



*ESPECIFICACIONES
TECNICAS PARA
INSTALACION DE
AXELEROMETROS
DIGITALES EN
EDIFICACIONES SEGÚN
NORMA E-030*



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Tabla de Contenido

1. Introducción	3
2. Acelerómetro Digital	4
2.1. Especificaciones Técnicas mínimas	5
2.1.1. <i>Sensor de aceleración:</i>	5
2.1.2. <i>Registrador:</i>	5
2.1.3. <i>Almacenamiento:</i>	5
2.1.4. <i>Conectividad:</i>	5
2.1.5. <i>Software:</i>	5
2.1.6. <i>Fuente de Energía:</i>	5
3. Requerimientos para la Instalación del acelerómetro digital	6
3.1. Ubicación	6
3.2. Instalación	6
3.3. Mantenimiento	7
4. Sistemas de transmisión de datos	7
5. Disponibilidad de los datos	8
6. Contáctenos	8
7. ANEXO I . Modelos referenciales de infra-estructura	9
8. ANEXO II . Modelos de Acelerómetros Digitales Típicos	10

1. Introducción

Los sismos son procesos naturales que ocurren como consecuencia de la compleja interacción de las placas tectónicas Nazca y Sud-américa y de la dinámica de las fallas activas que existen sobre el territorio nacional. El registro sísmico histórico se inicia en la época colonial mientras que los registros instrumentales se hacen rutina desde mediados del siglo XX. La figura 1 presenta la actividad sísmica del Perú entre los años 1960-2016.

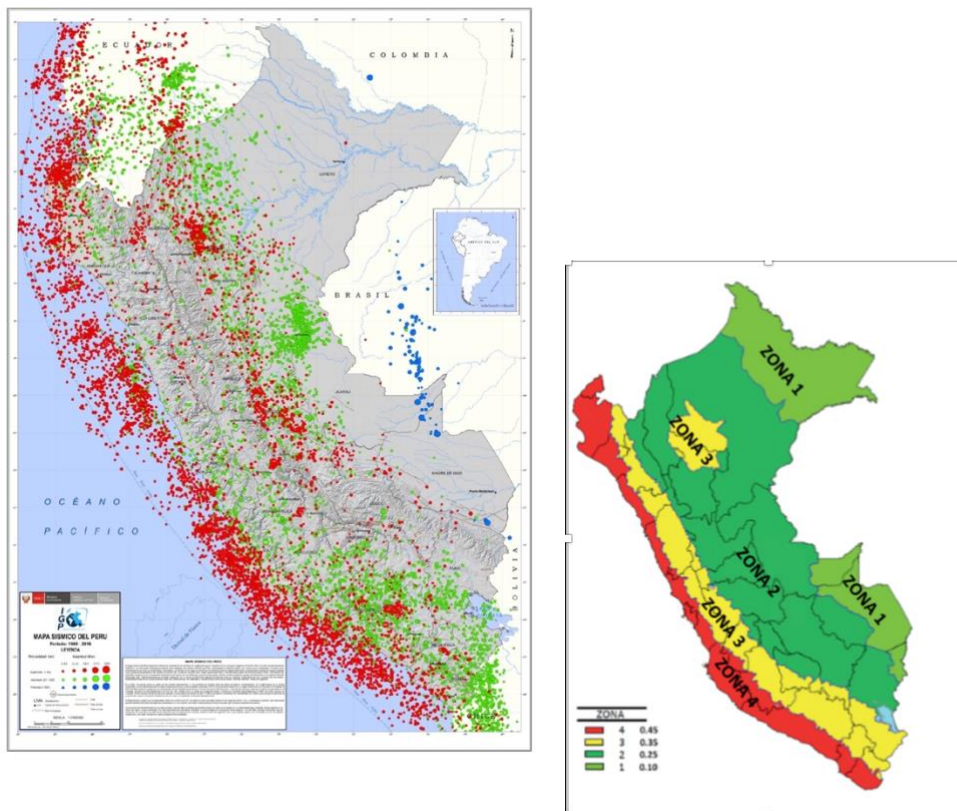


Figura 1. Izquierda, mapa sísmico del Perú (Tavera et al., 2016); derecha, mapa de zonificación sísmica 2016.

Los eventos sísmicos se pueden catalogar como sismos extremos cuando su magnitud supera el grado 6.0 en la escala de magnitud momento (Mw). En estos niveles, las ondas sísmicas que alcanzan la superficie presentan aceleraciones máximas a frecuencias variables dependientes del tipo de suelo. Estos niveles de aceleración constituyen un alto riesgo para las edificaciones de las zonas urbanas que es importante minimizar. Por este motivo, el registro de las aceleraciones que producen los movimientos sísmicos sobre las edificaciones y obras de ingeniería en



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

general son de vital importancia para evaluar el estado de salud de los mismos dado que la aceleración máxima se traduce en una carga adicional que afecta el diseño estructural. Esta misma información permite encontrar periodos de vibración en las estructuras afectadas así como factores de amplificación de los suelos entre otros factores que contribuirán a la mejora de la Norma E-030. Asimismo, los niveles de aceleración medidos a nivel regional pueden ser integrados en una base de datos a fin de elaborar curvas de atenuación e inferir niveles de aceleración en aquellos lugares intermedios que no cuentan con medición instrumental, por ejemplo cuando se quiere realizar obras de ingeniería en zonas rurales. El instrumento apropiado para registrar las aceleraciones del suelo producidas por las ondas sísmicas se denomina **acelerómetro digital** y existen en el mercado internacional bajo diferentes niveles de sensibilidad, capacidad de registro y transmisión de datos.

Dentro de este contexto, surge la necesidad de instrumentar con acelerómetros digitales los edificios y obras de ingeniería debido a su importancia social, política y económica. Es por este motivo que el Ministerio de Vivienda y Construcción, mediante Decreto Supremo Nro. 003-2016, actualizó el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.030 de Diseño Sismo-Resistente que en su capítulo noveno establece que los proyectos de edificaciones con un área igual o mayor de 10,000 m² construida, deberán instrumentarse con un acelerómetro digital. Para el caso de edificaciones con 20 o más pisos éstas deberán contar con un acelerómetro adicional en la azotea o en el nivel inferior al techo. También establece que los mencionados equipos deberán ser provistos por el propietario y deben estar de acuerdo con las especificaciones técnicas, sistemas de conexión y sistemas de transmisión de datos debidamente aprobadas por el Instituto Geofísico del Perú - IGP.

El presente documento brinda las pautas y procedimientos requeridos para la instalación, operación y mantenimiento del acelerómetro digital así como para la transmisión y disponibilidad de la información que este equipo brinda. Esperamos que la presente guía sea de fácil comprensión a fin de que el usuario pueda proceder al cumplimiento de la Ley.

2. Acelerómetro Digital

El acelerómetro digital es un dispositivo electro-mecánico con capacidad para registrar niveles de aceleración producidos por los movimientos sísmicos fuertes, son compactos, de mantenimiento y uso fácil.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

2.1. Especificaciones Técnicas mínimas

2.1.1. Sensor de aceleración:

- Sistema de tres componentes (Vertical, Longitudinal y Transversal)
- Ancho de Banda mínimo: DC hasta ≥ 200 Hz.
- Rango dinámico mayor a 130dB
- Escala de Medición seleccionable de $\pm 2g$ y $\pm 4g$
- Factor de amortiguamiento crítico: 0.7

2.1.2. Registrador:

- Frecuencia de muestreo: seleccionable a 50, 100, 200 o más muestras por segundo
- Resolución: 24 bits **por canal**
- Modos de registro:
 - Por nivel aceleración medida (1% del valor de la gravedad)
 - Por comparación de promedio de energía en ventanas de tiempo (Algoritmo STA/LTA)
 - Inicio de registro dentro de 0.1 segundos de detectado la señal de disparo.
- Ventana de Tiempo de registro de 30 segundos antes del inicio del sacudimiento y 30 segundos después de cumplida la condición del fin del evento.
- Referencia de tiempo por GPS y oscilador interno compensado de alta estabilidad.

2.1.3. Almacenamiento:

- Mayor o igual a 8 Gigabytes, en dispositivo de memoria fijo o removible, colocado en el interior del equipo.

2.1.4. Conectividad:

- Comunicación por puerto Ethernet e interface usuario vía web para el control, configuración y descarga de datos.
- Otros medios opcionales: USB2.0, USB3.0, serial, bluetooth, otros.

2.1.5. Software:

- Aplicativos para configuración y control.
- Convertidor de datos registrados por el equipo a formato MINISEED, ASCII, SAC.

2.1.6. Fuente de Energía:

- Externa 12 VDC ; con cargador 220VAC.
- Capacidad de mantener al equipo operativo por lo menos dos (02) días ante pérdida del suministro eléctrico.

3. Requerimientos para la Instalación del acelerómetro digital

3.1. Ubicación

En aplicación de la norma, si la edificación es de 10,000 m² el acelerómetro digital debe ser instalado en la base del edificio (uno adicional en la azotea o último piso si excede los 20 pisos). El espacio físico (ambiente) debe ser por lo menos 4 m² y deberá estar claramente señalado en los planos de arquitectura, teniendo en cuenta las siguientes características:

- ❖ De preferencia debe estar cerca de una columna.
- ❖ Fácil acceso para su mantenimiento
- ❖ Adecuada iluminación y ventilación.
- ❖ Disponibilidad de energía eléctrica ininterrumpida.
- ❖ Disponibilidad de ducto al exterior para el cableado de la antena de control de tiempo por GPS. La longitud del ducto debe ser tal que la antena GPS tenga visibilidad sin obstáculos en el exterior. En caso la longitud de ducto exceda los 15m. Se deberá considerar el uso de amplificadores de señal GPS.
- ❖ Buena seguridad física.

Además, es necesario mencionar que para una apropiada operación del acelerómetro digital es necesario que el ambiente dispuesto para tal fin sea de uso exclusivo, y no empleado como depósito o lugar de operación de otros equipos, en especial si estos generan vibración. El circuito de suministro eléctrico para alimentación deberá ser especial para evitar el daño del equipo por perturbaciones en la línea. En lo posible, el lugar de instalación deberá estar alejado de fuentes de vibración fuertes como ascensores, bombas, motores, o lugares de tránsito de vehículos. El equipo deberá estar libre de ser sometido a condiciones extremas de temperatura y humedad.

3.2. Instalación

El acelerómetro digital deberá quedar montado sobre una base de concreto simple dispuesta para este fin, la cual deberá estar localizada cerca de una columna construida con concreto, como mínimo de $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$, y con las siguientes dimensiones: Largo 40 cm, Ancho 40 cm y Alto 10 cm. Como referencia para la construcción del sitio del acelerómetro digital ver el diagrama del Anexo I.

Al momento de la instalación, el acelerómetro digital deberá quedar fijado a la base de concreto por un mecanismo de tornillo de fijación que estará anclado en el concreto, de esta manera se asegura el acoplamiento del instrumento a la estructura.

El acelerómetro debe tener la misma orientación relativa a la orientación del edificio, es decir, su componente *Longitudinal* (L) debe estar orientado a lo largo del eje de



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

mayor longitud del edificio. La orientación del acelerómetro debe estar claramente especificado en los planos estructurales del edificio.

El propietario del edificio o su representante debidamente acreditado podrá solicitar los servicios del IGP para efectuar la instalación del acelerómetro digital o encargarlos a terceros. Una vez realizada la instalación, el propietario solicitará al IGP que realice la inspección correspondiente, verifique se cumplen las especificaciones técnicas y emita el certificado de instalación.

3.3 Mantenimiento

En la Norma Técnica de Edificación E.030, Diseño Sismo resistente, se encuentra establecido que el mantenimiento operativo, incluyendo los materiales y componentes, está a cargo de los propietarios del edificio, pero deberá ser efectuado bajo control de las municipalidades y supervisión del Instituto Geofísico del Perú. Para ello, el propietario podrá contratar con el IGP el servicios de mantenimiento anual del equipo o en su defecto optar por una empresa certificada para tal fin. El IGP mantendrá una lista de las empresas calificadas a fin de asegurar la calidad de la información recolectada.

Periodo de mantenimiento: Se recomienda que el intervalo de mantenimiento de los acelerómetros digitales no sea mayor a un año. La ejecución y resultados del mantenimiento efectuado deben ser de hechos de conocimiento del IGP, para ello el propietario proporcionará el nombre de la persona de contacto autorizada para toda coordinación. En caso de no hacerlo, si hubiera un sismo y el equipo estuviera inoperativo, se asumirá como responsabilidad de la empresa proveedora del servicio o del propietario.

Cuando el IGP o la empresa que efectúe el mantenimiento encuentre que el equipo debe retornar a fábrica para reparación, el tiempo de inoperatividad no deberá exceder los sesenta (60) días. A su retorno el acelerómetro digital requiere nuevamente contar con la certificación del IGP.

Todas las pruebas del equipo se efectuarán siguiendo las instrucciones del fabricante.

4. Sistemas de transmisión de datos

Los propietarios podrán optar por enviar los datos del acelerómetro digital a la sede del IGP bajo las siguientes modalidades:

- Tiempo Real.- El propietario conectará el instrumento a la red internet pública del edificio para acceso del IGP. En caso de no existir una red internet en el edificio, el propietario evaluará la posibilidad de contratar un servicio de internet para enlazar el acelerómetro al IGP. En esta condición, el IGP podrá monitorear remotamente la operatividad del instrumento sin ningún costo para el propietario.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

- Grabación Local.- Facilitará el acceso al personal IGP cuando estos se apersonen al edificio bajo las siguientes condiciones:
 - Recojo de datos cuando se estime que la memoria libre del acelerómetro está a 1/3 de su máxima capacidad.
 - Inmediatamente después de un eventos sísmico significativo.

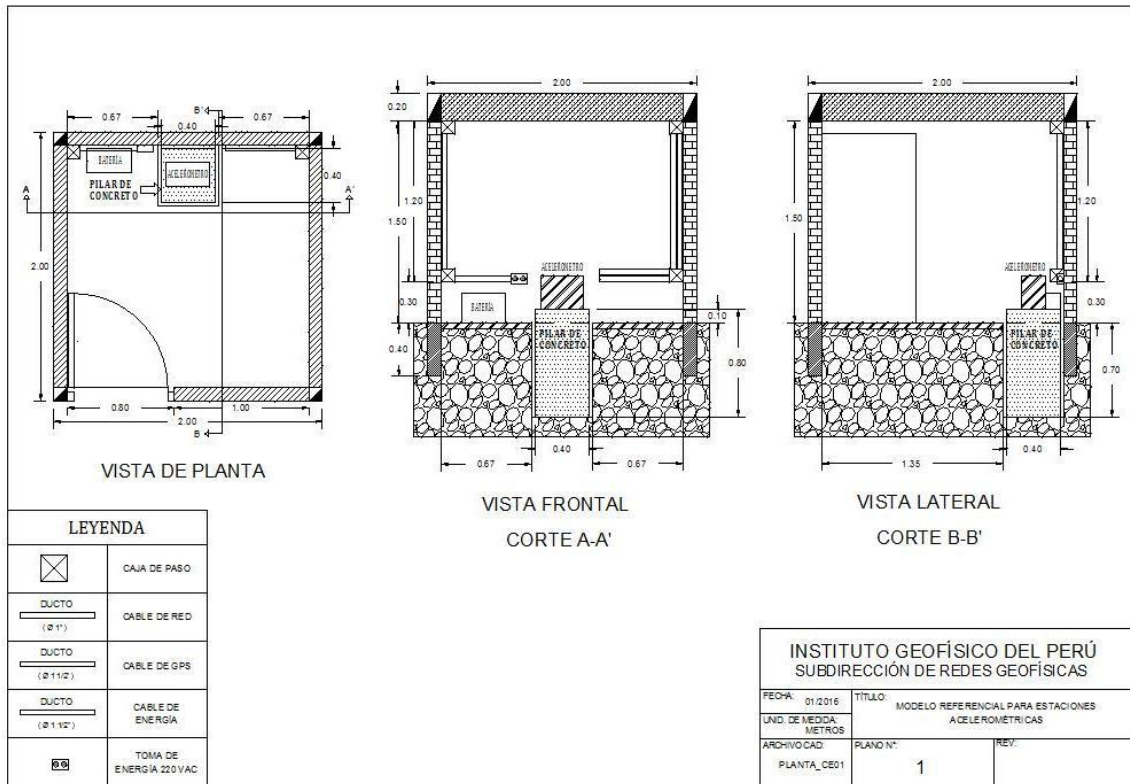
5. Disponibilidad de los datos

- Posterior a la ocurrencia de un evento sísmico sensible, el IGP efectuará la recolección de los datos registrados en todos los acelerómetros. Para ello se coordinará la visita con las personas de contacto designadas por el (los) propietario (s) para tal fin.
- Los datos procesados serán publicados en la página web del IGP.

6. Contáctenos

- Si requiere mayor información contactar con el Instituto Geofísico del Perú – Subdirección de Redes Geofísicas. Teléfono: 317-2300 Anexo 157 ; 250-1037.
- E-mail: ebautista@igp.gob.pe
- Página web: www.igp.gob.pe/NormaE30

7. ANEXO I. Modelos referenciales de infra-estructura



8. ANEXO II . Modelos de Acelerómetros Digitales Típicos



Nanometrics – Modelo Titán



Kinometrics – Modelo Etna 2