANDC</a>	Telemetry & Command	GREEN
<a href="#">THERMAL</a>	Thermal Control Subsystem	GREEN

Click on the subsystem name to get detailed status for that subsystem.

#### Status Key

Status Color	Meaning
GREEN	= Operational (or capable of)
YELLOW	= Operational with limitations (or Standby)
ORANGE	= Operational with Degraded Performance
RED	= Not Operational
BLANK	= No Status Reported

<http://www.oso.noaa.gov/goesstatus/spacecraftStatusSummary>

## ESPECIFICACIONES DEL SATELITE GEOESTACIONARIO GOES

The space segment of GOES is comprised of two spacecraft in orbit, one located nominally at 75° W and one at 135° W. The GOES-N-P series spacecraft are based on the BSS 601 platform (El Segundo, CA), a three-axis body stabilized bus design providing continuous observations of dynamic events in real-time and enhanced pointing capabilities for more accurate localization of severe storms and other weather phenomena, resulting in more precise warnings to the public. [3\)](#) [4\)](#) [5\)](#) [6\)](#) [7\)](#)

Spacecraft bus size	Length = 4.2 m, width = 1.88 m
Spacecraft on-orbit configuration	Length = 8.4 m, (solar array to spacecraft body) Height = 9.1 m (Imager port to magnetometer boom) Depth = 2.9 m
Solar array panel	8.2 m, yoke panel = 2.3 m x 1.8 m Panel of dual-junction gallium arsenide (GaAs) solar cells
Spacecraft launch mass	3,209.5 kg, dry mass = 1,543 kg
Spacecraft power	2.3 kW at BOL, 2 kW at EOL (End of Life) Battery: 24 NiH <sub>2</sub> cells, capacity = 123 Ah
Propulsion (liquid apogee motor)	Fuel: Monomethylhydrazine, 490 N Oxidizer: Nitrogen Tetroxide Pressurant: Helium
Stationkeeping thrusters (12)	9 N, each, bipropellant
Spacecraft design life	- Five years of operations plus two years of on-orbit storage - Five years of ground storage is also possible
RF communications	S-band: 9 downlinks, 5 uplinks (include telemetry and command data) L-band: 8 downlinks UHF: 1 downlink, 2 uplinks
Antennas	3 S/L Band, cup-shaped with dipole 2 T&C antennas and 1 Omni antenna (aft) 1 UHF, cup-shaped with dipole

<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions>

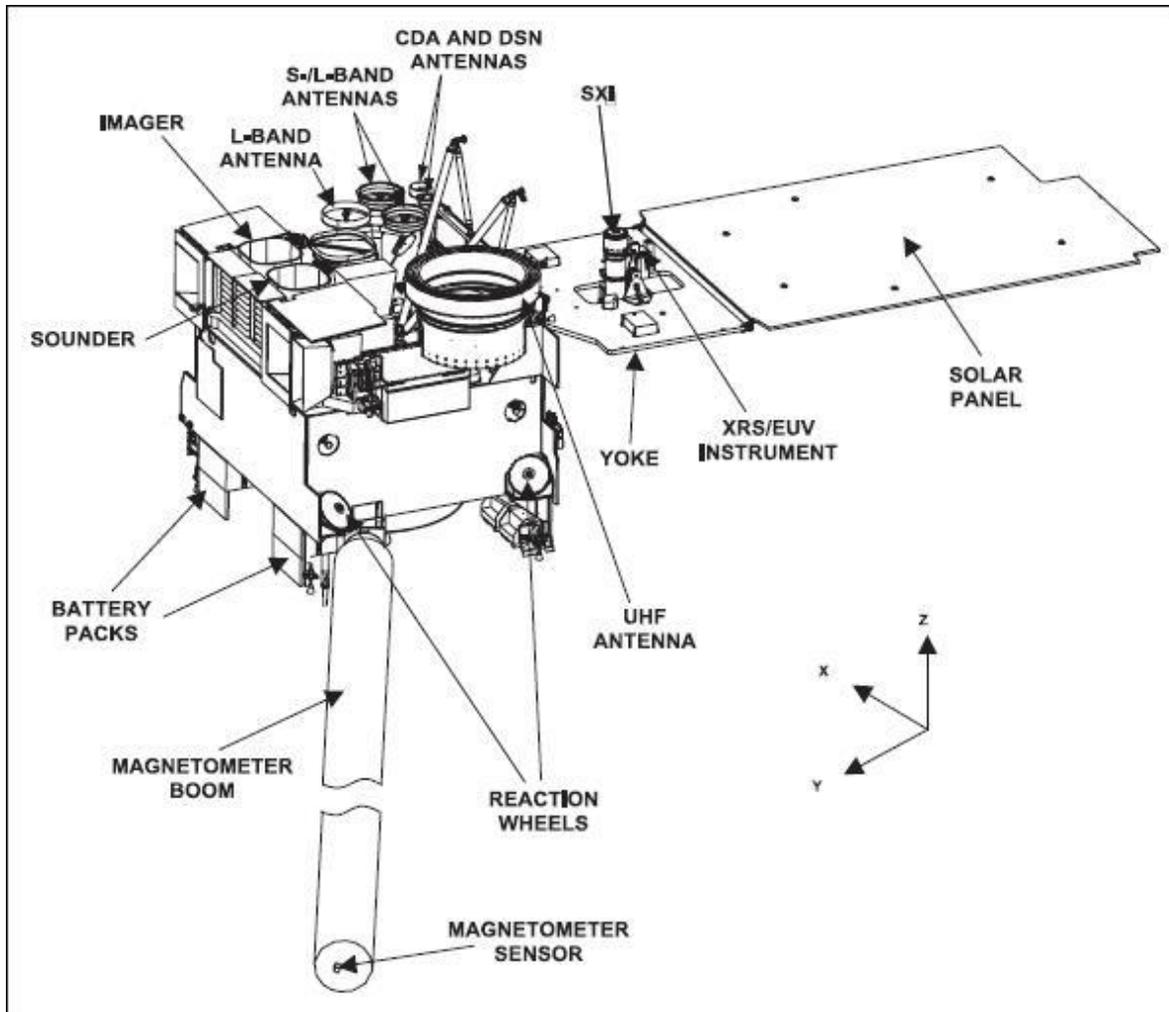


Figure 1: Illustration of the GOES-N spacecraft configuration (image credit: NASA, NOAA)

## GOES - IMAGER

The GOES Imager was designed and developed by ITT Industries Inc. (ITT-A/CD) of Fort Wayne, IN. The imager is a multispectral five-channel instrument that produces visible and infrared images of Earth's surface, oceans, cloud cover and severe storm developments. The Imager senses radiant energy and reflected solar energy from the Earth's surface and atmosphere. - The GOES-N/O/P Imagers will not have the 12-13  $\mu\text{m}$  channel (a volcanic ash-sensitive channel which was converted to a cloud-sensing 13 - 13.7  $\mu\text{m}$  channel on GOES-M). Note: GOES-O/P provides an improved 4 km resolution in the 13-13.7  $\mu\text{m}$  channel. <sup>22)</sup>

Band wavelength (μm)	Pixel size (km)	Primary objective of observations (products)
0.52 - 0.71 (VIS)	1 x 1	Daytime cloud cover
3.73 - 4.07 (MWIR)	4 x 4	Nighttime cloud cover
5.80 - 7.30 (MWIR)	4 x 4	Water vapor
10.20 - 11.20 (TIR)	4 x 4	Earth and cloud images; sea surface temperature and water vapor
13.00 - 13.70 (TIR)	8 x 8 on GOES-N; 4 x 4 on GOES-O&P	Cloud cover and cloud height

Table 4: Spectral band specification of the GOES Imager

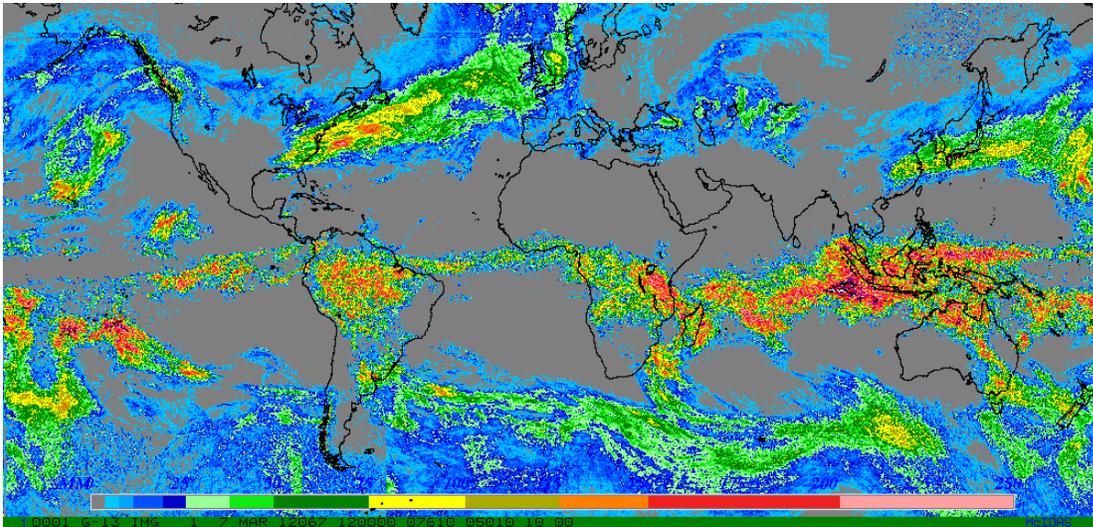
Imager Instrument Characteristics (GOES I-M)					
Channel number:	1 (Visible)	2 (Shortwave)	3 (Moisture)	4 (IR 1)	5 (IR 2)
Wavelength range (um)	0.55 - 0.75	3.80 - 4.00	6.50 - 7.00	10.20 - 11.20	11.50 - 12.50
Instantaneous Geographic Field of View (IGFOV) at nadir	1 km	4 km	8 km	4 km	4 km
Radiometric calibration	Space and 290 K infrared internal backbody				
Calibration frequency	Space: 2.2 sec (full disc), 9.2 or 36.6 sec (sector/area) Infrared: 30 minutes typical				
System absolute accuracy	IR channels: less than or equal to 1 K Visible channel: 5% of maximum scene irradiance				
Imaging rate	Full earth disc, less than or equal to 26 minutes				

<http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/imager.html>

## **[ANEXO 2] ESTIMACIONES DE PRECIPITACIÓN SATÉLITE OPERACIONAL DE HYDRO-ESTIMADOR**

Hidro-estimador (HE) las precipitaciones tasa estimaciones han estado disponibles sobre el CONUS y en uso operacional por el servicio meteorológico nacional para monitorear posibles eventos de inundación desde 2002. El algoritmo utiliza temperaturas de brillo de infrarrojos (IR) para identificar regiones de precipitaciones y recuperar la tasa de precipitación, mientras que utilizando centros nacionales para los campos modelo sistema Environmental Prediction (NCEP) de Previsión Global (GFS) para tener en cuenta los efectos de la disponibilidad de humedad, evaporación, modulación orográfica y efectos de perfil termodinámico. Las estimaciones de la precipitación de los satélites pueden proporcionar información de precipitación crítica en las regiones donde los datos de medidores o radar no están disponibles o no fiables, tales como sobre océanos o escasamente poblaron regiones. Recientemente, lo que se ha extendido al mundo entero Ecuador-pabellón de 60 grados para satisfacer las necesidades de la comunidad de usuarios para apoyar los esfuerzos de orientación global en una inundación.

Las lluvias tasa estimaciones se producen habitualmente cada 15 minutos para los Estados Unidos utilizando los datos de NOAA geoestacionario operacional ambiental satélites (va) y también para el resto del mundo usando datos geoestacionarios disponibles sobre Europa, África y Asia Occidental (METEOSAT) y Asia Oriental (MTSAT). El compuesto de precipitación global es entonces generado a partir de esas estimaciones de múltiples satélites y actualizado cada 30 minutos. Los productos operacionales de globales disponibles incluyen tasas de lluvia instantánea y acumulaciones de 1 hora, 3 horas, 6 horas, 24 horas y varios días de precipitación.



Detalles sobre el algoritmo pueden encontrarse en la descripción del algoritmo.

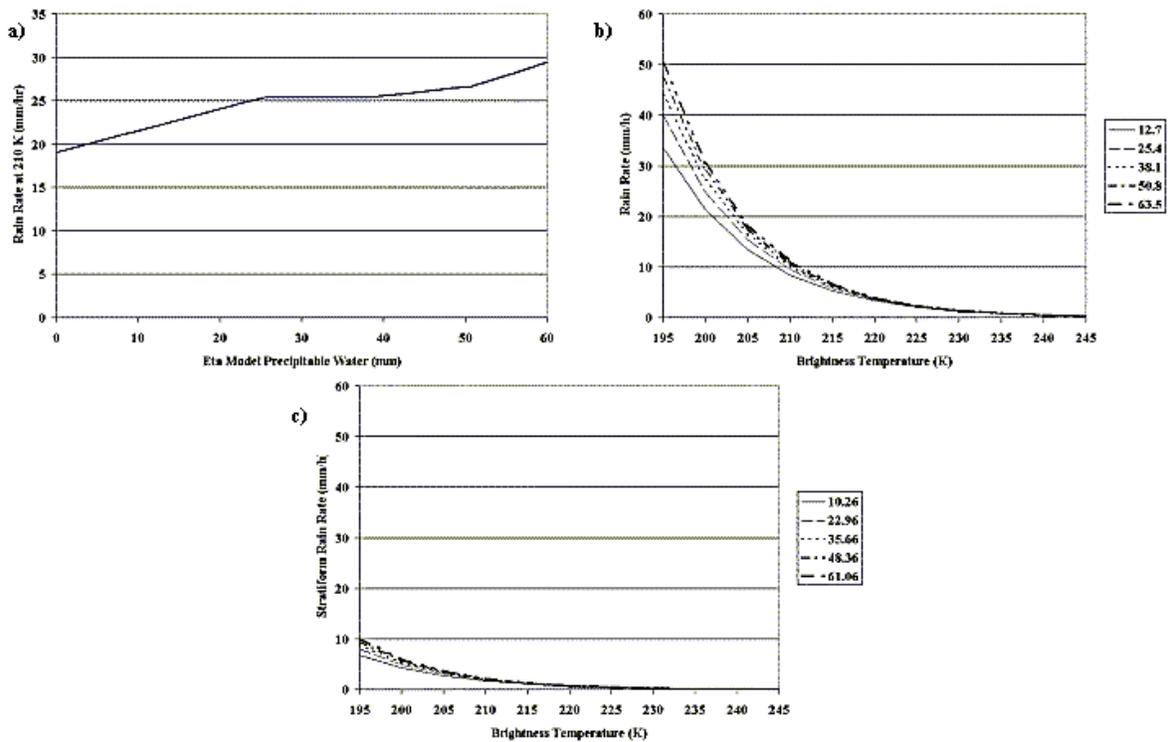


Figura 2. Funciones de ajuste utilizadas en el hidro-estimador: (a) tasa de precipitación en 210K (mm/h) en función de GFS modelo agua precipitable (mm) que se utiliza para producir la relación de índice de temperatura-precipitación brillo; (b) la relación de tasa de temperatura-precipitación brillo para varios valores de agua precipitable (mm) de precipitación "núcleo convectivo"; y (c) la relación correspondiente de precipitación "complementarios". La leyenda en (b) y (c) indica el valor de agua precipitable correspondiente a cada curva.

