

**INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA  
COORDINACIÓN DE HIDROLOGIA  
SUBCOORDINACIÓN DE HIDROMETEOROLOGÍA**

**INFORME FINAL**

**TH1819.1**

**“Desarrollo e implementación de algoritmos para uso de información de satélite GOES 16 (laboratorio de sensores y drones) para medir elementos del ciclo hidrológico”**

Participantes:

Mtra. Olivia Rodríguez López  
Mtro. Indalecio Mendoza Uribe  
Mtra. Patricia Trejo Pérez  
Mtro. José Alfredo Mundo Molina  
Lic. Roberto Galvan Benitez  
Mtro. Roberto Ramírez Villa  
Mtro. Mario López Pérez  
Ing. Ramiro Gonzalez Aguirre

**Noviembre 2018**

## ÍNDICE

Objetivos y entregables.....	3
Introducción. ....	4
Metodología y Resultados.....	26
Conclusiones.....	51
Bibliografía.....	53
Anexos .....	54

## Objetivos

- Desarrollar herramientas operativas con base en datos provenientes del satélite GOES16 para su posible comercialización en un futuro.
- Explorar la factibilidad de acreditación del laboratorio de calibración de sensores meteorológicos.

## Entregables

- Animaciones operativas de imágenes de los canales IR, Visible y Vapor de agua disponibles en la página de [galileo.imta.mx](http://galileo.imta.mx).
- Sistematización de información para intercomparación de lluvia estimada por el satélite y observaciones en superficie.
- Comparación de datos geoestacionarios y de superficie por estado en las variables Precipitación
- Diagnóstico de factibilidad sobre el proceso de acreditación del laboratorio de calibración de sensores meteorológicos.

## Introducción

El programa denominado Sistema de Observación Mundial (SMO) apoyado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) ayuda a las naciones del mundo a compartir sus observaciones meteorológicas, climáticas y ambientales y otras observaciones relacionadas que apoyan los análisis, pronósticos, boletines y avisos meteorológicos, las observaciones climáticas y las actividades relacionadas en los servicios meteorológicos y ambientales en todo el mundo.

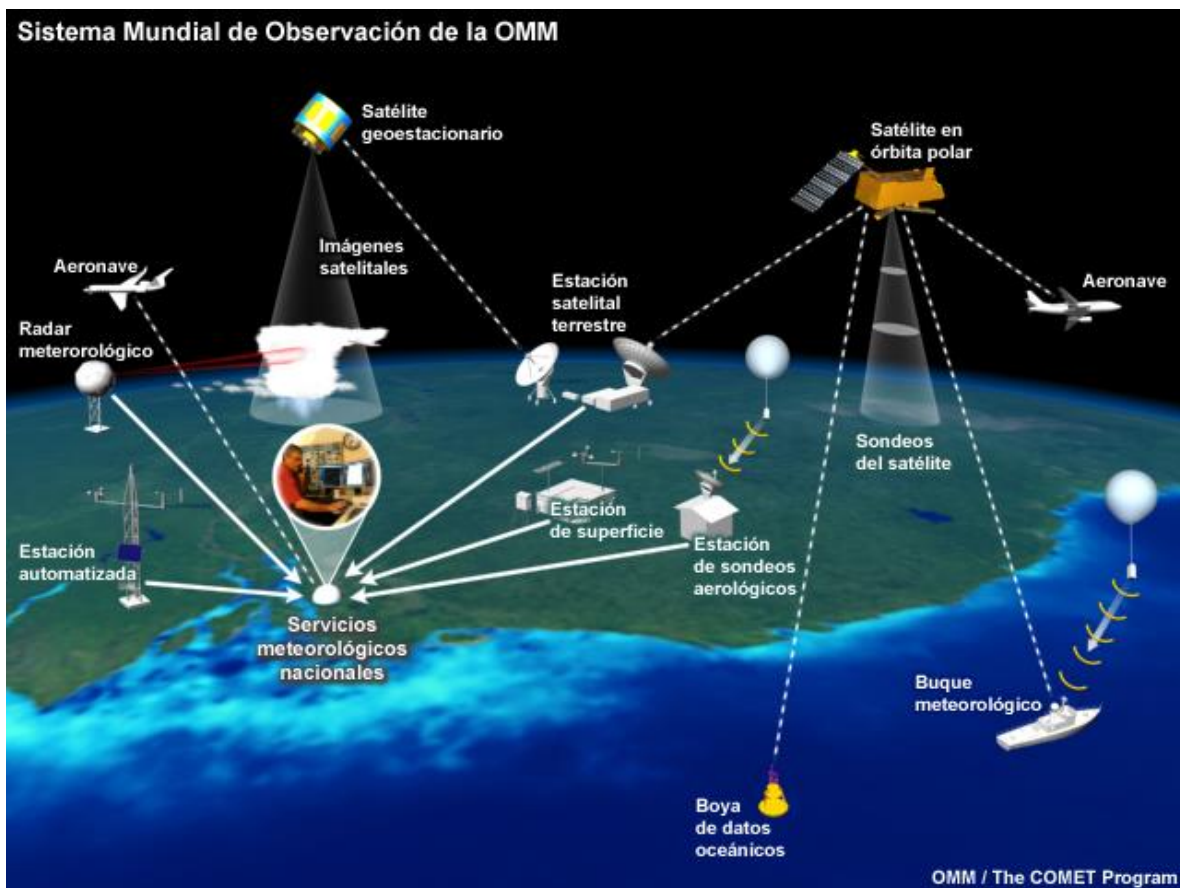


Figura 1.- Diagrama conceptual de los componentes del Sistema Mundial de Observación (SMO) apoyado por la OMM (Organización Meteorológica Mundial).

Los satélites ambientales, tanto geostacionarios como en órbita polar, forman parte de una creciente y siempre más integrada red mundial de sistemas de observación de la Tierra denominada Sistema de Sistemas de Observación Global de la Tierra (Global Earth Observation System of Systems, GEOSS).



Figura 2.- Ilustración de los satélites que se incorporarán a la red mundial de observación ambiental satelital entre 2010 y 2020.

GEOSS forma parte de un esfuerzo internacional por coordinar y brindar a los usuarios de todo el mundo la información que necesitan para vigilar el ambiente, los recursos, el tiempo y el clima de la Tierra en beneficio de la sociedad y en apoyo al desarrollo sostenible.

Los satélites del componente espacial de GEOSS son además importantes elementos del Sistema Mundial de Observación (SMO).

Al igual que los satélites GOES actuales, los de la serie GOES–R serán importantes colaboradores para los sistemas de observación GEOSS y SMO, y brindarán las

imágenes y los datos que necesitan los servicios meteorológicos y ambientales de buena parte del hemisferio occidental.

### Antecedentes

Los satélites meteorológicos son la herramienta más importante que tenemos a nuestra disposición para observar y pronosticar los ciclones tropicales y brindar información esencial sobre la amenaza de cualquier tormenta tropical inminente a los pronosticadores, a las personas responsables de tomar decisiones y al público en general.



Figura 3.- Imagen MODIS del huracán Katrina antes de su llegada a tierra el 28 de agosto 2005.

Los huracanes y las tormentas tropicales que periódicamente azotan las regiones costeras implican un costo enorme en vidas humanas, bienes y actividad económica, y llegan a costar miles de millones de dólares estadounidenses. A lo largo de la trayectoria de una tormenta, la marejada, las lluvias intensas, los vientos dañinos, los rayos y los tornados provocan daños y pérdidas importantes. La mejor capacidad observación de los satélites de próxima generación GOES-R conducirá a pronósticos más acertados que contribuirán a reducir algunos de estos costos y a evitar la pérdida de vidas.



## Sistema GOES-R

El sistema de satélites GOES-R se basa en una arquitectura integral que asegura a todos los usuarios la disponibilidad coherente y oportuna de las observaciones y los productos. Los instrumentos satelitales, la nave espacial y los sistemas de comunicación de a bordo componen el segmento espacial, cuyo funcionamiento se coordina estrechamente con los sistemas terrestres.

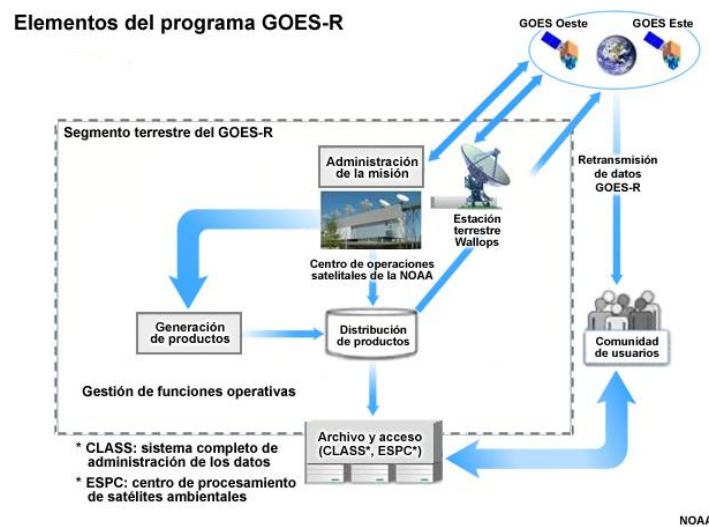


Figura 4.- Diagrama relacional de los elementos del programa GOES-R, incluidos los segmentos espacial y terrestre.

El segmento terrestre del GOES-R mantiene los sistemas de la nave espacial en buen estado de funcionamiento, convierte las observaciones en productos, archiva los datos y asegura el acceso confiable a los productos ambientales.

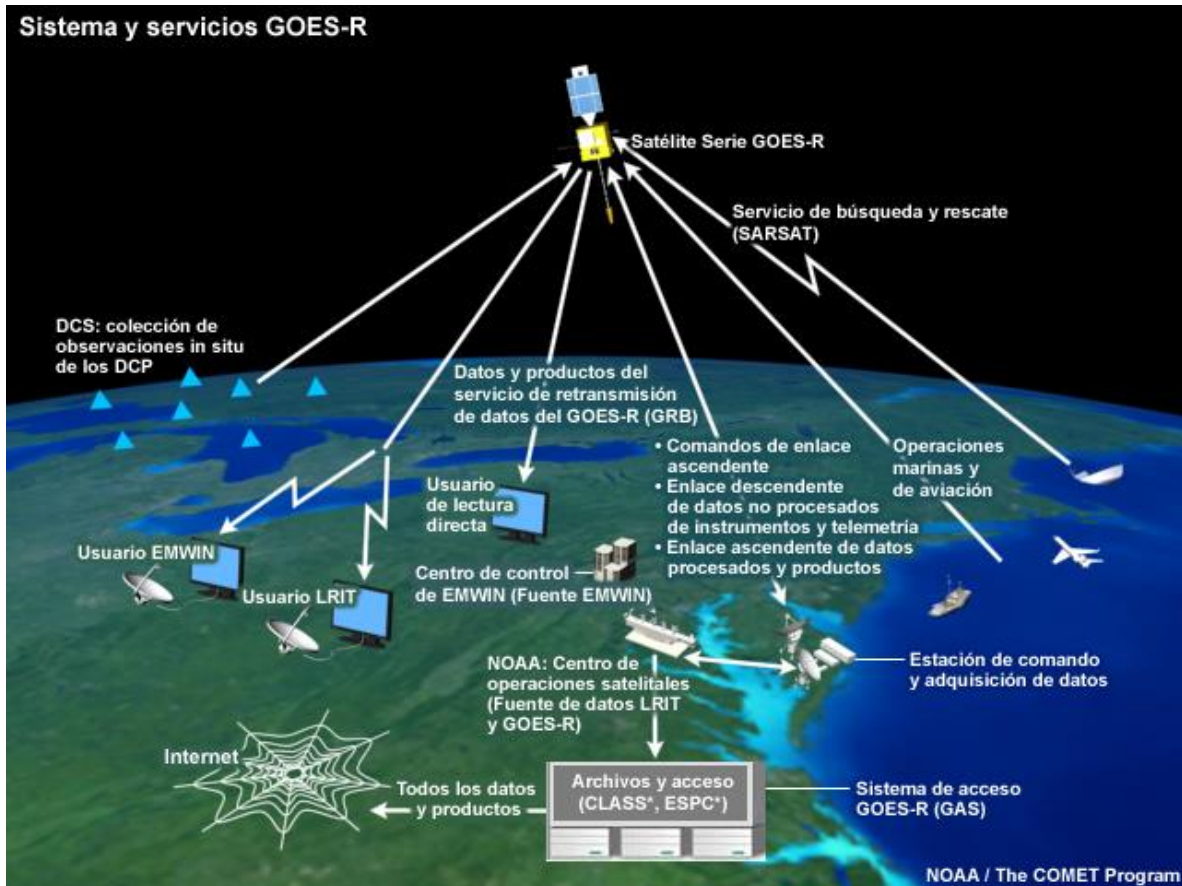


Figura 5.- Diagrama relacional de los servicios del programa GOES-R para recibir, procesar, distribuir y archivar datos y productos.

Los siguientes servicios de nave espacial y terrestres son esenciales para el éxito de la misión del programa GOES-R:

- Retransmisión de los productos GOES-R a los usuarios con sistemas de lectura directa mediante el servicio de retransmisión de datos del GOES (GOES Re-Broadcast, GRB) del GOES-R;
- Disponibilidad del conjunto completo de productos GOES-R (en tiempo real y archivados) a través del sistema de acceso del GOES-R (GOES-R Access System, GAS);
- Diseminación de conjuntos de datos meteorológicos y ambientales, así como de ciertas imágenes de los satélites GOES y en órbita polar, y de otros satélites meteorológicos de los Estados Unidos y otros países, a través del servicio digital de



transmisión de información a baja velocidad (Low Rate Information Transmission, LRIT);

- Difusión de productos especializados a los administradores de emergencias a través de la red de información meteorológica para administradores de emergencias (Emergency Managers Weather Information Network, EMWIN);
- Recolección y reenvío de datos de plataformas ambientales remotas a través del sistema de recolección de datos (Data Collection System, DCS);
- Apoyo a servicios de búsqueda y rescate para localizar navegantes, aviadores y otras personas en peligro a través del servicio de rastreo asistido por satélite para búsqueda y rescate (Search And Rescue Satellite–Aided Tracking, SARSAT);
- Servicios de comunicación diseñados específicamente para la NOAA y otras operaciones marinas y de aviación civiles.

Como ya mencionamos, los satélites GOES y los satélites en órbita polar tienen sus propias ventajas y limitaciones. Los satélites GOES pueden vigilar la rápida evolución de las condiciones meteorológicas, mientras los satélites en órbita polar son más aptos para generar perfiles verticales de la atmósfera, observar los componentes atmosféricos, medir la precipitación, y ver las estructuras terrestres y oceánicas con más detalle.

## **Beneficios**

Los modernos satélites polares y geoestacionarios (GOES) se utilizan juntos para observar la evolución completa de todos los sistemas tropicales, incluidos los huracanes. Los satélites en órbita polar obtienen imágenes detalladas de la estructura de los huracanes, pero solo pueden hacerlo pocas veces al día. Los satélites GOES actuales generan imágenes de una porción más grande del planeta cada 5 a 15 minutos, pero con una resolución espacial más baja.

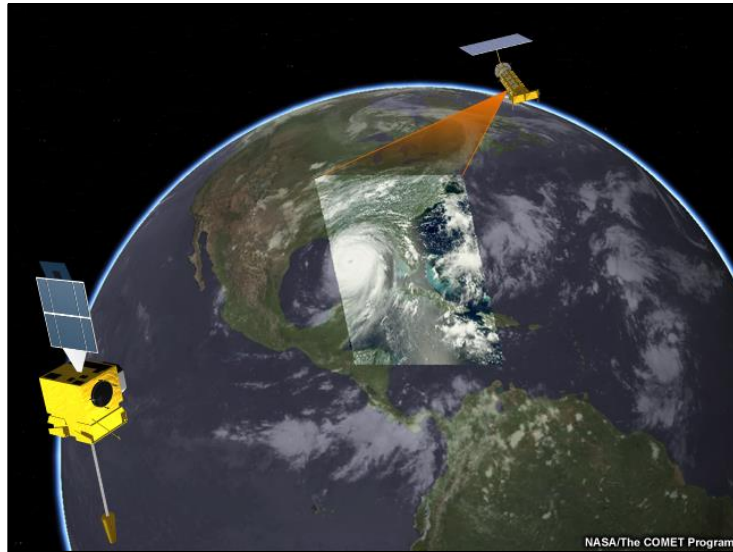


Figura 6.- Sinergia de GOES-R y los satélites polares para observar la Tierra.

El generador avanzado de imágenes de base (Advanced Baseline Imager, ABI) a bordo de los satélites de próxima generación GOES–R producirá barridos más rápidos y detallados que nos permitirán pronosticar mejor la trayectoria de los huracanes, reduciendo la probabilidad de que una tormenta tome desprevenidos a los residentes de una región costera.

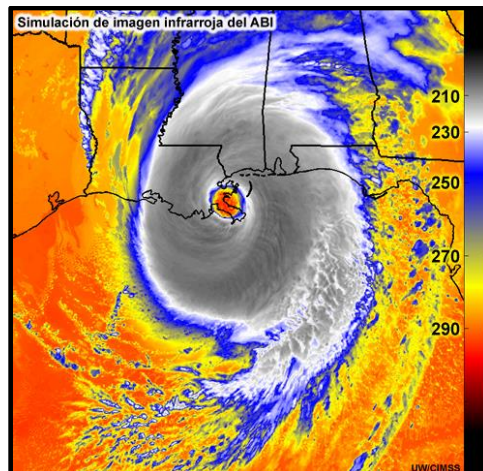


Figura 7.- Simulación de imagen del generador de imágenes de base avanzado (Advanced Baseline Imager, ABI)

La mejora de los pronósticos reducirá el costo de las evacuaciones innecesarias y los preparativos superfluos de los inmuebles en los litorales que no se verán afectados por el paso de la tormenta. Un mejor pronóstico también reducirá el riesgo para las plataformas petroleras y las operaciones de transporte marítimo, de pesca y de navegación deportiva.



Figura 8.- Embotellamiento en la carretera interestatal I-45 durante la evacuación provocada por el huracán Rita en Texas.

## Mejoras

El ABI y el sensor de rayos geostacionario (Geostationary Lightning Mapper, GLM) son los elementos clave de la mejor capacidad de observación de los satélites de la serie GOES-R. La mayor cobertura espectral del ABI se sumará a su mayor resolución espacial y temporal para producir conjuntos de imágenes y productos derivados más amplios que:

- mejorarán nuestra capacidad de determinar la posición del centro de las tormentas y sus movimientos;

- brindarán mediciones más exactas de la temperatura de la superficie del mar, permitiendo mejores evaluaciones de la energía disponible para la evolución de los ciclones tropicales;
- mejorarán los análisis del viento que se introducen en los modelos numéricos; y
- tendrán capacidades superiores para detectar tanto el vapor de agua como del polvo y la arena, de modo que se podrán identificar más fácilmente las entradas de aire seco que impiden el desarrollo de los huracanes.

	Generador de imágenes actual del GOES	Generador de imágenes futuro del GOES-R (ABI)	Observaciones
<b>Cobertura espectral</b>	5 bandas • 1 en el visible  • 0 en el IR cercano  • 4 en el IR	16 bandas • 2 en el visible  • 4 en el IR cercano  • 10 en el IR	ABI: cobertura espectral 3.2 veces mayor  • Nubes y aerosoles de día, vientos derivados del movimiento de las nubes, cubierta de nieve y hielo, vegetación, zonas quemadas, otras estructuras de superficie durante el día  • Cirros durante el día, fase y tamaño de las partículas de las nubes, nubes bajas y niebla, aerosoles, vegetación, cubierta de nieve y hielo, otras propiedades del suelo  • Superficie y nubes, niebla por la noche, vientos, lluvia, incendios, polvo, cenizas, vapor de agua, altura y cantidad de nubes, ozono, SO <sub>2</sub> , temperatura de la superficie del mar (TSM)
<b>Resolución espacial</b> • 0.64 µm (visible) • Otros canales VIS/IR cercano • IR (>2 µm)	~1 km No disponible ~4 a 8 km	0.5 km 1 km 2 km	ABI: resolución espacial 4 veces mayor  Resolución en el punto subsatélite encima del ecuador
<b>Cobertura</b> • Disco terrestre completo • 48 estados contiguos de EE.UU. • Mesoescala (~1000 x 1000 km)	Cada 3 horas ~15 minutos No disponible	Cada 15 minutos Cada 5 minutos Cada 30 segundos	ABI: velocidad de barrido 5 veces mayor  Cobertura simultánea en los distintos modos de barrido

©The COMET Program

Figura 9.- Tabla comparativa sobre el GOES

A continuación, se hará una descripción de cada uno de los canales que maneja el GOES-16, es decir, que se puede visualizar en cada uno de ellos, espectro de observación, resolución, disponibilidad, así como su principal aplicación.

### **Canal 1 Visible “Azul”**

El canal 1 considera mediciones de radiación en torno a los 0,47  $\mu\text{m}$ . Dicha radiación comprende una pequeña fracción del espectro de luz visible (al ojo humano) y se acerca bastante al color azul. De ahí se deriva el nombre dado a este canal. Básicamente, el canal 1 representa radiación solar reflejada tanto por la atmósfera como por la superficie terrestre.

¿Qué se puede ver?

- Se pueden identificar principalmente las nubes y algunas características de la superficie, pero a causa de que el albedo en el color azul (fracción de energía reflejada) para distintas superficies es similar (océano, bosques, tierra seca), no es fácil distinguirlas entre sí.
- Los aerosoles y partículas finas en suspensión se podrían apreciar como zonas un poco más claras y difusas en comparación con la superficie subyacente, siempre y cuando, estos se presenten en altas concentraciones, como, por ejemplo: contaminación atmosférica, polvo, cenizas y humo.

Tabla resumen

Longitud de onda	Resolución	Disponibilidad	Principal aplicación
0.47 $\mu\text{m}$	1km	Período diurno	Detección de aerosoles

### Canal 2 Visible “Rojo”

El canal 2 considera mediciones de radiación en torno a los 0.64  $\mu\text{m}$ . Dicha radiación comprende una pequeña fracción del espectro de luz visible (al ojo humano) y se acerca bastante al color rojo. De ahí se deriva el nombre a este canal. Básicamente, el canal 2 representa radiación solar reflejada tanto por la atmósfera como por la superficie terrestre.

¿Qué se puede ver?

- Básicamente, el canal 2 fue diseñado para estudiar las nubes, pues en las imágenes se puede apreciar claramente la textura y las características de las nubes. Estas se pueden clasificar en cirriformes (nubes altas y fibrosas), estratiformes (nubes en capas y lisas) o cumuliformes (nubes que parecen una coliflor y adquieren desarrollo vertical).
- Además, las imágenes en el “visible rojo” son útiles para estudiar la superficie bajo cielos despejados. Es así como el agua parece opaca debido a su bajo albedo y terrenos secos, como los desiertos, se observan más claros.

Tabla resumen

Longitud de onda	Resolución	Disponibilidad	Principal aplicación
0.64 $\mu\text{m}$	1 km	Período diurno	Estudio de las nubes

### Canal 3 “Vegetación” en el IR cercano

El canal 3 considera mediciones de radiación en torno a los 0.86  $\mu\text{m}$ . Comprende radiación solar en el infrarrojo cercano (no visible al ojo humano). La radiación en esta longitud de onda tiende a ser reflejada por la vegetación saludable, ya que la clorofila absorbe mayormente en el espectro visible, mientras que en el infrarrojo cercano es reflejada. De ahí se deriva el nombre dado a este canal, ya que la vegetación puede ser estudiada.



¿Qué se puede ver?

- Se pueden identificar las características de la superficie a causa de que el albedo en el canal 3 (fracción de energía reflejada) es marcadamente distinto para diferentes terrenos. Así, por ejemplo, se puede discriminar entre cuerpos de agua y tierra en base al brillo de la imagen o identificar la línea de costa.
- Las imágenes en el canal 3 son útiles para estudiar la vegetación y características de la superficie, ya que el albedo de la vegetación sana y verde es considerablemente alto (en esta longitud de onda).
- La nubosidad se observa brillante tal cual se puede ver en los canales visibles.

Longitud de onda	Resolución	Disponibilidad	Principal aplicación
0.86 $\mu$ m	1km	Período diurno	Vegetación

#### Canal 4 “Cirrus” en el IR cercano

El canal 4 considera mediciones de radiación en torno a los 1,37  $\mu$ m. Comprende radiación solar en el infrarrojo cercano (no visible al ojo). La radiación en esta longitud de onda tiende a ser absorbida por el vapor de agua en la atmósfera, lo cual permite que se distingan las nubes altas y convectivas (de gran desarrollo vertical). A este canal se le denomina la banda de los “cirrus”, a causa de que se pueden identificar las nubes cirrus presentes en la tropósfera alta.

¿Qué se puede ver?

- Se pueden identificar las nubes altas, de tipo cirriforme, que están formadas por cristales de hielo. Los cirrus delgados se aprecian más tenues mientras que las nubes convectivas se aprecian más brillantes.
- Las nubes altas pueden ser el resultado del desarrollo de tormentas eléctricas o pueden estar asociadas a corrientes en chorro.

- Eventualmente, las características de la superficie y las nubes bajas se podrían observar de manera muy opaca, cuando las concentraciones de vapor de agua son bajas en los niveles altos y medios de la tropósfera.

Tabla resumen

Longitud de onda	Resolución	Disponibilidad	Principal aplicación
1.37 $\mu$ m	2km	Período diurno	Cirrus

### Canal 5 “Nieve/hielo” en el IR cercano

El canal 5 considera mediciones de radiación en torno a los 1.6 $\mu$ m. Comprende radiación solar en el infrarrojo cercano (no visible al ojo). La radiación en esta longitud de onda es reflejada tanto por la superficie como por las nubes, y no sufre una absorción significativa por parte de la atmósfera.

A este canal se le denomina “nieve/hielo”, a causa de que el albedo de la nieve, los cristales de hielo y las gotitas de agua es marcadamente distinto, y por lo tanto se pueden diferenciar.

¿Qué se puede ver?

- Se puede apreciar la nieve con un tono oscuro (a causa de que la nieve refleja muy poca radiación)
- Se puede identificar el suelo húmedo en contraste con el suelo seco, ya que el suelo húmedo debiera aparecer un poco más oscuro (el agua refleja muy poco)
- Se pueden diferenciar las nubes bajas cuyos topos (formados por gotitas de agua) se ven más blancos con respecto a las nubes altas, cuyos topos (formados por cristales de hielo) se aprecian más opacos
- Los cuerpos de agua se aprecian muy opacos

Tabla resumen

Longitud de onda	Resolución	Disponibilidad	Principal aplicación
1.6 $\mu$ m	1 km	Período diurno	Discriminación nieve/nubes

### Canal 6 “Tamaño de las partículas de las nubes”

El canal 6 considera mediciones de radiación en torno a los 2.2 $\mu$ m. Comprende radiación solar en el infrarrojo cercano (no visible al ojo). La radiación en esta longitud de onda es reflejada tanto por la superficie como por las nubes, y no sufre una absorción significativa por parte de la atmósfera.

A esta banda se le denomina “tamaño de las partículas de las nubes”, a causa de que el albedo de los toques nubosos, es dependiente del tamaño de las partículas de la nube.

¿Qué se puede ver?

- Se pueden diferenciar las nubes de acuerdo al tamaño de las partículas que tienen. En términos generales, los cristales de hielo tienden a ser más grandes que las gotitas de agua en las nubes, por esta razón, es que las nubes altas y el tipo de los cumulonimbos se pueden apreciar con tonos ligeramente más opacos que las nubes bajas.
- En estas imágenes se pueden identificar las nubes sobre el océano, ya que el albedo del océano (y los cuerpos de agua) es reducido en comparación con el albedo de las nubes.

Tabla resumen

Longitud de onda	Resolución	Disponibilidad	Principal aplicación
2.2 $\mu$ m	2km	Período diurno	Tamaño de partículas de las nubes

### Canal 7 Infrarrojo de “onda corta”

El canal 7 considera mediciones de radiación en torno a los  $3.9\mu\text{m}$ . Comprende tanto radiación solar reflejada (período diurno) como radiación emitida por el planeta Tierra (todo el día). La radiación que se mide en este canal pertenece al infrarrojo de onda corta, de ahí deriva el nombre asignado a la banda.

Este canal está ubicado en una región considerada como ventana atmosférica, lo que quiere decir, que casi toda la energía emitida por la Tierra logra salir al espacio.

¿Qué se puede ver?

- Considerando la imagen en el periodo diurno, se pueden identificar las nubes altas o convectivas de color blanco (o coloreadas según la escala de temperatura de los toques nubosos), a causa de que su temperatura es baja y la emisión de energía también.
- Las nubes bajas se aprecian más opacas que el océano, ya que las nubes reflejan la radiación solar y además emiten energía a temperaturas no demasiado bajas. De acuerdo a esto, se hace difícil diferenciar las nubes bajas de los continentes.

Tabla resumen

Longitud de onda	Resolución	Disponibilidad	Principal aplicación
$3.9\mu\text{m}$	2km	Todo el día	Nubes, niebla y puntos de fuego

### Canal 8 Vapor de agua “Niveles altos”

El canal 8 considera mediciones de radiación en torno a los  $6,2\mu\text{m}$ . Comprende radiación infrarroja de onda media la cual es emitida por la Tierra y por su atmósfera.

La radiación emitida por la superficie y los niveles bajos de la tropósfera no llega intacta al satélite, ya que experimenta una fuerte absorción por parte del vapor de agua. Este efecto es tan intenso, que solo la radiación emitida en los niveles medios-altos de la tropósfera alcanza a escapar al espacio.

¿Qué se puede ver?

- Con esta imagen se pueden identificar sectores secos y húmedos en la tropósfera alta. Los sectores secos pueden estar relacionados a subsidencia generalizada o intrusión de aire seco estratosférico hacia la tropósfera
- Se pueden identificar las nubes altas y convectivas. No obstante, debido a la naturaleza de la imagen de vapor de agua, se puede dar que, en sectores muy húmedos, la nubosidad no se vea muy definida (exceptuando los cumulonimbos).
- Se pueden identificar sistemas meteorológicos en altura y perturbaciones en altura, tales como turbulencia.

Tabla resumen

Longitud de onda	Resolución	Disponibilidad	Principal aplicación
6.2 $\mu$ m	2km	Todo el día	Vapor de agua en niveles altos

### **Canal 9 Vapor de agua “Niveles medios”**

El canal 9 considera mediciones de radiación en torno a los 6,9  $\mu$ m. Comprende radiación infrarroja de onda media la cual es emitida por la Tierra y por su atmósfera. La radiación emitida por la superficie y los niveles bajos de la tropósfera no llega intacta al satélite, ya que experimenta una fuerte absorción por parte del vapor de agua. Este efecto es tal, que solo la radiación emitida en los niveles medios-altos de la tropósfera alcanza a escapar al espacio.

¿Qué se puede ver?

- Con esta imagen se pueden identificar sectores secos y húmedos en la tropósfera alta y media.

- Se pueden identificar las nubes altas, medias y convectivas. Las nubes se podrían ver más definidas en comparación con el canal 8, ya que la absorción y emisión por parte del vapor de agua tiene un mayor peso (abundancia) en las capas medias de la atmósfera.
- Con la suficiente aptitud, se pueden identificar sistemas meteorológicos, perturbaciones de la atmósfera media, turbulencia y efectos de la topografía.

Tabla resumen

Longitud de onda	Resolución	Disponibilidad	Principal Aplicación
6.9 $\mu$ m	2km	Todo el día	Vapor de agua en niveles medios

### Canal 10 Vapor de agua “Niveles bajos”

El canal 10 considera mediciones de radiación en torno a los 7,3  $\mu$ m. Comprende radiación infrarroja de onda media la cual es emitida por la Tierra y por su atmósfera. La radiación emitida por la superficie y los niveles bajos de la tropósfera no llega intacta al satélite, ya que experimenta una fuerte absorción por parte del vapor de agua. No obstante, en el canal 10 la absorción se produce principalmente en los niveles bajos de la tropósfera, lo que en cierta manera permite observar características de la tropósfera baja.

¿Qué se puede ver?

- Con esta imagen se pueden identificar sectores secos y húmedos en la tropósfera media y baja, como por ejemplo efectos topográficos en los niveles bajos y masas de aire húmedo confinadas a las capas bajas.
- Se pueden identificar las nubes medias y altas, las cuales aparecen con buena definición de sus bordes. Se pueden apreciar los toques de las nubes bajas en presencia de una tropósfera mayormente seca en los niveles medios y bajos.



- Se puede apreciar la superficie terrestre en lugares altos, como montañas y altiplanos, observándose el ciclo diurno de calentamiento y enfriamiento.

Tabla resumen

Longitud de onda	Resolución	Disponibilidad	Principal Aplicación
7.3 $\mu$ m	2km	Todo el día	Vapor de agua en niveles bajos

### Canal 11 IR “Fase de las topes nubosas”

El canal 11 considera mediciones de radiación en torno a los 8,4  $\mu$ m, la que es considerada como radiación de onda larga, la cual es emitida por el planeta Tierra.

La radiación en el canal 11 es levemente absorbida por el vapor de agua ya que está ubicado en el borde de la ventana atmosférica. Además, la radiación es emitida en distintos grados dependiendo de la fase de las nubes, de ahí se deriva el nombre de este canal.

¿Qué se puede ver?

- Si bien las imágenes en este canal lucen como cualquier otra imagen en el espectro IR, su interpretación no es trivial. A este canal también se le llama el canal de los productos, a causa de que su mayor utilidad es brindar información a través de la combinación con otros canales.
- Básicamente, a pesar de lo expresado anteriormente, se pueden identificar las nubes medias y altas. De noche, las nubes bajas no son identificables, ya que adquieren temperaturas de brillo similares a las del océano adyacente o incluso, de la superficie.

Tabla resumen

Longitud de onda	Resolución	Disponibilidad	Principal Aplicación
8.4 $\mu$ m	2km	Todo el día	Fase de los topes nubosos, SO <sub>2</sub>

### Canal 12 IR “Ozono”

El canal 12 considera mediciones de radiación en torno a los 9,6  $\mu\text{m}$ , la que es considerada como radiación de onda larga, la cual es emitida por el planeta Tierra. Parte de la radiación en este canal es absorbida por el ozono ( $\text{O}_3$ ) presente en la atmósfera (90% en la estratósfera), de ahí se deriva el nombre dado a este canal. Además, el canal tiene una leve sensibilidad al vapor de agua.

¿Qué se puede ver?

- En general la imagen se ve más fría en comparación con las otras imágenes en el IR, a causa de la absorción ejercida tanto por el ozono, como el vapor de agua. Como consecuencia, la temperatura de brillo va disminuyendo hacia las latitudes altas a causa de que hay una mayor concentración de ozono en la estratósfera polar y de un efecto geométrico (la radiación tiene que pasar una mayor cantidad de atmosfera a causa del ángulo de visión).
- Se pueden identificar las nubes medias y altas, pero con algo de dificultad a causa de la progresiva disminución de la temperatura hacia el polo.

Tabla resumen

Longitud de onda	Resolución	Disponibilidad	Principal Aplicación
9.6 $\mu\text{m}$	2km	Todo el día	Ozono en toda la columna

### Canal 13 IR de “Onda larga limpio”

El canal 13 considera mediciones de radiación en torno a los 10,3  $\mu\text{m}$ , la que es considerada como radiación de onda larga, la cual es emitida por el planeta Tierra. En esta longitud de onda la atmósfera es transparente a la radiación, es decir, que una gran parte de ella logra escapar hacia el espacio exterior sin ser absorbida por los gases de la atmósfera. De ahí se deriva el nombre “IR limpio”.

¿Qué se puede ver?

- Considerando las imágenes satelitales en el canal 13, se puede asumir que la temperatura observada se asemeja bastante a la temperatura real de los cuerpos, es decir, de la superficie, del océano, y los topos nubosos.
- Se pueden identificar las nubes medias y altas (gruesas) con bajas temperaturas de los topos nubosos. Las nubes bajas se pueden apreciar mucho mejor de día sobre los continentes, a causa del contraste térmico generado.
- Se pueden determinar sistemas meteorológicos y determinar patrones nubosos.

Tabla resumen

Longitud de onda	Resolución	Disponibilidad	Principal aplicación
10.3 $\mu$ m	2km	Todo el día	Identificación de nubes

### Canal 14 IR de “Onda larga”

El canal 14 considera mediciones de radiación en torno a los 11,2  $\mu$ m, la que es considerada como radiación de onda larga, la cual es emitida por el planeta Tierra.

En esta longitud de onda la atmósfera es casi transparente a la radiación, ya que una pequeñísima fracción de energía es absorbida por el vapor de agua cuando atraviesa la atmósfera escapando hacia el espacio exterior.

¿Qué se puede ver?

- Considerando las imágenes satelitales en el canal 14, se puede asumir que la temperatura observada se asemeja a la temperatura real de los cuerpos, es decir, de la superficie, del océano, y los topos nubosos (muy similar al canal 13)
- Se pueden identificar las nubes medias y altas (gruesas) con bajas temperaturas de los topos nubosos. Las nubes bajas se pueden apreciar mucho mejor de día sobre los continentes, a causa del contraste térmico generado.

- Se pueden determinar sistemas meteorológicos y determinar patrones nubosos.

Tabla resumen

Longitud de onda	Resolución	Disponibilidad	Principal aplicación
11.2 $\mu$ m	2km	Todo el día	Identificación de nubes

### Canal 15 IR de “Onda larga sucio”

El canal 15 considera mediciones de radiación en torno a los 12,3  $\mu$ m, la que es considerada como radiación de onda larga, la cual es emitida por el planeta Tierra.

En esta longitud de onda, una pequeña parte de la radiación es absorbida por el vapor de agua cuando atraviesa la atmósfera escapando hacia el espacio exterior, lo que hace que este canal sea denominado el canal en el IR “sucio”.

¿Qué se puede ver?

- En general las imágenes en el canal 15 se ven más frías en comparación con los canales 13 y 14, ya que el vapor de agua absorbe parte de la radiación terrestre saliente especialmente en los niveles bajos.
- Se pueden identificar nubes altas y medias, las cuales se aprecian con toques nubosos fríos.
- La nubosidad baja es difícil de identificar (especialmente en el océano), ya que la temperatura de emisión del océano y las nubes bajas no es tan diferente. A eso se le debe sumar la absorción por parte del vapor de agua en niveles bajos.

Tabla resumen

Longitud de onda	Resolución	Disponibilidad	Principal Aplicación
12.3 $\mu$ m	2km	Todo el día	Nubes

### Canal 16 IR de onda larga “CO2”

El canal 16 considera mediciones de radiación en torno a los 13,3  $\mu\text{m}$ , la que es considerada como radiación de onda larga, la cual es emitida por el planeta Tierra.

En esta longitud de onda, una considerable parte de la radiación es absorbida por dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a medida que la radiación terrestre atraviesa la atmósfera hacia el espacio exterior, lo que hace que este canal sea denominado como el canal del CO<sub>2</sub>.

¿Qué se puede ver?

- Las imágenes en el canal 16 se ven por lo general más frías en comparación con el canal 13. Esto sucede gracias a la absorción de la radiación por parte del dióxido de carbono, la que es bastante intensa especialmente en los niveles bajos de la tropósfera.
- Las características de superficie son casi imposibles de distinguir, a menos que se considere analizar un área montañosa o altiplano.
- Las nubes altas y medias son identificables, mientras que las nubes bajas quedan veladas por el fondo brillante de la imagen.

Tabla resumen

Longitud de onda	Resolución	Disponibilidad	Principal Aplicación
13.3 $\mu\text{m}$	2km	Todo el día	Temperatura del aire, nubes

## Resultados

### **Entregable 1 “Animaciones operativas de imágenes de los canales IR, Visible y Vapor de agua disponibles en la página de galileo.imta.mx”**

1.- Dentro del servidor Mixtli se encuentra el fichero **ejecuta\_mexico\_ext.sh** el cual es ejecutado cada hora para descargar imágenes satelitales dentro del directorio **"/storage/array1/goes16/imágenes/data"**

```
bio ejecuta_IR_c14_ext.sh ejecuta_mexico_ext.sh test.sh
-bash-4.1$ cat ejecuta_mexico_ext.sh
#!/bin/bash
DIR="/storage/array1/goes16/imagenes"
DIR_WEB="/var/www/html/galileo2/Satelite/IMTA"
file="tiempos.txt"
```

2.- Las imágenes descargadas están dentro de un subdirectorio, su nombre está formado por la fecha con el siguiente formato: “año mes día -- 20180401” como se muestra en la imagen.

```
-bash-4.1$ ls /storage/array1/goes16/imagenes/data/
20180401 20180412 20180423 20180504 20180515 20180526 20180606 20180617
20180402 20180413 20180424 20180505 20180516 20180527 20180607 20180618
20180403 20180414 20180425 20180506 20180517 20180528 20180608 20180619
20180404 20180415 20180426 20180507 20180518 20180529 20180609 20180620
20180405 20180416 20180427 20180508 20180519 20180530 20180610 20180621
20180406 20180417 20180428 20180509 20180520 20180531 20180611 20180622
20180407 20180418 20180429 20180510 20180521 20180601 20180612 20180623
20180408 20180419 20180430 20180511 20180522 20180602 20180613 20180624
20180409 20180420 20180501 20180512 20180523 20180603 20180614 20180625
```

3.- Una vez que se descargan las imágenes dentro del subdirectorio están con la extensión **“PNG”** y a su vez se convierten en **“GIF”**, para ser animadas en una sola.



```
-bash-4.1$ ls /storage/array1/goes16/imagenes/data/20181127/
2018.1127.0015.goes-16.c14_2km.jpg          2018.1127.0500.goes-16.rgb_ch14_ext.png
2018.1127.0015.goes-16.c14_2km.jpg.gif     2018.1127.0500.goes-16.rgb_ch14_original.png
2018.1127.0015.goes-16.rgb_ch14_ext.png    2018.1127.0515.goes-16.c14_2km.jpg
2018.1127.0015.goes-16.rgb_ch14_original.png 2018.1127.0515.goes-16.c14_2km.jpg.gif
2018.1127.0030.goes-16.c14_2km.jpg        2018.1127.0515.goes-16.rgb_ch14_ext.png
2018.1127.0030.goes-16.c14_2km.jpg.gif     2018.1127.0515.goes-16.rgb_ch14_original.png
```

4.- De acuerdo al número de imágenes descargadas, se generan un solo fichero gif animado.

```
cadena=""

while IFS="," read -r f1
do
  convert $f1 -channel Alpha $f1.gif
  filegif=$f1.gif
  cadena=$cadena" "$filegif
done < "${DIR}/giftmp_ext_local.txt"

gifsicle --delay=15 --loop $cadena > $data/G16_MEXICO_local_ani_ext_all.gif
```

5.- Por último se copia el gif animado al servidor remoto Galileo, para mostrar la imagen en el sitio web.

```
scp $data/*.png adminweb@172.16.2.38:$DIR_WEB/$fecha_1
scp $data/G16_MEXICO_local_ani_ext.gif adminweb@172.16.2.38:$DIR_WEB/$fecha_1
scp $data/G16_MEXICO_local_ani_ext_all.gif adminweb@172.16.2.38:$DIR_WEB/$fecha_1
exit
-bash-4.1$ █
```

6.- Muestra de la imagen final animada dentro del portal de Galileo

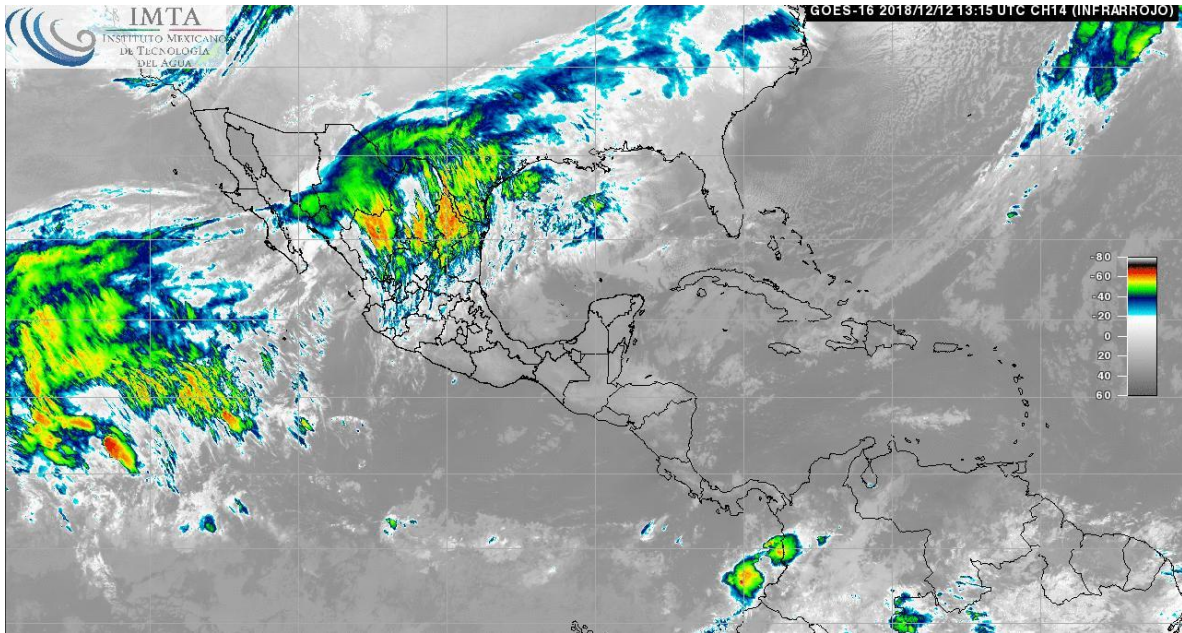


Figura 10.- Imagen IR del GOES-16, tomada desde el portal de galileo.imta.mx

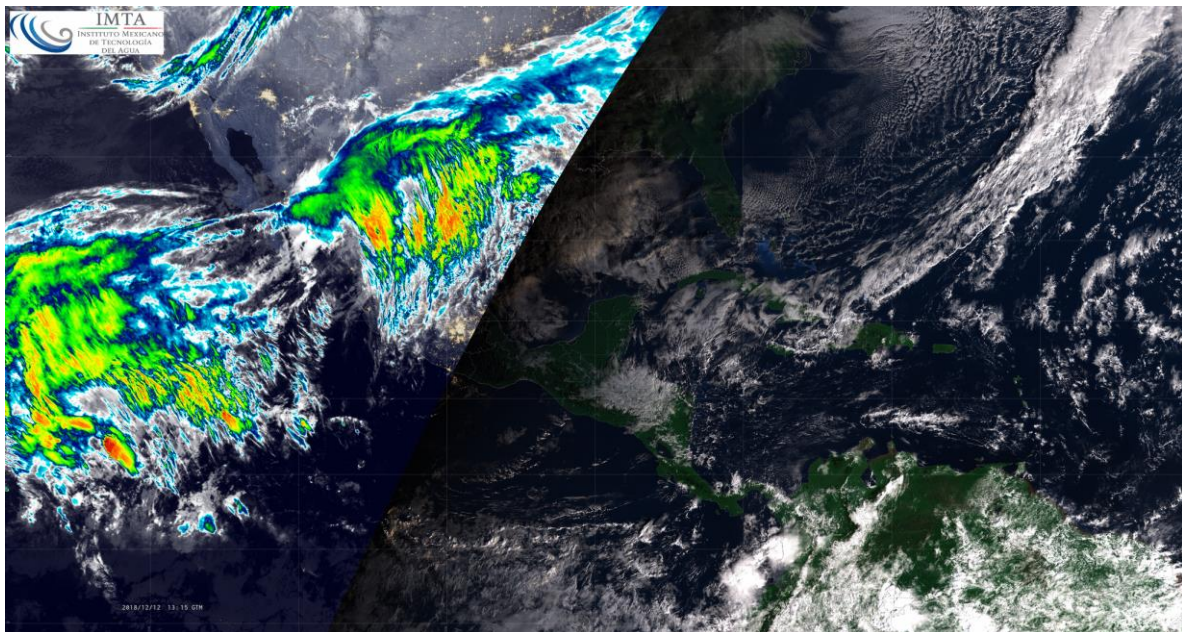


Figura 11.- Imagen IR del GOES-16, tomada desde el portal de galileo.imta.mx

## **Entregable 2 “Sistematización de información para intercomparación de lluvia estimada por el satélite y observaciones en superficie”**

El algoritmo ABI Rainfall Rate Quantitative Precipitation Estimation (RRQPE) genera la tasa de precipitación partir de las temperaturas de los brillos ABI IR, y se calibra en tiempo real contra las tasas de lluvia derivadas de microondas para mejorar su precisión. El algoritmo genera estimaciones de la tasa de precipitación instantánea en cada pixel ABI IR. Se pretende que la información proporcionada por la variable RRQPE sea utilizada por los pronosticadores e hidrólogos en el pronóstico de avenidas e inundaciones. Una gran cantidad de restos fenómenos están relacionadas con algún tipo de tiempo meteorológico convectivo.

### Precipitación observada

Los registros de precipitación observada provienen de la información disponible de la red de Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) que administra la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), las cuales se encuentran distribuidas a lo largo de la República Mexicana. Una EMA es un conjunto de dispositivos eléctricos y mecánicos que realizan de manera automática mediciones de las variables meteorológicas (incluida precipitación) y transmiten la información desde los sitios donde se encuentra emplazadas. El área que se considera como representativa de las estaciones varía en función de las características de la región donde se encuentran ubicadas.

### COMPARATIVO ENTRE LOS DATOS OBSERVADOS Y EL ALGORITMO RRQPE

#### Caso de estudio 1: 21 al 24 de septiembre de 2017

Durante este periodo de tiempo se presentaron los efectos asociados a sistemas de baja presión en el interior del territorio mexicano, vinculados a zonas de vaguada a lo largo de la mesa centro-norte del país, así como en el sureste mexicano. Dichos sistemas interactuaron con flujos de humedad en niveles medios y bajos derivados de la evolución de la tormenta tropical Pilar en el Pacífico Noreste, lo que favoreció el desarrollo de sistemas convectivos y tormentas.



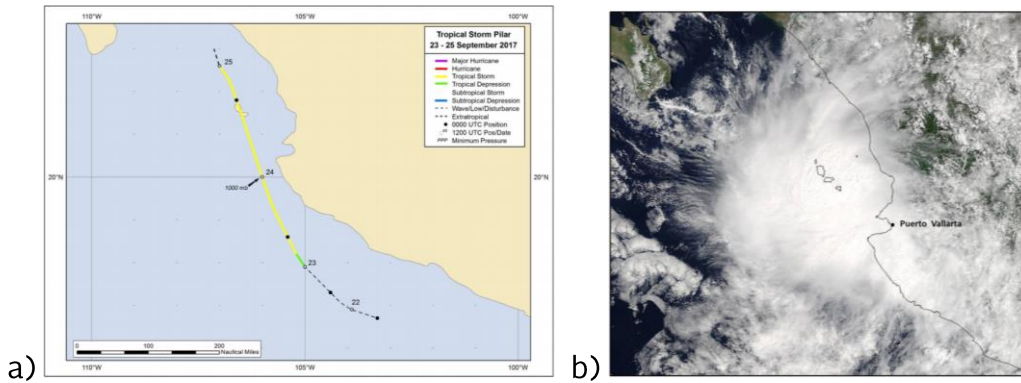


Figura 12 – a) Trayectoria del ciclón tropical Pilar (2017) desde su formación hasta su degradación; b) Imagen de satélite compuesta donde se observa la nubosidad asociada al ciclón tropical Pilar.

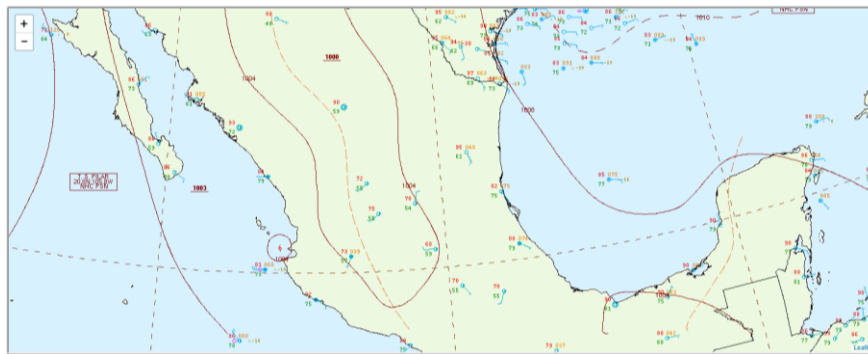


Figura 13 - Carta sinóptica de superficie, fecha: 24Sep2017 21Z

En la figura 14 se muestra la lámina de precipitación acumulada en 24 horas registrada por las EMAS para los días mencionados. En los gráficos se muestra la ocurrencia de lluvias importantes sobre la porción centro, sur y suroeste de la República Mexicana, con máximos superiores a los 100 mm sobre Guerrero, Jalisco y Colima.

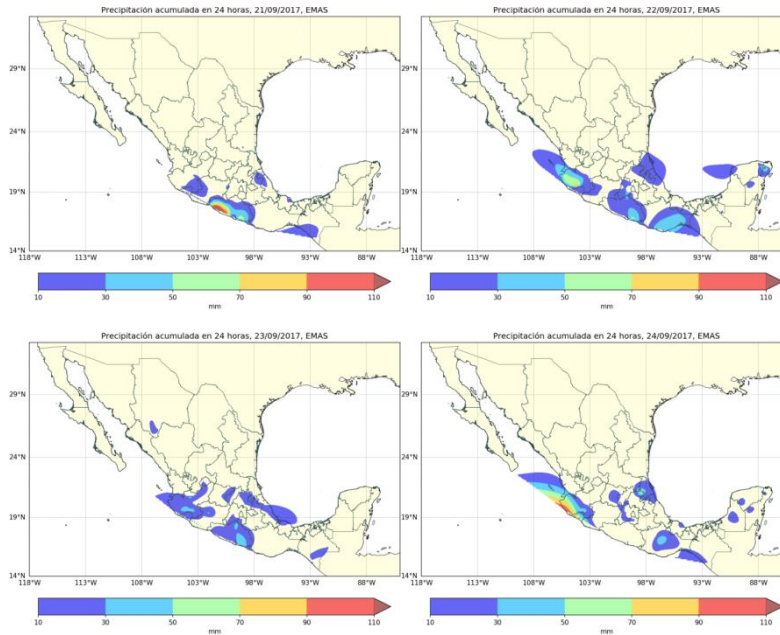
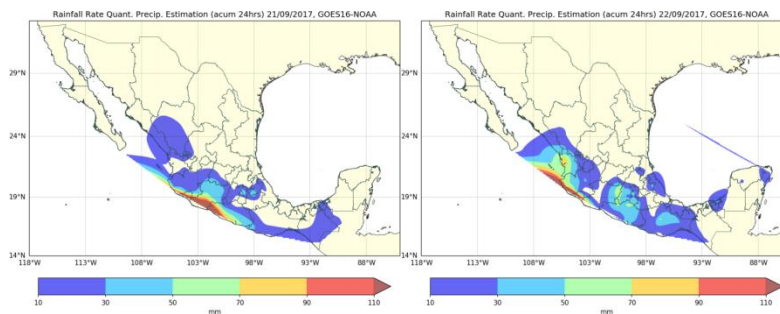


Figura 14 – Lámina de precipitación en 24 horas registradas por las EMAS (caso de estudio 1).

Por su parte el análisis de la Variable RRQPE (figura 15) muestra una distribución consistente de la precipitación con respecto a la registrada por la red de EMAS, con núcleos de mayor precipitación (superior a los 100 mm) sobre los estados de Guerrero, Michoacán, Colima y Jalisco, aunque también se puede observar que valores significativos de precipitación cubren un área mayor con respecto a lo observado por las EMAS.



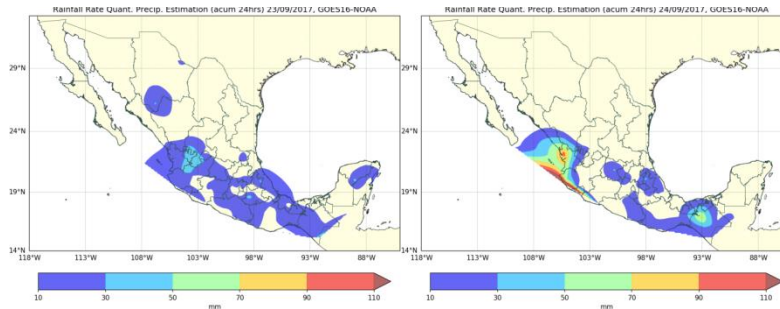


Figura 15 – Precipitación acumulada en 24 horas derivados de la variable RRQPE (caso de estudio 1).

Para obtener una comparación cuantitativa se realizó la diferencia entre las observaciones registradas por las EMAS menos los valores generados por el algoritmo RRQPE (figura 16). En color blanco se observan superficies donde la diferencia entre los datos observados y los valores de RRQPE no superan los  $\pm 10$  mm, es decir donde se observa una mayor coincidencia en magnitudes, situación que aplicó para la mayor parte del área analizada en este caso de estudio. Los tonos azules representan zonas donde la variable RRQPE sobrestimó lo registrado por las observaciones, lo cual corresponde en este caso a las zonas donde se presentó la mayor cantidad de precipitación. Finalmente, en tonos rojos se muestra el área donde los valores de RRQPE subestimaron los registros de las EMAS, lo cual para este caso corresponde a zonas dispersas sobre los estados de Jalisco, Oaxaca y Veracruz principalmente. En conclusión, para este caso de estudio se pudo observar que la variable RRQPE reprodujo de una manera consistente la distribución de la precipitación sobre territorio mexicano, sin embargo, sobrestimó los eventos de precipitación más representativos del periodo en valores superiores a 40 mm, respecto a los registros observados.



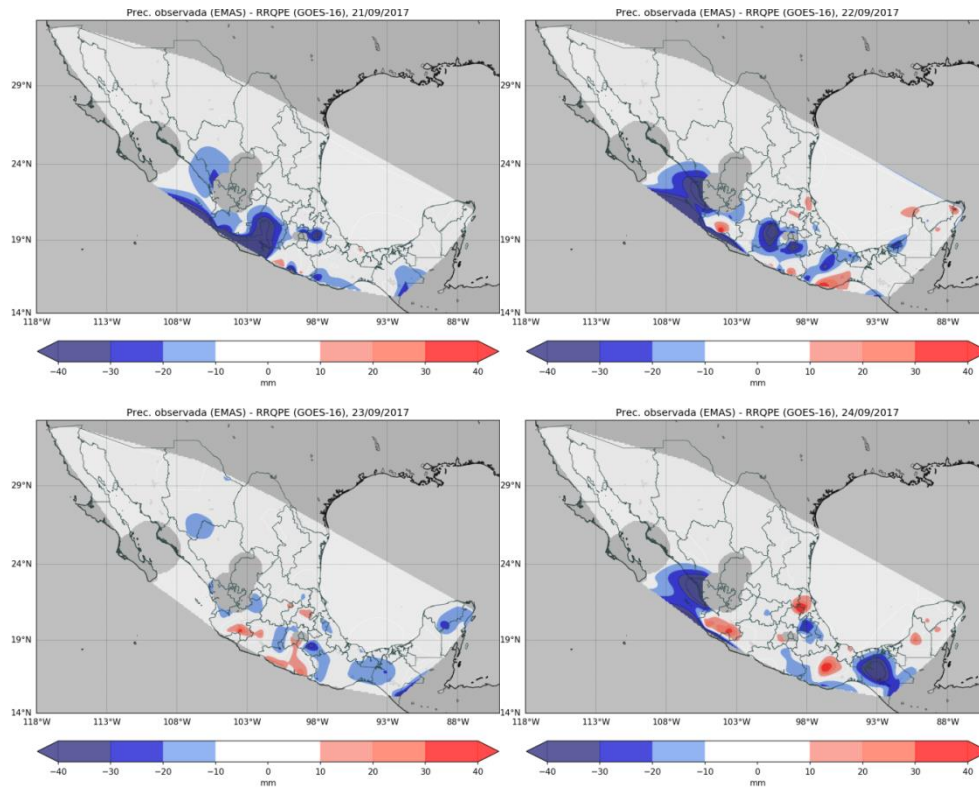


Figura 16 – Diferencia entre las observaciones registradas por las EMAS y los valores generados por el algoritmo RRQPE (caso de estudio 1).

### Caso de estudio 2: 27 al 30 de septiembre de 2017

Para el periodo correspondiente a este caso de estudio se presentaban los efectos de un sistema frontal al noroeste del Golfo de México interactuando con una vaguada en superficie que se extendía desde el centro hasta el sur del mismo Golfo, lo que en conjunto con el paso de una onda tropical sobre el sureste del territorio nacional favoreció un aporte significativo de humedad en niveles medios y bajos, impulsando la actividad de sistemas nubosos con alto desarrollo convectivo así como la generación de tormentas sobre las regiones mencionadas. En este caso, a diferencia del primero, se presenta una interacción entre un sistema de latitudes medias con un sistema de latitudes tropicales observando la presencia de múltiples núcleos convectivos y líneas de tormentas que se extienden desde las regiones oceánicas hasta territorio continental.

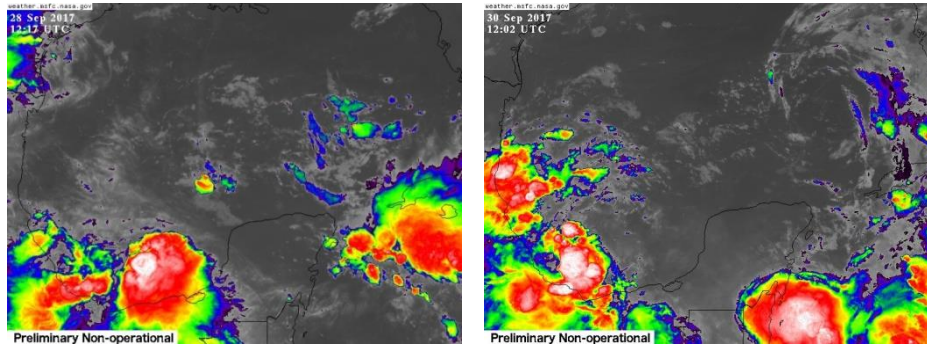


Figura 17 – Imágenes de satélite en canal infrarrojo (cortesía NASA), 28 y 30 de Sep, 2017



Figura 18 - Carta sinóptica de superficie, fecha: 28Sep2017 18Z

Como resultado, durante el periodo de este caso de estudio se presentaron precipitaciones significativas con valores superiores a los 100 mm sobre el noreste, este y sureste de la República Mexicana, principalmente sobre los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Oaxaca (figura 19).

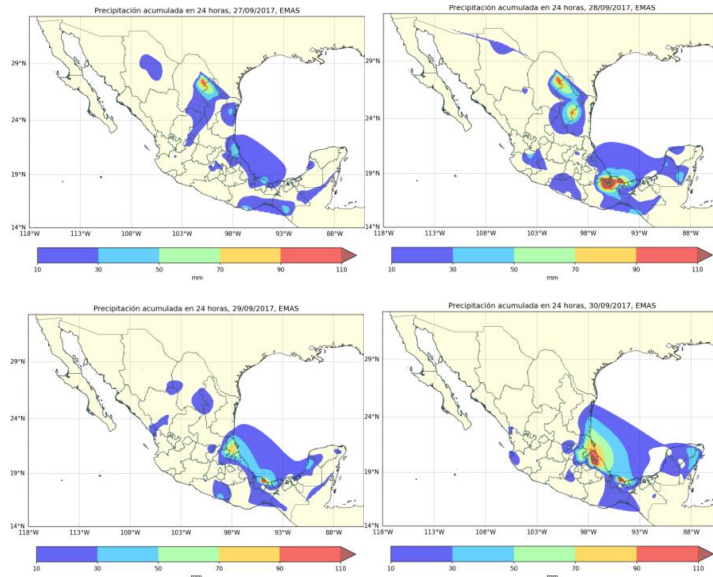


Figura 19 – Lámina de precipitación en 24 horas registradas por las EMAS (caso de estudio 2).  
Por su parte el análisis de la variable RRQPE muestra una distribución de lluvias similar a la registrada por las observaciones, identificando núcleos importantes de precipitación en el oriente y sureste del país, así como eventos menores el centro y occidente de México que no pueden ser apreciados con claridad en los registros de las EMAS (figura 20).

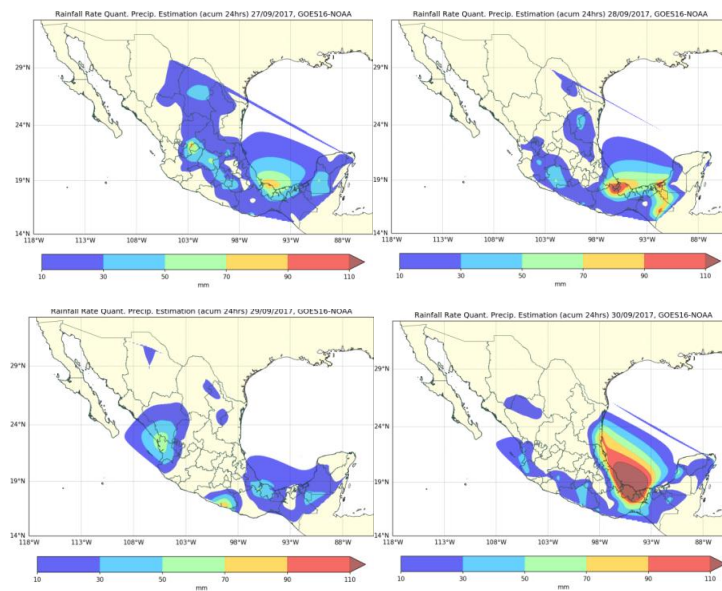


Figura 20 – Precipitación acumulada en 24 horas derivados de la variable RRQPE (caso de estudio 2).

En lo que respecta al análisis de la diferencia entre las observaciones registradas por las EMAS menos los valores generados por el algoritmo RRQPE (figura 21), se observa que predominan las regiones (blanco) donde se presenta una mayor coincidencia en magnitudes (diferencias  $\leq \pm 10$  mm), coincidiendo con superficies donde se presentó baja o nula intensidad de lluvia, lo cual puede sugerir que, ante estas condiciones, la variable RRQPE resuelve consistentemente con las observaciones.

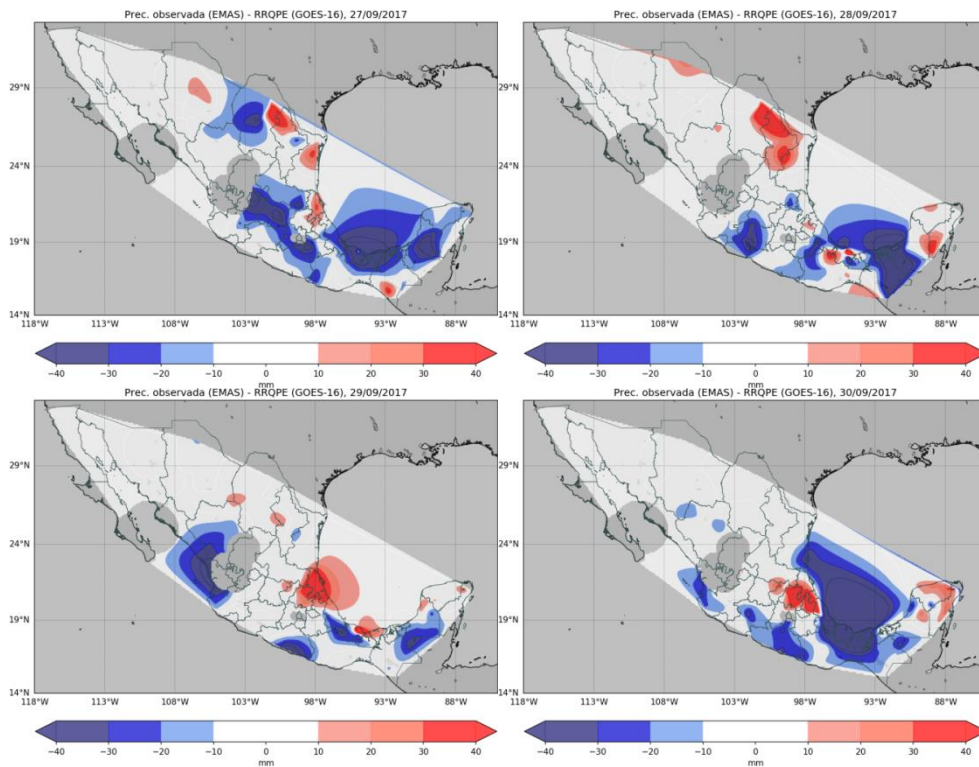


Figura 21 – Diferencia entre las observaciones registradas por las EMAS y los valores generados por el algoritmo RRQPE (caso de estudio 2).

Por otra parte, las áreas en tonos azules de la figura 21, correspondiente a sobrestimaciones de la variable RRQPE respecto a las observaciones, coinciden con las regiones de precipitación significativa sobre el oriente y sureste mexicano, presentando diferencias mayores a 40 mm en los estados de Veracruz, Tabasco, Oaxaca, Campeche y Chiapas, así como en estados del centro y occidente de México, donde los registros de precipitación de las EMAS no reflejaron actividad significativa de lluvias. Finalmente, el área donde los valores



de RRQPE subestimaron los registros de las EMAS (tonos rojos), corresponde a zonas dispersas del noreste y este de México, así como en la Península de Yucatán, lo que podría sugerir una dificultad del algoritmo para resolver lluvia de tipo estratiforme asociada al desplazamiento de una zona frontal y el paso de una onda tropical en dichas regiones. En conclusión, para este caso de estudio se observó que la variable RRQPE reprodujo en general, de manera consistente la distribución y ausencia de precipitación sobre territorio mexicano, sin embargo, nuevamente sobrestimó los eventos de precipitación más representativos del periodo con valores superiores a 40 mm, respecto a los registros observados.

### Caso de estudio 3: 11 al 14 de octubre de 2017

Para este caso de estudio se presentó la influencia del sistema frontal No. 4 el cual se extendía desde una baja presión al sur de los grandes lagos en EEUU, hasta los estados de Veracruz y Tamaulipas en México, mientras que la masa de aire frío que le daba impulso favorecía el desarrollo de nublados convectivos con tormentas en regiones costeras del oriente mexicano, lo que en combinación con una vaguada prefrontal mantuvieron condiciones de inestabilidad sobre el occidente, centro y sur del Golfo de México.

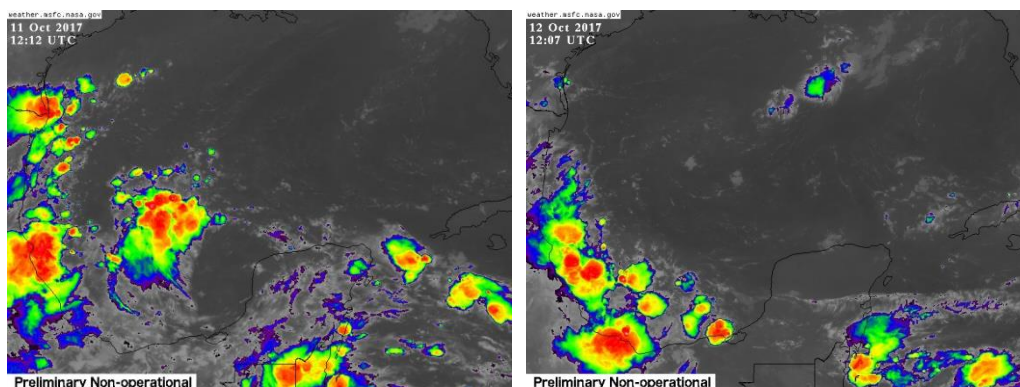


Figura 22 – Imágenes de satélite en canal infrarrojo (cortesía NASA), 11 y 12 de Oct, 2017

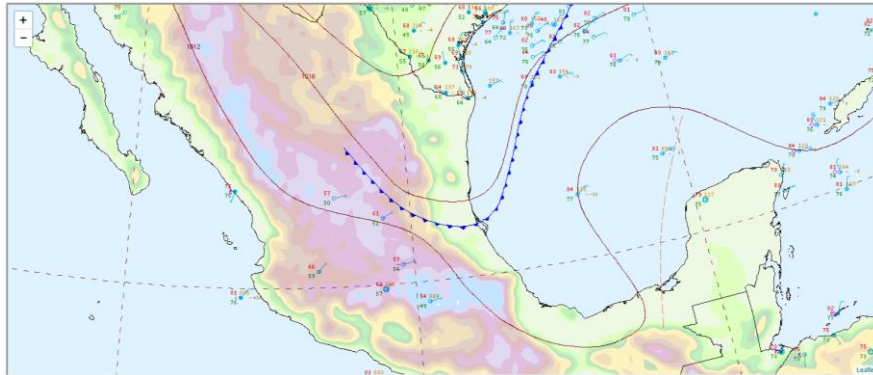


Figura 23 - Carta sinóptica de superficie, fecha: 11Oct2017 06Z

La situación meteorológica descrita propició la ocurrencia de lluvias significativas sobre el este y sureste del territorio mexicano, con valores superiores a los 100 mm en los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche principalmente, de acuerdo con las observaciones registradas por las EMAS (figura 24). Estas condiciones se mantuvieron hasta que el sistema frontal se debilitó y perdió impulso, modificándose a estacionario en el transcurso de los siguientes días.

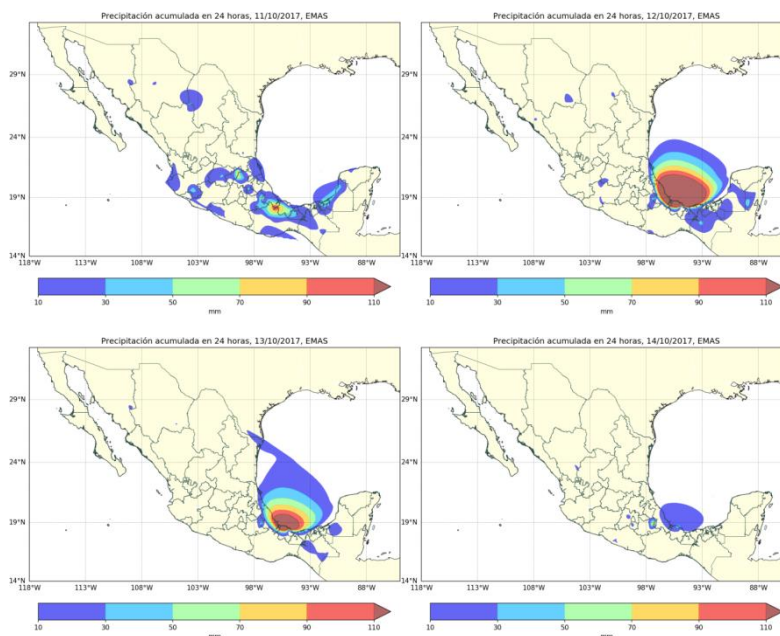


Figura 24 – Lámina de precipitación en 24 horas registradas por las EMAS (caso de estudio 3).

El análisis de la variable RRQPE (figura 25) muestra una configuración similar a la distribución de precipitación registrada por las EMAS, a excepción del occidente mexicano, donde esta variable señaló la ocurrencia de eventos superiores a 50 mm en los estados de Jalisco y Nayarit principalmente. Las áreas con valores más relevantes obtenidos mediante esta variable, coinciden con los núcleos de precipitación registrados en las observaciones, situados al occidente y sur del Golfo de México, con valores máximos de entre 90 y 110 mm, lo cual difiere con el análisis de las EMAS, tanto en extensión de área como en intensidad de sus máximos.

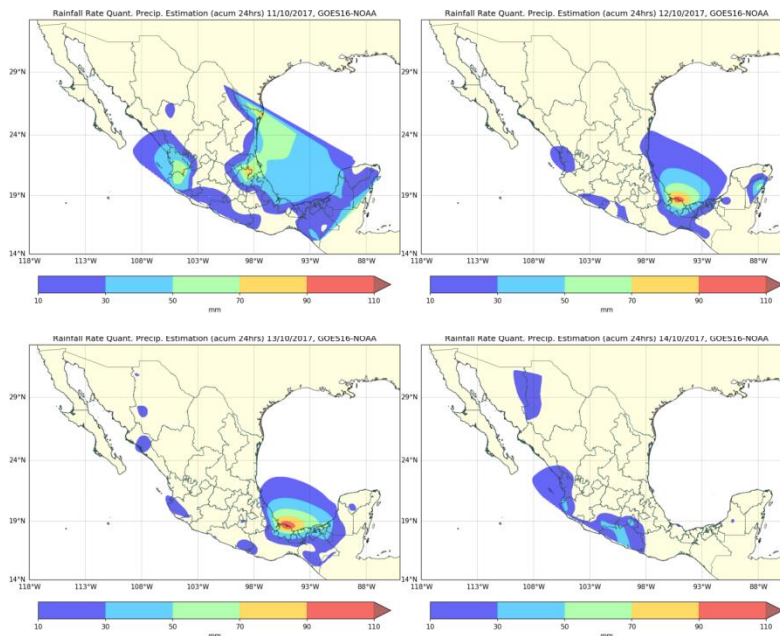


Figura 25 – Precipitación acumulada en 24 horas derivados de la variable RRQPE (caso de estudio 3).

Finalmente, el análisis de la diferencia entre las observaciones registradas por las EMAS y los valores generados por el algoritmo RRQPE (figura 25) señala, al igual que en los casos de estudio anteriores, el predominio de las regiones de mayor coincidencia (áreas en blanco, diferencias  $\leq \pm 10$  mm) donde se presentó baja o nula intensidad de lluvia. Las áreas con sobreestimación de lluvia (mayores a 40 mm), resueltas a partir de la variable RRQPE (tonos azules) se ubican sobre el sureste del país, y en la mayor parte del oriente mexicano el día 11 de octubre, cuando el avance del frente frío No. 4 se presentó de manera más activa, así como su interacción con una vaguada prefrontal, reflejado en múltiples núcleos de alto



desarrollo convectivo sobre dichas regiones; también son evidentes zonas dispersas con sobrestimación de valores de lluvia por parte del algoritmo sobre regiones del sur y suroeste mexicano, donde los registros de precipitación de las EMAS no reflejaron actividad significativa de lluvias. En lo que respecta a las áreas donde los valores de RRQPE subestimaron en más de 40 mm a los registros de las EMAS (tonos rojos), corresponden a regiones del este y sureste mexicano los días 12 y 13 de octubre, donde podría haber sido predominante la lluvia de tipo estratiforme y en menor medida la asociada a núcleos de alto desarrollo convectivo, lo que pudo limitar la capacidad del algoritmo para la detección de precipitación asociada. En conclusión, para este último caso de estudio se observó que la variable RRQPE reprodujo al igual que en los casos de estudio anteriores, y de manera general, una consistente distribución y ausencia de precipitación sobre territorio mexicano, sobrestimando los eventos de precipitación asociados a sistemas de alto desarrollo convectivo con valores superiores a 40 mm, respecto a los registros observados.

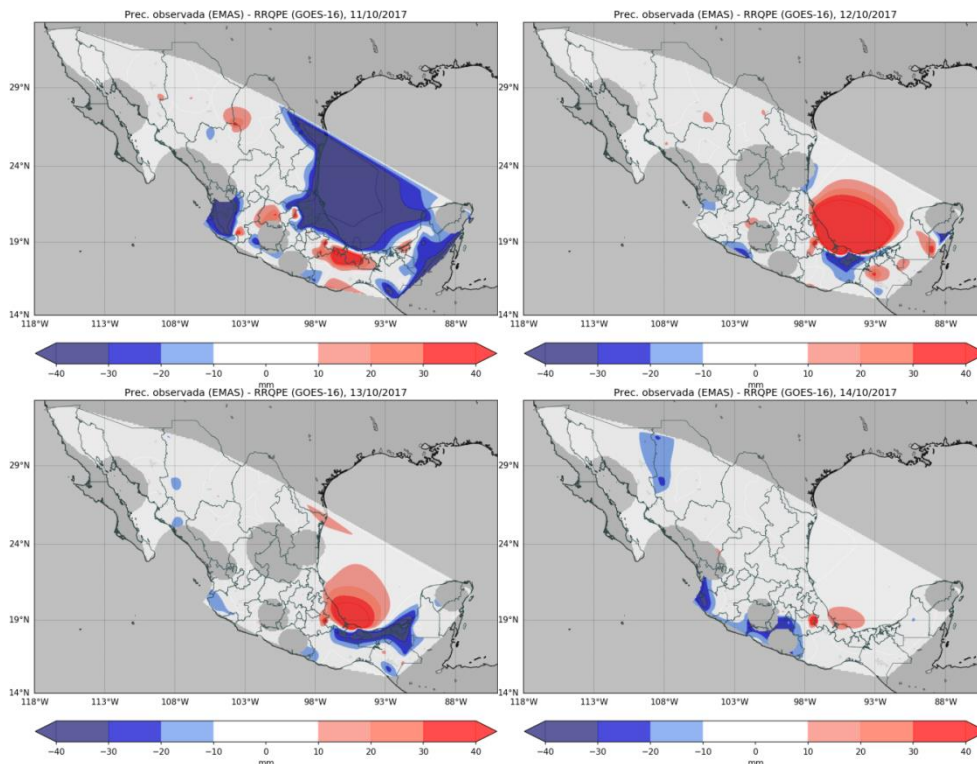


Figura 26 – Diferencia entre las observaciones registradas por las EMAS y los valores generados por el algoritmo RRQPE (caso de estudio 3).

**Entregable 3 “Comparación de datos geostacionarios y de superficie por estado en las variables Precipitación”**

Tabla de comparación de datos observados y registrados en las Estaciones Automáticas y la lluvia estimada por el satélite.

Estados	EMAS	RQPE	EMAS	RQPE
	29/09/2017	29/09/2017	30/09/2017	30/09/2017
AGS	1.46	0.52	15.47	0
BC	0.00	0	0.00	0
BCS	0.00	0	0.00	0
CAM	80.00	22.14	72.80	15.73
CHIS	22.00	11.45	32.80	21.7
CHI	36.88	3.15	13.38	4.65
COA	17.40	5.22	6.30	1.41
COL	0.00	0	1.60	5.13
CDMX	5.06	0	2.27	5.11
DGO	74.02	14.46	11.86	5.81
GTO	21.95	0	34.80	0
GRO	73.12	25.29	24.79	24.75
HI	172.63	0.72	252.08	2.48
JAL	15.25	3.34	32.78	11.23
MEX	26.11	0	45.12	3.35
MICH	1.20	0.23	7.75	12.4
MOR	0.20	0	16.41	25.53
NAY	22.75	56.64	15.25	13.68
NL	21.80	5.62	0.20	0
OAX	33.48	8.23	50.55	23.03
PUE	35.40	0.33	179.80	4.93
QRO	2.75	0.69	2.50	0
QROO	46.20	5.24	117.81	28.99
SLP	1.80	1.32	1.80	1.17
SIN	0.00	0	0.00	0
SON	0.00	0	0.00	0
TAB	5.80	15.18	7.80	15.6
TAMS	20.06	4.07	65.52	18.24
TLX	0.40	0	0.25	2.33
VER	351.10	34.47	383.32	100.46
YUC	34.65	2.23	88.26	9.52
ZAC	0.00	5.82	4.04	0.29

En la tabla anterior se presenta un análisis comparativo entre datos registrados en las estaciones automáticas (EMAS) instaladas a lo largo del país contra lo estimado por el satélite GOES 16. Este análisis estadístico se hizo sumando los registros y estimados por estado; lo anterior acotándolo solo aquellos registros reportados dentro del estado, con lo que se obtiene un valor puntual representando dicho valor el estado.

Es importante mencionar que no es la mejor manera de representar la lluvia ya que dentro del mismo estado la distribución de esta variable es diferente debido a la orografía del lugar o bien a las condiciones propias del mismo, sin embargo, para fines de esta primera aproximación era suficiente ya que se continua buscando un algoritmo que permita corregir esta información estimado por el satélite, ya que se puede apreciar que en muchos de los casos tiende a irse a los extremos es decir se subestima o sobre estima por mucho el valor real de la lluvia.

Meteorológicamente se sabe que la lluvia es una de las variables mas complejas para su estimación, por ello se considera necesario hacer un análisis con mayor número de datos y posiblemente con algún algoritmo que pudiera funcionar para esta variable, lo cual pudiera permitirnos ser mas certeros en la estimación y poder usar la información proveniente del satélite con mayor certeza.

#### **Entregable 4 “Diagnóstico de factibilidad sobre el proceso de acreditación del laboratorio de calibración de sensores meteorológicos”**

Debido a la necesidad de contar con registros detallados de las condiciones meteorológicas de nuestro país, se ha incrementado la instalación de redes de estaciones meteorológicas automáticas. Que, como todo instrumento de medición, forman parte importante en un proceso de calidad, se requiere conocer la confiabilidad de dichas mediciones, a través de un proceso de calibración.

Tomando en cuenta esta necesidad, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, en el área de la Subcoordinación de Hidrometeorología, perteneciente a la Coordinación de Hidrología, diseñó y desarrolló sistemas de calibración para sensores de estaciones meteorológicas, creándose así el Laboratorio de Calibración de Sensores Meteorológicos, único en su tipo a nivel nacional.

Este laboratorio tiene como objetivo brindar apoyo en la obtención de mediciones atmosféricas confiables, referenciadas a sensores patrón con trazabilidad.

La función del laboratorio es calibrar los sensores de estaciones meteorológicas automáticas o sensores electrónicos de operación independiente, además de evaluar nuevos instrumentos antes de que sean adquiridos y/o instalados en campo, con el fin de verificar la calidad y confiabilidad de sus especificaciones.



Figura 27.- Estación meteorológica automática en el IMTA (perteneciente a la red de estaciones del SMN)

Los sistemas de calibración están completamente automatizados y ofrecen las siguientes características:

- a) Tiempos cortos de calibración y de entrega al cliente
- b) Amplio rango de calibración y con mayor número de puntos a calibrar dentro del rango, según las necesidades del cliente.
- c) Costos muy competitivos.

Los servicios con que cuenta este laboratorio son:

1. Calibración de sensores de humedad relativa
2. Calibración de sensores de precipitación pluvial
3. Calibración de sensores de temperatura ambiente
4. Calibración de sensores de presión barométrica

**El sistema de calibración para sensores de humedad relativa ofrece:**

- a) Rango de calibración de 10,0 % a 90,0 %.
- b) Calibración de 8 sensores al mismo tiempo en una corrida de 6 horas con 9 puntos de calibración, en incrementos de 10,0 % o según las necesidades del cliente
- c) Patrón de referencia con trazabilidad y con una exactitud de  $\pm 1,0$  %
- d) Sistema completamente automatizado

**El sistema de calibración de pluviómetros digitales ofrece:**

- a) Rango de calibración de 1,0 mm/h a 300,0 mm/h.
- b) Calibración de 1 solo pluviómetro en una corrida de 1 hora, con 10 puntos de calibración en incrementos de 10,0 mm/h y 50,0 mm/h o según las necesidades del cliente.
- c) Patrón de referencia con trazabilidad y con una exactitud 43 veces más exacta que cualquier sensor comercial
- d) Sistema completamente automatizado y con reciclamiento del agua



Figura 28.- Sistema de calibración de pluviómetros (Laboratorio de Calibración de sensores meteorológicos, IMTA)

**El sistema de calibración para sensores de temperatura ofrece:**

- a) Rango de calibración de  $-20,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+60,0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- b) Calibración de 8 sensores en una corrida de 10 horas para una calibración de 9 puntos en incrementos de  $10,0^{\circ}\text{C}$ , o según las necesidades del cliente.
- c) Patrones con trazabilidad y con una exactitud de  $\pm 0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- d) Sistema completamente automatizado.

**El sistema de calibración de sensores de presión barométrica ofrece:**

- a) Rango de calibración de 600,0 milibares a 1100,0 milibares
- b) Calibración de 8 sensores en una corrida de 3 horas, para una calibración de 11 puntos en incrementos de 50,0 milibares
- c) Patrones con trazabilidad y con una exactitud de  $\pm 0,1$  milibar
- d) Sistema completamente automatizado.

Además, el laboratorio también cuenta con sistemas prototipos para la calibración, como son:

1. Sensores de radiación solar.
2. Sensores de dirección del viento.



El Sistema de calibración de sensores de radiación solar cuenta con un instrumento patrón ISO secundario con una exactitud de  $\pm 1,0$  watt/m<sup>2</sup>. Actualmente se calibra utilizando al sol como fuente de radiación, y se pueden calibrarse hasta 8 sensores a la vez. El tiempo promedio de calibración es de 2 días, dependiendo de las condiciones meteorológicas y de la época del año.

En el IMTA se ha desarrollado un sistema prototipo de calibración para sensores de radiación solar que no requerirá del sol como fuente de radiación, sino que será un sistema que no dependerá de si el día está nublado o no. Actualmente el sistema prototipo es capaz de calibrar 1 sólo piranómetro y el tiempo estimado para calibrar es de 1 hora y media en el rango de 100,0 watts/m<sup>2</sup> a 1000,0 watts/m<sup>2</sup> en incremento de 100,0 watts/m<sup>2</sup>, y es completamente automatizado. El propósito será de llegar a calibrar 8 sensores al mismo tiempo.

Para el Sistema de calibración de sensores de dirección del viento, se tiene un sistema prototipo que tiene la capacidad de calibrar sensores en el rango de 0,0 grados hasta 359,0 grados, a una resolución de 1,0 grado o según las necesidades del cliente. Comúnmente se recomienda calibrar en 16 puntos de calibración, es decir, incrementos de 22,50 grados. El tiempo de calibración por cada sensor es de 1 hora.

### **Importancia de la calibración de sensores meteorológicos:**

Un sensor calibrado y con trazabilidad hace la diferencia entre un proceso de operación óptima y uno el cual puede ponerse en riesgo infraestructuras, pérdidas monetarias muy elevadas y hasta vidas humanas, esto derivado de bases de datos meteorológicos con datos no confiables que hacen que estudios fracasen o presenten mucha incertidumbre, o boletines meteorológicos con información errónea.

En esta área también se cuenta con el Servicio de Diseño y Desarrollo de Sistemas electrónicos y Taller de electrónica con lo cual se puede proporcionar un servicio integral a nuestros clientes, también se cuenta con servicio de ingeniería para el diseño y desarrollo de sistemas de calibración, así como también se cuenta con un taller electrónico y personal capacitado con 13 años de experiencia para la atención de redes de estaciones meteorológicas y oceanográficas, esto es, se proporcionan servicios para la elaboración de especificaciones técnicas, selección, prueba, instalación, mantenimiento preventivo, mantenimiento mayor y mantenimiento correctivo de redes de estaciones meteorológicas y oceanográficas automáticas con cualquier tipo de transmisión de datos y según las necesidades del cliente.

Un sensor calibrado hace la diferencia entre un proceso de operación óptima y uno que puede poner en riesgo infraestructuras y pérdidas económicas muy elevadas.



## **Diagnóstico de factibilidad en el proceso de certificación**

Con la finalidad de que se reconozca la competencia técnica del personal, la confiabilidad en los resultados técnicamente válidos y para demostrar que se opera un sistema de calidad en los procesos de calibración del “Laboratorio de Calibración de Sensores Meteorológicos”, se debe aplicar y satisfacer todos los requisitos que marca la norma NMX-EC-17025-IMNC, denominada “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

Al respecto se han desarrollado una serie de procedimientos y formatos que se han aplicado desde la apertura y prestación de servicios de este laboratorio desde el año 2000.

Con la intención de conocer el estado actual del sistema de gestión de calidad con miras a obtener la acreditación de los procesos de calibración de este laboratorio; se verificó y se presenta un resumen de los avances que se tienen en cuanto al desarrollo de estos procedimientos.

## 1.1 Procedimientos técnicos, terminados al cien por ciento.

REGISTRO DE PROCEDIMIENTOS TERMINADOS AL 100 % (FALTA FORMATO FINAL), PARA EL PROCESO DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE SENSORES METEOROLÓGICOS			
Secuencia	Procedimiento	Punto de la norma	Código del Sistema de Gestión del Laboratorio
1	Procedimiento(s) para la manipulación segura, el transporte, el almacenamiento, el uso y el mantenimiento planificado de los equipos de medición.	5.5.6	PO.C3.2.06
	Procedimiento para la calibración de sus equipos.	5.6.1	
2	Procedimiento de calibración de sensores de Temperatura ambiente	5.6.1	PO.C3.2.08
3	Procedimiento de uso del programa de adquisición de datos y control del sistema de calibración de sensores de temperatura		PO.C3.2.09
4	Procedimiento de calibración de sensores de Humedad relativa	5.6.1	PO.C3.2.10
5	Procedimiento de uso del programa de adquisición de datos y control del sistema de calibración de sensores de humedad		PO.C3.2.11
6	Procedimiento de calibración de sensores de presión atmosférica	5.6.1	PO.C3.2.12
7	Procedimiento de uso del programa de adquisición de datos y control del sistema de calibración de sensores de presión atmosférica		PO.C3.2.13
8	Procedimiento de calibración de pluviómetros digitales	5.6.1	PO.C3.2.14
9	Procedimiento de uso del programa de adquisición de datos y control del sistema de calibración de pluviómetros digitales		PO.C3.2.15
10	Procedimiento de verificaciones intermedias de sus patrones de referencia:	5.6.3.3	
	Procedimiento de verificaciones intermedias: a) Preparación del punto de hielo b) Verificación de sensores de resistencia de platino		PO.C3.2.18
11	Procedimiento para el informe de resultados de calibración		PO.C3.2.23
12	Procedimiento para el aseguramiento de la calidad de los resultados		PO.C3.2.24
13	Procedimiento de transporte, resguardo y almacenamiento de sensores meteorológicos		PO.C3.2.25
14	Procedimiento para aplicar la metodología de calibración de sensores ambientales		PO.C3.2.26
15	Procedimiento(s) para manejo, transporte, almacenaje y uso seguro, de los patrones y materiales de referencia primarios, de transferencia o de trabajo y de los materiales de referencia.	5.6.3.4	PO.C3.2.27
16	Procedimiento(s) para la transportación, recepción, manejo, protección, almacenaje, retención y/o disposición final de los elementos de ensayo y/o calibración.	5.8.1	PO.C3.2.30
17	Procedimiento(s) para evitar deterioro, pérdida o daño del ítem de ensayo y/o calibración durante el almacenamiento, la manipulación y la preparación.	5.8.4	PO.C3.2.31
18	Procedimiento(s) de control de calidad para realizar el seguimiento de la validez de los ensayos llevados a cabo.	5.9.1	PO.C3.2.32

## 1.2 Procedimientos técnicos, en proceso de elaboración.

<b>REGISTRO DE PROCEDIMIENTOS EN PROCESO DE ELABORACIÓN PARA EL PROCESO DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE SENSORES METEOROLÓGICOS</b>			
<b>Secuencia</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Punto de la norma</b>	<b>Código del Sistema de Gestión del Laboratorio</b>
	Procedimiento para estimar la incertidumbre de la medición.	5.4.6.2	
1	Procedimiento para estimar la incertidumbre en la calibración de sensores de temperatura		PO.C3.2.01
2	Procedimiento para estimar la incertidumbre en la calibración de sensores de humedad		PO.C3.2.02
3	Procedimiento para estimar la incertidumbre en la calibración de sensores de presión barométrica		PO.C3.2.03
4	Procedimiento para estimar la incertidumbre en la calibración de pluviómetros digitales		PO.C3.2.04
5	Procedimiento para la Trazabilidad de la medición		PO.C3.2.22

## 1.3 Procedimientos técnicos que no se han elaborado.

<b>REGISTRO DE PROCEDIMIENTOS QUE NO SE HAN ELABORADO Y NECESARIOS PARA EL PROCESO DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE SENSORES METEOROLÓGICOS</b>			
<b>Secuencia</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Punto de la norma</b>	<b>Código del Sistema de Gestión del Laboratorio</b>
1	Procedimiento(s) para protección de los datos	5.4.7.2 b)	PO.C3.2.05
2	Procedimiento de comprobaciones intermedias.	5.5.10	PO.C3.2.07
3	Procedimiento para la determinación de los coeficientes de calibración		PO.C3.2.16
4	Procedimiento para la calibración de patrones de referencia	5.6.3.1	PO.C3.2.17
	Procedimiento de verificaciones intermedias de sus patrones de referencia:	5.6.3.3	
5	Procedimiento de verificaciones intermedias para sensores de humedad relativa		PO.C3.2.19
6	Procedimiento de verificaciones intermedias para sensores de presión barométrica		PO.C3.2.20
7	Procedimiento de verificaciones intermedias para sensores de precipitación pluvial		PO.C3.2.21
8	Procedimiento para la Trazabilidad de la medición		PO.C3.2.22
9	Procedimientos para el muestreo (si aplica).	5.7.1	PO.C3.2.28
10	Procedimiento(s) para registrar los datos y las operaciones relacionados con el muestreo.	5.7.3	PO.C3.2.29

## 1.4 Procedimientos administrativos terminados.

<b>REGISTRO DE PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS PARA EL PROCESO DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE SENSORES METEOROLÓGICOS</b>			
<b>Secuencia</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Punto de la norma</b>	<b>Código del Sistema de Gestión del Laboratorio</b>
1	Procedimiento(s) para asegurar la protección de la información confidencial y los derechos de propiedad de sus clientes.	4.1.5 c)	PO.C3.2.33
2	Procedimiento(s) para proteger del almacenamiento y la transmisión electrónica de los resultados.	4.1.5 c)	PO.C3.2.34
3	Procedimiento(s) para evitar intervenir en cualquier actividad que pueda disminuir la confianza en su competencia, imparcialidad, juicio o integridad operativa.	4.1.5 d)	PO.C3.2.35
4	Procedimiento(s) para el control de todos los documentos que forman parte de su sistema de gestión.	4.3.1	PO.C3.2.36
5	Procedimiento o lista maestra de control de la documentación.	4.3.2.1	PO.C3.2.37
6	Procedimiento(s) si el sistema de control de los documentos del laboratorio permite modificar los documentos a mano.	4.3.3.3	PO.C3.2.38
7	Procedimiento(s) para realizar y controlar las modificaciones de los documentos conservados en los sistemas informáticos.	4.3.3.4	PO.C3.2.39
8	Procedimiento(s) para la revisión de los pedidos, las ofertas y los contratos.	4.4.1	PO.C3.2.40
9	Procedimiento(s) para la selección y la compra de los servicios y suministros.	4.6.1	PO.C3.2.41
10	Procedimiento(s) para la compra, la recepción y el almacenamiento de los reactivos y materiales consumibles.	4.6.1	PO.C3.2.42
11	Procedimiento para la resolución de las quejas.	4.8	PO.C3.2.43
12	Procedimientos para el trabajo de ensayo no conforme.	4.9.1	PO.C3.2.44
13	Procedimiento para la implementación de acciones correctivas.	4.11.1	PO.C3.2.45
14	Procedimiento(s) para las acciones preventivas.	4.12.2	PO.C3.2.46
15	Procedimiento(s) para la identificación, la recopilación, la codificación, el acceso, el archivo, el almacenamiento, el mantenimiento y la disposición de los registros de la calidad y los registros técnicos.	4.13.1.1	PO.C3.2.47
16	Procedimiento(s) para proteger y salvaguardar los registros almacenados electrónicamente y para prevenir el acceso no autorizado o modificación de dichos registros.	4.13.1.4	PO.C3.2.48
17	Procedimiento de auditorías internas.	4.14.1	PO.C3.2.49
18	Procedimiento de revisión por la dirección.	4.15.1	PO.C3.2.50
19	Procedimiento(s) para identificar las necesidades de formación del personal y para proporcionarla.	5.2.2	PO.C3.2.51

### 1.5 Formatos técnicos - administrativos, terminados al 100 %.

<b>REGISTRO DE FORMATOS TÉCNICOS - ADMINISTRATIVOS TERMINADOS AL 100 %, NECESARIOS PARA EL PROCESO DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE SENSORES METEOROLÓGICOS</b>			
<b>Secuencia</b>	<b>Formato</b>	<b>Punto de la norma</b>	<b>Código del Sistema de Gestión del Laboratorio</b>
1	Bitácora de calibración de sensores de temperatura		FO.C3.2.01
2	Informe de calibración de sensores de temperatura		FO.C3.2.02
3	Bitácora del proceso de calibración de sensores de humedad		FO.C3.2.03
4	Informe de calibración de sensores de humedad		FO.C3.2.04
5	Bitácora del proceso de calibración de presión barométrica		FO.C3.2.05
6	Informe de calibración de presión barométrica		FO.C3.2.06
7	Bitácora del proceso de calibración de pluviómetros digitales		FO.C3.2.07
8	Informe de calibración de sensores de pluviómetros digitales		FO.C3.2.08
9	Registro de recepción de sensores para calibración		FO.C3.2.09
10	Registro de entrega al cliente de sensores calibrados		FO.C3.2.10
11	Bitácora de control de sensores meteorológicos calibrados		FO.C3.2.13
12	Guía para la identificación del estado de los equipos de medición		GO.C3.2.01
13	Guía para la transportación de sensores meteorológicos		GO.C3.2.02

### 1.6 Formatos técnicos - administrativos, en proceso de elaboración.

<b>REGISTRO DE FORMATOS TÉCNICOS - ADMINISTRATIVOS NO ELABORADOS AÚN Y NECESARIOS PARA EL PROCESO DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE SENSORES METEOROLÓGICOS</b>			
<b>Secuencia</b>	<b>Formato</b>	<b>Punto de la norma</b>	<b>Sistema de Gestión del</b>
1	Bitácora de Control del Programa de Calibración de Sensores del Laboratorio		FO.C3.2.11
2	Programación del proceso de calibración de sensores del cliente		FO.C3.2.12
3	Solicitud de calibración de instrumento patrón de referencia		FO.C3.2.14
4	Bitácora de manejo de los instrumentos patrón de referencia		FO.C3.2.15

## CONCLUSIONES

El uso de información proveniente del satélite hoy en día es una herramienta muy importante que viene a cubrir los huecos que se tienen a la falta de instrumentación en superficie ya sea porque se no se tiene estaciones de medición o bien porque hay lugares de difícil acceso que dificulta el que se instalen instrumentos y bien la recolección de datos; ante esta situación es de suma importancia conocer el manejo de la información proveniente del satélite GOES 16 y que con esta se pudieran generar herramientas que sirvan de insumo para la toma de decisiones.

En este proyecto se manipulo de diferentes formas la información proveniente del satélite en sus formatos de origen, y que por una parte lo podemos ver de manera operativa las imágenes en la página de [galielo.imta.mx](http://galielo.imta.mx) y por otro lado se hicieron ejercicios comparativos entre la observada por el satélite y la registrada en las estaciones en superficie.

En los tres casos de estudio se observó de manera subjetiva una eficiente capacidad del algoritmo RRQPE para la identificación de lámina de precipitación mediante su comparación con observaciones registradas en superficie por la red de EMAS en territorio mexicano. El algoritmo RRQPE reprodujo satisfactoriamente el patrón de distribución de lluvias, así como las regiones con ausencia de ella, sin embargo, se observó también una sobrestimación de valores para las áreas con máximos de precipitación asociados a sistemas de alto desarrollo convectivo, así como una subestimación donde la lluvia de tipo estratiforme podría haber sido predominante.

Por otro lado, en el tema de la acreditación del laboratorio de calibración de sensores meteorológicos se revisó lo que la a norma NMX-EC-17025-IMNC solicita, identificando que se requieren 14 procedimientos técnicos y 19 procedimientos administrativos.

Debido a que tiene como objetivo acreditar cuatro sistemas de calibración, de los 14 procedimientos técnicos se desprenden 33 procedimientos técnicos, de los cuales 18 se

han terminado completamente (que solo requieren un formato nuevo), 5 están en proceso de desarrollo y 10 se requiere que se desarrollen en su totalidad.

Algunos procedimientos técnicos requieren de formatos para el registro de datos de mediciones del proceso de calibración, por lo que se han terminado de manera completa 13 formatos técnico-administrativos (solo requieren que se actualice el formato) y 4 que están en proceso de desarrollo.

De los procedimientos administrativos para la gestión del sistema de calidad se han desarrollado los 19 procedimientos.

En conclusión, en estos momentos no es viable la certificación, debido a que se deben concluir los procedimientos y demás requisitos que solicita la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

## Bibliografía

[https://www.meted.ucar.edu/sign\\_in\\_es.php](https://www.meted.ucar.edu/sign_in_es.php)

[https://www.meted.ucar.edu/training\\_module.php?id=1358#.XFMkJVVKhhE](https://www.meted.ucar.edu/training_module.php?id=1358#.XFMkJVVKhhE)

[https://www.meted.ucar.edu/training\\_detail.php?topicSorting=12](https://www.meted.ucar.edu/training_detail.php?topicSorting=12)

[https://www.ema.org.mx/portal\\_v3/](https://www.ema.org.mx/portal_v3/)

<http://www.lanot.unam.mx/>





ANEXO 1

Fecha	AGS	BC	BCS	CAM	CHIS	COA	COL	CDMX	DGO	GTO	GRO	H	JAL	MEX	MICH	MOR	NAY	NL	OAX	PUE	QRO	QROO	SLP	SIN	SON	TAB	TAMS	TLX	VER	YUC	ZAC	
01/09/2017	9.40	0.00	224.40	10.00	160.80	22.99	0.00	0.20	31.76	35.60	0.60	15.90	28.44	34.94	76.45	26.40	46.07	2.70	0.00	82.36	89.72	0.00	39.81	0.00	11.60	2.50	2.00	21.34	8.25	131.65	30.35	7.00
02/09/2017	2.05	64.96	74.00	79.80	46.31	0.00	0.20	3.81	9.67	6.20	73.92	33.74	116.44	41.53	4.30	34.13	0.00	0.00	58.08	63.43	15.60	103.35	0.00	0.40	27.44	28.80	22.35	8.85	203.33	131.79	1.51	
03/09/2017	0.00	59.36	0.00	35.20	58.80	20.71	0.00	2.00	1.02	3.05	9.00	79.82	39.64	56.75	30.77	59.70	70.73	21.45	0.00	59.76	26.32	8.60	117.76	1.80	0.40	3.80	34.60	86.36	21.85	195.35	21.77	0.75
04/09/2017	0.00	6.95	0.00	6.20	103.40	7.02	0.00	34.60	15.94	11.59	13.33	27.30	78.11	164.10	79.30	70.00	92.92	48.65	0.80	5.85	49.05	44.80	10.00	15.40	0.20	0.50	0.60	18.00	14.10	94.04	1.76	0.00
05/09/2017	124.92	0.00	0.00	0.00	19.20	8.12	0.00	89.80	9.89	35.39	41.77	71.68	37.99	174.71	114.00	69.05	101.75	47.70	3.00	26.12	127.87	63.10	9.65	19.00	24.00	6.07	1.40	173.28	11.30	72.23	27.96	31.91
06/09/2017	111.20	1.61	1.20	2.20	74.00	1.54	0.00	45.99	4.31	43.08	0.00	161.69	66.51	117.01	53.60	63.78	51.20	5.60	0.90	26.48	22.60	0.50	12.80	5.00	0.00	0.40	18.93	3.45	101.27	3.55	31.10	
07/09/2017	9.20	0.80	3.40	110.80	39.20	0.60	0.00	4.40	3.27	20.25	25.40	0.40	119.23	69.11	79.76	35.05	89.40	52.65	7.20	41.86	78.91	41.95	13.20	5.60	1.00	0.00	12.40	48.28	3.80	62.95	13.95	1.00
08/09/2017	0.00	0.00	0.40	20.60	90.80	11.73	0.00	0.00	0.51	4.25	1.80	14.78	51.68	18.98	23.21	2.00	0.90	97.95	0.00	14.40	98.05	4.60	11.45	0.40	12.00	4.21	3.60	8.39	1.85	39.43	25.64	0.00
09/09/2017	0.00	2.60	0.00	21.80	6.40	31.12	2.00	1.00	13.44	4.95	13.60	148.70	232.75	0.00	81.97	1.60	25.82	0.20	0.00	9.71	272.50	38.10	7.08	0.00	0.20	29.20	8.00	32.01	9.45	413.15	12.46	0.00
10/09/2017	0.00	6.00	0.00	49.80	40.80	38.07	0.00	0.00	1.01	1.21	24.20	5.37	165.78	13.04	21.81	2.90	11.34	0.00	0.00	1.45	196.30	51.10	0.00	3.40	0.20	0.60	6.80	23.45	6.80	429.84	1.00	0.75
11/09/2017	12.00	0.00	0.00	11.20	100.60	5.58	0.00	4.20	0.00	0.00	20.78	3.15	45.61	0.50	29.15	0.45	1.70	0.00	0.00	5.03	3.40	0.25	0.20	2.20	0.40	0.00	51.80	0.00	0.25	347.33	0.00	0.25
12/09/2017	0.00	0.00	3.00	4.40	81.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	0.40	21.10	7.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	15.25	0.00	0.00	145.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.44	45.82	0.00	
13/09/2017	0.00	0.00	0.00	9.40	26.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	139.40	0.00	33.17	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	40.20	11.40	0.80	14.36	0.00	0.00	0.20	1.20	0.00	0.00	3.99	16.99	0.00
14/09/2017	0.00	0.00	0.00	17.80	199.60	16.73	0.00	0.00	0.00	0.00	285.40	0.00	138.86	5.80	0.20	21.22	0.00	0.00	0.00	11.00	30.55	0.00	20.42	0.00	0.80	0.00	37.60	0.00	13.65	15.33	76.43	0.00
15/09/2017	0.00	0.00	0.00	20.20	8.80	32.26	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	39.80	0.00	0.94	1.40	0.20	0.00	11.45	0.00	1.80	7.80	0.00	18.81	0.00	0.00	5.84	11.80	0.00	0.20	5.39	28.75	0.00
16/09/2017	0.00	0.00	1.00	13.00	64.40	64.94	0.00	0.00	0.00	0.00	75.31	0.00	0.20	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.80	3.87	0.00	50.56	0.00	0.00	0.76	0.00	5.08	0.00	42.69	43.25	0.00
17/09/2017	0.00	3.00	3.00	2.70	20.30	0.00	2.20	3.56	37.19	0.00	143.00	73.32	40.40	296.40	30.90	48.94	1.50	0.00	4.82	24.52	0.25	42.04	3.40	0.20	0.00	3.20	19.08	0.40	24.39	47.07	0.00	
18/09/2017	17.92	0.00	1.60	28.80	65.60	2.10	0.00	10.60	24.12	31.56	9.14	0.20	10.76	29.92	77.90	14.20	27.76	37.20	0.00	23.46	36.69	9.25	41.40	4.40	0.20	9.66	2.40	0.00	0.25	89.59	3.64	0.00
19/09/2017	0.20	0.00	0.00	29.80	44.80	46.35	0.00	0.00	0.25	29.12	0.05	15.40	4.85	6.10	4.73	0.40	1.02	9.25	0.00	135.95	22.80	0.00	25.40	4.80	43.00	21.24	11.60	0.00	0.25	403.31	0.93	0.00
20/09/2017	0.00	0.00	0.00	29.40	28.20	25.50	0.00	0.60	0.25	45.63	0.00	211.98	0.20	14.53	17.85	48.50	1.20	0.00	0.00	72.79	11.80	0.00	6.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51.14	61.6	0.00	
21/09/2017	0.00	0.00	0.00	10.60	53.20	2.27	0.00	24.80	6.00	12.10	0.00	337.21	6.80	68.41	231.8	45.10	7.05	0.00	0.00	13.80	33.60	1.00	12.72	0.40	0.20	0.00	7.20	14.45	0.00	0.00	11.21	3.55
22/09/2017	0.70	0.00	0.00	4.20	13.00	0.00	0.00	21.60	0.76	6.91	9.36	143.76	54.55	238.61	85.29	45.10	48.23	12.00	0.00	117.41	30.66	2.65	91.00	0.00	0.00	0.00	12.00	4.31	24.16	16.24	0.00	
23/09/2017	38.07	0.00	5.00	54.60	38.40	0.00	14.80	0.00	2.40	36.48	149.20	60.86	169.59	23.74	44.35	51.36	12.75	0.40	11.86	32.40	12.50	8.00	2.80	0.20	0.00	0.00	10.35	17.60	43.59	6.82	0.25	
24/09/2017	51.14	0.00	0.00	30.80	30.20	3.25	0.00	21.00	0.00	5.01	23.65	12.80	92.00	296.87	75.28	23.10	51.86	12.00	0.00	65.76	9.31	7.00	34.20	2.40	0.00	0.40	0.76	3.20	55.23	20.30	1.00	
25/09/2017	12.40	0.00	0.00	5.00	25.40	4.32	89.75	0.46	7.88	18.38	10.23	188.72	163.41	33.73	59.55	8.65	36.38	47.45	2.20	29.80	129.12	5.95	14.17	1.80	0.00	0.00	28.20	6.30	41.30	92.00	10.87	4.28
26/09/2017	30.13	0.00	0.80	41.20	151.20	13.45	83.15	17.60	7.84	2.26	26.34	0.50	70.24	0.65	24.48	38.25	15.59	6.50	4.40	17.01	41.10	4.50	51.15	1.60	0.00	0.00	19.20	92.84	15.85	48.75	41.25	3.54
27/09/2017	37.57	0.00	2.20	20.00	42.46	46.00	14.90	0.00	27.93	4.25	13.39	105.56	52.33	33.00	61.78	30.80	20.00	0.00	0.20	54.44	32.00	5.55	28.18	1.40	0.80	0.00	13.80	14.96	0.20	169.97	8.77	16.22
28/09/2017	2.60	0.00	0.00	72.20	90.60	13.11	125.50	0.80	0.00	26.05	8.80	91.51	31.96	120.65	19.76	15.85	12.47	7.45	39.96	44.73	35.10	3.75	79.79	1.60	0.00	0.00	12.00	13.66	1.40	517.97	30.14	0.00
29/09/2017	1.46	0.00	0.00	80.00	22.60	36.88	17.40	0.00	5.08	74.02	21.95	79.12	172.63	15.25	26.13	1.20	0.20	22.75	21.80	33.48	95.40	2.75	46.20	1.80	0.00	0.00	5.80	20.06	0.40	851.10	34.05	0.00
30/09/2017	15.47	0.00	0.00	72.80	32.88	13.38	6.30	1.60	2.27	11.86	34.80	24.79	252.08	32.78	45.12	7.75	16.41	15.25	0.20	50.55	179.80	2.50	117.81	1.80	0.00	0.00	7.80	65.52	0.25	383.32	88.26	4.04
01/10/2017	0.20	0.00	0.00	31.60	96.40	8.95	0.00	40.20	26.40	33.16	71.20	87.10	101.33	7.99	17.60	13.41	29.30	0.00	0.20	35.22	15.26	1.75	235.36	0.40	0.00	12.80	32.63	47.55	1.40	275.96	7.80	0.70
02/10/2017	0.00	0.00	0.00	13.00	71.80	7.93	0.20	4.20	19.78	21.92	4.60	34.05	57.12	44.85	58.49	28.27	51.86	0.00	0.00	68.13	145.60	1.75	260.24	0.20	0.00	19.80	2.16	0.00	9.20	279.85	12.85	0.51
03/10/2017	0.40	0.00	0.00	29.80	111.20	26.00	0.80	0.20	11.21	6.80	49.02	33.70	7.60	12.93	12.46	9.16	0.00	0.00	106.91	4.20	2.77	30.64	0.00	0.00	0.00	23.60	29.87	13.33	30	105.77	0.00	0.00
04/10/2017	9.80	0.00	0.00	5.60	28.12	11.45	8.20	0.51	4.40	21.80	62.80	191.98	82.17	30.30	1.00	2.25	12.20	28.91	44.07	65.86	2.51	2.00	1.40	0.20	0.20	44.40	155.39	4.80	303.03	8.60	3.52	
05/10/2017	2.80	0.00	0.00	8.00	298.24	17.74	24.80	5.00	0.00	1.85	24.80	45.60	142.02	1.00	5.70	0.20	0.20	19.00	0.60	44.63	3.60	7.56	41.10	0.00	0.00	40.80	19.20	35.80	0.20	124.92	1.40	0.25
06/10/2017	0.00	0.00	0.00	13.60	62.70	21.85	1.65	0.00	0.00	0.70	22.00	9.80	37.63	0.00	1.53	5.09	0.50	0.00	0.00	51.99	25.80	32.18	23.47	1.20	0.00	0.20	0.20	75.80	0.30	83.30	2.85	0.00
07/10/2017	14.20	0.00	0.00	2.80	5.60	16.97	22.00	0.00	0.00	3.07	2.40	0.80	6.51	124.95	0.20	5.70	51.50	0.00	0.00	4.90	0.20	4.03	2.82	0.00	0.00	5.80	0.00	0.00	0.10	6.69	0.20	1.23
08/10/2017	5.00	0.00	0.00	7.60	96.8																											