

# Descripción y Corrección de Productos Landsat 8

## LDCM

### (Landsat Data Continuity Mission)

*Versión 1.0*



**IGAC**  
INSTITUTO GEOGRÁFICO  
AGUSTÍN CODAZZI



Centro de Investigación y Desarrollo - CIAF

---

## Productos LDCM - Landsat 8

---

Alexander Ariza

Grupo Interno de Trabajo en Percepción Remota y  
Aplicaciones Geográficas

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI  
Bogotá. Colombia  
2013



## CONTENIDO

### Contenido

Usando Productos Landsat 8 del USGS LDCM (Lansat Data Continuity Mission)

1. INTRODUCCION .....	7
1.1 El programa Landsat.....	7
1.2 Diferencias y semejanzas de Landsat 8.....	9
1.3 El futuro de LDCM .....	111
1.4 Los instrumentos en Landsat 8.....	11
1.4.1 El Sensor OLI .....	11
1.4.2 El Sensor TIRS.....	11
1.5 El Sistema Terrestre.....	11
1.6 El Satelite LDCM .....	11
1.7 Descripcion de productos LDCM.....	11
1.7.1 Archivos de salida en formato L1Gt / L1T .....	20
1.7.2 Informacion General .....	20
1.7.3 Entrega Final del Producto.....	21
1.7.4 Conversión de nomenclatura .....	21

1.7.5 Banad de calidad (BQA.TIF).....	23
1.7.6 Imagen de calidad LandsatLook (.Png) .....	26
1.7.7 Archivo de Chequeo o Checksum .....	28
1.7.8 Archivo Metadato.....	28
2. CORRECCION RADIOMETRICA EN IMÁGENES LDCM LANDSAT 8 .....	36
2.1 Conversion a Radiancia en el Techo de la Atmosfera (TOA) .....	36
2.2 Conversion a Reflectancia (TOA).....	38
2.3 Conversion a Reflectancia (TOA) con correccion de angulo solar .....	40
2.4 Conversion a Temperatura de Brillo en el Satelite .....	42
Referencias .....	43

## Tabla de figuras

Figura 1. Ancho de banda para los sensores OLI y TIRS en Landsat 8 y ETM+ en Landsat 7.....	8
Figura 2. Promedio de la respuesta espectral relativa en LDCM.....	10
Figura 3. El crecimiento y el cambio en las prácticas de riego son visibles en imágenes Landsat.....	11
Figura 4. Disposición de instrumentos del LDCM. ....	12
Figura 5. Construcción del sensor OLI en el satélite LDCM. Desarrollado por Ball Aerospace & Technologies Corp .....	13
Figura 6. Sensor OLI, montaje del plano focal .....	14
Figura 7. Construcción del sensor TIRS, desarrollado por la NASA y el (GSFC) Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Md.. ....	15
Figura 8. TIRS montaje plano focal. ....	16
Figura 9. Descripción de los subsistemas en la plataforma LDCM.....	18
Figura 10. Banda de Calidad (BQA.TIF) Visualizada cómo un archivo de Figura Jpg. Imagen LDCM del Path 45 y Row 30, adquirida el 23/04/2013...	26
Figura 11. Imagen Landsat "de calidad" (QA.png) Imagen LDCM del Path 45 y Row 30, adquirida el 23 de abril 2013 .....	27

Acrónimo	Definición
ACS	Attitude Control System
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
DEM	Digital Elevation Model
DN	Digital Number
EO-1	Earth Observing-1
EROS	Earth Resources Observation System
ETM	Enhanced Thematic Mapper
GCP	Ground Control Point
GPS	Global Positioning System
HDF	Hierarchical Data Format
IEEE	Institute of Electric and Electronic Engineers
IFOV	Instantaneous Field of view
LDCM	Landsat Data Continuity Mission
MS	Multispectral
NASA	National Aeronautics and Space Administration
OLI	Operational Land Imager
PAN	Panchromatic
SCA	Sensor Chip Assemblies
TIRS	Thermal Infrared Sensor
USGS	U.S. Geological Survey
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS84	World Geodetic System 1984
WRS	World-wide Reference System



# LDCM

Press Kit



February 2013

Landsat Data Continuity Mission



# Usando Productos Landsat 8 del USGS LDCM (Lansat Data Continuity Mission)

## 1. INTRODUCCION

### 1.1 El programa Landsat

Antes de 1972, la idea de utilizar datos de satélite para la vigilancia terrestre, la cartografía o la exploración era un concepto visionario. Hecho que da origen al Programa Landsat, el cual se constituye en una serie de misiones de observación de la tierra por satélite gestionadas conjuntamente por la NASA y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). El programa Landsat ha revolucionado la forma de ver y estudiar nuestro planeta. Esta serie de datos, que se inició en 1972, es la más larga de la historia y continua registrando los cambios en la superficie terrestre desde el espacio. Landsat ha sido el único sistema de satélite diseñado y operado para observar repetidas veces la cubierta de la tierra con una resolución moderada; de manera general cada pixel en su imagen tiene un tamaño con el que se podría cubrir un campo de béisbol.

En la actualidad el programa se encuentra en su octava versión denominada: “*Landsat Data Continuity Mission*” (LDCM) es el octavo satélite de observación de la serie Landsat y continuará el legado de archivo de los anteriores satélites, convirtiéndose de esta manera en el futuro de los satélites de observación de la tierra de mediana resolución con más historia. Este programa amplía, mejora y avanza en el registro de imágenes multispectrales, manteniendo la misma calidad de sus siete predecesores.

Tras el lanzamiento, el satélite LDCM será rebautizado como Landsat 8. Este sistema está compuesto de dos grandes segmentos:

- El observatorio; el cual consta de una plataforma con capacidad de carga de dos de sensores de observación terrestre, el primero de ellos denominado *Operational Land Imager (OLI)* y el sensor térmico infrarrojo *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*. OLI y TIRS recogerán los datos de forma conjunta para proporcionar imágenes coincidentes de la superficie terrestre, incluyendo las regiones costeras, hielo polar, las islas y las zonas continentales. El OLI es un instrumento construido por la empresa Ball Aerospace & Technologies Corporation en Boulder, Colorado y el TIRS es un instrumento que fue construido por la NASA en el centro de vuelo espacial Goddard en Greenbelt, Md. Además, el LDCM seguirá la misma secuencia de trayectoria (también conocida como “paths” o rutas de acceso) como sus antecesores Landsat 4, Landsat 5 y Landsat 7. Esto permitirá que todos los datos del LDCM son referenciados al mismo sistema de coordenadas, continuando con el registro de datos desde hace décadas.

El satélite almacena los datos del sensor OLI y TIRS en una grabadora de estado sólido incluida a bordo y transmite los datos a estaciones receptoras terrestres.

- El segundo segmento es el sistema terrestre, el cual proporciona la capacidad necesaria para la planificación y programación de las operaciones del LDCM y todas aquellas necesarias para administrar y distribuir los datos.

La plataforma LDCM, fue construida por la empresa Orbital Sciences Corporation en Gilbert, Arizona, tiene una vida útil de 5 años, pero lleva suficiente combustible para 10 años de operaciones. La nave orbitará de norte a al sur durante el día, cruzando el ecuador a las 10 a.m., hora local, con una órbita aproximada de unas 438 millas (705 kilómetros) por encima de la Tierra (USGS. 2013).

## 1.2 Diferencias y semejanzas de Landsat 8

El satélite Landsat 8 incorpora dos instrumentos de barrido: *Operational Land Imager (OLI)*, y un sensor térmico infrarrojo llamado *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*.

Las bandas espectrales del sensor OLI, aunque similares a el sensor Landsat 7 ETM +, proporcionan una mejora de los instrumentos de las misiones Landsat anteriores, debido a la incorporación de dos nuevas bandas espectrales: un canal profundo en el azul visible (banda 1), diseñado específicamente para los recursos hídricos e investigación en zonas costeras, y un nuevo canal infrarrojo (banda 9) para la detección de nubes cirrus. Adicionalmente una nueva banda de control de calidad se incluye con cada producto de datos generado. Esto proporciona información más detallada sobre la presencia de características tales como las nubes, agua y nieve.

Por otra parte el sensor TIRS recoge dos bandas espectrales en longitudes de onda incluidas por la misma banda en los anteriores sensores TM y ETM+ (Fig. 1).

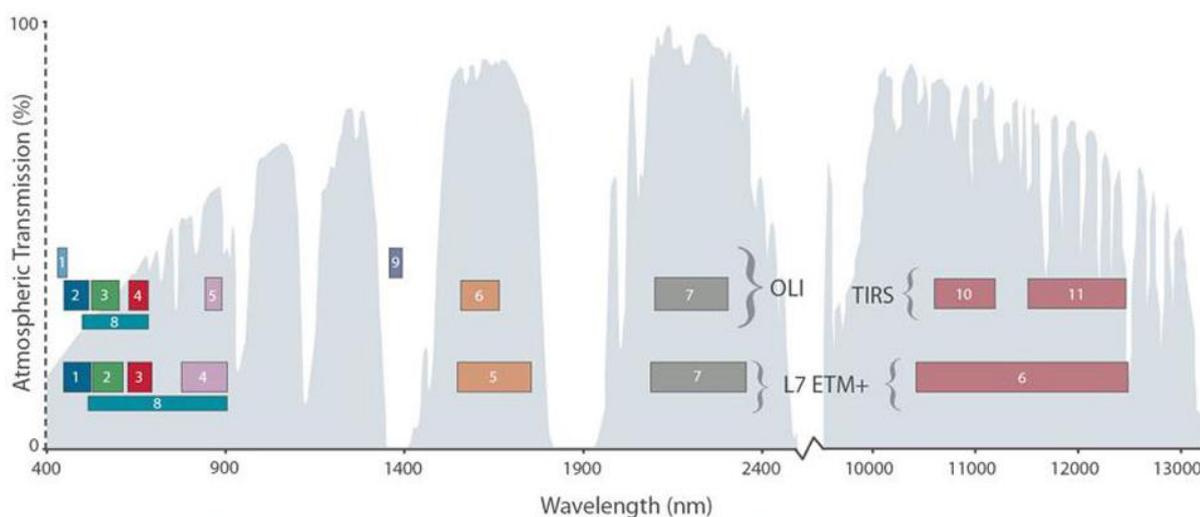


Fig. 1 Ancho de banda para los sensores OLI y TIRS en Landsat 8 y ETM+ en Landsat 7 (USGS. 2013).

La calidad de los datos (relación de la señal en función del ruido) y la resolución radiométrica (12 bits) del OLI y TIRS es más alta que los anteriores instrumentos Landsat (8 bits para TM y ETM+), proporcionando una mejora significativa en la capacidad de detectar cambios en la superficie terrestre.

Aproximadamente se recogen 400 escenas al día, las cuales son cargadas en el servidor de USGS con el fin de que se encuentren disponibles para su descarga 24 horas después de la adquisición.

Los datos de productos Landsat 8 son totalmente compatibles con todos los datos de los productos estándar a nivel 1 (ortorectificado) creados usando Landsat 1 al Landsat 7; a continuación se describen algunas de sus especificaciones generales (Tabla. 1):

**Tabla 1. Especificaciones de Productos LDCM a Nivel 1**

<b>Procesamiento:</b>	<b>Nivel 1 T-Corrección geométrica</b>
Tamaño de píxel:	Bandas OLI multiespectrales 1-7,9: 30-metros Banda OLI pancromática 8: 15-metros Bandas TIRS 10-11: tomadas en 100 metros, pero remuestreadas a 30 metros para que coincida con las bandas multiespectrales de OLI
Características de los datos:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formato de datos GeoTIFF</li> <li>• Remuestreo por convolución cúbica (CC)</li> <li>• Norte arriba (MAP) de orientación</li> <li>• Proyección cartográfica: Universal Transversal Mercator (UTM) (estereográfica polar de la Antártida)</li> <li>• Datum al Sistema Geodésico Mundial (WGS) 84</li> <li>• 12 metros de error circular, 90% de confianza exactitud global para OLI</li> <li>• 41 metros de error circular, 90% de confianza exactitud global para TIRS</li> <li>• Los valores de píxel en 16 bits</li> </ul>
Entrega de datos:	Archivo comprimido .Tar.gz y de descarga a través de HTTP
Tamaño de archivo:	Aproximadamente 1 GB (comprimido), aproximadamente 2 GB (sin comprimir)

(USGS. 2013)

Las imágenes Landsat 8 obtenidas por el sensor (OLI) y (TIRS) constan de nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas de 1 a 7 y 9. Una banda nueva (1) (azul-profundo) es útil para estudios costeros y aerosoles. La nueva banda (9) es útil para la detección de cirrus. La resolución para la banda 8 (pancromática) es de 15 metros. Dos bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas más precisas de la superficie y se toman a 100 metros de resolución (Tabla. 2). El tamaño aproximado de la escena es de 170 km de norte-sur por 183 kilómetros de este a oeste (106 km por 114 km).

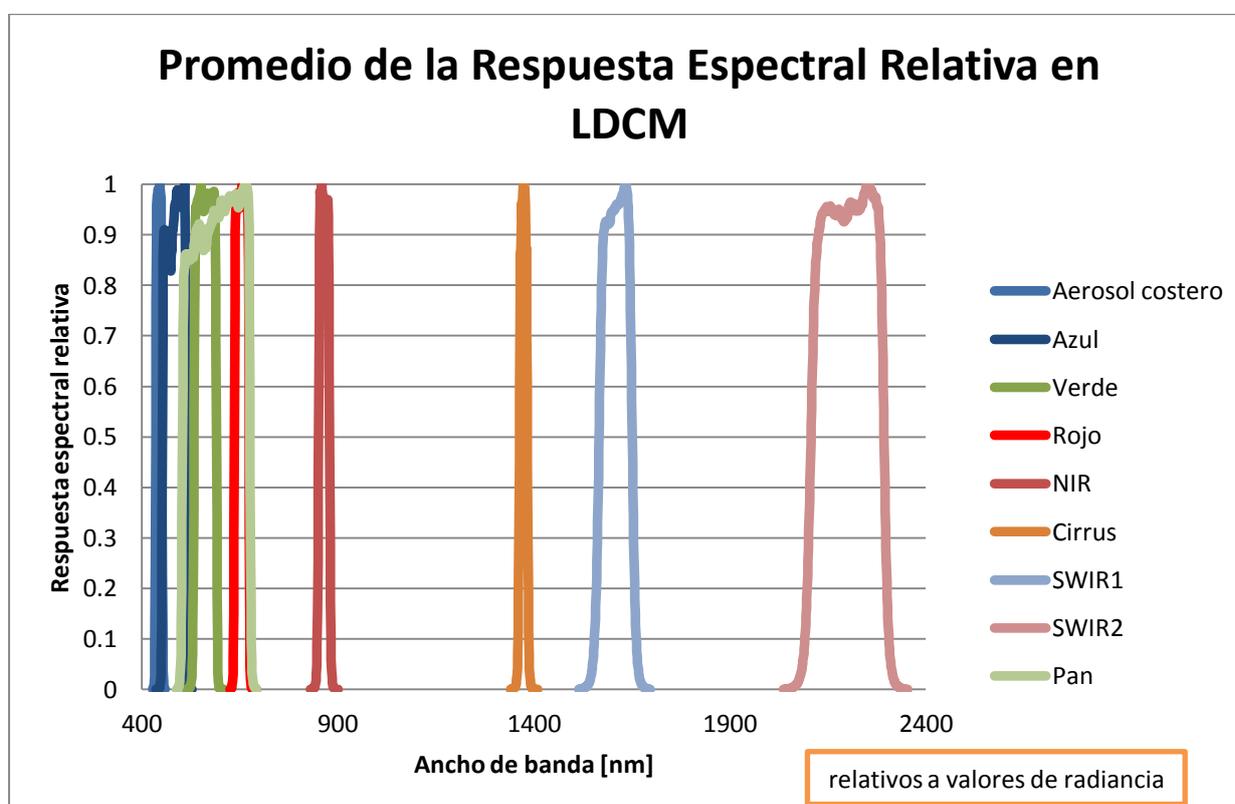
**Tabla 2. Distribución de las bandas en OLI y TIRS**

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)  February 11, 2013	Bandas	longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
	Banda 2 - Azul	0.45 - 0.51	30
	Banda 3 - Verde	0.53 - 0.59	30
	Banda 4 - Rojo	0.64 - 0.67	30
	Banda5 – Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Banda 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Banda 8 - Pancromático	0.50 - 0.68	15
	Banda 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	*Banda 10 – Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
*Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100	

(USGS. 2013)

\* Las bandas TIRS se adquieren a una resolución de 100 metros, pero se vuelven a remuestrear a 30 metros.

La resolución espacial (o nivel de detalle) es a menudo el aspecto más interesante de una imagen de satélite, pero menos apreciado y valorado es cómo se utilizan los cambios en la energía por irradiación reflejada por los materiales de superficie con el fin de lograr identificar las características de interés. Estos aspectos pueden identificarse gracias a la respuesta espectral relativa (RSR) de cada banda. (Fig. 2).



(USGS. 2013)

### 1.3 El futuro de LDCM

El nuevo programa de la plataforma LDCM tiene fundamentalmente tres objetivos:

- a) Recopilar y archivar datos bandas multiespectrales y térmicas de cada superficie de la tierra, cada temporada de cada año en una resolución que puede distinguir un área del tamaño de un campo de béisbol.
- b) Asegurar de que los datos de LDCM sean consistentes con los datos de las misiones Landsat anteriores, en términos de la geometría de adquisición, calibración, características de cobertura, espectral y espacial características, calidad del producto, la producción y la disponibilidad de los datos para permitir estudios de cobertura de la tierra y uso de la tierra cambian en periodos multitemporales (Fig.3).
- c) Distribuir productos de datos LDCM estándar sobre una base no discriminatoria y sin costo a los usuarios.



*Fig. 3 El crecimiento y el cambio en las prácticas de riego son visibles en estas imágenes Landsat del 16 de agosto 1972 (izquierda), y 14 de agosto de 2011 (derecha). La imagen de 1972 fue tomada por el Landsat 1, que sólo se había puesto en marcha tres semanas antes, la imagen de 2011 fue capturado por el Landsat 5. Composición en falso color que muestra la vegetación sana en un rojo brillante, mientras que los pastizales rastrojos y campos en barbecho aparece en tonos de verde. Las imágenes se recogieron en el Nebraska. (USGS. 2013).*

### 1.4 Los instrumentos en Landsat 8

Los dos instrumentos a bordo del LDCM, Operational Land Imager (OLI) y el sensor térmico infrarrojo (TIRS) representan avances evolutivos en la tecnología de sensores remotos y en su rendimiento (Fig. 4). OLI y TIRS miden la superficie terrestre en el visible, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta, e infrarrojo térmico con una resolución moderada entre 49 y 328 pies (15 y 100 metros)

dependiendo de la longitud de onda espectral. La distribución de la energía observada en estas longitudes de onda revela información sobre la reflexión y emisión de superficies.

Para hacer posible que los científicos comparen las nuevas imágenes Landsat con imágenes tomadas en el pasado, los ingenieros han tenido que diseñar el satélite LDCM con parámetros que permitan medir más o menos las mismas bandas espectrales al igual que los satélites Landsat anteriores. Además, el OLI proporciona dos nuevas bandas espectrales, una especialmente adaptada para la detección de nubes cirrus y la otra para las observaciones de las zonas costeras. TIRS recoge datos de otras dos bandas espectrales en la región térmica, anteriormente cubierto por una única banda de ancho espectral en Landsat 4-7, midiendo la energía térmica de la superficie de la tierra (es decir, calor).

El LDCM también está diseñado para entregar cerca de 400 escenas por día (150 escenas más que su antecesor el Landsat 7) estas imágenes son cargadas en el servidor de datos del USGS, aumentando de esta manera la probabilidad de capturar y entregar escenas gratis de la cobertura terrestre.

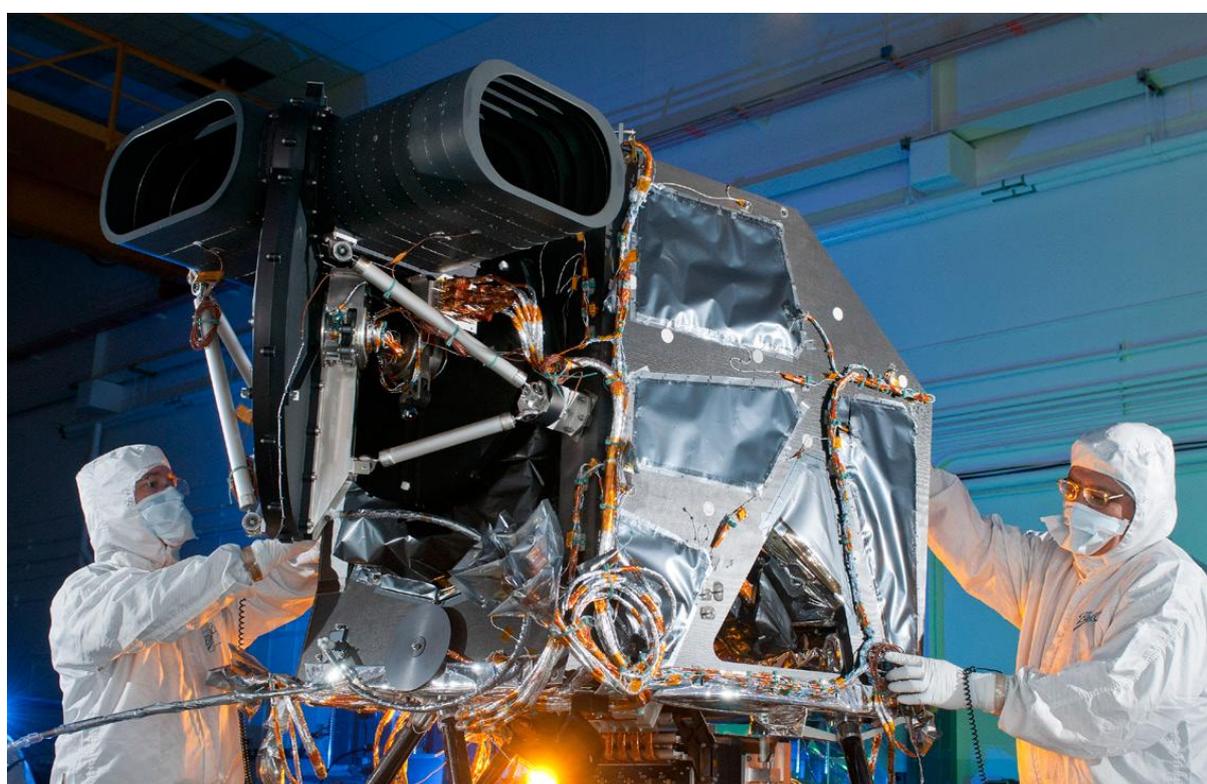
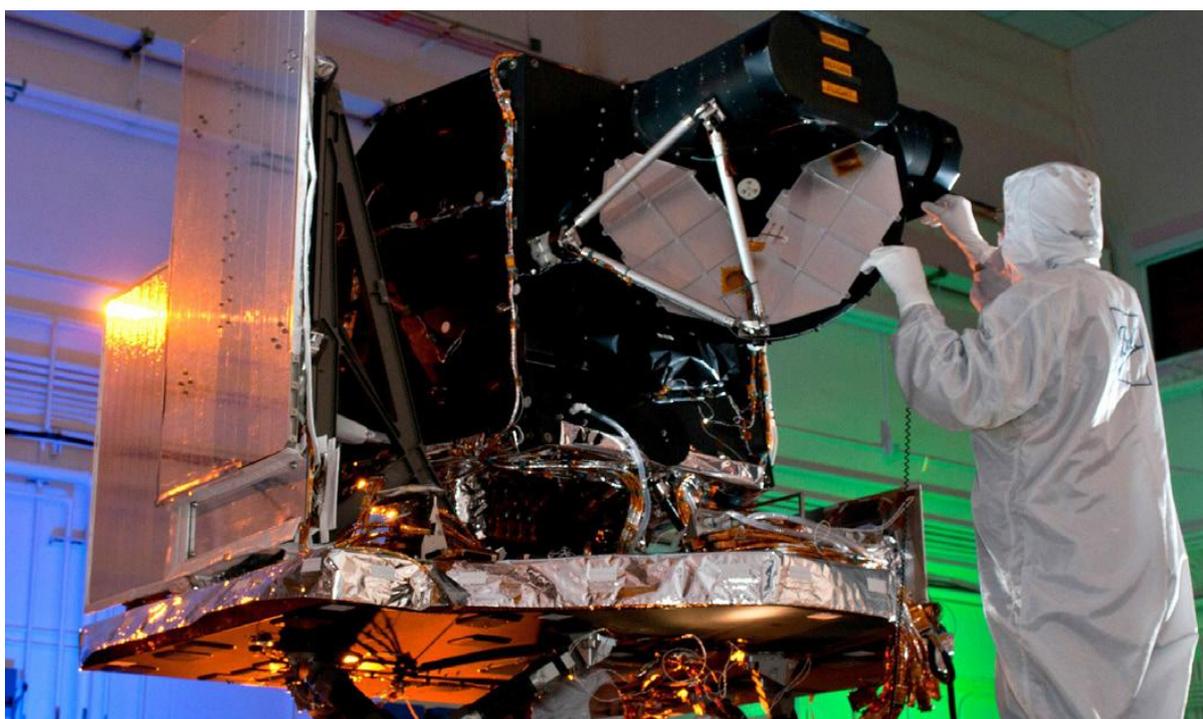


Fig. 4 Disposición de instrumentos del LDCM (USGS. 2013).

### 1.4.1 Sensor OLI

El sensor *Operational Land Imager* (OLI) avanza en la tecnología de sensores Landsat, utilizando un enfoque demostrado ya por el sensor *Advanced Land Imager* ubicado en el satélite experimental de la NASA *Observing- 1* (EO-1). En el comienzo los satélites Landsat estaban equipados con sensores "whiskbroom" los cuales empleaban espejos de exploración como instrumentos visión para barrer el campo espectral a través de un ancho de banda superficial y transmitir la luz a unos detectores. A

diferencia del OLI, el cual utiliza un sensor del tipo "pushbroom" compuesto por una serie de baterías larga de detectores, con más de 7.000 detectores por banda espectral, alineados en su plano focal en su respectivo ancho de banda. El diseño del "pushbroom" lo hace un instrumento más sensible proporcionando una mejor información de la superficie terrestre con menos partes móviles (Fig. 5). Sus imágenes tienen una resolución espacial de 49 pies (15 m) pancromáticas y 98 pies (30 metros) (incluido el visible, infrarrojo cercano y el infrarrojo de onda corta) a lo largo de 115 millas (185 kilómetros) de ancho de imagen, cubriendo así amplias zonas de la tierra mientras que proporciona una resolución suficiente como para distinguir las características tales como centros urbanos, granjas, bosques y otros tipos de cubiertas del suelo.



*Fig. 5 Construcción del sensor OLI en el satélite LDCM. Desarrollado por Ball Aerospace & Technologies Corp LDCM (USGS. 2013).*

El OLI fue diseñado para tener una vida útil de cinco años y detectará las mismas bandas espectrales de los anteriores instrumentos del Landsat (es decir sensores, TM y ETM+), con la excepción de una banda en el infrarrojo térmico. Además de las 7 bandas multiespectrales del anterior Landsat (seis de los cuales han sido refinadas) OLI agregará dos nuevas bandas espectrales, una banda azul "costera" (banda 1) y una banda en el infrarrojo de onda corta "cirros" (banda 9). Estas nuevas bandas, ayudaran a los científicos a medir la calidad del agua y facilitaran la detección de nubes altas y delgadas que previamente han sido difíciles de observar en las imágenes Landsat.

El telescopio tiene cuatro espejos con un diafragma de apertura frontal que es de 135 mm. La matriz de plano focal (FPA) se compone de un sensor de 14 chips ensamblados (SCA) como se muestra en la Figura 6, los cuales se enfrían pasivamente. Cada SCA contiene 494 detectores con un adicional de 12 píxeles de vídeo de referencia que no responden a la luz (USGS y NASA. 2013).

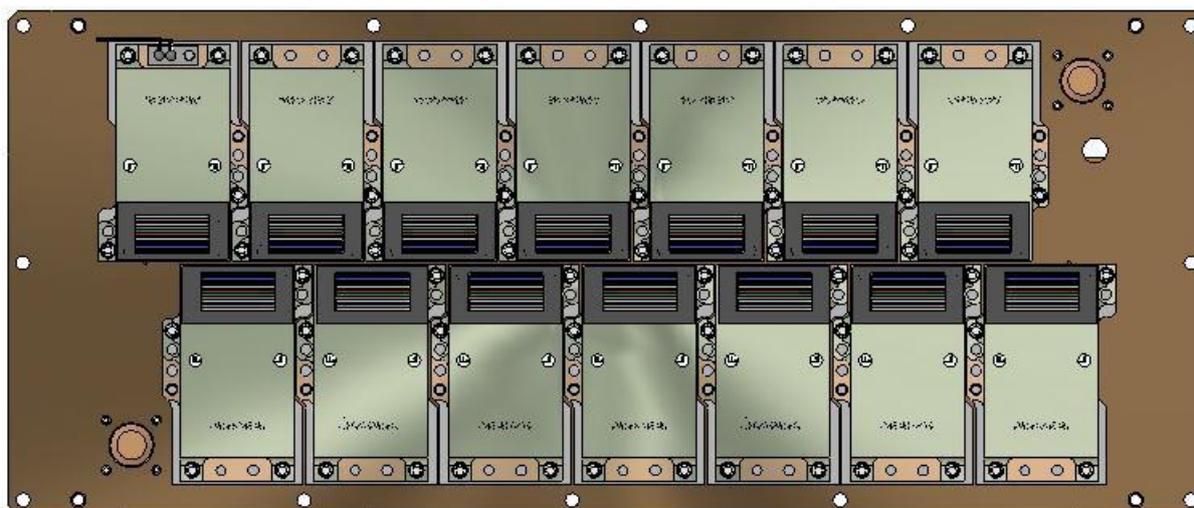


Figura 6: Sensor OLI, montaje del plano focal (USGS y NASA. 2013).

Todas las bandas del sensor OLI se pueden adquirir en 12 bits de resolución radiométrica, 8 bandas serán de 30 metros y 1 de las bandas, la banda pancromática, es de 15 metros (Tabla 3).

**Tabla 3: Rangos espectrales y tamaños de píxel de bandas en el sensor OLI**

Nº Banda	Descripción	Ancho de banda (nm)	Centro Tolerancia ( $\pm$ nm)	Mínimo inferior (nm)	Maximo superior (nm)
1	Aerosol costero	443	2	433	453
2	Azul	482	5	450	515
3	Verde	562	5	525	600
4	Rojo	655	5	630	680
5	NIR	865	5	845	885
6	SWIR1	1610	10	1560	1660
7	SWIR2*	2200	10	2100	2300
8	Pancromático	590	10	500	680
9	Cirrus	1375	5	1360	1390

(USGS y NASA. 2013).

### 1.4.2 Sensor TIRS

Todo en la Tierra emite radiación térmica infrarroja, termino comúnmente conocido como calor. La física nos dice que la cantidad de la radiación emitida es proporcional a la temperatura del objeto. El sensor térmico infrarrojo (TIRS) fue añadido a la carga útil del LDCM cuando se hizo evidente que los gestores de los recursos hídricos se basaban en la mediciones de alta precisión de la energía térmica de la tierra obtenidas por los predecesores del LDCM – el TM del satélite Landsat 5 y Enhanced

Thematic Mapper – Plus ETM+ del Landsat 7 – con el fin de hacer un seguimiento del uso de la tierra y el agua. La decisión de añadir el sensor TIRS se hizo después de que el diseño de la misión se había iniciado. Los ingenieros tenían menos de cuatro años para diseñar y construir TIRS por lo que recurrieron a una nueva tecnología desarrollada por la NASA llamada Quantum Well Infrared Photodetectors (QWIPs) (Fig.7).



*Fig. 7 Construcción del sensor TIRS, desarrollado por la NASA y el (GSFC) Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Md. 2013.*

Los detectores QWIPs están hechos de un material que es compatible con el procesamiento de silicio, lo que significa que son las mismas herramientas que utilizan en las instalaciones para hacer chips de computadora. QWIPs son muy fiables, uniformes, y muy adecuados a las necesidades del sensor TIRS.

El diseño QWIPs opera en los complejos principios de la mecánica cuántica. Chips semiconductores atrapan electrones en un estado de energía "well" hasta que los electrones se elevan a un estado superior por la luz infrarroja térmica de una determinada longitud de onda. Los electrones elevados crean una señal eléctrica que puede medirse y registrarse para crear una imagen digital.

Los satélites Landsat anteriores miden la temperatura superficial del suelo utilizando una sola banda térmica para detectar longitudes de onda largas de la luz emitida por la superficie de la tierra. Los QWIPs en el TIRS sin embargo, detectan dos segmentos del espectro infrarrojo térmico, ambos incluidos dentro de una ventana de transmisión atmosférica, con el fin de producir mejores estimaciones de la temperatura superficial.

Al igual que el sensor OLI, el TIRS es también un sensor “Pushbroom” con un 115-millas (185 kilómetros) de campo de visión (Cross-track). Con una resolución espacial de 328 pies (100 metros) de ancho, esta resolución espacial del TIRS está diseñada para captar las mediciones de consumo de agua en los campos riego, particularmente a través de las grandes llanuras de los Estados Unidos (Tabla 4).

**Tabla 4: Rangos espectrales y tamaños de píxel de las bandas en el sensor TIRS**

Nº Band	Descripción	Ancho de banda (nm)	Centro Tolerancia ( $\pm$ nm)	Mínimo inferior (nm)	Máximo superior (nm)
10	Thermal 1	10800	200	10300	11300
11	Thermal 2	12000	200	11500	12500

(USGS y NASA. 2013).

Una de las diferencias más importantes entre las especificaciones del OLI y el TIRS es que TIRS sólo tiene una vida útil de tres años. Esta característica se especificó con el fin de ayudar a acelerar el desarrollo del TIRS.

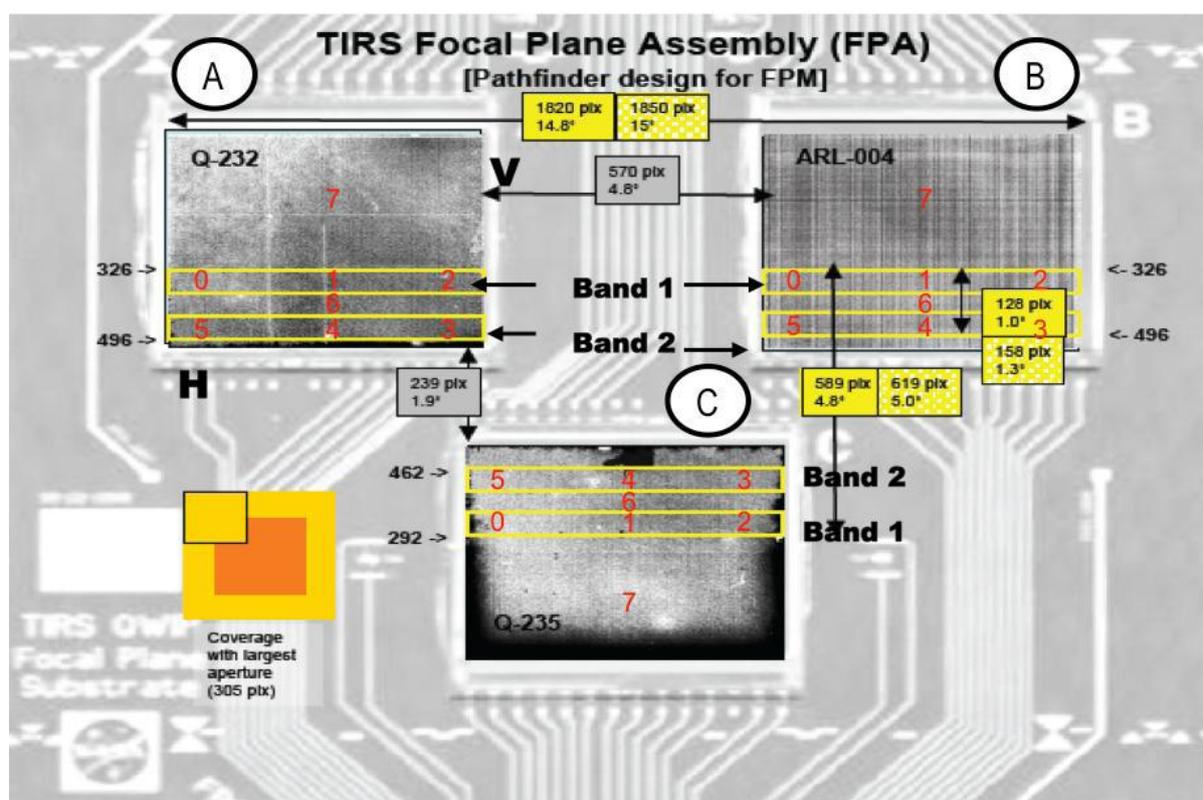


Figura 8: TIRS montaje plano focal (USGS y NASA. 2013).

La Matriz del plano focal o (FPA) se compone de 3 conjuntos de chips sensores del tipo Quantum Well Infrared Photodetectors (QWIPs). La FPA es un conjunto óptico que se crio-enfría a 43 K con un enfriado pasivo a 180 K. Una selección sobre escena en la trayectoria del espejo en la óptica permitirá la calibración con 2 fuentes diferentes; una temperatura variable de cuerpo negro y una vista desde el espacio.

## 1.5 El sistema terrestre

El sistema terrestre del LDCM incluye todo, desde los activos necesarios para operar en tierra hasta el observatorio LDCM. En términos generales, el sistema de tierra LDCM realizará dos funciones principales:

- La primera es la de mando y control del observatorio LDCM en órbita.
- La segunda es la de administrar y distribuir los datos transmitidos desde el observatorio.

El observatorio se controla mediante comandos de software que se originan dentro del Centro de operaciones de misión LDCM o MOC, en la Goddard NASA. Las operaciones de vuelo del equipo de la MOC operarán en dos sistemas informáticos: el Collection Activity Planning Element (CAPE) y el Mission Operations Element (MOE). El (CAPE) planeará la recolección de datos por la actividad de demanda y solicitudes de las imágenes LDCM cada día, mientras que el MOE se centrará en las solicitudes de comandos de software transmitidos al observatorio.

Los comandos de software se transmiten a las antenas de la red de observatorios en tierra del LDCM llamada (GNE). A cambio, el observatorio transmite los datos al GNE. El GNE se compone de tres nodos, uno situado en Gilmore Creek, Alaska, otra en Svalbard, Noruega, y el tercero en Sioux Falls, Dakota del Sur. Cada nodo del GNE incluye una estación de tierra que va a ser capaz de recibir datos LDCM en banda X. Además, cada estación tiene un enlace en banda S ascendente y descendente compatible con los comandos de mando y control del observatorio.

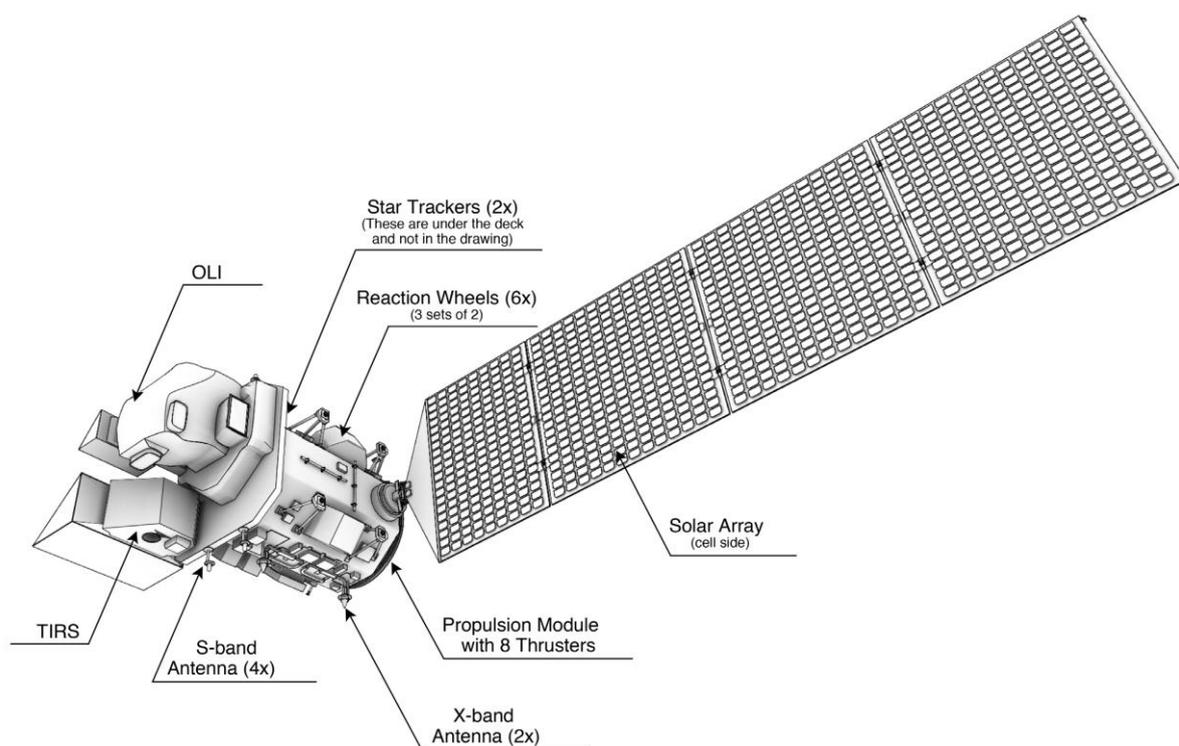
Una vez que los datos se transmiten desde el observatorio al GNE, la GNE los envía al procesamiento de datos y Sistema de Archivo (DPAS), que se encuentra en el EROS Center en Sioux Falls, Dakota del Sur, a través de Internet. Las APD podrán archivar los datos y producir los datos de productos LDCM para aplicaciones a la ciencia, así como proporcionar un portal de datos a la comunidad de usuarios.

## 1.6 El satélite LDCM

La plataforma espacial suministra energía suficiente para el control de la órbita, altitud, comunicaciones y almacenamiento de datos recolectados por los sensores OLI y TIRS (Fig.9).

Básicamente el satélite consta de una serie de subsistemas descritos a continuación:

- Un subsistema mecánico (estructura primaria y los mecanismos de despliegue).
- Un subsistema de mando y manejo de datos
- Un subsistema de control de altitud.
- Un subsistema de energía eléctrica.
- Un subsistema de radio frecuencia (RF).
- Un subsistema de propulsión de hidracina.
- Un subsistema de control térmico.



*Fig.9 Descripción de los subsistemas en la plataforma LDCM (USGS. 2013).*

Todos los componentes, excepto el módulo de propulsión, se montan en el exterior de la estructura primaria. Un panel solar desplegable de 32 x 8.5 pies (9.75 x 2.6 m) que generará la energía para los componentes de la sonda y la carga de las baterías de Dihidruro de níquel ó Hidruro de níque (Ni-H<sub>2</sub>) de la nave, las cuales almacenan una intensidad eléctrica de 125 amperios-hora. Un grabador de datos de estado sólido de 3,14 terabit, el cual proporcionará el almacenamiento de datos a bordo de la nave espacial y una antena de banda X que transmite los datos de los sensores OLI y TIRS sea en tiempo real o reproducido desde el registrador de datos. Estos sensores (OLI y TIRS) se encuentran ensamblados en un banco óptico en el extremo delantero de la nave espacial.

La empresa Orbital Science Corporation fue la responsable del diseño y fabricación de la plataforma LDCM, así como de los instrumentos de integración y los test completos de pruebas.

A continuación se muestra una breve descripción técnica de los productos LDCM Landsat 8:

**Masa:** 6,133 lbs. (2,782 kg)

**Paneles solares:** arseniuro de galio de triple unión (GaAs), las células 3750 W EOL

**Orbita:** 705 km circular @ 98.2°

**Estabilización:** 3 ejes, el sesgo de impulso cero, apuntando a nadir

**Estabilidad de objetivo:** 6.02 microradianes

**Almacenamiento de datos:** grabadora de estado sólido de 3,14 terabits

**Transmisión de datos:** X-band, 384 Mbps (más de dos canales)

**Propulsión:** 870 lbs. (395 kg) de monopropelente hidracina con ocho (8) propulsores de 22 Newton (N)

**Vida útil:** 5 años

## 1.7 Descripción de Productos LDCM

Este documento contiene información detallada acerca del formato de salida del archivo de datos del tipo LDCM L1Gt / L1T. Los cuales están predefinidos en formato: *Geographical Tagged Image File Format (GeoTIFF)*. No obstante este hecho no garantiza la disponibilidad y accesibilidad de los productos, ni tampoco implica que se pueda recibir cada tipo de producto. (Ver Política de Productos de Distribución del Servicio Geológico de los EE.UU. para obtener más información - <http://www.doi.gov/privacy.cfm>).

A continuación se describen algunas de las definiciones de tipo de producto proporcionadas por el USGS. Estas definiciones nos dan una idea de la nomenclatura utilizada y una referencia para las relaciones entre los tipos de productos:

- **Productos de Nivel 0 (L0):** Los productos del tipo L0 son imágenes digitales con todas las transmisiones de datos y objetos sin formato. Estos productos están al mismo tiempo ordenados de manera proporcional, espacial y secuencialmente por bandas multispectrales. (LDCM-DFCB-002. 2013).
- **Productos de Nivel 1 Radiometric (L1R):** Los productos del tipo L1R consisten en datos de imágenes radiométricamente corregidas. Estos se encuentran derivados de datos L0 y son escalados a valores de radiancia espectral o reflectancia.
- **Productos de Nivel 1 Sistemático (L1G):** Los productos del tipo L1G consisten en productos de datos del tipo L1R con correcciones geométricas sistemáticas aplicadas y muestreos para el registro en una proyección cartográfica, estos datos se encuentran referenciados al Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS84), G873, o a su versión actual.

- **Productos de Nivel 1 Gt (L1Gt):** Los productos del tipo L1Gt consisten en datos del tipo L1R con correcciones geométricas sistemáticas aplicadas y muestreos para el registro a una proyección cartográfica referenciada a WGS84, G873, o a su versión actual. Este tipo de datos (L1Gt) utilizan la información de posición a bordo o efemérides definitivas, así como el uso de los datos controlados de elevación para corregir los errores de paralaje.
- **Productos de Nivel 1 Terrain (L1T):** Los productos de datos L1T consisten en productos de datos L1R con correcciones geométricas sistemáticas aplicadas, utilizando para ello puntos de control terrestre (GCP) o información de posición integrada a bordo para entregar una imagen registrada a una proyección cartográfica, referenciada a WGS84, G873, o a su versión actual. Adicionalmente los datos también contienen una corrección topográfica por el desplazamiento del terreno debido al relieve.

### 1.7.1 Archivos de salida en formato L1Gt / L1T

A continuación se describe el formato de datos para el nivel 1 del producto LDCM. Y se define su contenido y diseño.

El formato de datos para el nivel 1 del producto LDCM, está compuesto de los siguientes subproductos:

- *El Nivel 1 Systematic Terrain Corrected o (L1Gt)*, con corrección sistemática del terreno: Producto creado usando modelos digitales de elevación (DEM) y corrección de efemérides.
- *El Nivel 1 Terrain o (L1T)*, con precisión corregida.

### 1.7.2 Información general

Los productos estándar L1T, son productos que se encuentran en formato de niveles digitales enteros (DN) con una resolución radiométrica de 16 bits. Estos se pueden convertir a valores de reflectancia en el techo de la Atmósfera (TOA) - (bandas 1-9) o radiación (Bandas 1-11) con factores de escala previstas en el metadatos producto. Si se desea profundizar en el procesamiento detallado de estos productos puede consultar los siguientes documentos técnicos:

- LDCM-ADEF-001 Landsat Data Continuity Misión (LDCM), donde se encuentra recopilada toda la descripción del algoritmo de Calibración y Validación (Cal / Val) (ADD), así como la metodología que describe los cálculos de radiación y de valores reflectancia, incluyendo los procedimientos utilizados durante el proceso de redimensionamiento.
- De igual manera el LDCM-DFCB 005- Landsat Data Continuity (LDCM) - Calibration Parameters File (CPF) & Data Format Control Book (DFCB), contiene la definición de la conversión de los valores de reflectancia y redimensionamiento utilizados para procesar los productos de nivel 1.
- El archivo de parámetros de calibración - 3 - LDCM-DFCB-004 Versión 6.0 (CPF) que se utiliza para procesar una escena específica que se puede acceder a través del sitio Web del Proyecto LDCM (<http://landsat.usgs.gov/>).

Los datos de la imagen L1Gt / L1T se encuentran radiométrica y geoméricamente corregidos y están disponibles en formato GeoTIFF. La Tabla 5 muestra la identificación de la banda, mientras que la Tabla 6 enumera los componentes del productos L1Gt / LT.

**Tabla 5. Tabla de referencia de Bandas en una imagen L1T**

Nº de Referencia de la banda	Descripción de la banda	Centro de Banda (nm)
1	Aerosol Costero (Operational Land Imager (OLI))	433
2	Azul (OLI)	482
3	Verde (OLI)	562
4	Rojo (OLI)	655
5	Infrarrojo cercano (NIR) (OLI)	865
6	Infrarrojo de onda corta (SWIR) 1 (OLI)	1610
7	SWIR 2 (OLI)	2200
8	Pancromático (OLI)	590
9	Cirrus (OLI)	1375
10	Sensor Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10800
11	TIRS 2	12000

(LDCM-DFCB-004. Ver.6)

**Tabla 6. Componentes del archivo**

Componentes de Productos L1G
L1Gt / L1T Archivo de imagen (uno por cada banda)
Archivo de Calidad de banda (QB)
Archivo de Chequeo: Checksum file
L1Gt / L1T Archivo de metadato

(LDCM-DFCB-004. Ver.6)

### 1.7.3 Entrega final del producto

El producto final de salida es un archivo con extensión *tar.gz*. Estos archivos se graban en un formato del tipo *tar* y luego son comprimidos con la aplicación *gzip*. Los archivos *tar* no contienen ninguna información en subdirectorios. Por lo tanto, se debe descomprimir (*untarring*) todos los archivos directamente en el directorio actual.

- **LC82220052014265LGN00.tar.gz**

### 1.7.4 Conversión de nomenclatura

A continuación se describe cada uno de los componentes asociados al nombre del archivo. La tabla 7 y 8 contienen una descripción de los archivos asociados a los productos de nivel 1.

Por ejemplo:

- **Ls8pppprrrYYYYDDDGGGVV\_FT.ext**

**Tabla 7. Convención de nomenclatura de archivos de Nivel 1**

Identificador	Descripción
L	Nombre de misión: Landsat
s	Tipo de Sensor: O = OLI, T = TIRS, C = Combinado TIRS y OLI Indica con que sensor se tomaron los datos para este producto
8	Numero de misión Landsat
ppp	Localización de la órbita satelital en referencia global al path del producto: System-2 (WRS-2)
rrr	Localización de la órbita satelital en referencia global al row del producto: System-2 (WRS-2)
YYYY	Año de adquisición de la imagen
DDD	Día del año de adquisición
GGG	ID de la estación terrena
VV	Versión
_FT	Tipo de archivo, donde FT es igual a uno de los siguientes: número de archivos por banda de la imagen (B1–B11), MTL (Archivo de metadato), BQA (Archivo de calidad de banda), MD5 (Archivo de chequeo o checksum file)
.ext	Extensión del archivo, donde .TIF equivale a archivos de extensión GeoTIFF, y .txt a extensión de texto.

(LDCM-DFCB-004. Ver.6)

- **Ls8pppprrrYYYYDDDGGGVV.FT.ext**

**Tabla 8. Convención de nomenclatura en productos de archivos comprimidos**

Identificador	Descripción
L	Nombre de misión: Landsat
s	Tipo de Sensor: O = OLI, T = TIRS, C = Combinado TIRS y OLI Indica con que sensor se tomaron los datos para este producto
8	Numero de misión Landsat
ppp	Localización de la órbita satelital en referencia global al path del producto: System-2 (WRS-2)
rrr	Localización de la órbita satelital en referencia global al row del producto: System-2 (WRS-2)
YYYY	Año de adquisición de la imagen
DDD	Día del año de adquisición
GGG	ID de la estación terrena
VV	Versión
.FT	Tipo de archivo, donde FT es igual es igual a: (Archivo comprimido)
.ext	Extensión del archivo, donde .TIF equivale a archivos de extensión GeoTIFF, y .txt a extensión de texto.

(LDCM-DFCB-004. Ver.6)

Según lo anterior los archivos de salida tendrán la siguiente descripción de acuerdo al ejemplo ilustrado:

### Archivo comprimido:

- ***LC82220052014265LGN00.tar.gz***

Esta sería la nomenclatura general de un producto final L1G para una determinada imagen, la cual a su vez contendrá los siguientes sub-archivos:

### Archivos de imagen:

- ***LC82220052014265LGN00\_B1.TIF***
- ***LC82220052014265LGN00\_B2.TIF***
- ***LC82220052014265LGN00\_B3.TIF***
- ***LC82220052014265LGN00\_B4.TIF***
- ***LC82220052014265LGN00\_B5.TIF***
- ***LC82220052014265LGN00\_B6.TIF***
- ***LC82220052014265LGN00\_B7.TIF***
- ***LC82220052014265LGN00\_B8.TIF***
- ***LC82220052014265LGN00\_B9.TIF***
- ***LC82220052014265LGN00\_B10.TIF***
- ***LC82220052014265LGN00\_B11.TIF***

Los anteriores archivos corresponden a cada una de las bandas de la imagen guardadas en archivos de extensión GeoTIFF. El cual es un estándar de metadatos de dominio público que permite que información georreferenciada sea encajada en un archivo de imagen de formato TIFF. Incluye información adicional sobre el tipo de proyección, sistema de coordenadas, elipsoide, datum y todo lo necesario para que la imagen pueda ser automáticamente posicionada en un sistema de referencia espacial.

### 1.7.5 Banda de calidad (BQA.TIF):

- ***LC82220052014265LGN00\_BQA.TIF***

La banda de evaluación o control la Calidad (QA o QB) es una banda de datos adicionales muy importante en Landsat 8. Cada píxel de la banda de control de calidad contiene un valor decimal que representa las combinaciones de bits de relleno de la superficie, la atmósfera, y las condiciones de sensores que pueden afectar a la utilidad general de un píxel dado.

Este archivo de QB contiene los estadísticos de calidad obtenidos de los datos de la imagen e información de la máscara de nubes para la escena. El archivo de QB es una imagen en 16 bits con

las mismas dimensiones que una escena L1Gt o una L1T. Los bits se asignan para algunos objetos que se pueden distinguir en la fase L1G de procesamiento. Bit 0 es el menos significativo. Existen varios tipos de clasificación de la superficie terrestre y una amplia gama de niveles de confianza que se proporcionan para cada tipo de clasificación.

Los niveles de confianza de doble-bits son asignados de la siguiente manera:

00	<i>Ningún nivel de confianza (Generalmente utilizado para relleno o para una clase no registrada).</i>	
01	<i>Bajo nivel de confianza entre un:</i>	<i>0 - 35%</i>
10	<i>Medio nivel de confianza entre un:</i>	<i>36 - 64%</i>
11	<i>Alto nivel de confianza entre un:</i>	<i>65 - 100%</i>

Un valor QB de 1 (00 01 hexadecimal) se reserva para los datos de relleno. Cuando se procesa un píxel de no relleno, no es posible que el QB alcance este valor. Un píxel de nubes de alta confianza (valores 11 en 14 y 15 bits) debe tener un valor de C000 hex, o 49152.

La información incluida en las bandas de control de calidad es la traducción decimal de cadenas binarias. Es decir por ejemplo, el valor decimal "1" se traduce en el valor binario "0001". El valor binario "0001" tiene 4 bits, escrito de derecha a izquierda como bits de 0 ("1"), 1 ("0"), 2 ("0") y 3 ("0"). Cada uno de los bits 0-3 representa una condición que puede afectar el cálculo de un valor físico. El Bit 0 es utilizado para identificar los valores de relleno, el bit 1 es utilizado para identificar la presencia de una nube, el bit 2 es utilizado para indicar el agua, y el bit 3 es utilizado para identificar nieve. Si esta condición es verdadera, el bit tendrá un valor de "1" y "0" si es falso.

Por ejemplo, si tenemos un valor de "0001" significa que el píxel contiene un valor de relleno, y probablemente debe ser ignorada.

*Bit 0 = 1 = relleno*  
*Bit 1 = 0 = sin nubes*  
*Bit 2 = 0 = tierra*  
*Bit 3 = 0 = sin nieve*

Estos valores pueden ser utilizados con eficacia, de este modo los bits de control de calidad mejoran la integridad de las investigaciones científicas, ya que suministra información sobre cuáles de los píxeles pueden verse afectados por las coberturas nubosas. Por ejemplo, el índice espectral NDVI calculado en píxeles que contienen nubes mostrará valores anómalos. Si se incluyeran esos píxeles en un estudio de fenológico, los resultados podrían no mostrar las verdaderas características de crecimiento estacional de la vegetación. Los píxeles en zonas de nubes bajarán los valores reales del NDVI, así como las medidas de verdor vegetal o de máximo vigor, las cuales aparecerían más tarde de los periodos ocurridos. Una consecuencia de esto sería que la supuesta reducción del crecimiento de la vegetación podría ser tomada como un indicador de los cambios ambientales, lo que posiblemente provocaría unas políticas de manejo o prácticas de tierras innecesarias.

Los valores de los píxeles en el archivo de control de calidad deben ser traducidos a un formato binario de 16 bits para su uso eficaz. Las áreas sombreadas en la tabla 9 muestran la disposición de los bits que están siendo habilitados actualmente en la banda de control de calidad a Nivel 1 y la descripción de las condiciones de cada uno. Se espera en este momento que ninguno de los bits actualmente ocupados supere el 80% de precisión en el reporte de evaluación.

**Tabla 9. Descripción de los Bits en la banda BQA**

Banda de calidad en 16-bit para Landsat 8 – Los bits se leen de derecha a izquierda empezando desde el bit 0																
Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Descripción	Nivel de confianza nube		Nivel de confianza cirrus		Nivel de confianza nieve/hielo		Nivel de confianza vegetación		Reservado para sombra de nube		Nivel de confianza agua		Reservado	oclusión del terreno	Dropped Frame	Relleno

(USGS. 2013)

Para los bits individuales (0, 1, 2, y 3):

0 = No, esta condición no existe.

1 = Sí, existe esta condición.

Los bits de dobles (4-5, 6-7, 8-9, 10-11, 12-13 y 14-15) representan los niveles de confianza que existen en una condición:

00 = El algoritmo no determinó el estado de esta condición

01 = El algoritmo tiene poca confianza de que se cumpla esta condición (0-33% de confianza)

10 = El algoritmo tiene confianza media de que existe esta condición (34-66% de confianza)

11 = algoritmo tiene una alta confianza en que existe esta condición (67- 100% de confianza).

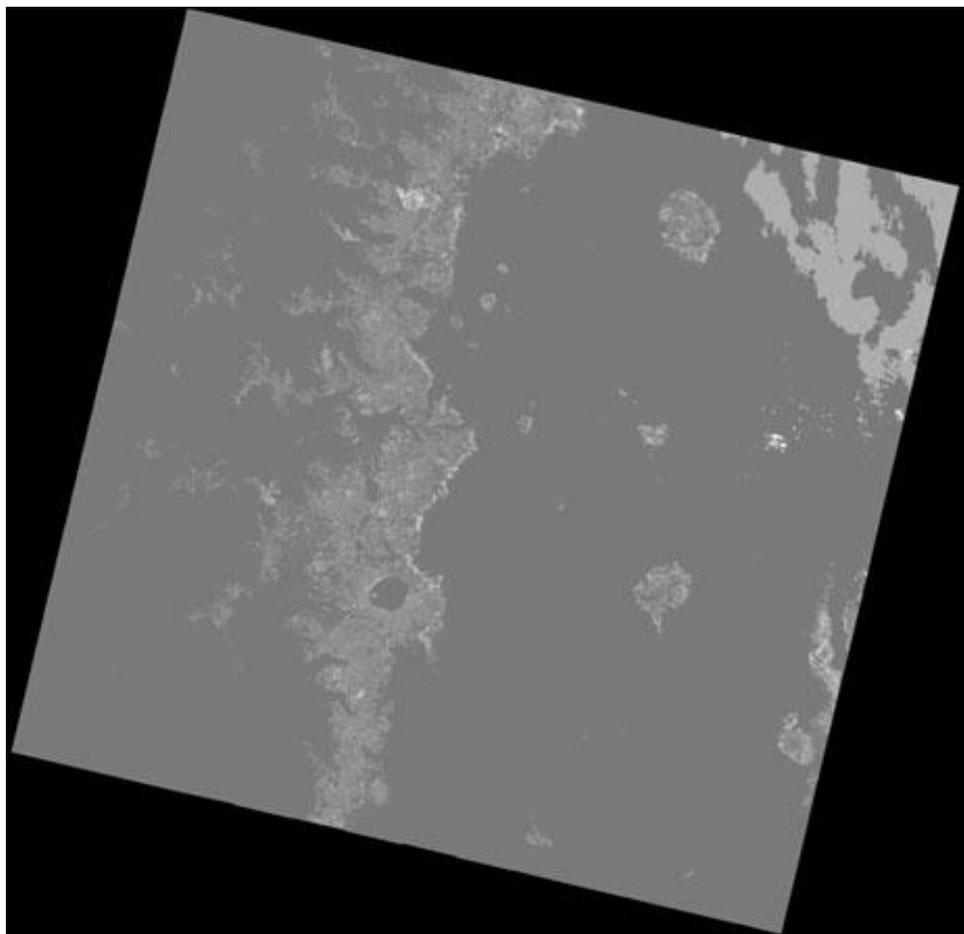
De esta forma ciertos valores decimales se producen regularmente y pueden ser interpretados sin necesidad de llevarlos a cadenas de 16 bits, tomando para ello como referencia la tabla anterior. La tabla 10 muestra como ejemplo 4 valores comunes de píxeles incluyendo sus significados:

**Tabla 10. Interpretación del valor de pixel en la banda BQA**

Valor de píxel (Decimal)	Nube	Cirrus	Nieve / Hielo	Vegetación	Agua	Oclusión del terreno	Dropped Frame	Relleno
61440	Sí	Sí	No Determinado	No se ha determinado	No Determinado	No	No	No
28590	No	Tal vez	Sí	Sí	Tal vez	Sí	Sí	No
32	No se ha determinado	No Determinado	No Determinado	No Determinado	Tal vez	No	No	No
0	No Determinado	No Determinado	No Determinado	No Determinado	No Determinado	No	No	No

(USGS. 2013)

La imagen de control de calidad puede ser visualizada para resaltar condiciones generales de iluminación de los píxeles (Fig.10), claros ("1"S) y oscuros ("0"). En el Lago Cráter-Oregón en la imagen de abajo, los píxeles más claros son propensos a ser afectados por una condición de calidad, en este caso, la nieve o nubes.



*Fig. 10 Banda de Calidad (BQA.TIF) Visualizada cómo un archivo de referencia Jpg.  
Imagen LDCM del Path 45 y Row 30, adquirida el 23 de abril 2013.*

### 1.7.6 Imagen de calidad LandsatLook (. Png)

La imagen de calidad de 8 bits (LandsatLook .Png) se encuentra disponible durante la descarga de productos Landsat-8. Este archivo proporciona una vista rápida de la calidad de los píxeles para determinar qué escenario sería el mejor para la aplicación de cada usuario. Sólo se utilizan las condiciones de confianza más altas para crear esta imagen de calidad LandsatLook (Fig. 11). Tal y como se ha indicado anteriormente, esta imagen puede no ser útil para todos los usuarios, dependiendo en todo momento del uso y objetivo del estudio.

La tabla muestra los bits y los colores asociados con la imagen de calidad LandsatLook:

**Tabla 11. Interpretación del valor de pixel en la banda BQA**

Banda de calidad en 16-bit para Landsat 8 – Los bits se leen de derecha a izquierda empezando desde el bit 0								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Descripción	Nivel de confianza nieve/hielo	Nivel de confianza vegetación	Reservado para sombra de nube	Nivel de confianza agua	Reservado	oclusión del terreno	Dropped Frame	Relleno
		Yellow	Cyan	Green	Blue	Red	Brown	Black

(USGS. 2013)

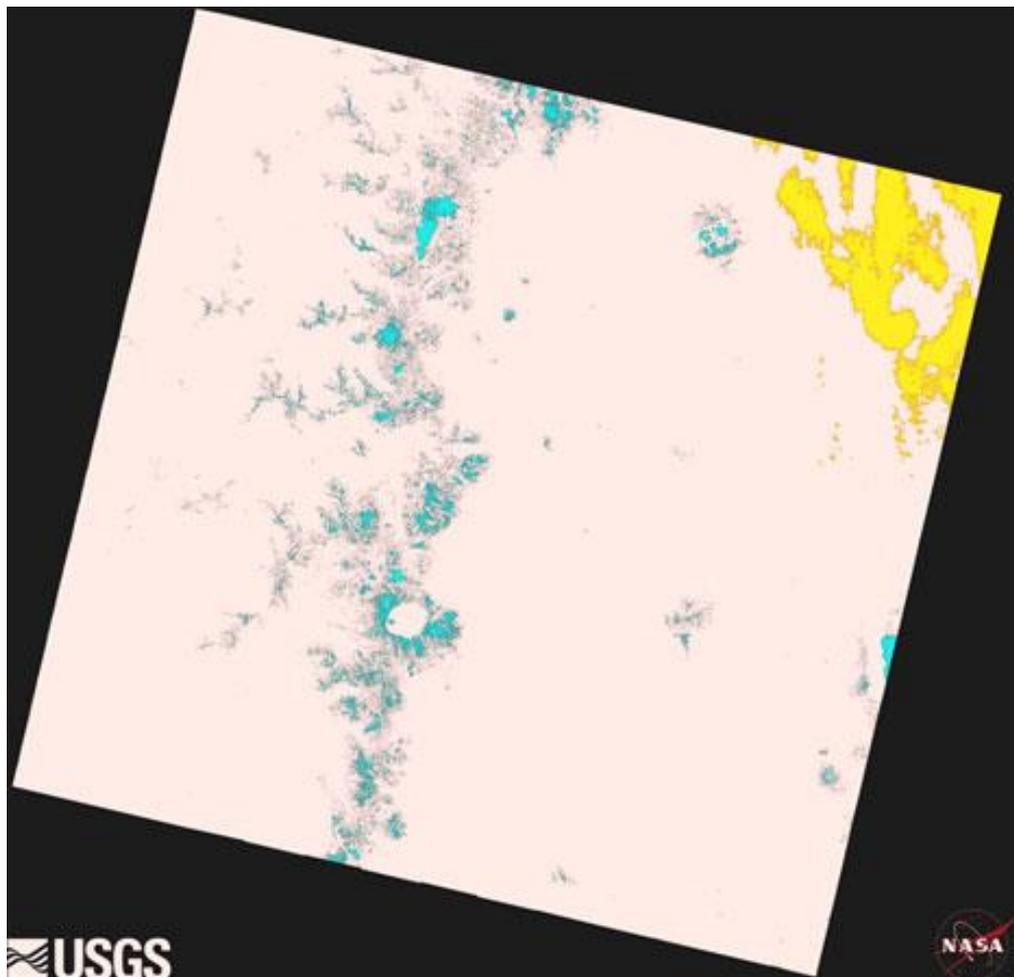


Fig. 11 Imagen Landsat "de calidad" (QA.png)  
 Imagen LDCM del Path 45 y Row 30, adquirida el 23 de abril 2013.

### 1.7.7 Archivo de Chequeo o Checksum file

- **LC82220052014265LGN00\_MD5.txt**

El archivo Checksum es un archivo de control que se crea para cada producto. Este archivo de control se genera en el archivo final. Tar.gz. El cual contiene una lista de mensajes-Digitales del algoritmo 5 (MD5), son sumas de comprobación de todos los archivos, excepto de sí mismos. El archivo está en formato de texto plano y contiene el sistema de salida md5sum. Por ejemplo, una colección con una escena ID de LC82220052014265LGN00 tiene un archivo de control llamado LC82220052014265LGN00\_MD5.txt.

### 1.7.8 Archivo Metadato

- **LC82220052014265LGN00\_MTL.txt**

Junto con la información de las bandas se crea el archivo de metadatos L1G durante la generación del producto, este contiene la información específica del producto solicitado. La tabla 12 enumera de manera general el contenido del archivo de metadatos L1G. El archivo de metadatos es un texto en formato Object Description Language (ODL):

Los archivos MTL contienen de igual manera las constantes térmicas necesarias para convertir los datos TIRS a la temperatura de brillo. Otros detalles están disponibles en el algoritmo Cal / Val LDCM, en el manual descrito y disponible en la página del USGS (USGS. 2013).

**Tabla 12. Descripción General del archivo de Metadatos en L1Gt / L1T**

Nombre del Parámetro	Valor, Formato, y Rango	Descripción / Observaciones
GROUP	= L1_METADATA_FILE	The beginning of the first-level ODL group. It indicates the start of the L1G metadata file level group.
GROUP	= METADATA_FILE_INFO	The beginning of the metadata file information group.
ORIGIN	= "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"	Origin of the product.
REQUEST_ID	= "NNNNNNNNNNNNNNN_UUUUUUU"	Product Request Id. NNNNNNNNNNNNNN_UUUUUU, where NNNNNNNNNNNNNN = 13-digit TRAM order number and UUUUUU = 5-digit TRAM unit

		number.
LANDSAT_SCENE_ID	= "Ls8pppprrrYYYYDDGGGVV" "	The unique Landsat scene identifier.
FILE_DATE	= YYYY-MM-DDTHH:MM:SSZ	The date when the metadata file for the L1G product set was created. The date is based on Universal Time Coordinated (UTC) (also known as Greenwich Mean Time (GMT)).
STATION_ID	= "XXX"	The ground station that received the data. See LS-IC-04 Landsat Ground Station (GS) Identifiers for all possible station IDs (e.g., "LGN" = Landsat Ground Network) (see References).
PROCESSING_SOFTWARE_VERSION	= "IAS_X.Y.Z" = "LPGS_X.Y.Z"	The processing software version that created the product. The version consists of a subsystem name followed by an underscore then the software version, where X is the major release number, Y is the minor release number, and Z is the patch (or engineering) release number. X, Y, and Z are all numeric values.
END_GROUP	= METADATA_FILE_INFO	The end of the metadata information group.
GROUP	= PRODUCT_METADATA	The beginning of the product metadata group.
DATA_TYPE	= "L1T" = "L1GT"	The identifier to inform the user of the product type.
ELEVATION_SOURCE	= "N" = "GLS2000" = "RAMP" = "GTOPO30"	Indicates the source (if any) of the DEM used in the correction process. N indicates no corrections applied.
OUTPUT_FORMAT	= "GEOTIFF"	The output format of the image.
SPACECRAFT_ID	= "LANDSAT_8"	Spacecraft from which the data were captured.
SENSOR_ID	= "OLI_TIRS" = "OLI" = "TIRS"	Sensor(s) used to capture this scene.
WRS_PATH	= 1-251	Orbital WRS-2 defined nominal Landsat satellite track (path)
WRS_ROW	= 1-248	Orbital WRS-2 defined nominal Landsat row number for this scene.
NADIR_OFFNADIR	= "NADIR" = "OFFNADIR"	Nadir or Off-Nadir condition of the scene.
TARGET_WRS_PATH	= 1-233	Nearest WRS-2 path to the line-of-sight scene center of the image.

TARGET_WRS_ROW	= 1–248, 880–889, 990–999	Nearest WRS-2 row to the line-of-sight scene center of the image. Rows 880–889 and 990–999 are reserved for the polar regions where it is undefined in the WRS-2.
DATE_ACQUIRED	= YYYY-MM-DD	The date the image was acquired.
SCENE_CENTER_TIME	= HH:MI:SS.SSSSSSZ	Scene center time of the date the image was acquired. HH = Hour (00–23), MI = Minute, SS.SSSSSSZ = Fractional seconds, Z = constant (indicates “Zulu” time (same as GMT)).
CORNER_UL_LAT_PRODUCT	= -90.00000 through +90.00000	The latitude value for the upper-left corner of the product, measured at the center of the pixel. Positive (+) value indicates north latitude; negative (-) value indicates south latitude. Units are in degrees.
CORNER_UL_LON_PRODUCT	= -180.00000 through +180.00000	The longitude value for the upper-left corner of the product, measured at the center of the pixel. Positive (+) value indicates east longitude; negative (-) value indicates west longitude. Units are in degrees.
CORNER_UR_LAT_PRODUCT	= -90.00000 through +90.00000	The latitude value for the upper-right corner of the product. Measured at the center of the pixel. Units are in degrees.
CORNER_UR_LON_PRODUCT	= -180.00000 through +180.00000	The longitude value for the upper-right corner of the product, measured at the center of the pixel. Units are in degrees.
PANCHROMATIC_LINES	= 0–99999	The number of product lines for the panchromatic band (Band 8). This parameter is only present if the panchromatic band is present in the product.
PANCHROMATIC_SAMPLES	= 0–99999	The number of product samples for the panchromatic band (Band 8). This parameter is only present if the panchromatic band is in the product.
REFLECTIVE_LINES	= 0–99999	The number of product lines for the reflective bands (Bands 1–7, and Band 9). This parameter is only present if reflective bands are in the product.
REFLECTIVE_SAMPLES	= 0–99999	The number of product samples for the reflective bands (Bands 1–7, and Band 9). This parameter is only present if reflective bands are in the

		product.
THERMAL_LINES	= 0–99999	The number of product lines for the thermal bands (Bands 10–11). This parameter is only present if thermal bands are in the product.
THERMAL_SAMPLES	= 0–99999	The number of product samples for the thermal bands (Bands 10–11). This parameter is only present if thermal bands are in the product.
FILE_NAME_BAND_1	= “Ls8pppprrrYYYYDDDGGGVV_B1.TIF”	The file name for Band 1. This parameter is only present if the band is included in the product.
FILE_NAME_BAND_QUALITY	= “Ls8pppprrrYYYYDDDGGGVV_BQA.TIF”	The file name for the quality band. This parameter is only present if the band is included in the product.
METADATA_FILE_NAME	= “Ls8pppprrrYYYYDDDGGGVV_MTL.txt”	The file name for L1G metadata.
BPF_NAME_OLI	= “LO8BPFYYYY1MM1DD1hh1mm1ss1_YYYY2MM2DD2hh2mm2ss2.nn”	The file name for the Bias Parameter File (BPF) used to generate the product, if applicable. This only applies to products that contain OLI bands.
BPF_NAME_TIRS	= “LT8BPFYYYY1MM1DD1hh1mm1ss1_YYYY2MM2DD2hh2mm2ss2.nn”	The file name for the Bias Parameter File (BPF) used to generate the product, if applicable. This only applies to products that contain TIRS bands.
CPF_NAME	= “L8CPFyyyy1mm1dd1_yyyy2mm2dd2.nn”	The file name for the Calibration Parameter File (CPF) used to generate the product.
RLUT_FILE_NAME	= “L8RLUTyyyyymm1dd1_yyyy2mm2dd2Vnn.h5”	The file name for the Response Linearization Lookup Table (RLUT) used to generate the product, if applicable.
END_GROUP	= PRODUCT_METADATA	The end of the product metadata group.
GROUP	= IMAGE_ATTRIBUTES	The beginning of the image attributes group.
CLOUD_COVER	= 0.00–100.00, -1	The overall cloud coverage (percent) of the WRS-2 scene. -1 indicates that the score was not calculated.
IMAGE_QUALITY_OLI	= 0–9	The composite image quality for the OLI bands. Values: 9 = Best. 1 = Worst. 0 = Image quality not calculated. This parameter is only present if OLI bands are present in the product.
IMAGE_QUALITY_TIRS	= 0–9	The composite image quality for the TIRS bands. Values: 9 = Best. 1 =

		Worst. 0 = Image quality not calculated. This parameter is only present if TIRS bands are present in the product.
ROLL_ANGLE	= -15.00 through +15.00	The amount of spacecraft roll angle at the scene center. The roll value is given in the Yaw Steering Frame (YSF) reference, whose x-axis is aligned with the instantaneous ground track velocity vector. Rolls about this x-axis go by the right-hand rule: a positive roll results in the instruments pointing to the left of the ground track, while a negative roll results in a look to the right.
SUN_AZIMUTH	= -180.00000000 through 180.00000000	The Sun azimuth angle in degrees for the image center location at the image center acquisition time. A positive value indicates angles to the east or clockwise from the north. A negative value (-) indicates angles to the west or counterclockwise from the north.
SUN_ELEVATION	= -90.00000000 through 90.00000000	The Sun elevation angle in degrees for the image center location at the image center acquisition time. A positive value indicates a daytime scene. A negative value (-) indicates a nighttime scene. Note: For reflectance calculation the sun zenith angle is needed, which is 90 - sun elevation angle.
EARTH_SUN_DISTANC E	= N.NNNNNNN	Measurement of the earth to sun distance at the particular day and time of imagery acquisition. Astronomical unit (AU) of measurement.
GROUND_CONTROL_P OINTS_MODEL	= 1-999	Number of ground control points used in the precision correction process. This parameter is only present if the DATA_TYPE is L1T.
GEOMETRIC_RMSE_M ODEL	= N.NNN	Combined Root Mean Squared Error (RMSE) of the geometric residuals (meters) in both across-track and along-track directions measured on the GCPs used in geometric precision correction. This parameter is only present if the DATA_TYPE is L1T.
GEOMETRIC_RMSE_M ODEL_Y	= N.NNN	The post-fit RMSE for the along-track direction. Units are in meters

		equal to or greater than zero, with no upper limit, and three decimal places. This parameter is only present if the DATA_TYPE is L1T.
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X	= N.NNN	The post-fit RMSE for the along-track direction. Units are in meters equal to or greater than zero, with no upper limit, and three decimal places. This parameter is only present if the DATA_TYPE is L1T.
GROUND_CONTROL_POINTS_VERIFY	=1-9999	Number of ground control points used in the verification of the terrain corrected product. This parameter is only present if it was calculated.
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY	=0.000-9999.999	RMSE of the geometric residuals (meters) measured on the terrain-corrected product independently using GLS2000. This parameter is only present if it was calculated.
END_GROUP	= IMAGE_ATTRIBUTES	The end of the image attributes group.
GROUP	= MIN_MAX_RADIANCE	
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1	= NNN.NNNNN	Maximum achievable spectral radiance value for Band 1. This parameter is only present if this band is included in the product.
RADIANCE_MINIMUM_BAND_1	= NNN.NNNNN	Minimum achievable spectral radiance value for Band 1. This parameter is only present if this band is included in the product.
END_GROUP	= MIN_MAX_RADIANCE	
GROUP	= MIN_MAX_REFLECTANCE	Minimum and maximum reflectance values for the OLI bands. This group will only be present if there are OLI bands present in the product.
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1	= N.NNNNNN	Maximum achievable reflectance value for Band 1. This parameter is only present if this band is included in the product.
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1	= N.NNNNNN	Minimum achievable reflectance value for Band 1. This parameter is only present if this band is included in the product.
END_GROUP	= MIN_MAX_REFLECTANCE	
GROUP	= MIN_MAX_PIXEL_VALUE	
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1	= 1-65535	Maximum possible pixel value for Band 1. This parameter is only present if this band is included in the product.
QUANTIZE_CAL_MIN_	= 0-1	Minimum possible pixel value for

BAND_1		Band 1. This parameter is only present if this band is included in the product.
END_GROUP	= MIN_MAX_PIXEL_VALUE	
GROUP	= RADIOMETRIC_RESCALING	The beginning of the radiometric rescaling group. The parameter for a band is only included if that band is present in the product.
RADIANCE_MULT_BAND_1	= N.NNNNeNN	The multiplicative rescaling factor used to convert calibrated DN to Radiance units for Band 1 (W/(m <sup>2</sup> sr um)/DN).
RADIANCE_ADD_BAND_1	= NN.NNNNN	The additive rescaling factor used to convert calibrated DN to Radiance units for Band 1 (W/(m <sup>2</sup> sr um)).
REFLECTANCE_MULT_BAND_1	=N.NNNNeNN	The multiplicative rescaling factor used to convert calibrated DN to Reflectance for Band 1 (DN-1).
REFLECTANCE_ADD_BAND_1	=N.NNNNNN	The additive rescaling factor used to convert calibrated DN to Reflectance for Band 1.
END_GROUP	= RADIOMETRIC_RESCALING	The end of the radiometric rescaling group.
GROUP	= TIRS_THERMAL_CONSTANTS	The beginning of the TIRS thermal constants group. This group is included only with products that include TIRS data. Note: Temperature in degrees Kelvin = K2/(ln(K1/Radiance + 1)).
K1_CONSTANT_BAND_10	= N.NN	K1 coefficient for Band 10 radiance to temperature conversion.
K1_CONSTANT_BAND_11	= N.NN	K1 coefficient for Band 11 radiance to temperature conversion.
K2_CONSTANT_BAND_10	= N.NN	K2 coefficient for Band 10 radiance to temperature conversion.
K2_CONSTANT_BAND_11	= N.NN	K2 coefficient for Band 11 radiance to temperature conversion.
END_GROUP	= TIRS_THERMAL_CONSTANTS	The end of TIRS thermal constants group.
GROUP	= PROJECTION_PARAMETERS	The beginning of the projection parameters group.
MAP_PROJECTION	= "UTM" = "PS"	The map projection used in creating the image. Universal Transverse Mercator (UTM) or Polar Stereographic (PS).
DATUM	= "WGS84"	The datum used in creating the image.
ELLIPSOID	= "WGS84"	The ellipsoid used in creating the image.
UTM_ZONE	= 1 to 60	The value used to indicate the zone

		number. This parameter is only included for the UTM projection.
VERTICAL_LON_FROM_POLE	= 0.00000	The vertical longitude from the pole. This parameter is only included for the polar stereographic projection.
TRUE_SCALE_LAT	= -71.00000 = 71.00000	The latitude of true scale. A value of -71 is used for scenes over Antarctica and 71 is used for off-nadir scenes at the North Pole. This parameter is only included for the polar stereographic projection.
FALSE_EASTING	= 0	False easting in meters. This parameter is only included for the polar stereographic projection.
FALSE_NORTHING	= 0	False northing in meters. This parameter is only included for the polar stereographic projection.
GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC	= 15.00	The grid cell size in meters used in creating the image for the panchromatic band, if part of the product. This parameter will only be included if the panchromatic band is included in the product.
GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE	= 30.00	The grid cell size in meters used in creating the image for Visible and Near Infrared (VNIR)/ Short-Wave Infrared (SWIR) bands, if part of the product. This parameter will only be included if the reflective bands are included in the product.
GRID_CELL_SIZE_THERMAL	= 30.00	The grid cell size in meters used in creating the image for the thermal bands, if part of the product. This parameter will only be included if the thermal bands are included in the product.
ORIENTATION	= "NORTH_UP" = "NOMINAL"	The orientation used in creating the image.
RESAMPLING_OPTION	= "CUBIC_CONVOLUTION"	The resampling option used in creating the image. Cubic Convolution (CC).
END_GROUP	= PROJECTION_PARAMETERS	The end of the projection parameters group.
END_GROUP	= L1_METADATA_FILE	The end of the Level 1 metadata file level group.
END		Required standalone parameter signifying the file end.

(USGS. 2013)

## 2. CORRECCION RADIOMETRICA EN IMÁGENES LDCM LANDSAT 8

### 2.1 CONVERSION A RADIANCIA EN EL TECHO DE LA ATMOSFERA (TOA)

Los productos estándar Landsat 8 LDCM, suministrados por el USGS EROS CENTER consisten en una serie cuantificada, calibrada y escalada de niveles digitales ND, los cuales representan los datos de una imagen multispectral adquirida por ambos sensores: OLI Operational Land Imagen y el TIRS Thermal Infrared Sensor.

Los datos de las bandas del sensor TIRS y OLI están derivados en 16 bits en formato no cifrado y pueden ser reescalados a los valores de reflectancia y o radiancia en el techo de la atmosfera TOA, usando para ello los coeficientes radiométricos provistos en el archivo de metadato MTL.txt, tal y como se describe a continuación.

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L$$

Donde:

$L_{\lambda}$  = Es el valor de radiancia espectral en el techo de la atmosfera (TOA) medida en valores de (Watts /m<sup>2</sup> \* srad \* μm)

$M_L$  = Banda – Es el factor multiplicativo de escalado específico obtenido del metadato (RADIANCE\_MULT\_BAND\_x, donde x es el número de la banda)

$A_L$  = Banda – Es el factor aditivo de escalado específico obtenido del metadato (RADIANCE\_ADD\_BAND\_x, donde x es el número de la banda)

$Q_{cal}$  = Producto estándar cuantificado y calibrado por valores de pixel (DN). Este valor se refiere a cada una de las bandas de la imagen.

A continuación se muestra un ejemplo de la estructura de archivos y datos del LDCM. El formato es similar a la salida de utilidad del tipo HDF. Los archivos, grupos, conjuntos de datos, y los datos se han reorganizado para facilitar la lectura mientras se muestra el mismo contenido (Tabla 13). Se subraya como ejemplo los parámetros de las primeras 5 bandas para mejorar la legibilidad en el metadato.

Archivo de ejemplo: LC80130502013161LGN00\_MTL.txt

LC80130502013161LGN00.gz

**Tabla 13. - Convención de nomenclatura de archivos**

Posición	Descripción
L	Landsat
S	Sensor of: O = OLI, T = TIRS, C = Combined TIRS and OLI Indicates which sensor collected data for this product
8	Landsat mission number
PPP	Satellite orbit location in reference to the WRS-2 path of the product
RRR	Satellite orbit location in reference to the WRS-2 row of the product
YYYY	Acquisition year of the image
DDD	Acquisition day of year
GGG	Ground Station ID
VV	Version (vv = 00–99)
_LOR	Designates an LOR product package
.FT	File type, where .FT equals tar (tar"d file), _MD5 equals checksum
.EXT	File extension, where .gz equals gzip compressed, .txt equals text

(USGS. 2013)

En el ejemplo anterior la imagen identificada como "LC80130502013161LGN00" el archivo metadato LC80130502013161LGN00\_MTL.txt contendrá los coeficientes multiplicativos (resaltados aquí en rojo) para cada una de las bandas:

```

END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2517E-02
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.2764E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1687E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 9.8985E-03
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 6.0065E-03
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.5133E-03
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 4.9229E-04
RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.1150E-02
RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.4683E-03
RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04
RADIANCE_MULT_BAND_11 = 3.3420E-04

```

Por otra parte y seguidamente aparecerán los coeficientes aditivos (resaltados aquí en verde) para cada una de las bandas:

RADIANCE\_ADD\_BAND\_1 = -62.58381  
 RADIANCE\_ADD\_BAND\_2 = -63.81901  
 RADIANCE\_ADD\_BAND\_3 = -58.43669  
 RADIANCE\_ADD\_BAND\_4 = -49.49229  
 RADIANCE\_ADD\_BAND\_5 = -30.03248  
 RADIANCE\_ADD\_BAND\_6 = -7.56668  
 RADIANCE\_ADD\_BAND\_7 = -2.46143  
 RADIANCE\_ADD\_BAND\_8 = -55.74994  
 RADIANCE\_ADD\_BAND\_9 = -12.34159  
 RADIANCE\_ADD\_BAND\_10 = 0.10000  
 RADIANCE\_ADD\_BAND\_11 = 0.10000

**NOTA:** Importante, las bandas originales del LDCM Landsat 8 están contenidas a una resolución radiométrica de 16 bit no signados, lo que quiere decir que las nuevas bandas donde se guardaran las imágenes con valores de radiancia TOA deberán ser de 32 bit con el fin de evitar la pérdida de información.

## 2.2 CONVERSION A REFLECTANCIA TOA

Los datos del sensor OLI pueden ser convertidos a valores de reflectancia (TOA) en el techo de la atmosfera, usando para ello los coeficientes de reflectancia reescalados, suministrados en el archivo de metadatos MTL. La siguiente ecuación es usada para convertir los ND niveles digitales a valores de reflectancia para los obtenidos por el sensor OLI:

$$\rho\lambda' = M_{\rho}Q_{cal} + A_{\rho}$$

Donde:

$\rho\lambda'$  = Es el valor de reflectancia planetaria, sin corrección por ángulo solar. Note que  $\rho\lambda'$  no contiene una corrección por el ángulo solar.

$M_{\rho}$  = Es el factor multiplicativo de escalado específico por banda obtenido del metadato **REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_x**, donde x es el numero de la banda).

$A_{\rho}$  = Es el factor aditivo de escalado específico por banda obtenido del metadato **REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_x**, donde x es el numero de la banda).

$Q_{cal}$  = Es el producto estándar cuantificado y calibrado para valores de pixel (DN). Este valor se refiere a cada una de las bandas de la imagen.

Al igual que en el ejemplo anterior para la imagen identificada como "LC80130502013161LGN00" el archivo metadato LC80130502013161LGN00\_MTL.txt contendrá los coeficientes multiplicativos de conversión a valores de reflectancia (resaltados aquí en rojo) para cada una de las bandas, del mismo modo aparecerán los coeficientes aditivos de conversión a valores de reflectancia (resaltados aquí en verde) para cada una de las bandas:

```
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
```

## 2.3 CONVERSION A REFLECTANCIA TOA CON CORRECCIÓN ANGULAR

El cálculo de la reflectancia real de una cubierta captada por un sensor espacial está condicionado por el comportamiento de la atmósfera, así como del ángulo de observación.

De esta manera, la reflectancia en el techo de la atmosfera TOA con una corrección para el ángulo solar es entonces:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\sin(\theta_{SE})}$$

Donde:

$\rho_{\lambda}$  = Es el valor reflectancia planetaria o en el techo de la atmosfera TOA, con corrección por ángulo solar.

$\theta_{se}$  = Es el ángulo de elevación solar. El ángulo de elevación solar del centro de la escena es provisto en el metadato de la imagen (**SUN\_ELEVATION**).

$\theta_{sz}$  = Es el ángulo solar zenith local.

Es el ángulo solar zenith local, corresponde al ángulo complementario de observación y puede obtenerse de la siguiente manera:

$$\theta_{sz} = 90^{\circ} - \theta_{se}$$

Los datos de ángulo solar y azimut entre otros, aparecerán incluidos dentro de los atributos de imagen en el archivo de metadato:

```

RLUT_FILE_NAME = "L8RLUT20130211_20431231v06.h5"
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
CLOUD_COVER = 15.77
IMAGE_QUALITY_OLI = 9
IMAGE_QUALITY_TIRS = 9
ROLL_ANGLE = -0.001
SUN_AZIMUTH = 65.58115868
SUN_ELEVATION = 65.55416922
EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0153205
END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 757.70215
RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -62.57129

```

Para más exactitud en el cálculo de la reflectancia, por pixel ángulo solar puede ser usado instante del ángulo solar del centro de la escena, pero por pixel el ángulo zenith solar no son suministrados con los productos Landsat 8.

De este modo la ecuación general de conversión a reflectancia, incluyendo la corrección por ángulo solar quedaría de la siguiente manera:

$$P\lambda' = \frac{(M\rho * Q_{cal} + A\rho)}{\text{Sin}(\Theta_{se})}$$

Donde:

$P\lambda'$  = Es el valor reflectancia planetaria o en el techo de la atmosfera TOA, con corrección por ángulo solar.

$M\rho$  = Es el factor multiplicativo de escalado específico por banda obtenido del metadato **REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_x**, donde x es el número de la banda).

$A\rho$  = Es el factor aditivo de escalado específico por banda obtenido del metadato **REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_x**, donde x es el número de la banda).

$\text{Sin} \Theta_{se}$  = Es el ángulo de elevación solar. El ángulo de elevación solar del centro de la escena es provisto en el metadato de la imagen **SUN\_ELEVATION**.

$Q_{cal}$  = Es el producto estándar cuantificado y calibrado para valores de pixel (DN). Este valor se refiere a cada una de las bandas de la imagen.

## 2.4 CONVERSION A TEMPERATURA DE BRILLO EN EL SATELITE

Las bandas obtenidas por el sensor TIRS pueden ser convertidas de radiancia espectral a temperatura de brillo en grados Kelvin (k) usando para ello la constante térmica suministrada en el archivo de metadatos:

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)}$$

Donde:

- $T$  = Temperatura de brillo aparente en grados kelvin (K)
- $L_\lambda$  = Corresponde a la reflectancia en el techo de la atmosfera TOA (Watts/( m2 \* srad\*  $\mu$ m))
- $K_1$  = Es la constante de conversión K1 específica para cada banda, dicha constante térmica se suministra en el metadato (**K1\_CONSTANT\_BAND\_x**, donde x es el número de la banda, 10 o 11)
- $K_2$  = Es la constante de conversión K2 específica para cada banda, dicha constante térmica se suministra en el metadato (**K2\_CONSTANT\_BAND\_x**, donde x es el número de la banda, 10 o 11)

Los datos de las constantes térmicas k1 y k2, aparecerán incluidos dentro de los atributos de imagen en el archivo de metadato, tal y como se puede ver resaltado a continuación para las bandas 10 y 11:

```
GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.89
K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.89
K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.08
K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.14
END_GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
```

## REFERENCIAS

- ❖ LDCM Press Kit. USGS Landsat Data Continuity Mission. February 2013.
- ❖ LDCM CAL/VAL ALGORITHM DESCRIPTION DOCUMENT Ver 3. U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey. NASA. February 25, 2013.
- ❖ EROS. LANDSAT DATA CONTINUITY MISSION (LDCM) MISSION DATA. DATA FORMAT CONTROL BOOK (DFCB) Ver. 6. U.S. Geological Survey. October, 2012.
- ❖ EROS. LANDSAT DATA CONTINUITY MISSION (LDCM) MISSION DATA. LEVEL 0 REFORMATTED (L0R). DATA FORMAT CONTROL BOOK (DFCB) Ver. 9. U.S. Geological Survey. October, 2012.
- ❖ EROS. LANDSAT DATA CONTINUITY MISSION (LDCM) MISSION DATA. LEVEL 1 DATA FORMAT CONTROL BOOK (DFCB) Ver. 6. U.S. Geological Survey. August, 2012.
- ❖ LDCM-ADEF-001 Versión 3. Pag. 648.
- ❖ Using the USGS Landsat 8 Product. U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey. URL: <http://landsat.usgs.gov>. Page Contact Information: Ask Landsat. 9/08/13.
- ❖ OLI Command and Telemetry Handbook, Rev N.
- ❖ EROS. LDCM-ICD-011. Landsat Data Continuity Mission (LDCM) Mission Operations Element (MOE) to Ground Network Element (GNE) Interface Control Document (ICD).

## PARA MÁS INFORMACIÓN

### NASA

NASA Headquarters. Stephen Cole. NASA Headquarters, Washington - Office of Communications. (202) 358-0918, [stephen.e.cole@nasa.gov](mailto:stephen.e.cole@nasa.gov)

NASA Goddard Space Flight Center

Rani Gran

NASA GSFC, Greenbelt, Md. Landsat Data Continuity Mission. (301) 286-2483 (office), [rani.c.gran@nasa.gov](mailto:rani.c.gran@nasa.gov)

NASA Kennedy Space Center, Fla. George Diller. Launch Operations. (321) 867-2468, [george.h.diller@nasa.gov](mailto:george.h.diller@nasa.gov)

### USGS

Jon Campbell. USGS Headquarters, Reston, Va. Policy/Program Management, [joncampbell@usgs.gov](mailto:joncampbell@usgs.gov)

Jan Nelson. Communications and Outreach. USGS Earth Resources Observation and Science Center (EROS). (605) 594-6173 w (605) 321-1947 c, [jsnelson@usgs.gov](mailto:jsnelson@usgs.gov)

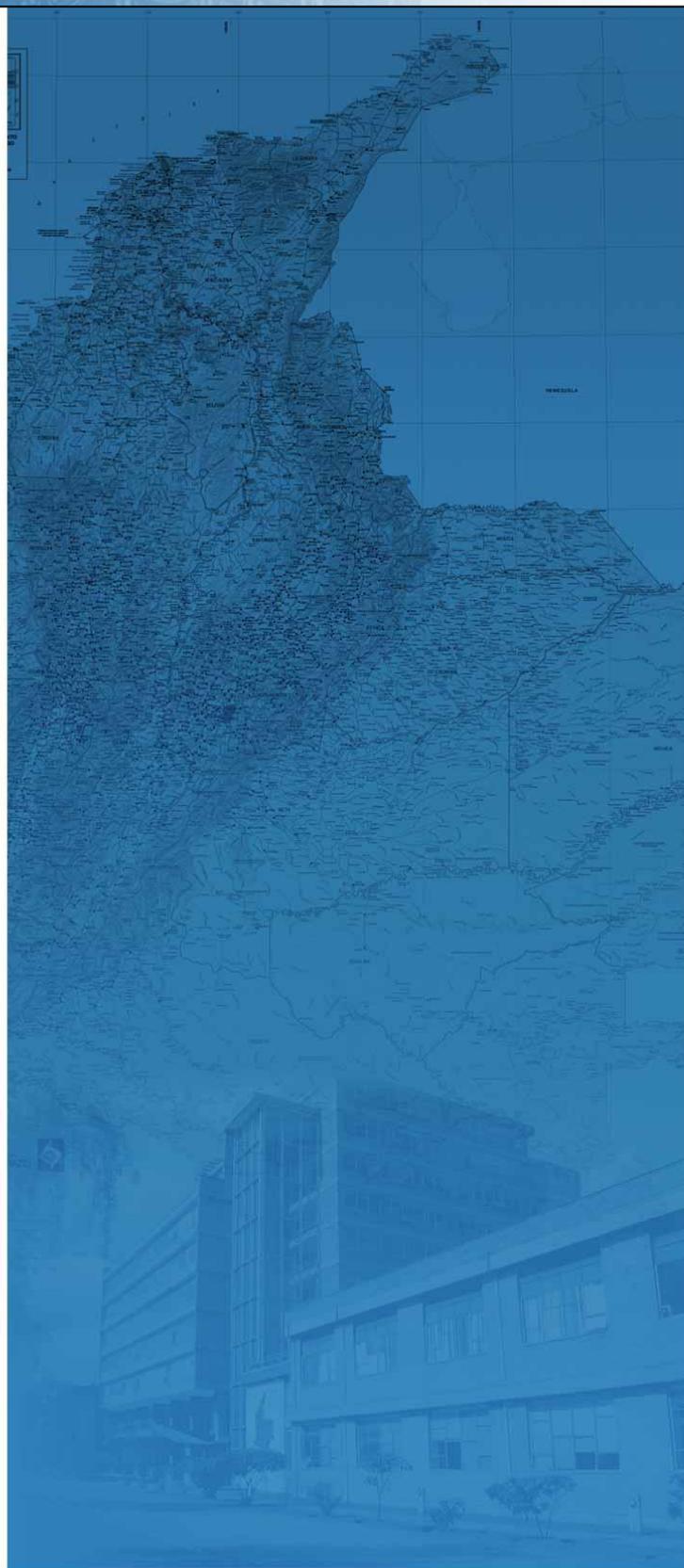
### LDCM Contractors

Jessica Rye. Atlas V Launch Vehicle. Cape Canaveral, FL. (321) 730-5646 - (321) 693-6250, [jessica.f.rye@ulalaunch.com](mailto:jessica.f.rye@ulalaunch.com)

Barron Beneski. VP, Corporate Communications. Orbital Sciences Corporation. (703) 406-5528 w (703) 447-4259 c, [beneski.barron@orbital.com](mailto:beneski.barron@orbital.com)

Melissa Carpenter. Strategic Communications. Orbital Sciences Corporation. (703) 406-5769 w (318) 288-9543 c, [carpenter.melissa@orbital.com](mailto:carpenter.melissa@orbital.com)

Roz Brown. Media Relations Manager. Ball Aerospace & Technologies Corp. (303) 533-6059 (720) 581-3135, [rbrown@ball.com](mailto:rbrown@ball.com)



Para mayor información:  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN  
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA -CIAF  
INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI**  
[www.igac.gov.co](http://www.igac.gov.co) - [ciaf@igac.gov.co](mailto:ciaf@igac.gov.co)  
Carrera 30 No. 48 – 51 Edificio CIAF  
Teléfonos: 369 4000 ext. 4087 – 369 4087. Fax: 3694086  
Bogotá D.C., Colombia