

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO  
**-INGEMMET-**  
DIRECCION GEOLOGIA AMBIENTAL Y RIESGO  
**-DGAR-**  
OBSERVATORIO VULCANOLOGICO DEL INGEMMET  
**-OVI-**



**INFORME ANUAL DE ACTIVIDADES 2015**  
**MONITOREO ANUAL DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN MISTI**  
**2015**

## 1. INTRODUCCIÓN

El Misti, es el volcán de mayor riesgo en el Perú; a sus faldas se sitúa la ciudad de Arequipa con más de un millón de habitantes, el centro de la ciudad se sitúa a tan solo 17 km del cráter del volcán. La actividad observada en el volcán Misti, corresponde a un volcán activo, por ello el INGEMMET en cumplimiento de sus funciones, viene realizando el monitoreo multi-parámetro de éste volcán. Los métodos utilizados en este monitoreo son: (1) Sísmico (refleja la dinámica interna del volcán), (2) Visual –Térmico (características de emisiones y fenómenos asociados y la temperatura del volcán), (3) Geoquímico (composición de aguas y gases) y (4) Geodésico (deformación física del volcán).



Figura 1.1. Mapa de ubicación del volcán Misti en la cadena volcánica del sur del Perú.

La figura 1.2 muestra la Red de Monitoreo multi-parámetro del volcán Misti, de donde se obtiene información de manera periódica y continua en campañas de campo y/o vía telemetría.

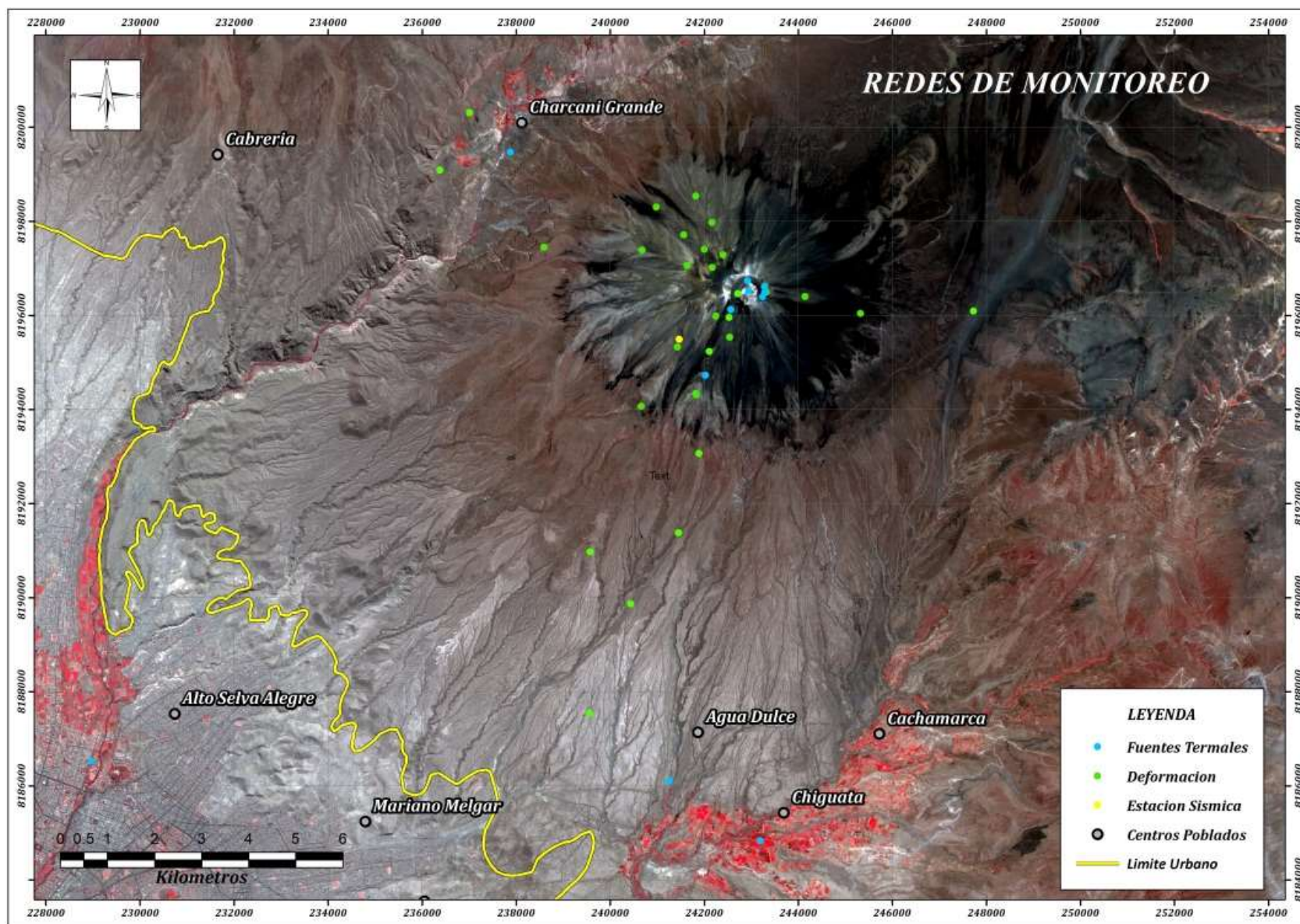


Figura 1.2. Mapa de ubicación de las redes de monitoreo instaladas por el OVI en el volcán Misti 2015.



## 2. MONITOREO SÍSMICO

El monitoreo sísmico del volcán Misti durante el 2015, se realizó con los datos registrados de la estación sísmica MST01, esta estación cuenta con un sensor sísmico de banda ancha, marca Guralp, modelo CMG-6TD. Las especificaciones de dicha estación se muestran en la tabla 1.1, los datos son registrados a 100 muestras por segundo por canal, en un rango de frecuencias de 30 s a 100 Hz.

Tabla 1.1. Detalles de la estación sísmica MST01.

Estación	Fecha de instalación	UTM-E	UMT-S	Componente
MST01	15/03/2013	241473	8195494	3C

La estación MST01 está conformada por tres sensores sísmicos y un digitalizador, integrados, una antena GPS para la calibración del tiempo, una batería de 12 V, un panel solar, un regulador de voltaje, y un set de telemetría, para la transmisión de la información (Figura 2.1 y 2.2). Estos instrumentos están debidamente protegidos de las inclemencias del tiempo y están instalados dentro de casetas de seguridad metálicas, en prevención ante posibles actos vandálicos.



Figura 2.1. Construcción de la caseta de seguridad y mantenimiento de la estación sísmica MST01.

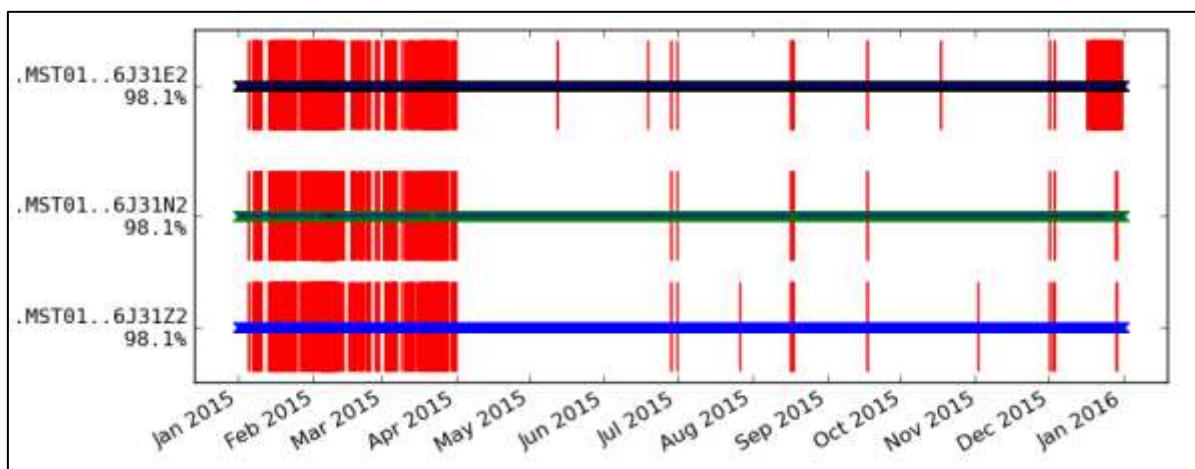
En el Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI), la información es recibida mediante antenas Yagi y visualizada en el centro de procesamiento (panel view). Asimismo, la data es procesada y analizada diariamente, y publicada en la siguiente dirección: <http://10.102.131.53/>.



**Figura 2.2.** Estación Sísmica Telemétrica MST01, mástil empleado para la transmisión de datos en tiempo real.

### 2.1. Operatividad de la Estación Sísmica

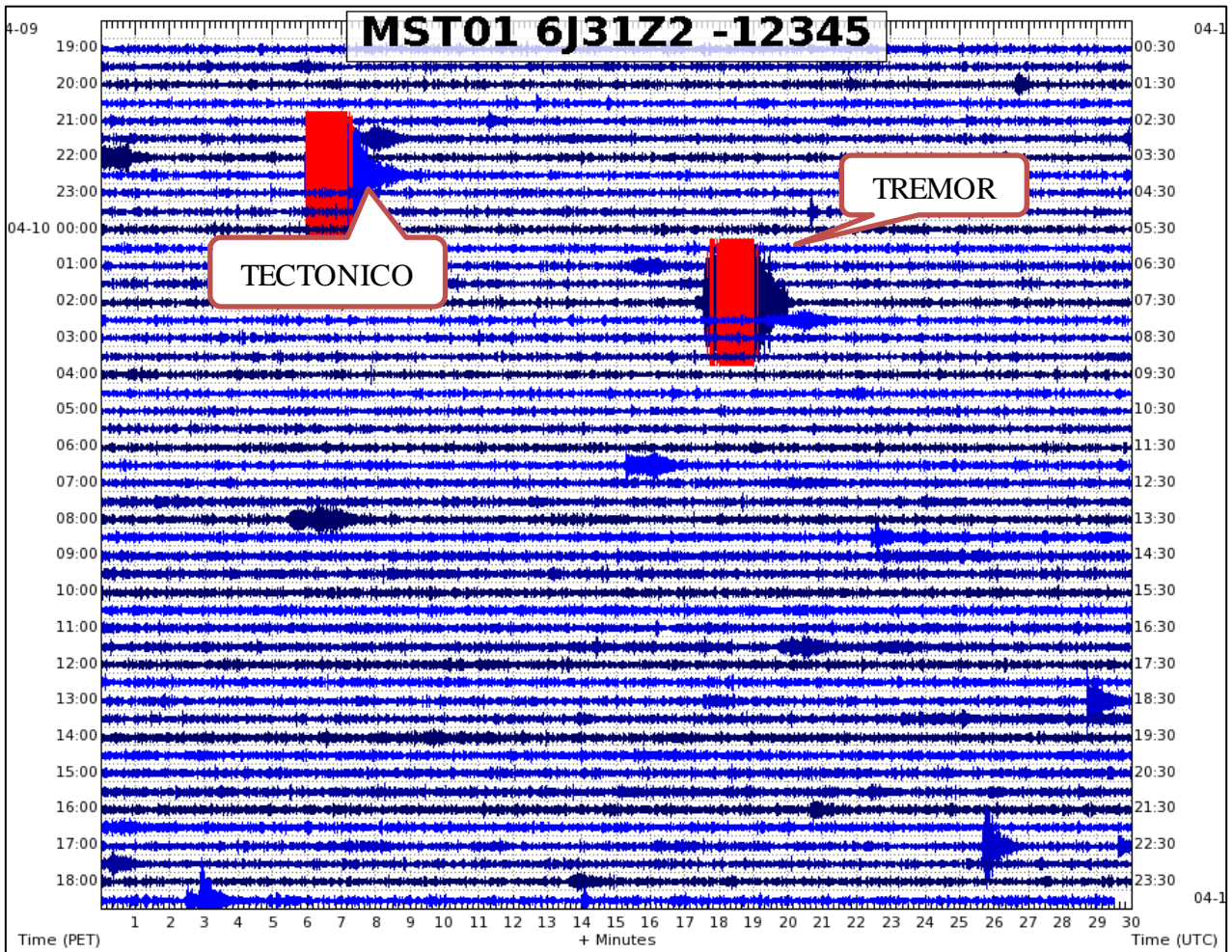
La figura 2.3 muestra la operatividad de las tres componentes (E-O: azul, N-S: verde y Z: negro) de la estación sísmica MST01 del volcán Misti para el 2015. Las barras en color rojo indican periodos en los cuales, no se registró información, debido a la falta de alimentación eléctrica; sobre todo, en los meses de lluvia (noviembre-marzo), en los cuales, el cielo permaneció nublado, por lo que el panel solar no recargó la batería.



**Figura 2.3.** Periodo de funcionamiento de la estación sísmica MST01 del volcán Misti, durante el 2015. Las barras verticales rojas representan periodos sin datos.

## 2.2. Actividad sísmica observada

En general, la actividad sísmica del volcán Misti observada durante el año 2015, ha sido baja, con una ocurrencia de 20 sismos volcánicos por día. Sin embargo, también se han observado incrementos puntuales de varias centenas de sismos volcánicos. No obstante, esta sismicidad es propia de un volcán Activo. Por ejemplo, en la figura 2.4, se observa la ocurrencia de un Tremor volcánico, señal típica de un volcán activo.



**Figura 2.4.** Sismograma de 24 horas registrado el 10 de abril de 2015 en la estación MST01. Componente Vertical (Z). Se observa la ocurrencia de un sismo tipo Tremor.

**Sismos Volcano-tectónicos (VT).** Son eventos provocados por la fracturas de rocas, asociados al ascenso de magma desde el interior de la tierra hacia el volcán, posiblemente debido a la presión por introducción de magma, interacción de fluidos magmáticos con el medio encajante, desgasificación de gases y cambios bruscos de temperatura (contracción y/o dilatación). Los eventos VT (Figura 2.5), Se caracterizan por tener claras llegadas de las ondas P y S y por el contenido de altas frecuencias (> 5Hz).



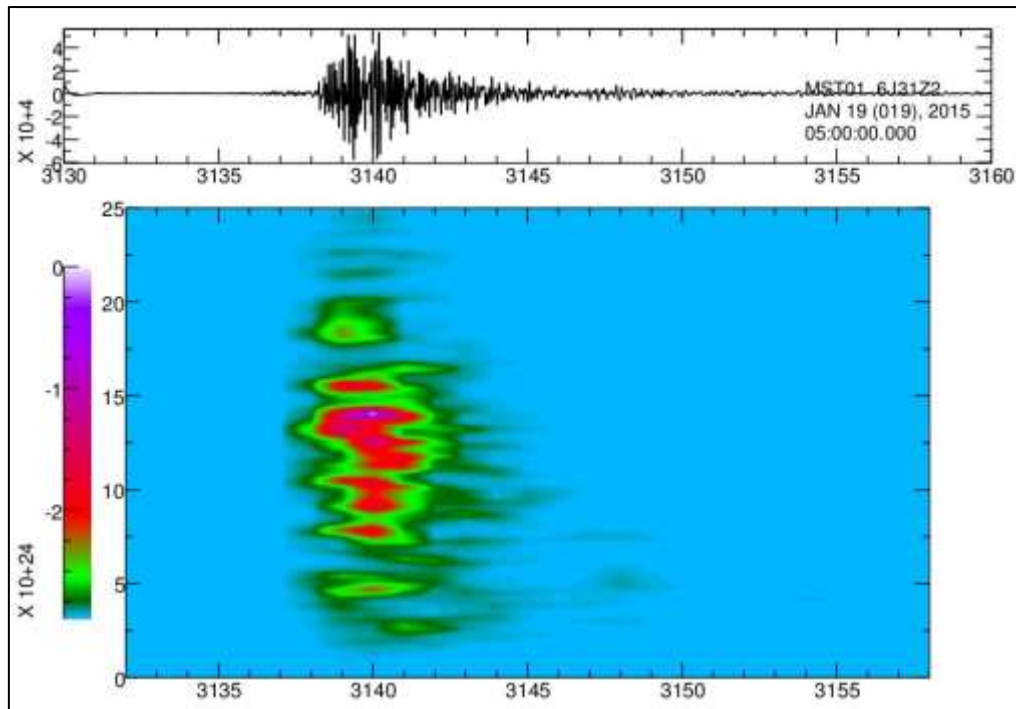


Figura 2.5. Ejemplo de un evento Volcano-tectónico **VT**, registrado el 19 de enero de 2015 en la estación MST01, componente Vertical Z.

**Sismos de Periodo Largo (LP).** Son eventos asociados a procesos de la dinámica de fluidos en el sistema hidrotermal del volcán. Los eventos LP (Figura 2.6), se caracterizan por que no presentan llegadas legibles de las fase S y el contenido espectral principal, es bajo (entre 1-4 Hz).

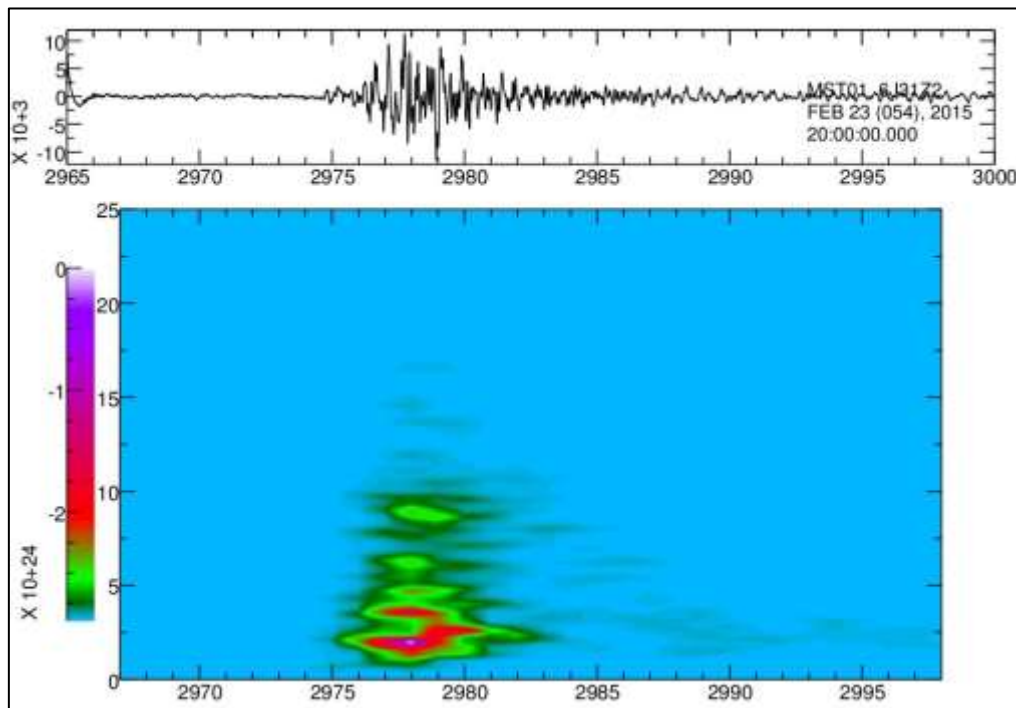


Figura 2.6. Ejemplo de un evento Largo Periodo (**LP**), registrado el 23 de febrero de 2015 en la estación MST01, componente Vertical Z.

**Sismos tipo Tremor (TRE).** Estos eventos están asociados en el caso del volcán Misti, a la emisión de plumas de vapor de agua, más o menos visibles desde la ciudad de Arequipa. Estos TRE (Figura 2.7), muestran en su espectro de frecuencias, una banda entre 1 y 25 Hz, debido a la cercanía del sensor a la fuente.

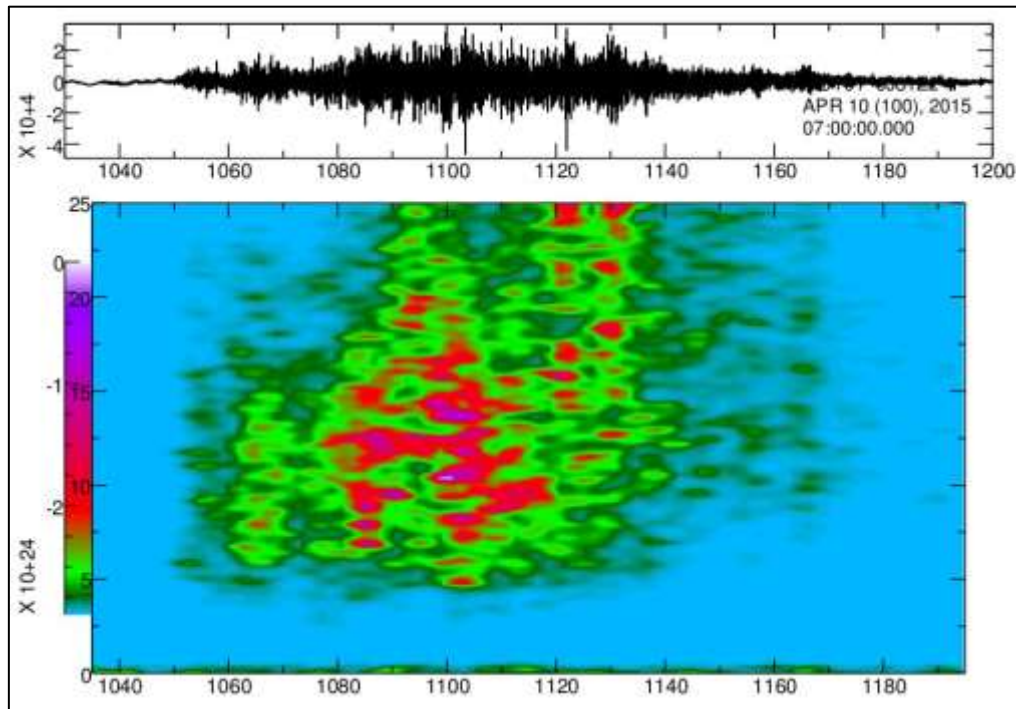


Figura 2.7. Ejemplo de un evento Tremor **TRE**, registrado el 10 de abril de 2015 en la estación MST01, componente Vertical Z.

**Sismos tipo Rock-Fall (RFL).** Estos eventos, asociados a desprendimientos o caída de rocas, son muy comunes en el volcán Misti, son procesos muy superficiales, presentan frecuencias altas entre 10 y 40 Hz. Tal como se observa en la figura 2.8.

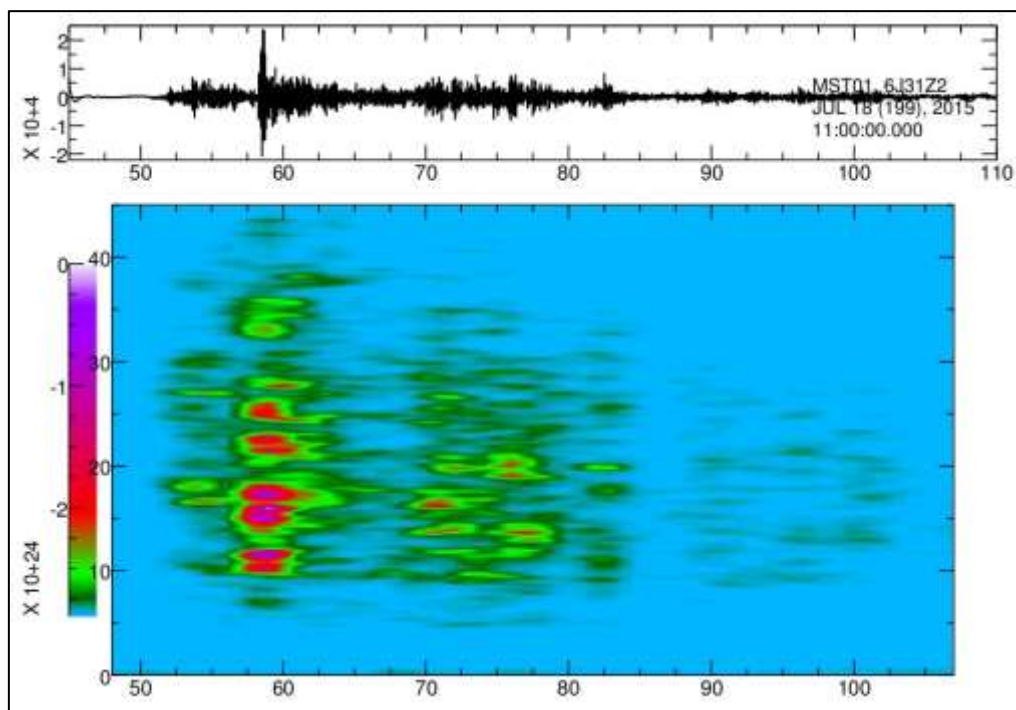
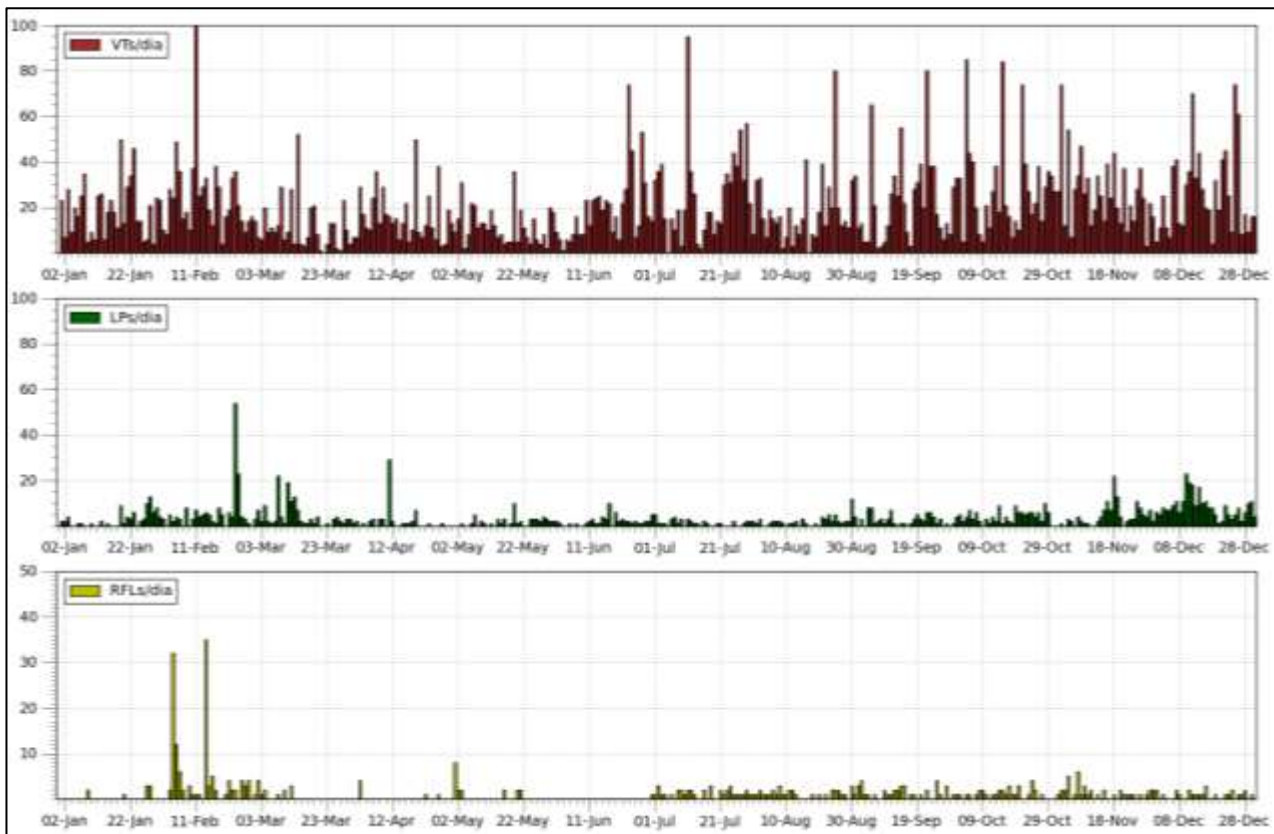


Figura 2.8. Ejemplo de un evento Caída de Rocas **RFL**, registrado el 18 de julio de 2015 en la estación MST01, componente Vertical Z.



### 2.3. Análisis Estadístico

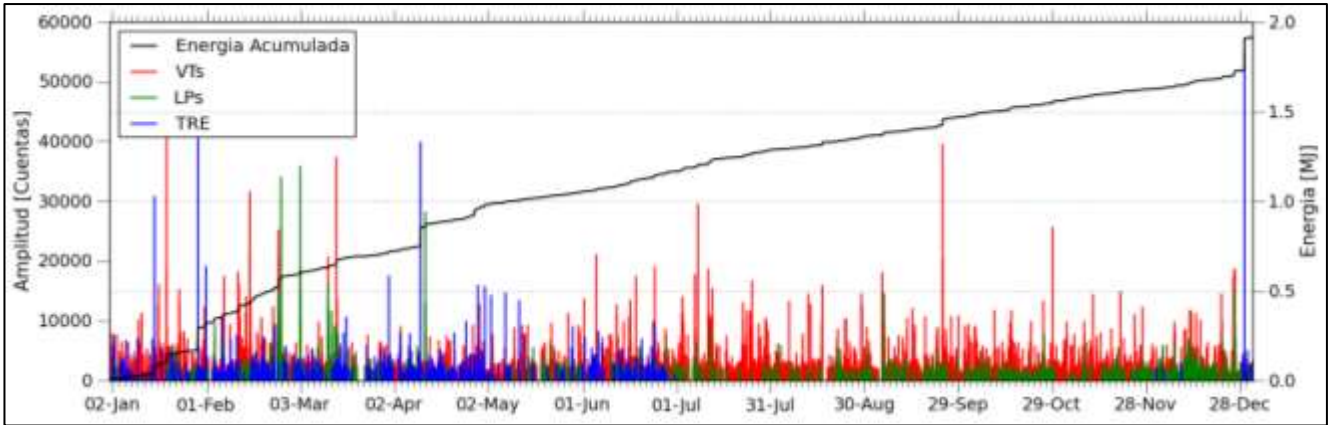
La actividad sísmica del volcán Misti estuvo dominada principalmente por sismos tipo VT, con una tasa de ocurrencia promedio casi constante, de 21 eventos por día, llegando a registrarse un máximo de 103 eventos el 11 de febrero de 2015 (Figura 2.9). Seguidamente, a una tasa promedio de 3.5 eventos por día, tenemos a los LP, llegando a registrarse un máximo de 54 eventos, el 23 de febrero de 2015. Finalmente y en menor proporción, tenemos a los eventos tipo Tremor y RFL, con una ocurrencia de 1 evento por día. Por otro lado, en la figura 2.9, se puede observar que los sismos tipo LP y RFL, se incrementan de enero a marzo; éste incremento, posiblemente esté asociado a las lluvias propias de la época (noviembre a marzo), donde el sistema hidrotermal del volcán se alteraría, generando el aumento de la sismicidad del volcán Misti.



**Figura 2.9.** Histogramas mostrando la actividad sísmica del volcán Misti, registrado durante el 2015. **VT:** sismo Volcano-tectónico, asociado al fracturamiento de rocas. **LP:** sismo de largo periodo, asociado a la circulación de fluidos. **RFL:** Desprendimiento de rocas (RockFall).

### 2.4. Energía Sísmica Liberada

La leve actividad sísmica del volcán Misti registrada durante el 2015, también puede ser cuantificada, en función de la energía sísmica liberada por los eventos sismo-volcánicos (sismos tipo VT, LP y actividad Tremórica). Así, estos eventos han liberado una energía total de 1.91 MJ de energía (Figura 2.10). Siendo esta energía, mínima, en comparación con volcanes Ubinas (alerta naranja) y Sabancaya (alerta amarilla).



**Figura 2.10.** Energía sísmica liberada del volcán Misti para el 2015. **VT:** sismo Volcano-tectónico, asociado al fracturamiento de rocas. **LP:** sismo de largo periodo y **TRE:** sismos Tremor; asociados a la circulación de fluidos.

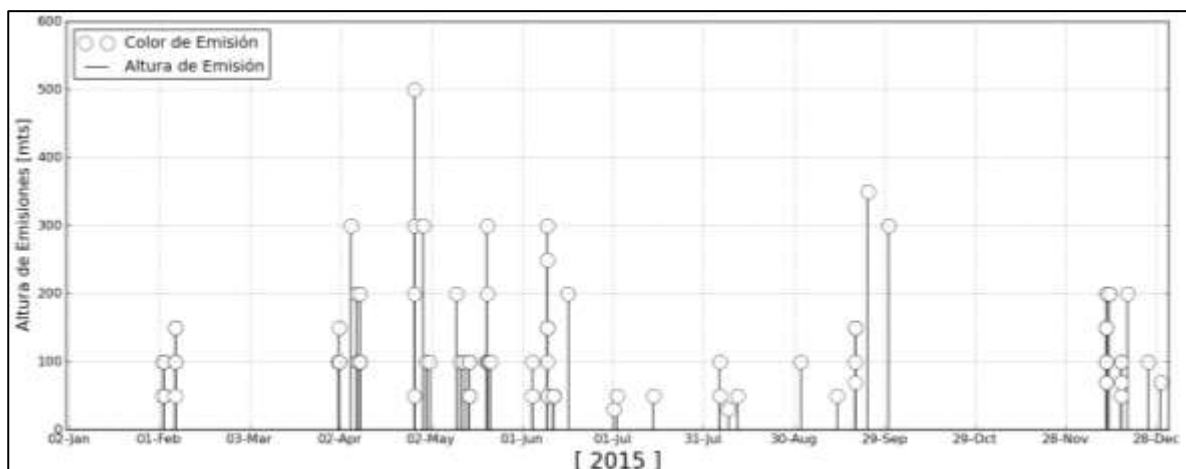
### 3. MONITOREO VISUAL

El monitoreo visual se realiza con ayuda de una cámara de video que captura permanentemente las imágenes de la actividad del volcán Misti. Esta cámara está ubicada en las instalaciones del Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI), en la ciudad de Arequipa, a aprox. 18 km al sureste del cráter del volcán. Las imágenes son visibles sólo durante el día y pueden ser apreciadas en tiempo real en la página web institucional ([ovi.ingemmet.gob.pe](http://ovi.ingemmet.gob.pe)).

#### 3.1. Características de las Emisiones

- Forma y Ocurrencia

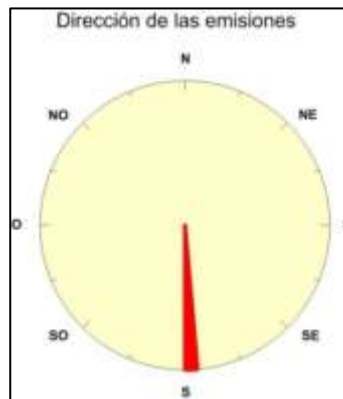
En el 2015, se han observado pequeñas emisiones, que no superan los 500 m de altura sobre el cráter del volcán, estas emisiones, en su mayoría fueron de coloración blanquecina, lo que indicaría presencia vapor de agua, principalmente (Figura 2.1).



**Figura 2.1.** Monitoreo visual de las emisiones fumarólicas durante el 2015.

- Dirección Predominante

En la Figura 2.2 podemos observar que las direcciones predominantes que tomaron las emisiones fumarólicas del volcán Misti durante el 2015 han sido predominantemente hacia el sur.



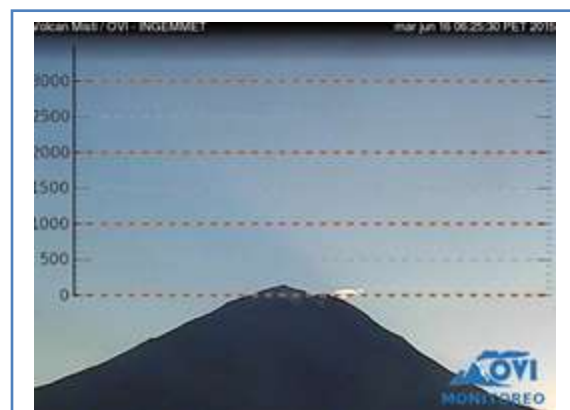
**Figura 2.2** Diagrama de rosas mostrando las direcciones predominantes de las emisiones fumarólicas del Misti, durante el año 2015.

- **Imágenes Relevantes de las Emisiones**

La figura 2.3, muestra algunas imágenes representativas, captadas durante el 2015 en el volcán Misti.



Fecha	Hora	Altura(m)	Dirección de dispersión
05/04/2015	06:20	300	Sureste



Fecha	Hora	Altura(m)	Dirección de dispersión
16/06/2015	06:25	300	Sur



Fecha	Hora	Altura(m)	Dirección de dispersión
11/12/2015	05:12	150	Sur



Fecha	Hora	Altura(m)	Dirección de dispersión
11/12/2015	05:21	200	Sur

**Figura 2.3** Imágenes relevantes del monitoreo visual del volcán Misti durante el 2015.

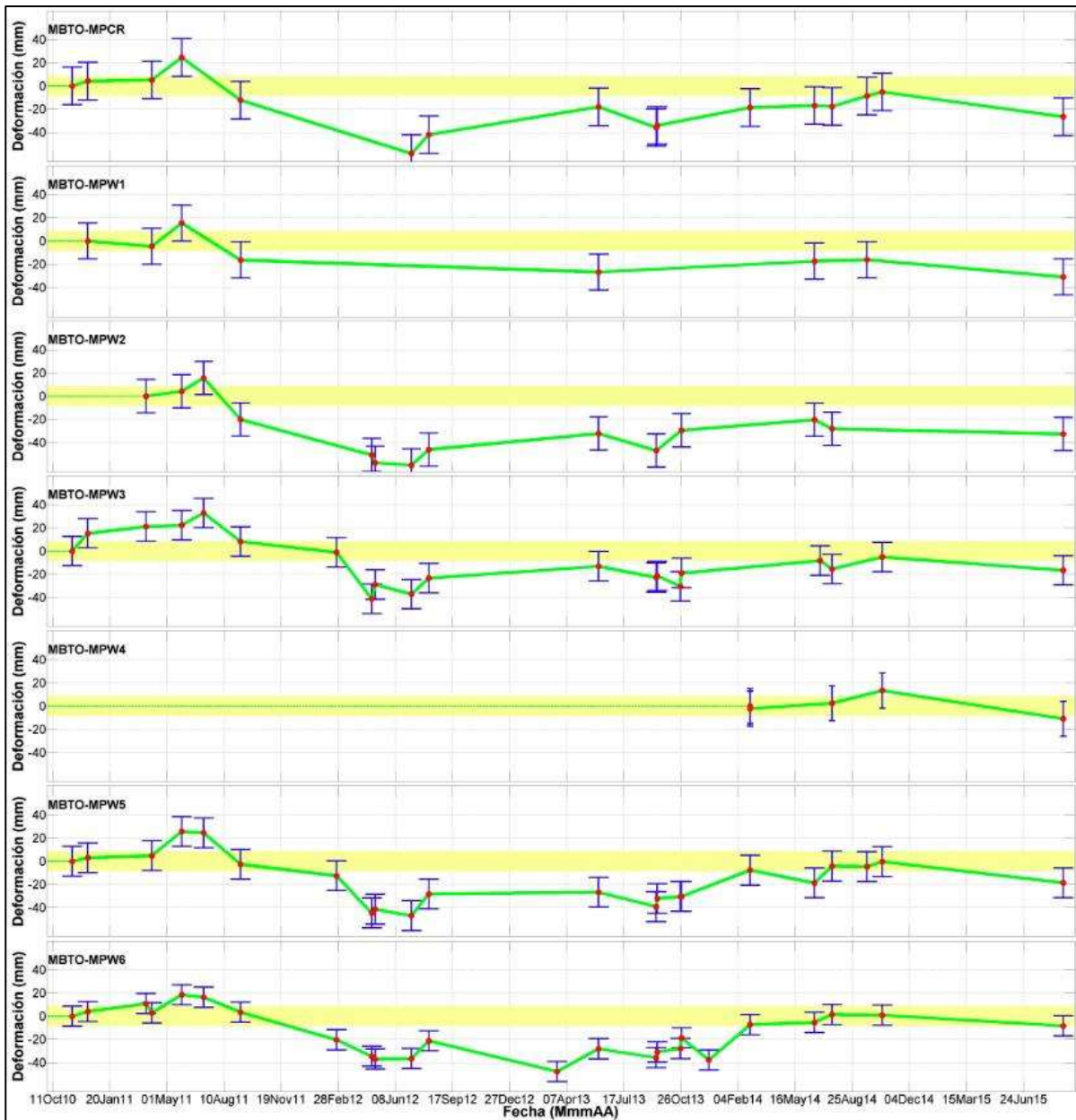


#### **4. MONITOREO GEODESICO**

*La deformación en superficie volcánica, es un fenómeno común en los volcanes activos, en respuesta a la dinámica interna del sistema volcánico (intrusión magmática); para detectar éste fenómeno, el OVI, emplea en la actualidad dos métodos de monitoreo: el EDM (Electronic Distance Measurement), y el GPS (Global Position System), la distribución de las estaciones de monitoreo se visualizan en la figura 1.2.*

##### **4.1. Resultado de Mediciones EDM**

*La Figura 3.1 muestra las mediciones realizadas con el EDM en el flanco norte del Misti, desde octubre del 2010 a junio del 2015. En general, se puede observar una tendencia negativa de aproximadamente 20 mm de desplazamiento. Probablemente el desplazamiento observado estaría asociado a un proceso tectónico local ocurrido en el flanco Oeste, a su vez los periodos de medición se realizan en ventanas de periodo muy largo lo cual no permite dar un análisis de dicho comportamiento, así mismo en cada medición las variaciones de los factores atmosféricos (presión, temperatura) e inherentes al instrumento (calibración, posicionamiento), se consideran de vital importancia para este tipo de medición.*

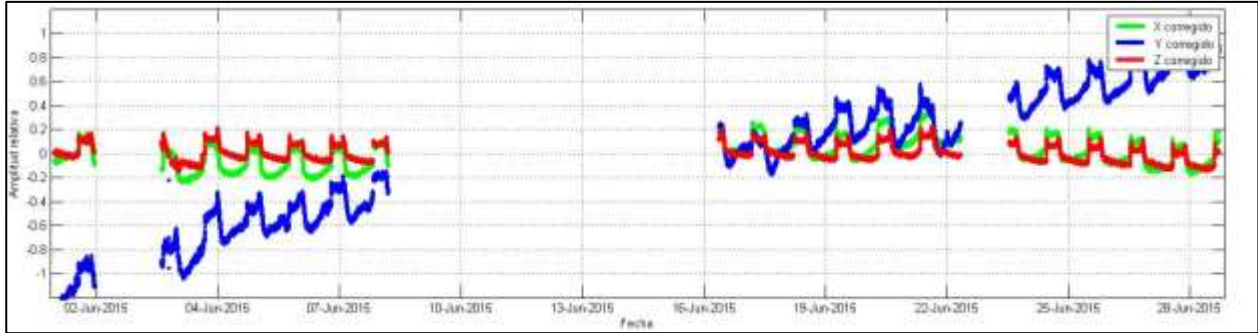


**Figura 3.1.** Mediciones con EDM (estación MBTO), para el periodo de octubre del 2010 a junio del 2015.

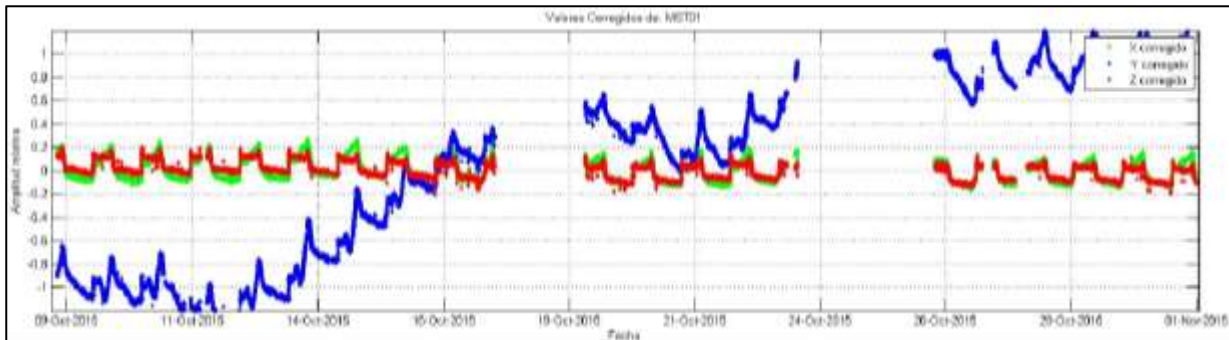
#### **4.2. Resultado de Observación de Inclinación**

Las mediciones de inclinación en el volcán Misti, se realizan desde Junio del 2015. Estas mediciones permitirán detectar la deformación del volcán, causada por el ascenso del magma desde el interior de la tierra. En el Misti, estas mediciones se efectúan con información de la estación sísmica MST01; se mide la componente vertical y las componentes horizontales del sensor sísmico, a un paso de muestreo de 0.01 s.

Las Figuras 3.2 y 3.3, muestran los valores de desplazamiento del sensor de la estación MST01, en función del tiempo, para los periodos junio-2015 y octubre-2015. En general, en ambos periodos, se observan valores estables en las componentes vertical (Z) y horizontal X (E-W); por el contrario, se observan tendencias de desplazamiento hacia el norte, en la componente horizontal Y (N-S); debido a la poca información y las discontinuidades en los registros no se puede dar un análisis continuo de monitoreo u observación del comportamiento del desplazamiento.



**Figura 3.2.** Valores de inclinación normalizado en las tres componentes registrados en la estación MST01, periodo junio del 2015.



**Figura 3.3.** Valores de inclinación normalizado en las tres componentes registrados en la estación MST01, periodo octubre del 2015.

## 5. CONCLUSIONES

- El monitoreo sísmico, muestra que la principal actividad registrada durante el 2015, estuvo dominado por los sismos tipo Volcano Tectónicos – VT, seguidos de eventos Largo Periodo – LP y esporádica actividad tremórica. La energía sismo-volcánica total calculada para el Misti durante el 2015, es de 1.91 MJ. No obstante, esta sismicidad corresponde un volcán activo, los valores de la energía liberada demuestran que dicha actividad, es muy baja.
- Las emisiones fumarólicas del volcán Misti, constituidas principalmente por vapor de agua, alcanzaron alturas máximas de 500 m sobre el cráter. La dirección predominante de estas emisiones fue hacia el sur.
- No se ha observado deformación del edificio del volcán Misti asociado a la actividad interna del volcán.



## 6. RECOMENDACIONES

- *Considerando la peligrosidad del Misti respecto de la ciudad de Arequipa, es necesario ampliar y mejorar las redes de monitoreo del volcán.*
- *Es sabido que el Misti es un volcán activo, por lo tanto, es necesario implementar y practicar planes de contingencia ante una probable reactivación del volcán. Para ello se debe tener en cuenta el mapa de peligros del Misti.*
- *Mejorar las vías de acceso al volcán.*
- *Con la seguridad de contar con un monitoreo adecuado del Misti, intensificar los planes de turismo para el desarrollo de Arequipa*