

**INFORME PRELIMINAR**  
**EL TERREMOTO DE MOYOBAMBA DEL 25 DE SETIEMBRE DEL 2005**

**Elaborado por CISMID – FIC - UNI**

**3 de Octubre del 2005**

**INTRODUCCIÓN**

El 25 de Setiembre a las 8:55 pm un fuerte movimiento telúrico remeció la región nororiental del Perú, generando daños de consideración principalmente en la ciudad de Lamas y poblaciones aledañas en el departamento de San Martín, así como en la ciudad de Chachapoyas y alrededores, en el departamento de Amazonas. El sismo, que ocurrió a una profundidad focal de 115 Km y alcanzó una magnitud de 7.5 Mw (NEIC), fue sentido en toda la región Norte y Centro del Perú, siendo perceptible desde Lima por el Sur hasta Guayaquil, Ecuador, por el Norte.

La red acelerográfica del CISMID registró este evento en su estación analógica de Moyobamba y en dos estaciones digitales de la ciudad de Lima, faltando verificar la estación analógica de Huaraz. La estación de Moyobamba, que se encuentra ubicada aproximadamente a 85 km del epicentro registró 27 segundos del movimiento, logrando captar parte de la fase intensa del movimiento, donde se registró una aceleración máxima de 132 gal en la componente EW. Luego de la ocurrencia del sismo una misión de investigadores del CISMID viajó a la zona del desastre para instalar una red acelerográfica temporal para la medición de réplicas, consistente de dos acelerómetros digitales, los cuales fueron instalados en las ciudades de Moyobamba y Cemento Selva en Rioja, y dos estaciones analógicas que fueron instaladas en la ciudad de Lamas. Posteriormente, otro grupo de investigadores viajó a esta región para realizar la evaluación de daños ocasionados por el sismo.

**RED ACELEROGRÁFICA NACIONAL CISMID - FIC - UNI**

El CISMID en la actualidad cuenta con 17 estaciones acelerográficas instaladas en las principales ciudades del país (Figura 1). En una primera etapa se instalaron acelerógrafos analógicos RION, modelo SM-10B, de manufactura japonesa; este equipo tiene la capacidad de registrar 100 muestras de aceleración por segundo y

graba registros cuando el movimiento del suelo excede el valor de  $5 \text{ cm/s}^2$  de aceleración en la componente vertical. Los registros son grabados en un cassette analógico, el cual es procesado en un convertidor analógico digital para obtener el respectivo registro en formato digital.



Figura 1: Mapa de Ubicación de las Estaciones Acelerográficas del CISMID-FIC-UNI

A partir del año 2001, se fueron reemplazando estos instrumentos por estaciones acelerográficas digitales Kinemetrics, modelo ETNA, que tienen la capacidad de registrar 200 muestras de aceleración por segundo; y el nivel de disparo puede ser programado como un porcentaje de la máxima amplitud de registro. Actualmente los

equipos tienen como umbral  $2 \text{ cm/s}^2$ . El registro es grabado directamente a una memoria interna a la cual se accede mediante comunicación directa con cualquier computadora, obteniéndose directamente el acelerograma; este equipo además cuenta con una antena GPS que le permite actualizar en forma permanente los datos de la fecha, hora y coordenadas geográficas del lugar donde se encuentra instalado, así como una batería que le permite funcionar sin energía eléctrica por un lapso de 72 horas.

## REGISTROS OBTENIDOS

El evento principal fue registrado en las siguientes estaciones de la Red Acelerográfica Nacional del CISMID-FIC-UNI: Estación Moyobamba (MOY), Estación Jorge E. Alva Hurtado, Lima (CSM), Estación La Molina, Lima (MOL).

### ESTACIÓN MOYOBAMBA

Se encuentra ubicada en la ciudad de Moyobamba, a cuatro cuadras de la Plaza de Armas, instalada en la casa del Sr. Luis E. Arévalo desde 1991. El acelerógrafo es del tipo RION (Figura 2)



**Figura 2: Acelerógrafo analógico RION, modelo SM-10, Estación Moyobamba**

Los acelerogramas obtenidos se muestran en la Figura 3 y sus correspondientes espectros de Fourier y de Respuesta se muestran en la Figura 4. Los archivos de datos de estos registros se encuentran disponibles en la página Web del CISMID: <http://cismid-uni.org>.

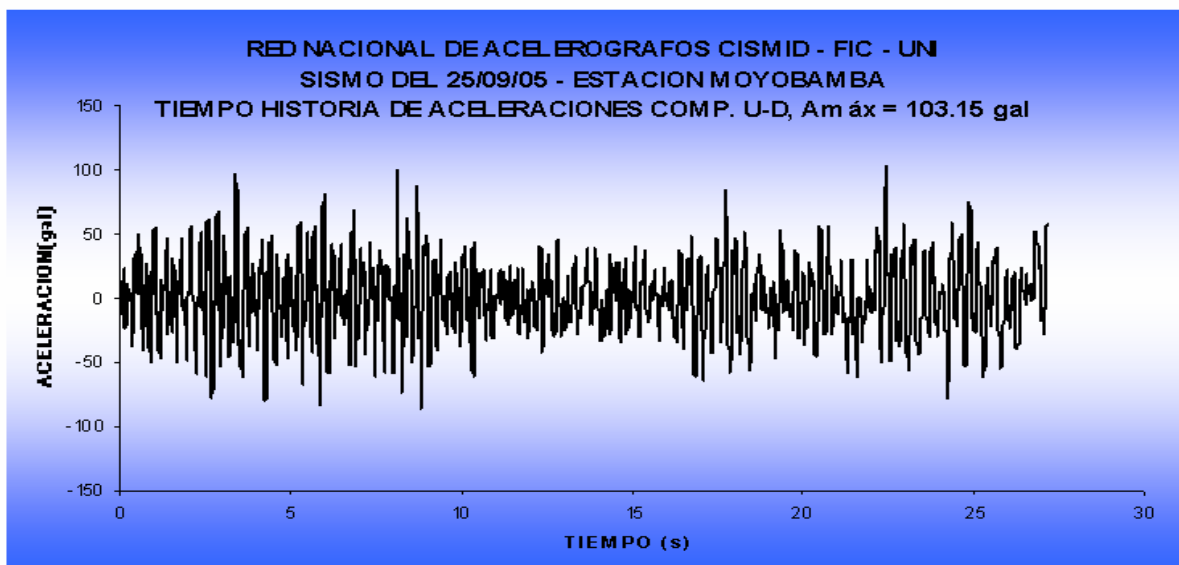
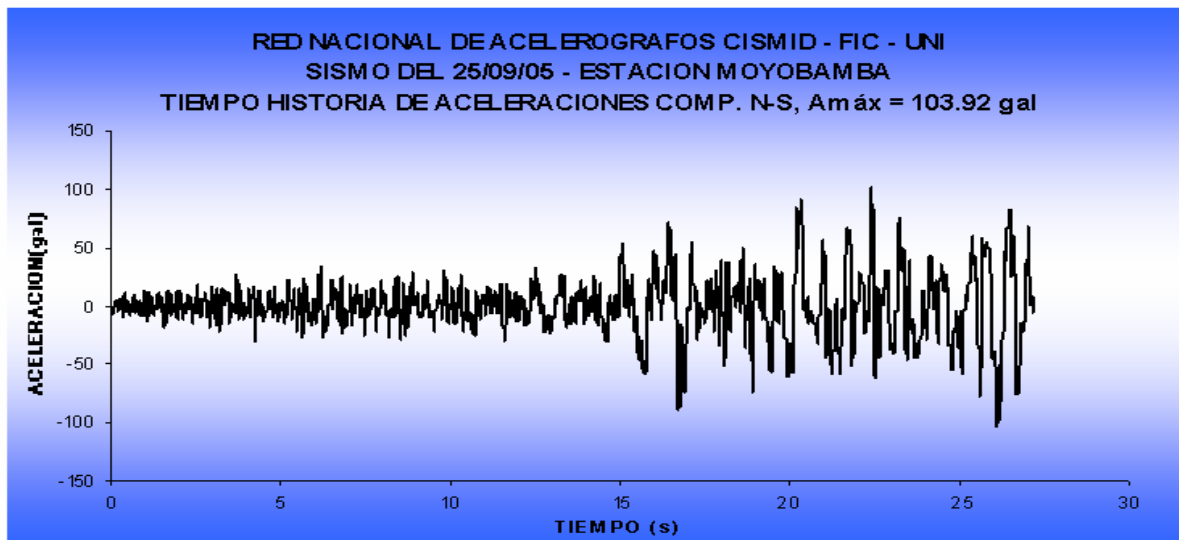
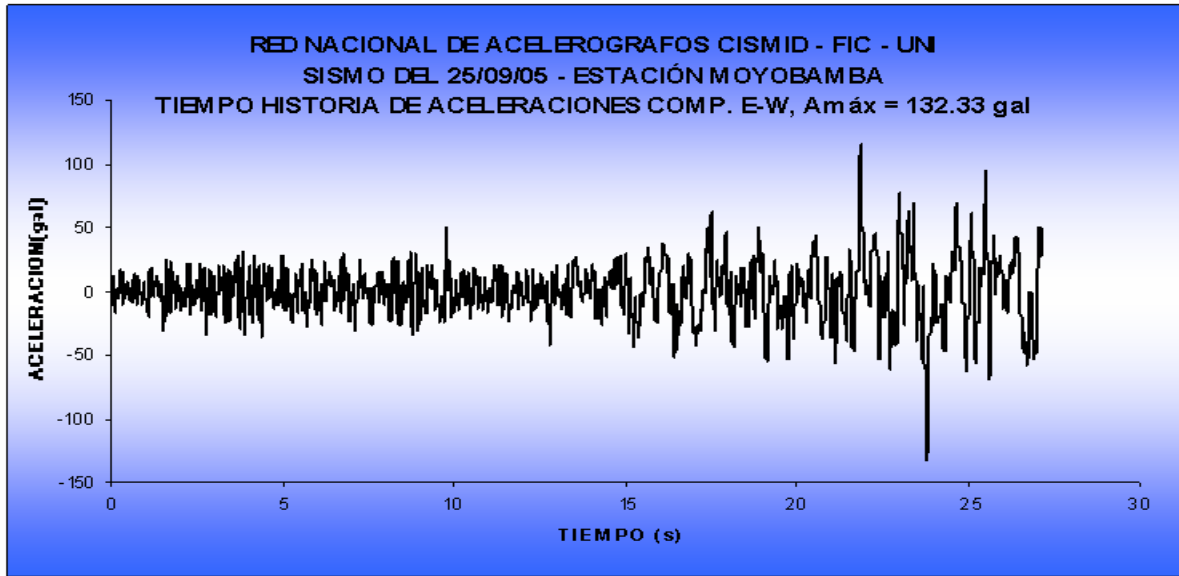
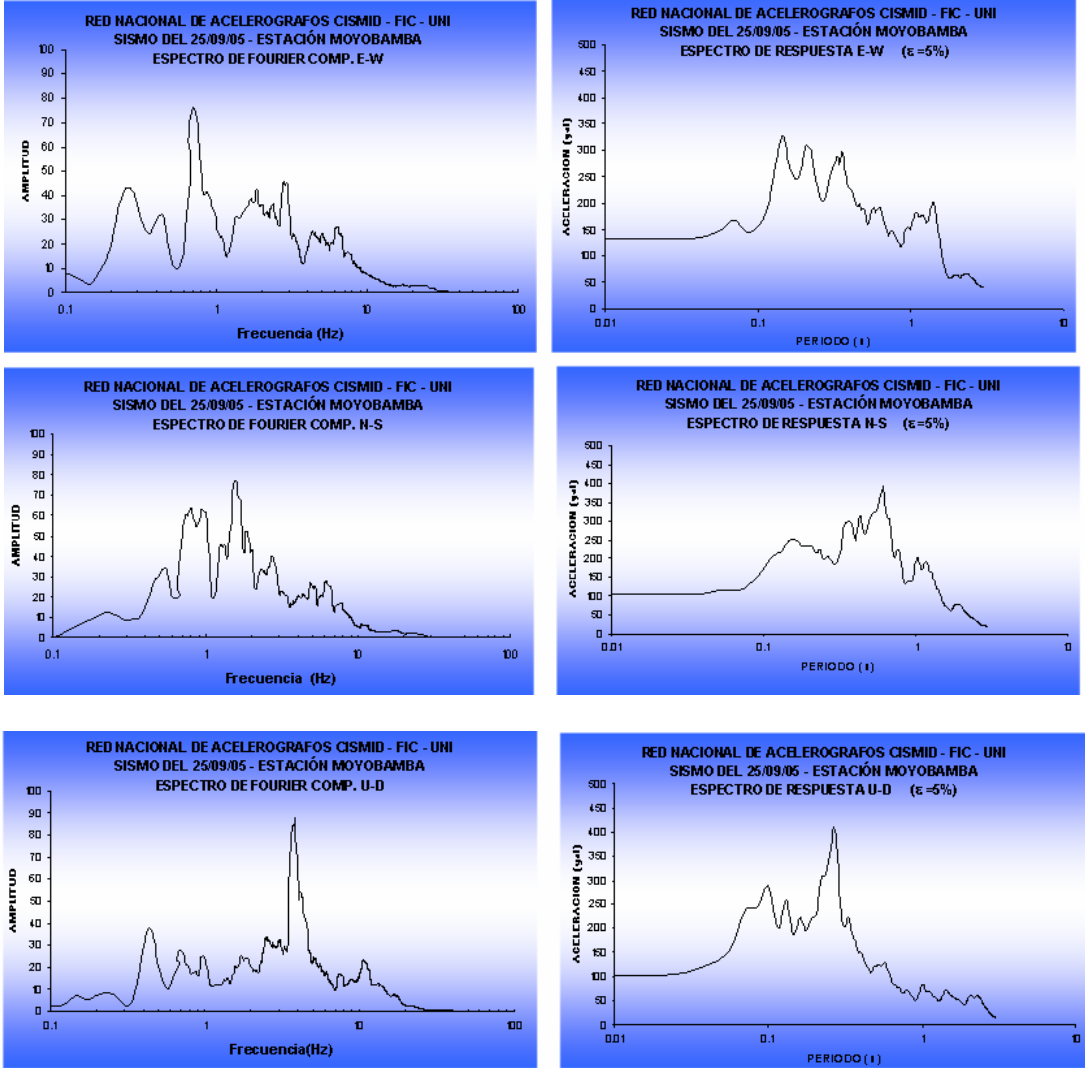


Figura 3: Registros de aceleración sismo del 25/09/05, Estación Moyobamba

El registro tiene una duración de 27.15 segundos y se inicia en 10 gal (este equipo estuvo programado con dicho umbral de disparo). Se puede observar la onda P y la llegada de la onda S con un intervalo de tiempo correspondiente a la distancia epicentral. El acelerograma se cortó durante la fase intensa del movimiento debido a que el equipo dejó de registrar el evento como consecuencia de la interrupción de la energía eléctrica que se presentó en la zona epicentral. Se puede observar que las aceleraciones que se presentaron en esta ciudad tienen valores máximos de 132.33 gal en la dirección EW, 103.92 gal en la NS y 103.15 gal en la dirección vertical, valores que explican el tipo de movimiento percibido por los pobladores de Moyobamba. Las Figuras 5 y 6 muestran los registros de velocidades y desplazamientos obtenidos a partir del registro de aceleración. La velocidad máxima fue de 15.3 cm/seg y el desplazamiento máximo fue de 6 cm en la componente EW.



**Figura 4: Espectros de Fourier y de Respuesta de Aceleraciones.**

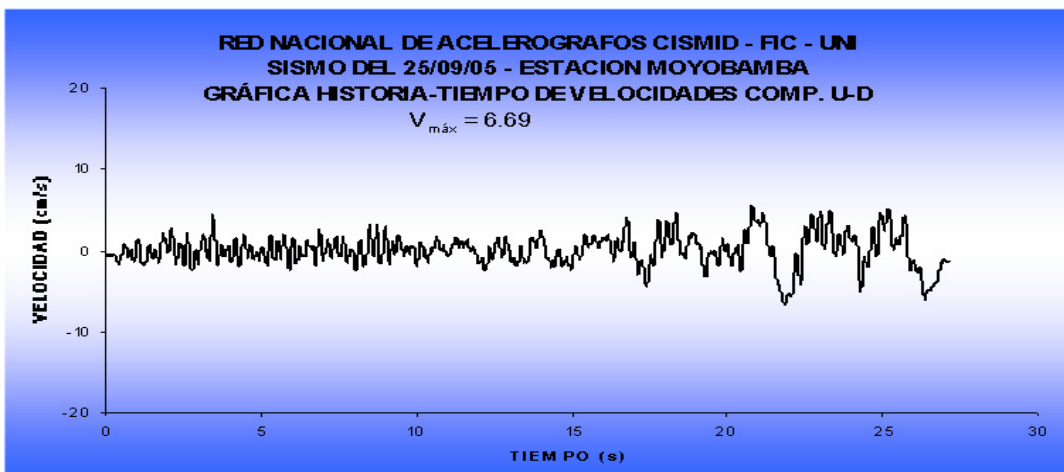
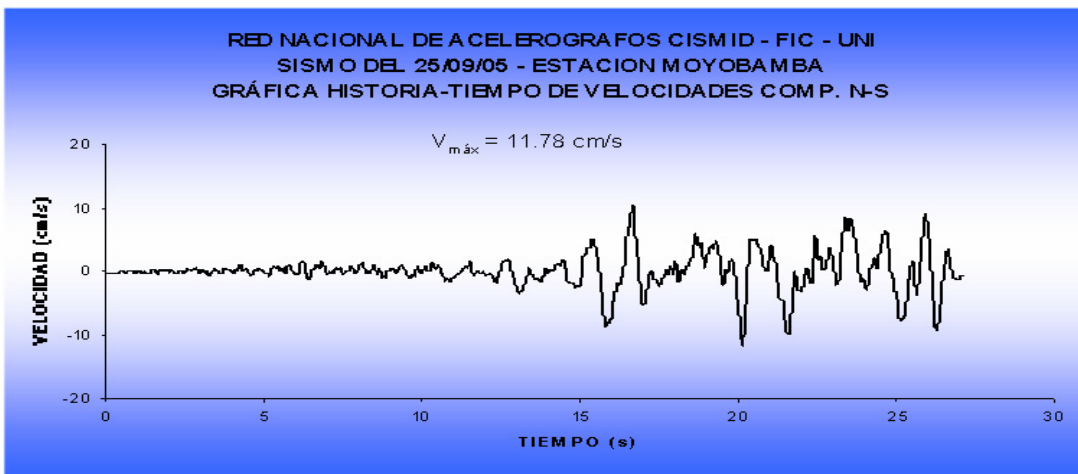
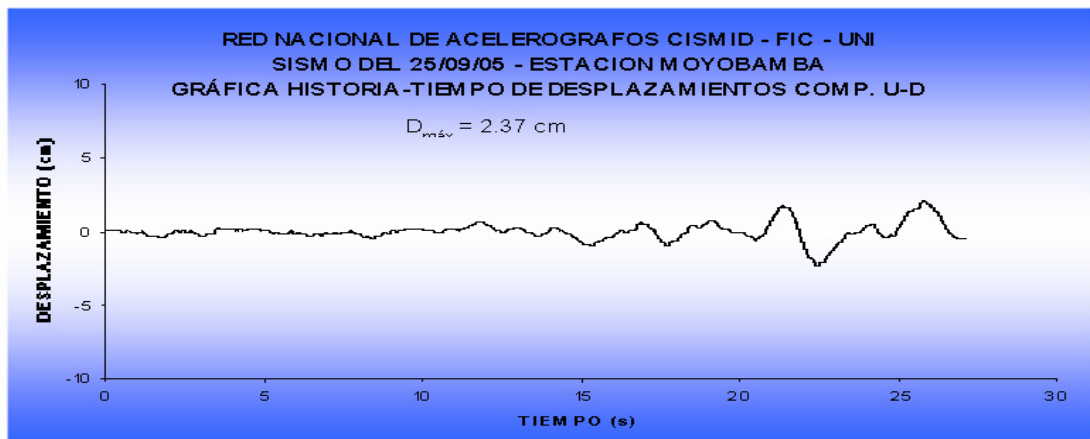
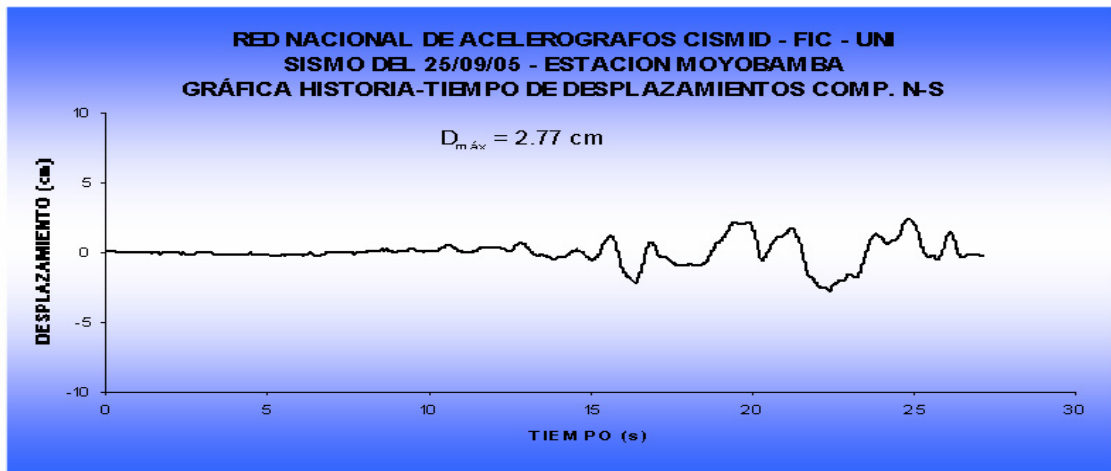
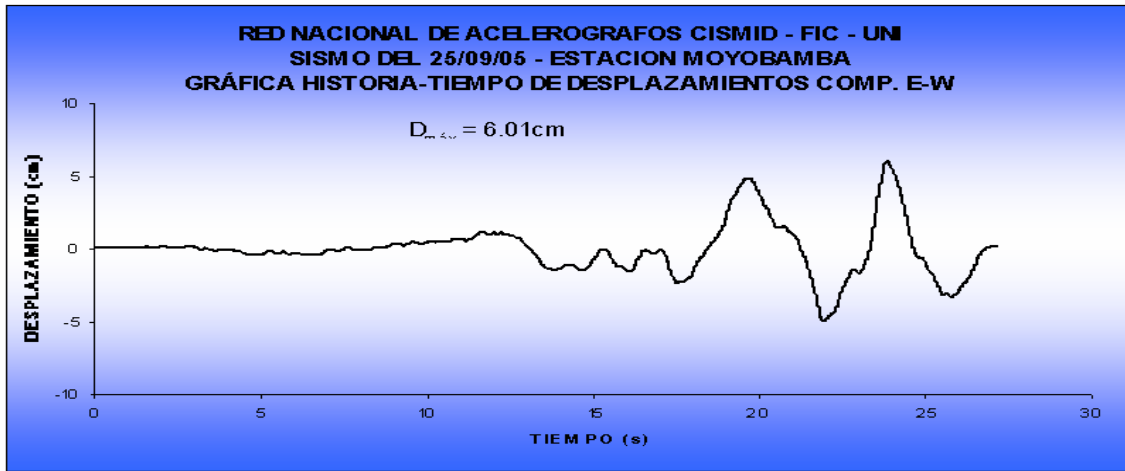


Figura 5: Registros de Velocidades.



0.

Figura 6: Registros de Desplazamientos

## ESTACIONES EN LA CIUDAD DE LIMA

La estación Jorge E. Alva Hurtado, ubicada en las instalaciones del CISMID (distrito de Rimac) y la estación La Molina, ubicada en la casa del Dr. Javier Piqué (distrito de La Molina) también registraron este evento. Los equipos instalados en estas estaciones son del tipo digital, modelo ETNA (Figura 7)



Figura 7: Acelerógrafo digital Kinematics, modelo ETNA

Los registros obtenidos en estas estaciones, así como sus respectivos Espectros de Respuesta de Aceleraciones Absolutas, se muestran en las Figuras 8 y 9, estos registros también se encuentran disponibles en la página Web del CISMID: <http://cismid-uni.org>

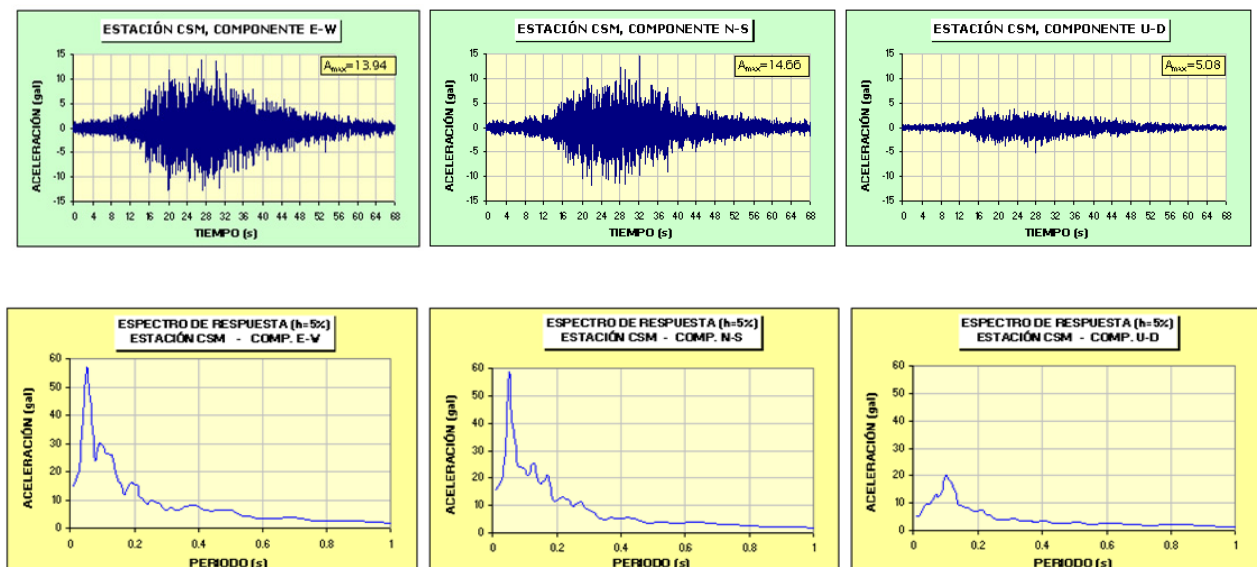
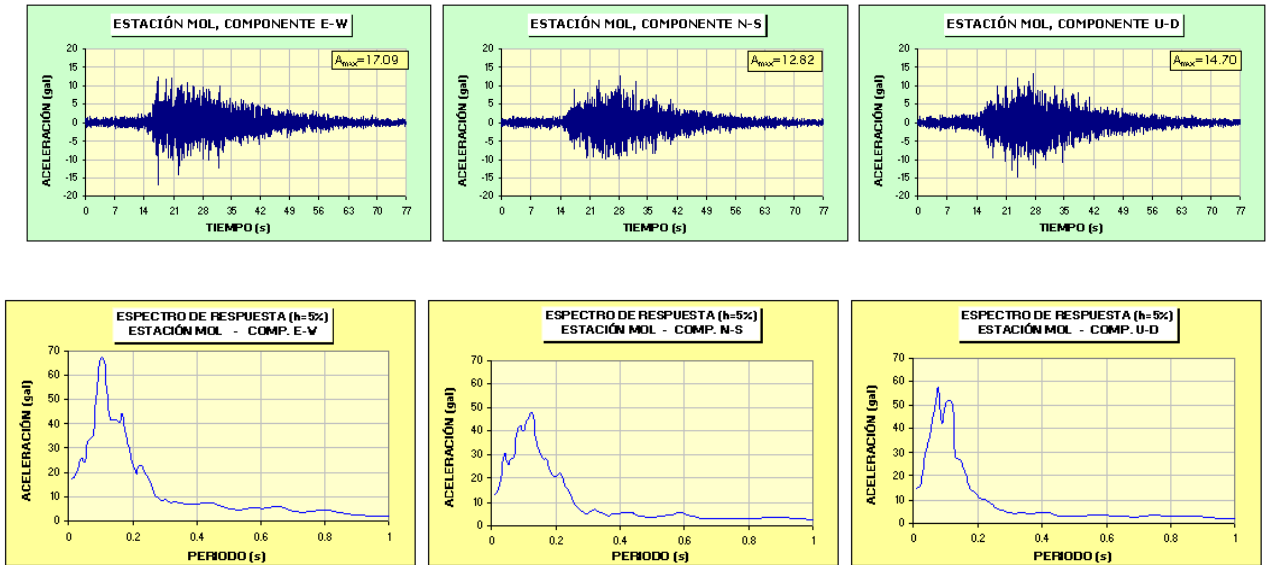


Figura 8.- Acelerogramas y Espectros de Respuesta, Estación Jorge E. Alva Hurtado (CISMID).





**Figura 9.- Acelerogramas y Espectros de Respuesta, Estación La Molina**

## MEDICIÓN DE RÉPLICAS

El CISMID ha instalado en forma temporal tres acelerógrafos para registrar las réplicas de este evento.

### ESTACIÓN PLANTA DE CEMENTO SELVA, RIOJA

En la planta de Cemento Selva, donde el sismo fue percibido con gran intensidad, y según los trabajadores las estructuras se desplazaron notablemente, se ha instalado un acelerógrafo digital Kinometrics, modelo ETNA. La Figura 10 muestra la instalación de este equipo.



**Figura10: Estación Acelerográfica Temporal, Planta de Cemento Selva**

## ESTACIONES LAMAS 1 y LAMAS 2

En el distrito de Lamas, donde las viviendas de tapial han sufrido daños severos, se han instalado dos acelerógrafos analógicos RION, uno ubicado en el Hospital Rural y otro en el Centro Educativo Inicial 260. La Figura 11 muestra la ubicación de estos equipos y la Figura 12 la instalación del acelerógrafo ubicado en el Hospital Rural.

### PLANO URBANO DE LA CIUDAD DE LAMAS

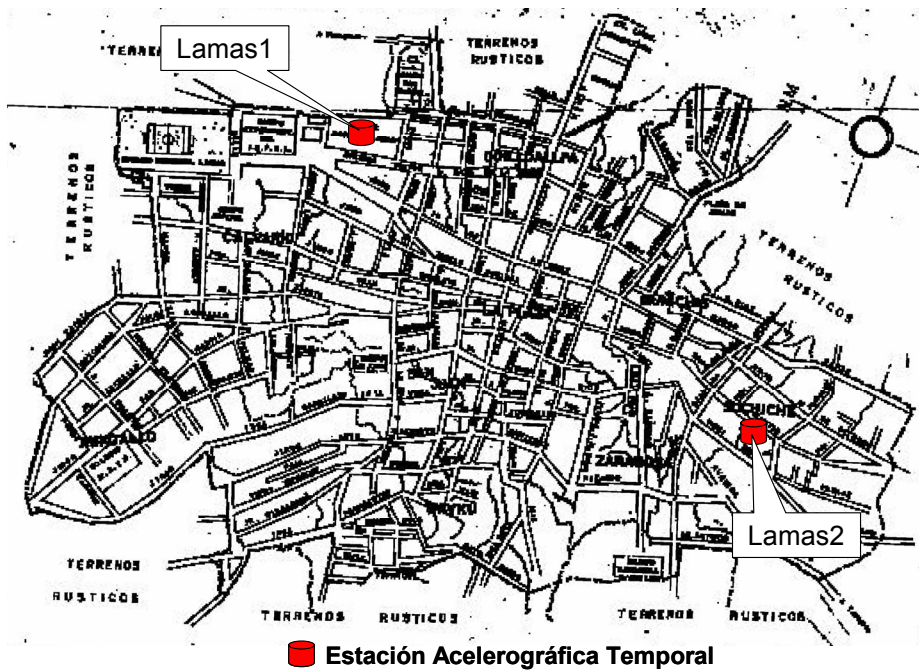


Figura 11: Estaciones Acelerográficas en Lamas



Figura 12: Estación Acelerográfica Temporal Lamas 1, Hospital Rural.

El acelerógrafo instalado en el Centro Educativo Inicial 260 es el que se encontraba ubicado en la ciudad de Moyabamba (casa del Sr. Luis Arévalo), y en cuyo lugar se ha instalado un acelerógrafo digital kinematics, modelo ETNA, debido a que este equipo es más sensible lo que le permitirá registrar las réplicas con amplitudes de movimiento desde los 2 gal.

## **EFFECTOS LOCALES DE SITIO**

Los efectos locales de sitio que se observaron en la zona del desastre consisten en pequeños deslizamientos de tierra y caídas de grandes bloques de roca, que bloquearon sectores de la carretera Fernando Belaúnde. Así mismo, se observó la ocurrencia del fenómeno de licuación de suelos en los sectores de Shango y Azungue, localizados en la parte baja de la ciudad de Moyabamba. La Figura 13 muestran los volcanes de arena y agrietamientos del suelo por deslizamientos, que son evidencias de la licuación de suelos.



**Figura 13: Licuación de suelos y Agrietamientos, ciudad de Moyabamba**

## EVALUACIÓN DE DAÑOS

Se procedió a la inspección y evaluación de un aproximado de 900 unidades de vivienda en los barrios de Suchiche, La Plaza y Calvario, ubicados dentro del distrito de Lamas, que fueron los más afectados por el sismo.

Para la evaluación, entre otros parámetros se registró la antigüedad, el uso, el tipo de edificación, el número de pisos, los tipos de daños estructurales según la Escala de Intensidad Sísmica MSK, el porcentaje de daños observados, y la condición de vivienda habitada o deshabitada.

El tipo de edificación se ha basado en la siguiente clasificación:

- Tipo A: con muros de mampostería en seco o con barro, de adobe, de tapial.
- Tipo B: con muros de fábrica de ladrillo, de bloques de mortero, de mampostería.
- Tipo C: con estructura metálica o de hormigón armado.

La clasificación de daños en las construcciones ha seguido los siguientes parámetros:

- Clase 1: daños ligeros: fisuras en los revestimientos, caída de pequeños trozos de revestimiento.
- Clase 2: daños moderados: fisuras en los muros, caída de grandes trozos de revestimiento, caída de tejas, caída de pretilas, grietas en las chimeneas e incluso derrumbamientos parciales en las mismas.
- Clase 3: daños graves: grietas en los muros, caída de chimeneas de fábrica o de otros elementos exteriores.
- Clase 4: destrucción: brechas en los muros resistentes, derrumbamiento parcial, pérdida del enlace entre distintas partes de la construcción, destrucción de tabiques y muros de cerramiento.
- Clase 5: colapso: ruina completa de la construcción.

El procesamiento de la información recopilada se encuentra en pleno trabajo; sin embargo, se ha constatado que el tipo de construcción predominante en las zonas más afectadas, es en base a muros contruidos con bloques de tapial cuyas dimensiones promedio son de 1.90 m x 1.00 m. Estos muros no presentan una trabazón adecuada en las esquinas, lo que ha contribuido a la aparición de grietas verticales por fallas de tracción.

Asimismo, la excesiva dimensión de los vanos de puertas y ventanas, en algunos casos superior a 1.50 m. de ancho, ha ocasionado una reducción en la rigidez de los muros, apareciendo grietas diagonales desde las esquinas de los vanos. Otra razón para la formación de grietas es el poco empotramiento de los dinteles de madera sobre dichos vanos. En la mayoría de los casos, no supera los 30 cm.

La altura de los muros ha contribuido también, al colapso de muchas viviendas de tapial. La mayoría viviendas son de uno y dos pisos. En casos excepcionales se han encontrado construcciones de 3 niveles, con una altura de muros de 8 a 9 m.

La totalidad de las viviendas afectadas carecen de una viga collar en la parte superior de los muros. Los techos ligeros, cubiertos con calamina o tejas, están superpuestos directamente sobre los muros, y no han funcionado como un diafragma que brinde rigidez a la construcción en su conjunto.

De acuerdo a nuestra propia información registrada, un 81% de las construcciones evaluadas son de tapial, y el 19 % son de albañilería confinada, sin confinar y de bloques de concreto. Asimismo, un 72% de las viviendas son de un solo piso, 20% son de 2 pisos, y 8 % de tres pisos.

Esta información se sigue procesando, así como también los tipos y porcentajes de daños hallados en las viviendas.

Por versión de la misma población entrevistada, la hora de ocurrencia del sismo minimizó la pérdida de vidas, ya que la mayor parte de la población se encontraba en la puerta de sus viviendas charlando con sus vecinos, como es la costumbre en muchos pueblos calurosos. La temperatura en el día llega a los 35 grados, y por la

noche no baja de 25 o 26 grados, así que a la hora del sismo, mucha gente se encontraba fuera de sus casas. La Figura 14 muestra en forma general los diversos tipos de daños observados.



**Figura 14: Daños en viviendas de tapial, distrito de Lamas**

## **CONCLUSIÓN PRELIMINAR**

El registro de aceleraciones obtenido en la ciudad de Moyabamba, indica que el movimiento tuvo una intensidad moderada en esta ciudad. El distrito de Lamas, al encontrarse mas cerca del epicentro, debe haber experimentado aceleraciones mayores, provocando los daños observados en las viviendas de tapial, las cuales presentaban una alta vulnerabilidad sísmica debido a sus características estructurales. Sin embargo la distribución de los daños de las viviendas no es uniforme en este distrito, lo que indica que deben existir efectos de sitio debido a las condiciones locales (topografía, geología y tipo de suelo) que han incidido en la respuesta estructural de las viviendas. Por ello se hace necesario realizar un estudio de Microzonificación Sísmica que permita identificar dichos efectos, cuyos resultados

permitirán realizar una adecuada reconstrucción de las viviendas, y un desarrollo urbano adecuado de este distrito.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Sr. Luis E. Arévalo, por su invaluable colaboración durante estos años en el mantenimiento y cuidado del acelerógrafo ubicado en su hogar, dedicación desinteresada que permitió registrar el evento principal, información valiosa para la ingeniería sísmica de nuestro país. Asimismo, agradecerle su diario apoyo para la instalación de las estaciones temporales e inspecciones de campo así como sus fotos de la licuación de suelos.

A Cemento Selva, por su invaluable apoyo para la instalación de un acelerógrafo en su planta.

Al Hospital Rural y Centro Educativo Inicial 260 del distrito de Lamas por permitirnos instalar los acelerógrafos en sus locales.

Al Hospital Rural de Lamas y al Centro de Salud de la Comunidad Nativa de Wayku por permitirnos visitar sus instalaciones.

Al Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Departamental de San Martín, con sede en la ciudad de Tarapoto.

A las autoridades del distrito de Lamas.

Un reconocimiento especial a las familias del distrito de Lamas, quienes a pesar de los difíciles momentos vividos, nos brindaron facilidades para el desarrollo de nuestra labor.

## **EQUIPO DE TRABAJO**

### **Instalación de Acelerógrafos y Efectos Locales:**

Dr. Zenón Aguilar Bardales

Ing. Fernando Lázares La Rosa

Ing. Luis Chang Chang

Bach. Ramiro Piedra Rubio

Sr. Luis E. Arévalo

**Evaluación de Daños en Viviendas:**

Ing. Francisco Rios Vara

Ing. Jorge Gallardo Tapia

Ing. Germán Valdivia

Ing. Silvia Alarcón Presentación

Bach. Zuly Palomino Velapatiño

Bach. Juan Tello del Pino

Estudiante Elizabet Flores

Estudiante Pedro Gutiérrez

**Procesamiento de Acelerogramas y Espectros:**

Ing. Fernando Lázares La Rosa

Bach. Ramiro Piedra Rubio

Estudiante Juan Pablo Almora

**Elaboración del Informe:**

Dr. Zenón Aguilar Bardales

Ing. Fernando Lázares La Rosa

Ing. Francisco Rios Vara

Ing. Freddy Ccallo Huaquisto

Bach. Yesenia Cantoral Ninfa

Bach. Ramiro Piedra Rubio

**Revisión del Informe:**

Dr. Jorge Olarte Navarro.