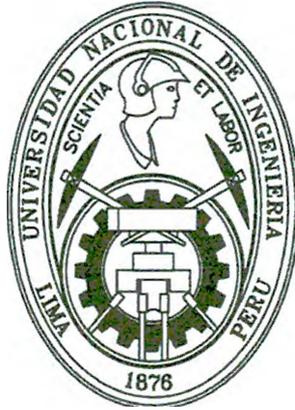


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
SECCION DE POST- GRADO



**“PROYECTO PILOTO DE MEDIDA DE
DISTRIBUCIÓN DE LAS INTENSIDADES SÍSMICAS
EN LA CIUDAD DE TACNA MEDIANTE LA
INSTALACIÓN DE SISMOSCOPIOS”**

TESINA PARA OPTAR EL TÍTULO DE SEGUNDA
ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL EN INGENIERÍA
SISMORRESISTENTE

ING. CARMEN ELEANA ORTIZ SALAS

LIMA - PERÚ

2010

*@ 2010, Universidad Nacional de Ingeniería.
Todos los derechos reservados.*

Dedicatoria

*A mi hija y a mi esposo, por ser mi fuerza y
templanza.*

A mis padres, por su amor y apoyo moral.

Agradecimientos

Doy infinitas gracias a Dios, por el camino recorrido.

Al Dr. Jorge Alva Hurtado, al Ing. Juan S. Carmona, al Dr. Zenón Aguilar Bardales y al Mag. Fernando Lazares La Rosa, por sus valiosos aportes a la presente Tesina.

RESUMEN

La presente investigación, es el resultado teórico experimental de la medida de la distribución de intensidades sísmicas en la ciudad de Tacna; teniendo como base la información sísmica existente, el estudio de las condiciones locales de los suelos, y el desarrollo del proceso de implementación de una red de equipos para la medición de intensidades denominados *Sismoscopios*.

La investigación teórica comprende un análisis de los registros de los sismos con aceleraciones más representativas, obtenidas entre los años 2001 al 2010 de las casetas acelerográficas ubicadas en la Universidad Privada de Tacna y en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann que fueron instalados por el CISMID – UNI. Los valores de respuesta espectral han sido estimados para un periodo de 0.7 seg y un amortiguamiento al 10%, valores que representan las características del Sismoscopio.

La fase experimental, comprende la calibración, la instalación y la puesta en funcionamiento de nueve (09) Sismoscopios ubicados en la ciudad de Tacna, simulando con cada equipo un vibrador lineal amortiguado que representa a una estructura sometida a un sismo, obteniendo así los valores del coeficiente sísmico, el espectro de aceleración, el espectro de velocidad, desplazamientos e intensidades sísmicas que serán de utilidad para el diseño de edificaciones seguras.

El presente estudio ha sido posible gracias al apoyo financiero otorgado por la Sección de Postgrado de la Universidad Nacional de Ingeniería que aportó un monto de S/.14,722.00 y de la Universidad Privada de Tacna que aportó la suma de S/.21,500.00 con los que cuales se adquirieron los equipos y se construyeron las casetas de los Sismoscopios en la ciudad de Tacna.

ABSTRACT

The present investigation, is the theoretical experimental result of the measure of Earthquake intensities distribution in Tacna city. It is based in existent seismicity information, the study local soils conditions and the process development to implementation of a grid of instruments for the intensities measurement . It is designated Seismoscope.

The theoretical investigation includes an analysis of the Earthquake registers with more representative accelerations, it has been obtained between 2001 to 2010 years in the accelerometer stands , they are situated in the Private University of Tacna and in the National University Jorge Basadre Grohmann. The accelerometers were installed by the CISMID – UNI. The response spectral value has been estimating for a period of 0.7 seconds and 10% of damping. It represents the Seismoscope characteristics.

The experimental phase includes the calibration, the installation and the put in operation of nine (09) Seismoscopes. They are located in the Tacna city. The Seismoscope is simulating to damped linear vibrator that represents a structure exposed to an Earthquake. The values that will be achieved the seismic coefficient, the response spectral of acceleration, speed, displacement and Earthquake intensities that this could be used for the sure design of buildings.

This study has been possible thanks to financial support provided by the Postgraduate Section of the National Engineering University that contributes around S/.14,722.00 and the Private University of Tacna that contributes around S/.21,500.00 . The contributions were used to acquire the instruments and booths of seismoscope in the City of Tacna.

CONTENIDO

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	8
1.1 Antecedentes	8
1.2 Justificación	8
1.3 Objetivos	9
CAPITULO II: CONCEPTOS BÁSICOS DE INGENIERIA SISMO RESISTENTE	10
2.1 Parámetros del Tamaño de un Sismo	10
2.1.1 Intensidad Sísmica	10
2.1.2 Magnitud Sísmica	10
2.2 Instrumentos para la Medición del Movimiento Sísmico	12
CAPITULO III: ESTUDIO DE LAS CONDICIONES LOCALES	15
3.1 Recopilación de la Información Existente	15
3.2 Estudios Geotécnicos en la Zona de Estudio	21
3.2.1 Prospecciones Efectuadas	21
3.2.2 Ensayos de Laboratorio	21
3.3 Tipos de Suelos Encontrados en la Ciudad de Tacna:	22
CAPITULO IV: DESARROLLO DE UN SISMOSCOPIO PROTOTIPO	25
4.1 Desarrollo de un Sismoscopio Prototipo	25
4.2 Características del Instrumento	26
4.3 Calibración del Instrumento	27
4.3.1 Calibración Mecánica	27
4.3.2 Calibración en la Mesa Vibratoria con los Acelerógrafos	30
4.4 Comparación de los Registros Obtenidos en los Sismoscopios y Correlación con la Percepción del Movimiento	31
4.4.1 Lectura del Registro	31
4.4.2 Equivalencia del Registro en el Sismoscopio tipo Wilmot con la Intensidad Mercalli	32
CAPITULO V: INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS EN LA CIUDAD DE TACNA	34
5.1 Ubicación de las Zonas para la Instalación de los Equipos	34
5.2 Interpretación de Resultados Obtenidos	35
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
6.1 Conclusiones	50
6.2 Recomendaciones	51
FOTOGRAFÍAS DE LA UBICACIÓN DE SISMOSCOPIOS	52
BIBLIOGRAFÍA	54
MAPAS	56
ANEXOS	59

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En nuestro país, a semejanza de lo que ocurre en otras Universidades del mundo, y en Centros especializados como el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), el Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS) y el Instituto Geofísico del Perú (IGP); se realizan estudios tendientes al mejor conocimiento de la distribución territorial de la peligrosidad sísmica y al desarrollo de tecnologías constructivas adecuadas que disminuyan la vulnerabilidad sísmica de las construcciones y de las obras de infraestructura, tratando de obtener un adecuado balance entre el costo económico y la seguridad necesaria.

Así, un significativo avance para el mejor conocimiento de las particularidades cinemáticas de los movimientos sísmicos, ha sido la puesta en operación de los acelerógrafos que el CISMID ha instalado en el Campus de la Universidad Privada de Tacna y en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, considerando que nuestra región se sitúa en una zona altamente sísmica.

Con la sugerencia del Dr. Jorge Alva Hurtado, quien ha venido investigando permanentemente sobre el peligro sísmico en nuestro país, se ha planteado el desarrollo del **Proyecto Piloto de Medida de la Distribución de las Intensidades Sísmicas en la Ciudad de Tacna** mediante la instalación de Sismoscopios, contándose con el permanente y valioso asesoramiento del Ing. Juan S. Carmona de la Universidad de San Juan, Argentina.

1.2 Justificación

Debido a la ocurrencia frecuente de movimientos sísmicos en la región de Tacna, se plantea la necesidad de implementar una red acelerográfica, que permitirá el registro de las aceleraciones sísmicas, los cuales son útiles para la elaboración de mapas de intensidades, los estudios de peligro sísmico y planificar la construcción de edificaciones seguras de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones. Por lograr dicho objetivo, es necesario contar con el apoyo de los centros de investigación, universidades, instituciones públicas, entidades privadas y la

población en general situación que permitirá realizar un mayor estudio y comprensión de los fenómenos sísmicos en nuestra Región.

En este contexto, el presente proyecto piloto de medida de las intensidades sísmicas, permitirá complementar la información de los acelerógrafos instalados en Tacna por el CISMID-UNI, mediante la instalación e implementación de Sismoscopios ubicados en diferentes zonas de estudio de la ciudad de Tacna.

1.3 Objetivos

Objetivo general.

Medir la distribución de las intensidades de los movimientos sísmicos en diferentes puntos de la ciudad de Tacna por medio de los registros que se obtengan con equipos económicos tales como los sismoscopios tipo Wilmot.

Objetivos específicos.

- Determinar las aceleraciones espectrales para las características del Sismoscopio en las zonas de estudio.
- Determinar las intensidades producidas por los movimientos sísmicos.
- Promover el uso de Sismoscopio en otras zonas del país.

CAPITULO II: CONCEPTOS BÁSICOS DE INGENIERIA SISMO RESISTENTE¹

2.1 Parámetros del Tamaño de un Sismo

Los sismos pueden ser medidos mediante el grado de destrucción que ellos causan en el área afectada como la Intensidad, o en función de la cantidad de energía liberada denominada Magnitud.

Además existen otros parámetros más modernos que también contribuyen a evaluar el tamaño de un sismo y están basados en acelerogramas (Intensidades de Husid y Arias) o en espectros de respuesta (Intensidad de Housner).

2.1.1 Intensidad Sísmica

Se entiende por intensidad sísmica en un punto, la fuerza con que en él, se experimentan los efectos del terremoto. Es el parámetro de mayor interés en Ingeniería y se obtiene estimando cualitativamente los daños producidos por el terremoto.

Las escalas más utilizadas son la Mercalli Modificada (MM) y la MSK. La primera propuesta por Mercalli en 1902, modificada por Wood y Newman en 1931 y Richter en 1956. La segunda se debe a los trabajos de Medvedev, Sponheuer y Karrik en 1967.

La inmensa mayoría del daño ocasionado por los terremotos son generados por sismos con intensidad superior a VII en la escala MM.

La intensidad es de gran interés para el Ingeniero, en cuanto es una medida de la fuerza del movimiento del terreno y el grado con que la vibración es sentida. Además, es el único parámetro de tamaño aplicable directamente a la época no instrumental. En el Anexo N° 01 se presenta la escala de Intensidad de Mercalli Modificada.

2.1.2 Magnitud Sísmica

La magnitud es una medida instrumental que se relaciona con la energía sísmica liberada en el foco y transmitida por ondas sísmicas. La magnitud es un valor que no depende del lugar de observación.

¹ Conceptos Básicos de Sismología para Ingenieros [Libro] / Aut. Miguel HERRAIZ SARACHAGA -1997.
Pag. del N° 55 al N°63

La Magnitud local (ML) fue inicialmente definida por Richter (1935) para los terremotos del Sur de California como el logaritmo decimal de la máxima amplitud expresada en micrones (10^{-6} m), del registro obtenido en un sismógrafo Wood-Anderson a una distancia de 100 km.

Matemáticamente es la diferencia en los algoritmos:

$$ML = \log A - \log A_0$$

donde:

A : Amplitud máxima registrada en una estación por un sismógrafo de torsión Wood-Anderson (amplificación 2800, periodo 0.85 s y un factor de amortiguamiento igual a 0.8).

A₀ : Amplitud correspondiente a calibración de la escala se hizo tomando M = 3 para el terremoto que a 100 km de distancia se registra con A = 1 mm

Esta magnitud denominada Magnitud de Richter es la más conocida pero no siempre la más apropiada para describir el tamaño de un sismo. La magnitud de Richter no distingue entre diferentes tipos de ondas.

Magnitud de Ondas Superficiales (Ms): Para distancias epicentrales grandes, las ondas de cuerpo han sido usualmente atenuadas y esparcidas suficientemente, tal que el movimiento resultante es dominado por ondas superficiales. La magnitud de las ondas superficiales (Gutenberg y Richter, 1936) es una escala basada en la amplitud de las Ondas Rayleigh con un periodo aproximadamente de 20 s.

$$Ms = \log A + 1.66 \log D + 2.0$$

donde:

A= Amplitud del desplazamiento máximo

D > 1000 km y P < 70 km

D= Distancia epicentral del sismómetro medido en grados.

Magnitud de Ondas de Cuerpo (m_b): Para sismos de foco profundo, las ondas de superficie son frecuentemente demasiado pequeñas para poder evaluar confiablemente Ms. La magnitud de Ondas de Cuerpo (Gutenberg, 1945) es

una escala basada en la amplitud de los primeros pocos ciclos de ondas P que no son fuertemente influenciados por la profundidad focal (Bolt, 1989)

$$m_b = \log A - \log T + 0.01D + 5.9$$

donde:

A= amplitud de la onda P

T= periodo de la onda P (aprox. 1 s)

Magnitud de Momento Sísmico (M_w)

Una manera cualitativa del tamaño de un terremoto es midiendo la dislocación de los materiales terrestres que intervienen en la generación del terremoto.

La escala M_w , fue introducida por Kanamori en 1977 y se llama magnitud de momento sísmico:

$$M_w = (2/3) \log M_o - 10.7$$

Donde el momento sísmico escalar, M_o se determina a partir del espectro de amplitudes para bajas frecuencias (zona plana del espectro de amplitudes).

Esta escala de magnitud es válida para todo el rango de valores, mientras que las demás se saturan, es decir, no dan valores fiables a partir de un cierto valor.

El momento sísmico escalar M_o (en N-m y dyn-cm) es definido por la forma:

$$M_o = m \cdot D_u \cdot S$$

donde:

D_u = Valor medio de la dislocación (desplazamiento relativo de la fractura).

S = Área de la fractura.

m = Coeficiente de rigidez del medio en que se ha producido.

2.2 Instrumentos para la Medición del Movimiento Sísmico

Los instrumentos utilizados para la medición del movimiento sísmico nos permite conocer las características dinámicas del suelo. Entre los más conocidos tenemos:

- a. Sismógrafo
- b. Acelerógrafo
- c. Microtremor
- d. Sismoscopio

a.- Sismógrafo

Estos instrumentos registran desplazamientos o velocidades del suelo causadas por el paso de las ondas sísmicas, los registros se llaman sismogramas.



Fig. N° 01



Fig. N° 02

Su funcionamiento se puede representar mediante un simple modelo de un solo grado de libertad. Estos equipos se utilizan para medir las vibraciones producidas por un terremoto, como la hora y la localización del epicentro, así como la magnitud y la profundidad (Figura N° 01)

La existencia de los sismógrafos data de los siglos VIII-XI y fueron ampliamente utilizados en China. Estos sismógrafos consistían básicamente de una figura de dragón de cuatro cabezas en cuyas bocas se colocaban bolas metálicas en equilibrio inestable. Al producirse un sismo y la llegada de las ondas sísmicas, la bola correspondiente a la dirección de llegada caía, indicando así la ocurrencia de los sismos y la dirección de la cual procedían (Figura N°02).

A mitad del siglo XIX, se inició la construcción de los primeros sismógrafos basados en el principio simple de oscilación de un péndulo. En general, estos péndulos eran de oscilación vertical y consistían en una masa pendiente de un muelle que registra su movimiento usando un estilete adosado a la masa y que dejaba una huella sobre una placa de cristal ahumado.

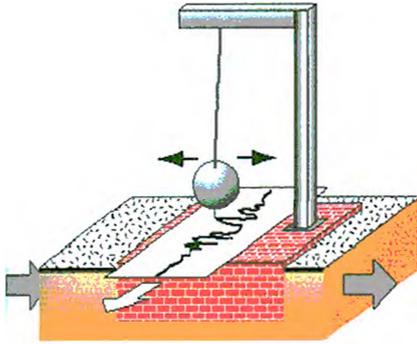


Fig. N ° 03

A este tipo de instrumentos se les llamó *SISMOSCOPIOS* debido a que no contaban con control de tiempo (Figura N°03).

A fin de salvar esta dificultad habría que recurrir al principio de inercia de cualquier cuerpo y por el cual todos los cuerpos tienden a resistirse al movimiento o a variar su velocidad.

Por lo tanto, el movimiento del suelo puede ser medido en función de una masa suspendida por algún elemento que le permita mantenerse en reposo con respecto al suelo.

El mecanismo más simple considera una masa suspendida de un resorte que está atado a un soporte anclado al suelo. Cuando el resorte se agita al paso de las ondas sísmicas, la inercia de la masa hace que ésta permanezca un instante en el mismo punto de reposo y cuando sale del mismo, tiende a oscilar.

Es lógico pensar que la oscilación posterior del péndulo no reflejaría el movimiento real del suelo; por lo tanto, hay que amortiguarlo. Antiguamente el amortiguamiento era realizado utilizando aceite y hoy en día se logra con el uso de bobinas o imanes que amortiguan la oscilación libre de la masa.

b.- Acelerógrafo

Utilizado para medir el movimiento fuerte del suelo causado por el paso de las ondas sísmicas, los registros se llaman acelerogramas. Estos instrumentos registran la aceleración del terreno (Figura N°04).

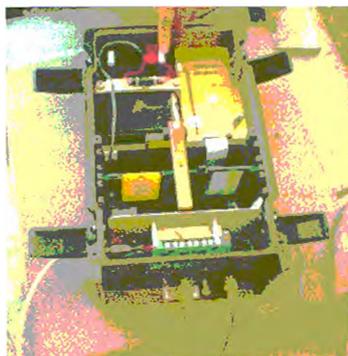


Fig. N ° 04

Su funcionamiento se puede representar mediante un simple modelo de un solo grado de libertad. Los acelerógrafos son capaces de registrar aceleraciones menores a 0.1% de la aceleración de la gravedad (g) y superiores al 100% de (g).

Los acelerógrafos deben ser instrumentos portátiles y compactos, a prueba de intemperismo y de construcción robusta para permitir su transporte y manipulación en diversas situaciones y medios ambientes. Deben ser fáciles de instalar y calibrar, usualmente no requieren mantenimiento frecuente y son operados por baterías recargables. Los acelerógrafos son capaces de registrar al menos tres componentes del movimiento, dos horizontales ortogonales entre sí, y una componente vertical.

c.- Microtremores

Los microtremores nos proporcionan el período natural del suelo de una forma rápida y práctica, valor que sirve para conocer cuantitativamente el comportamiento dinámico del suelo, y para determinar los factores sísmicos relativos al diseño de las construcciones sismo-resistentes (Kanai, 1961).



Fig. N ° 05

Los microtremores también son conocidos como microtrepidaciones, microsismos, ruido sísmico de fondo, campo natural, vibración o ruido ambiental, oscilaciones omnipresentes o microtemblores. (Flores, 2004). La Figura N°05 muestra el equipo básico utilizado en la medición de microtrepidaciones.

CAPITULO III: ESTUDIO DE LAS CONDICIONES LOCALES

3.1 Recopilación de la Información Existente

Se ha recopilado la información existente de Perú y de otros países encontrándose los siguientes trabajos:

Sismos en el Sur del Perú

De acuerdo a la información "Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513 - 1974)". Dr. Enrique Silgado Ferro, El Ceresis, El Instituto

Geofísico del Perú y entre otros; los sismos más importantes que afectaron a la región fueron:

- El Sismo de 1471- 1493 de Intensidad VIII MMI en Arequipa.
- El Sismo del 22 de Enero de 1582, de Intensidad X MMI en Socabaya y IX MMI en Arequipa.
- Los sismos del 19 y 28 de Febrero de 1600 de Intensidades XI MMI en la zona del volcán , X MMI en Omate y VIII MMI en Arequipa.
- El sismo del 16 de Setiembre de 1615 de Intensidades VII-VIII MMI en Arica y Tacna.
- El sismo del 06 de Febrero de 1716 de Intensidad de VIII MMI en Torata.
- El sismo del 13 de Mayo de 1784. de Intensidad VIII MMI en Arequipa.
- El sismo del 10 de Julio de 1821 con Intensidades: Camaná VII MMI; Caravelí VII MMI; Valle de Majes VII MMI.
- El sismo del 08 de Octubre de 1831 con Intensidades: Arica VII MMI; Moquegua y Tacna VI MMI.
- El sismo del 18 de Setiembre de 1833 con Intensidades: Arequipa, Arica, Ilabaya, Locumba, Moquegua y Sama VI MMI; Tacna VII MMI.
- El sismo del 13 de Agosto de 1868 con Intensidades: Cerro La Caldera XI MMI; Arica X MMI; Arequipa IX MMI; Ilo IX MMI; Torata IX MMI y Lima V MMI.
- El sismo del 09 de Mayo de 1877 con Intensidad de VII MMI en Arica, Mollendo e Ilo.
- El sismo del 23 de Enero de 1878 con Intensidades: Tarapacá VII MMI, Tacna y Arequipa V MMI.
- El sismo del 04 de Mayo de 1906 con Intensidades: Tacna VII MMI, Arica VI MMI y Mollendo IV MMI.
- El sismo del 16 de Junio de 1908 con intensidades de VII MMI en Tacna y Arica.
- El sismo del 21 de Mayo de 1917 con Intensidad de VII MMI en Cailloma.
- El sismo del 04 de Diciembre de 1934 en la frontera de Perú y Chile. Intensidad de VI MMI en Arequipa y V MMI en Mollendo.
- El sismo del 11 de Octubre de 1939. con Intensidades: Chuquibamba VII MMI; Arequipa y Moquegua VI MMI.
- El Sismo del 11 de Mayo de 1948 con Intensidades: Moquegua, Samegua VII, Arequipa VI y Tacna VI MMI.

- El sismo del 03 de Octubre de 1951 con Intensidades : Tacna VIII MMI; Moquegua V MMI.
- El sismo del 15 de Enero de 1958 con Intensidades: Arequipa VIII MMI; Moquegua VI MMI.
- El sismo del 19 de Julio de 1959 con Intensidades: Moquegua, Arequipa VII MMI; Cusco y Tacna V MMI.
- El sismo del 13 de Enero de 1960 con intensidad de VIII MMI en Arequipa.
- El sismo del 16 de Febrero de 1979 con Intensidad de VII MMI en Camaná y Corire; VI MMI en Huancarqui, Arequipa.
- El sismo del 23 de Junio del 2001 con una Intensidad máxima de VI y VII MMI en la ciudad de Arequipa.

Cloud.W.X. and Hudson (1916) “A Simplified Instrument for Recording Strong Motion Earthquakes”.

Este artículo fue publicado por la Sociedad Sismológica de América en el Boletín número 51 pág. 159-174. En este artículo se compara los resultados obtenidos con el Sismoscopio con los obtenidos de un análisis de espectro estándar de los registros acelerográficos. Se indica también las ventajas económicas del equipo y la propuesta de instalación de una red de estos equipos en la costa de Estados Unidos.

Trifunac, M.D. and Brady A.G.(1975) “Correlation of Seismoscope Response with Earthquake Magnitude and Modified Mercalli Intensity”

Este artículo fue publicado por la Sociedad Sismológica de América en el Boletín número 65 pág. 307 al 321. En este trabajo se desarrolla una correlación del máximo desplazamiento relativo del Sismoscopio y Intensidad de Mercalli Modificada de sismos reportados en el oeste de Estados Unidos. Se propone un método para calcular la Magnitud Sísmica a partir de los datos obtenidos con el Sismoscopio.

Jorge L. Castillo Aedo (1993) “Determinación del Peligro Sísmico en el Perú”, Tesis de grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

En este trabajo se realiza una breve descripción de la metodología y las etapas desarrolladas para evaluar el peligro sísmico, se realiza una

descripción de los rasgos tectónico y se analiza la sismicidad histórica e instrumental, elaborándose un catálogo sísmico depurado; se correlaciona la sismicidad y la tectónica y se determinan veinte fuentes sismogénicas con sus respectivos parámetros; se seleccionan las leyes de atenuación y finalmente se determinan las máximas aceleraciones esperadas en roca para el país obteniéndose mapas de isoaceleraciones horizontales para el 10% de nivel de excedencia en 50 y 100 años.

Alva Hurtado, J.E.; Meneses, J. y Guzmán, V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.

En este trabajo se documenta la confección del mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú, indicando la utilización de treinta isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y de sismos recientes. El mapa elaborado representa los niveles de daños producidos por los terremotos, sin distinguir si tales daños se debieron a la vibración localizada del suelo, a la licuación de suelos, a deslizamientos u otros fenómenos locales.

Alva Hurtado, J.E (1988) "Riesgo Sísmico de Tacna" Investigación presentada al CONCYTEC

En este trabajo se concluye que el estudio de la sismicidad histórica del departamento de Tacna indica que se han presentado intensidades hasta del grado IX Mercalli Modificada. En Arica y Arequipa han ocurrido intensidades de hasta grado X.

La distribución espacial de los sismos instrumentales indica una mayor actividad sísmica de la zona de subducción de la costa. Hacia el continente, las profundidades focales de los sismos de la zona han llegado a ser superiores a 100 km en el departamento de Tacna. También existen sismos continentales superficiales, que se ubican en la frontera con el departamento de Puno.

Se recomienda llevar a cabo en el futuro estudios detallados de la falla activa existente en Tacna y los demás rasgos neotectónicos de la región en referencia a ser posibles fuentes de generación de sismos, para poder ser incorporados en la determinación del riesgo sísmico de Tacna.

Tokeshi Nagamine J. C. (1990) “Microtrepidaciones en las Ciudades de Tacna y Cusco”

Tesis de grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. En este trabajo se presenta como resultado final el mapa de curvas de isoperíodos de la ciudad de Tacna y de la ciudad de Cusco.

Cotrado Daryle, Siña Yuri (1994) “Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Tacna”

Tesis de Grado, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Privada de Tacna. En este trabajo se interpreta los resultados obtenidos del estudio de medición de microtrepidaciones y del estudio geotécnico. Se determina cuatro tipos de zonas en base a las curvas de isoperíodos y al tipo de suelo que ellas encierran.

Ing. Juan S. Carmona (1995) “Manual de Operaciones del Sismoscopio Tipo Wilmot”

Trabajo desarrollado en el Instituto de Investigaciones Antisísmicas Ing. Aldo Bruschi, en el que se detalla las partes del Sismoscopio , proceso de calibración lectura del registro, obtenido y las correlaciones consideradas para la determinación de la Intensidad Sísmica.

Berrios Manzur J y Silva Aranibar J. (1998) “Estudio de suelos para cimentaciones en edificaciones del Cono Norte de la Ciudad de Tacna”

Tesis de Grado, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Privada de Tacna. En este trabajo se realiza el Mapa de Zonificación Geotécnica por Compacidad, el Mapa de Zonificación Geotécnica por Colapso, y el Mapa de Zonificación Geotécnica por Capacidad Portante de la ciudad de Tacna.

Jorge Alva, Miriam Escalaya (2003) “Actualización de los Parámetros Simológicos en la Evaluación del Peligro Sísmico en el Perú”

Este trabajo fue presentado en el Simposio Internacional en honor al profesor Yuji Ishiyama organizado por el CISMID UNI, en el que se presenta los resultados de la evaluación de la actividad sísmica en cada una de las fuentes

sismogénicas propuestas para el Perú, habiéndose calculado la relación de recurrencia de la actividad sísmica ocurrida en el país en el periodo comprendido entre los años 1963 y 2003, para lo cual se ha realizado una revisión de la actividad sísmica del pasado, reafirmando la definición de las fuentes sismogénicas, teniendo en cuenta las características tectónicas de la región, donde la probabilidad de ocurrencia de sismos de distintas magnitudes es homogénea en toda la fuente, con el propósito de efectuar la actualización de los parámetros estadísticos de recurrencia para cada una de las fuentes, utilizando la magnitud M_s y la magnitud de momento M_w . Asimismo se ha utilizado diversas relaciones de atenuación para evaluar la variabilidad que pueden tener los resultados al ser integrados con diferentes relaciones de atenuación y se presentan recomendaciones para actualizar los parámetros sismológicos en la evaluación del peligro sísmico en el Perú

Bolaños, A. y Monroy, O. (2004), “Espectros de Peligro Sísmico Uniforme”.

Tesis para Obtener el Grado de Magíster en Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú. En este trabajo, se presentan espectros de peligro uniforme para tres ciudades representativas de las regiones del Perú. Se actualizan las fuentes sísmicas propuestas en trabajos anteriores y se proponen ecuaciones para relacionar M_s y M_w . Así mismo, se comparan los espectros obtenidos en este trabajo con los especificados por la norma Peruana. Se incluye además la distribución de ordenadas espectrales obtenidas para el Perú correspondientes a periodos estructurales de 0.0seg (aceleración del suelo), 0.2 y 1.0seg para un periodo de retorno de 475 años con 5% de amortiguamiento.

Gamarra Rivera, Carlos Alberto, (2009) “Nuevas fuentes sismogénicas para la evaluación del peligro sísmico y generación de espectros de peligro uniforme en el Perú”.

Tesis de grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. En este trabajo se realiza el análisis regional de la sismicidad en el Perú con el objetivo de evaluar probabilísticamente el peligro sísmico y generar espectros de peligro uniforme a partir de una nueva definición de fuentes sismogénicas.

3.2 Estudios Geotécnicos en la Zona de Estudio .

Los estudios geotécnicos se han realizado por medio de trabajos de campo a través de pozos de exploración o calicatas "a cielo abierto", ensayos de laboratorio estándar y ensayos de laboratorio especiales, a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, sus propiedades de resistencia, deformación y labores de gabinete, en base a los cuales se han definido los perfiles estratigráficos.

El programa seguido para los fines propuestos, fue el siguiente:

- Reconocimiento del terreno.
- Distribución de calicatas.
- Ejecución de ensayos de laboratorio.
- Evaluación de los trabajos de campo y laboratorio.
- Perfiles estratigráficos.

3.2.1 Prospecciones Efectuadas

Se efectuaron 66 prospecciones, correspondientes a exploraciones a cielo abierto en las que registraron características elementales de los suelos y que permitieron efectuar las descripciones de campo. De cada material se tomaron muestras alteradas para la posterior evaluación en laboratorio. El número de muestras estuvo en función directa con la heterogeneidad de los materiales que existen en la zona y la cantidad en peso de las mismas ha dependido del tipo y número de ensayos a los cuales fueron sometidos.

3.2.2 Ensayos de Laboratorio

Los trabajos del laboratorio se han orientado a determinar las características de los materiales obtenidos en el campo y en cada una de las calicatas. Se efectuaron sobre muestras disturbadas y de acuerdo a las recomendaciones de la American Society for Testing and Materials (ASTM).

Los ensayos de laboratorio estándar y ensayos especiales se han realizado en el laboratorio de la Universidad Privada de Tacna.

- **Ensayos Estándar**

Estos ensayos se utilizaron para determinar las propiedades físicas, clasificación de los suelos mediante el sistema Unificado de Clasificación de suelos SUCS. Los ensayos efectuados a las muestras estuvieron acorde a las normas de la ASTM y a los requerimientos del estudio.

Se realizaron los siguientes ensayos.

- Densidad in situ ASTM D 1556
- Contenido de humedad ASTM D 2216
- Análisis Granulométrico ASTM D 422
- Límite líquido ASTM D 4318
- Densidad Máxima ASTM D 2049-69
- Densidad Mínima ASTM D 2049-69
- Compactación ASTM D 1556
- Clasificación de suelos. D 422 D2216 D 854 D 4318 D 427 D 3282
D2487

3.3 Tipos de Suelos Encontrados en la Ciudad de Tacna:

Con la información obtenida de las 66 prospecciones realizadas, se ha elaborado el Mapa Nro. 01 de tipos de suelos encontrados en la ciudad de Tacna de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

En la Tabla Nro. 01 se presenta los resultados de ensayos de laboratorio de las zonas en las que se encuentran ubicadas las casetas de sismoscopios.

En el Anexo Nro. 02 se presentan los resultados de ensayos de laboratorio de los estudios de suelos realizados en la ciudad de Tacna.

En el Anexo Nro.03 se presenta los mapas de zonificación y descripción de suelos de los estudios realizados por Cotrado D. y Siña Y , Berrios Manzur J y Silva Aranibar J. También se presentan los mapas de curvas isoperiodos en Tacna desarrollado por Tokeshi Nagamine J. C., y el Mapa de Distribución de Intensidades macrosísmicas en la ciudad de Tacna debido al terremoto de Atico desarrollado por el Instituto Geofísico del Perú.

En las Figuras N°06 y 07 se observa la diferencia entre los suelos de los Distritos del Cono Norte y del Cono Sur.

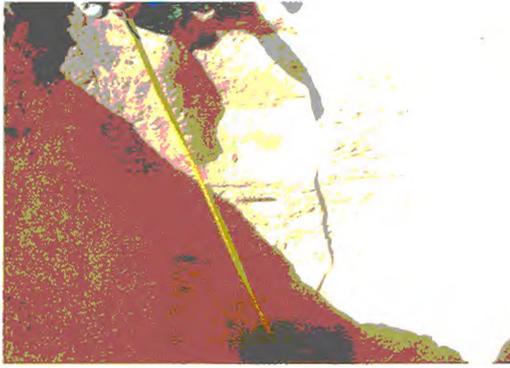


Fig. N ° 06

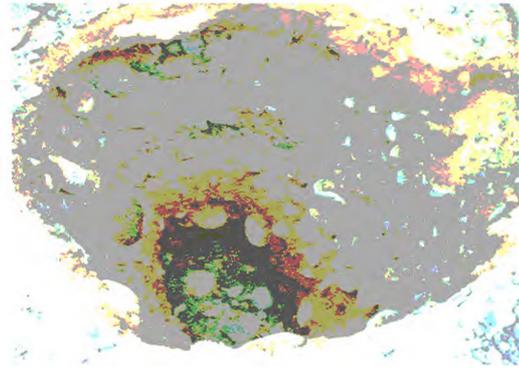


Fig. N ° 07

TABLA N° 01 RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

UBICACIÓN	CALICATA	ENSAYOS ESTANDAR										
		DENSIDAD gr/cm ³			CONTENIDO HUMEDAD	LIMITE PLASTICO	LIMITE LIQUIDO	GRANULOMETRIA		PARAMETROS DE RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE		CLASIFICACION SUCS
		$\delta_{in situ}$	δ_{max}	δ_{min}	%		LL	% Pasa malla Nro. 4	% pasa la malla Nro. 200	C	ϕ	
Institución Educativa Guillermo Auza Arce	1	1.41	1.74	1.312	4.96	-	24.93	98.24	17.33	0.06	27.2	SM
	2	1.36	1.85	1.1	3.45	-	22.20	99.33	30.05	0.06	27.2	SM
Hogar de Madres Adolescentes	1	1.37	1.56	1.2	6.17		28.71	98.20	25.16	0.05	31	SM
	2	1.25	1.41	1.15	11.9		31.87	97.28	35.36	0.05	31	SM
Parroquia Nuestra Sagrada Familia	1	1.42	1.74	1.3	1.63		26.32	99.65	7.21		29	SP- SM
	2	1.34	1.77	1.2	3.49		24.58	98.55	1.28		29	SP
SENCICO Ciudad Nueva	1	1.49	1.73	1.29	2.25		25.51	98.45	4.92		28	SP
	2	1.5	1.7	1.34	2.26		26.27	98.98	4.27		28	SP
Centro de Salud Intiorko	1	1.44	1.84	1.2	2.6		30.22	99.81	15.82		28	SM
	2	1.5	1.9	1.23	1.7		28.54	100	13.71		28	SM
Hospital Hipólito Unanue	1	1.10	1.78	0.9	5.40		25.10	96.15	45.21		32	SM
	2	1.64	2.11	1.06	8.92		24.10	99.40	47.40		32	SM
Centro de Salud Pocollay	1	1.26	1.41	1.18	0.94		18.25	84.24	26.75		29	SM
	2	1.19	1.35	1.12	1.04		17.58	89.67	32.99		29	SM
Universidad Privada de Tacna	C-E1 DE 0 A 0.5M	1.7	1.92	1.66	2.2		20.24	67.56	5.20		28	SP- SM
	C-E2 DE 0.5 A 3.00M	2.04	2.1	2.0	2.09		18.89	37.84	3.03		36	GW
Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann	1	2.31	2.38	2.19	1.19		20.13	35	4.02		39	GP
	2	2.12	2.21	1.98	0.82		21.97	34.12	3.05		39	GP

CAPITULO IV: DESARROLLO DE UN SISMOSCOPIO PROTOTIPO

4.1 Desarrollo de un Sismoscopio Prototipo

La experiencia muestra que las particularidades cinemáticas de los movimientos sísmicos varían según el tipo de suelo, por lo que en una ciudad o región lo más conveniente sería la instalación de varios acelerógrafos distribuidos según los tipos de suelos que se encuentren. Sin embargo, su costo es elevado por lo que es conveniente instalar otros instrumentos más simples y menos costosos que al menos, capten una mínima información sobre la intensidad del movimiento sísmico que permita comparar los efectos según los tipos de suelos.

Uno de estos instrumentos es el Sismoscopio tipo Wilmot, que fue desarrollado en la década del 50, el cual está preparado para medir el valor espectral del movimiento sísmico que corresponde a sus parámetros dinámicos.

Este Sismoscopio es en esencia, un péndulo con periodo 0,7seg con amortiguación de 10% y que posee un vidrio ahumado en el que queda inscrito la traza de su movimiento por efecto del sismo, comportándose como un modelo mecánico basado en tales parámetros.

Por su baja sensibilidad, deja un registro apreciable cuando la Intensidad del movimiento sísmico en donde está ubicado supera el grado III de la Escala de Mercalli Modificada y puede captar hasta una intensidad igual a IX, las mismas que tienen importancia en Ingeniería

El sismoscopio funciona como un vibrador lineal amortiguado, que simula una estructura tipo sometida a un sismo. El movimiento sísmico queda registrado en dirección y amplitud, pero no en tiempo sobre un vidrio ahumado fácilmente recambiable. Del registro obtenido se tiene los valores del coeficiente sísmico, espectro de aceleración, espectro de velocidad y de desplazamiento.

Con el sismoscopio se puede analizar la variación de la intensidad sísmica, según los tipos de terrenos y la distancia epicentral. La sensibilidad del instrumento es tal que se obtienen registros perceptibles para intensidad IV en escala de Mercalli y queda fuera de escala para la intensidad X de la misma.

En este Proyecto se ha implementado nueve sismoscopios, que son una modificación del sismoscopio original adaptado a los materiales y condiciones de trabajo de nuestro país. Su principio de funcionamiento es el mismo y los detalles de fabricación hacen que los registros de los instrumentos sean comparables entre sí.

4.2 Características del Instrumento

El instrumento tiene las siguientes características:

- a) Base: cuadrada de 24,5 cm de lado (1), normalizada con perforaciones adecuadas para su fijación con tornillo de anclaje (17).
- b) Columna de Apoyo: (5) Es la columna que contiene al imán permanente y desde la cual se suspende la ménsula (2) que sostiene la pieza polar superior (4).

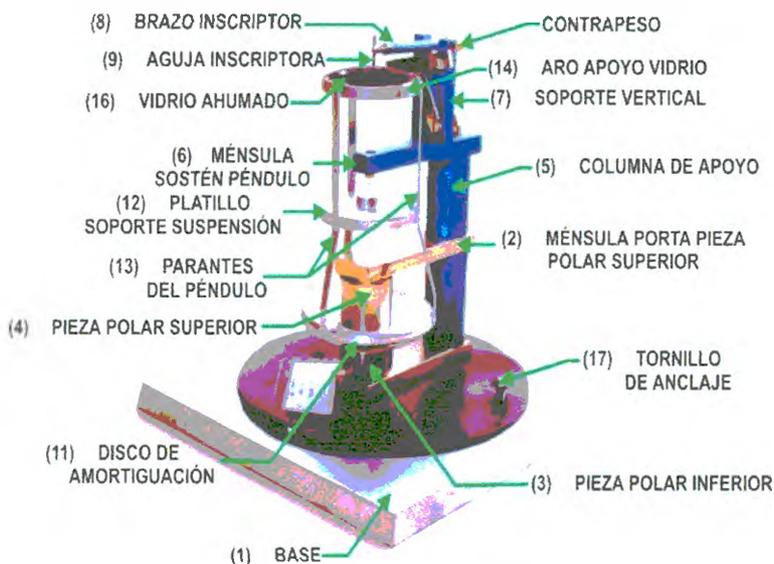


Fig. N ° 08 Sismoscopio Tipo Wilmot

- c) Soporte Vertical: (7) Constituye la estructura desde la cual se suspende el péndulo y se ubica el brazo inscriptor (8).
- d) Péndulo: Constituye la masa oscilante del instrumento. Lleva en su parte inferior el disco de amortiguación electromagnética (11) y en la superior el aro para apoyo (14) del vidrio ahumado (16). En la parte media se ubica el platillo soporte de la suspensión (12) y se unen entre sí por tres parantes (13). Tanto el disco de amortiguación (11) como el vidrio

- ahumado (16) son casquetes esféricos con curvaturas correspondientes al centro de oscilación.
- e) Sistema Inscriptor: En la parte superior del soporte vertical (7) se encuentra el mecanismo de apoyo del brazo inscriptor y en donde se ubica un resorte (10) que impide la separación de la aguja inscriptora (9) del vidrio ahumado (16), en caso de muy fuertes movimientos verticales.
 - f) Sistema de Amortiguación Electromagnética: Las dos piezas polares producen este efecto y se ubican: una directamente en la base (3) y la restante (4), en una ménsula (2) prolongación de la columna de apoyo (5). La inferior (3), es desplazable por rosca, mientras que la superior (4) es fija. De esta manera se puede variar la distancia entre piezas polares y consecuentemente la amortiguación ejercida sobre el disco (11) que se desplaza entre ellas
 - g) Suspensión unifilar del péndulo: Está constituida por un hilo de acero de 0.4 mm. de diámetro, que permite la oscilación del péndulo. Este hilo esta empotrado en sus extremos en dos pequeños cilindros por medio de los cuales se lo fija a la ménsula sostén (6) y al platillo (12). Posee un tratamiento especial contra la oxidación.
 - h) Cubierta protectora.

4.3 Calibración del Instrumento

Los Sismoscopios han sido calibrados primero mecánicamente, y luego en la mesa vibratoria del Laboratorio de Estructuras del CISMID - UNI. La calibración final se ha realizado con los dos acelerógrafos instalados por el CISMID en la ciudad de Tacna.

4.3.1 Calibración Mecánica

Para que el registro del sismoscopio tenga un valor cuantitativo es necesario conocer las tres siguientes constantes del instrumento:

- a) Período de oscilación del péndulo.
- b) Sensibilidad.
- c) Cantidad de amortiguación.

a) **Periodo propio de la oscilación del péndulo, T_0**

Para la determinación del periodo propio del instrumento es necesario que la ménsula porta pieza polar superior se gire 90° hacia la derecha o izquierda, liberando de esta forma el disco del péndulo del flujo magnético de las piezas polares (Figura N° 09). El péndulo se hace oscilar libremente y con un cronómetro se determina el tiempo en que dicho péndulo realiza un cierto número de oscilaciones completas, que es conveniente sea mayor de 20 y preferentemente se aproxime a 50. Haciendo el cociente entre el tiempo t , expresado en segundos y el número n de oscilaciones completas que ocurrieron en ese tiempo t , se obtiene el periodo propio T_0 del péndulo:



$$\text{Período} = T_0 = \frac{t}{n}$$

El Sismoscopio está construido con un periodo propio:

$$T_0 = 0.7 \text{ seg}$$

Fig. N ° 09

b) **Sensibilidad, S**

La sensibilidad del instrumento es una constante S determinada en fábrica, que ha sido constatada de la siguiente manera:

Liberada la base de sus tornillos de anclaje se apoya sobre una superficie horizontal y se coloca un vidrio ahumado sin uso en el péndulo (Figura N°10).

Se levanta suavemente una de las aristas de la base hasta calzar un taco de 24.5 mm de altura debajo de ella.

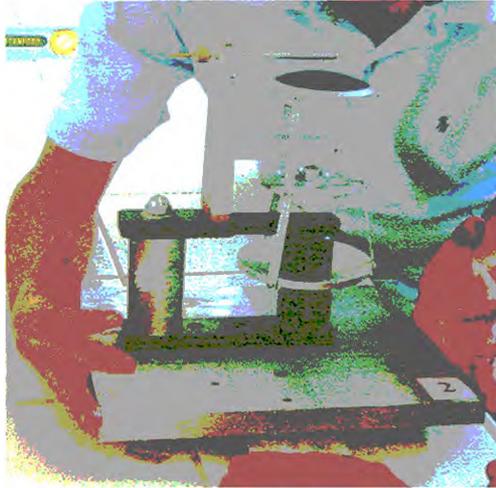


Fig. N ° 10

Con esto se obtiene una inclinación del instrumento de 1/10, que produce sobre el ahumado un trazo recto de longitud L . Midiendo esta longitud en milímetros, la constante S se termina según:

$$S = \frac{1/10}{L} = \frac{0.10}{L}$$

Este proceso se repite con las cuatro aristas de la base y se obtiene su promedio. El valor aproximado de esta constante en los sismoscopios es:

$$S = 0.024 \text{ mm}^{-1}$$

c) **Cantidad de amortiguación, AM**

Para la calibración del amortiguamiento, sea aplica al péndulo un movimiento tal que provoque un registro en forma de espiral que ocupe casi todo el vidrio de registro (Figura N °11).



Fig. N ° 11

Luego se miden las distancias d_1 , d_2 , d_3 , d_4 , etc, tomando como dirección de medida del diámetro mayor y se calculan los cocientes:

$$\frac{d_2}{d_1} \quad \frac{d_3}{d_2} \quad \frac{d_4}{d_3} \quad \frac{d_5}{d_4}$$

Con cada uno de estos valores se obtienen por medio de la relación amortiguación versus decrecimientos de amplitudes que se encuentra en el

manual de operaciones del Sismoscopio tipo Wilmot (Instituto de investigaciones Antisísmicas Aldo Bruschi), distintos valores de cantidad de amortiguación, AM, que en general irán aumentando. El promedio correspondiente a los cuatro primeros es la cantidad de amortiguación del instrumento.

$$AM = 0.10 = 10 \%$$

4.3.2 Calibración en la Mesa Vibratoria con los Acelerógrafos

Para la verificación de la respuesta espectral del Sismoscopio que tiene un periodo de 0.7 seg y el amortiguamiento al 10% se ha utilizado la mesa vibratoria del Laboratorio de Estructuras del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Ingeniería. Como se trata de un equipo nuevo en el país para la calibración fue necesario considerar que las características de la base del Sismoscopio sean compatibles para el acoplamiento con la mesa vibratoria (Figura N°12).

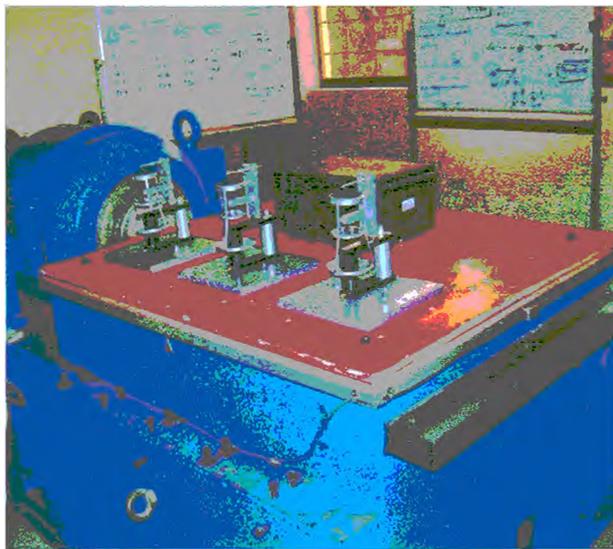


Fig. N ° 12

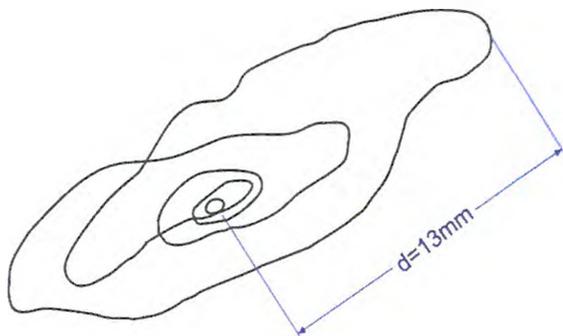
Tal como se muestra en la Figura N°12, se colocó junto a los Sismoscopios un acelerógrafo modelo ETNA, marca Kinematics de la Red Nacional de Acelerógrafos del CISMID, el cual sirvió para obtener el acelerograma del movimiento de la mesa vibratoria, del cual se determinó su espectro de respuesta

de aceleraciones absolutas (para un amortiguamiento del 10%) con la finalidad de conocer el valor de la aceleración espectral correspondiente al período de $T_0 = 0.7$ segundos el que corresponde al sismoscopio.

4.4 Comparación de los Registros Obtenidos en los Sismoscopios y Correlación con la Percepción del Movimiento

4.4.1 Lectura del Registro

El registro obtenido en el Sismoscopio es un gráfico del efecto del movimiento sísmico en el vibrador, cuyos parámetros dinámicos son: Período propio, $T_0 = 0,7$ seg y aproximadamente 10% de cantidad de amortiguación.



En el vidrio ahumado y fijado que tiene inscrito al registro se puede medir la distancia máxima en milímetros como se muestra en la Figura N°13.

Fig. N ° 13

Esta máxima longitud representa el valor máximo del efecto del movimiento sísmico sobre el Sismoscopio o también el valor máximo de la respuesta del Sismoscopio a la acción del sismo. Donde A es la máxima inclinación angular, d es la máxima distancia en mm, y S es el valor de la sensibilidad (0.024mm) .

$$A = S \cdot d$$

El coeficiente sísmico correspondiente al Sismoscopio se determina a partir del ángulo A , resultando:

$$C_s = Tg A$$

El cual para valores menores de 0.3 se ha asumido:

$$C_s = A$$

El registro en el Sismoscopio es una medida directa del coeficiente sísmico en el edificio con iguales parámetros dinámicos que el Sismoscopio. Datos que nos sirven para elaborar los proyectos de estructuras sismo resistentes. A partir del coeficiente sísmico se obtienen también los valores de los espectros de respuesta correspondientes al periodo y cantidad de amortiguación del Sismoscopio, los que resultan:

$$\begin{aligned} \text{Espectro de aceleración} & : S_a = C_s \cdot g \\ \text{Espectro de velocidad} & : S_v = S_a \cdot T_o / 2\pi \\ \text{Espectro de desplazamiento} & : S_d = S_v \cdot T_o / 2\pi \end{aligned}$$

4.4.2 Equivalencia del Registro en el Sismoscopio tipo Wilmot con la Intensidad Mercalli²

En el año 1975 Trifunac y Brady hicieron para el Sismoscopio tipo Wilmot, que tenía un periodo de 0.75s y amortiguación 10 %, las correlaciones entre el Sismoscopio y las Intensidades modificadas de Mercalli pero solo para valores menores a VIII como sigue:

$$\text{Log } SD_{sw}(\text{cm}) = 0,288 I_{MM} - 1,692$$

Siendo $I_{MM} \leq VIII$

Para el Sismoscopio Prototipo, se adoptó lo propuesto por Instituto de Investigaciones Antisísmicas "Ing. Aldo Bruschi" (Argentina). Para un período de 0.7 seg se hizo la correspondiente corrección a partir de la idea de mantener constante la velocidad espectral para periodos de 0.7s y 0.75s y la ecuación se puso en términos de la aceleración espectral de manera que la aceleración espectral en g vale:

Sismoscopios Tipo Wilmot con $T_o = 0,70$ seg.

$S_v =$ constante entre 0,7 y 0,75

$$\text{Log } SA_{sw}(\text{g}) = 0,288 I_{MM} - 2,807$$

² Boletín número 65, On correlation of seismoscope response with Earthquake Magnitude and Modified Mercalli Intensity, SOCIEDAD SISMOLÓGICA DE AMERICA.

Esta expresión significa que para cada aumento en el grado de intensidad de Mercalli aproximadamente se duplica el nivel de agitación sísmica,

En el Boletín de la Sociedad Sismológica Americana³ (Abril del 2007) aparecen ediciones más recientes de las correlaciones de la intensidad de Mercalli y el logaritmo de la velocidad máxima del terreno de Atkinson & Kaka como sigue:

$$I_{MM} = 3,54 + 3,03 (\log V_m)$$

V_m (cm/seg) terreno, $V_m \geq 0,48$ cm/seg

Sin embargo Jennings & Kanamori en 1979 y Boore⁴ en 1984 publicaron en el Boletín de la Sociedad Sismológica Americana la correlación entre el Sismoscopio y la velocidad el terreno, como sigue:

$$V_m = 113,5 (SA_{sw}/g)$$

resultando:

$$\text{Log } SA_{sw}(g) = 0,330 I_{MM} - 3,223$$

Los valores medios de la correlación de la escala de Mercalli Modificada,(IMM) con el registro del Sismoscopio prototipo, han sido adoptadas del Instituto de Investigaciones Antisísmicas "Ing. Aldo Bruschi" y se presentan en la Tabla N° 02:

TABLA N°02

Cs	IMM
0.02	IV
0.04	V
0.08	VI
0.15	VII
0.30	VIII
0.60	IX

³ Boletín número 97, Relationships between Felt Intensity and Instrumental Ground Motion in the Central United States and California. SOCIEDAD SISMOLÓGICA DE AMERICA.

⁴ Boletín número 74, Use of Seismoscope records to determine ml and peak velocities, SOCIEDAD SISMOLÓGICA DE AMERICA.

CAPITULO V: INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS EN LA CIUDAD DE TACNA

5.1 Ubicación de las Zonas para la Instalación de los Equipos

La ubicación de la red de Sismoscopios se ha basado en los estudios de las condiciones locales del suelo realizados previamente, tomando mayor importancia en los Distritos de Ciudad Nueva y Alto del Alianza; distritos que sufrieron mayores daños en el sismo del 2001 y que agrupan la mayor densidad de población en la ciudad.

La ubicación se muestra en la Figura N°14 y la Tabla N°03.

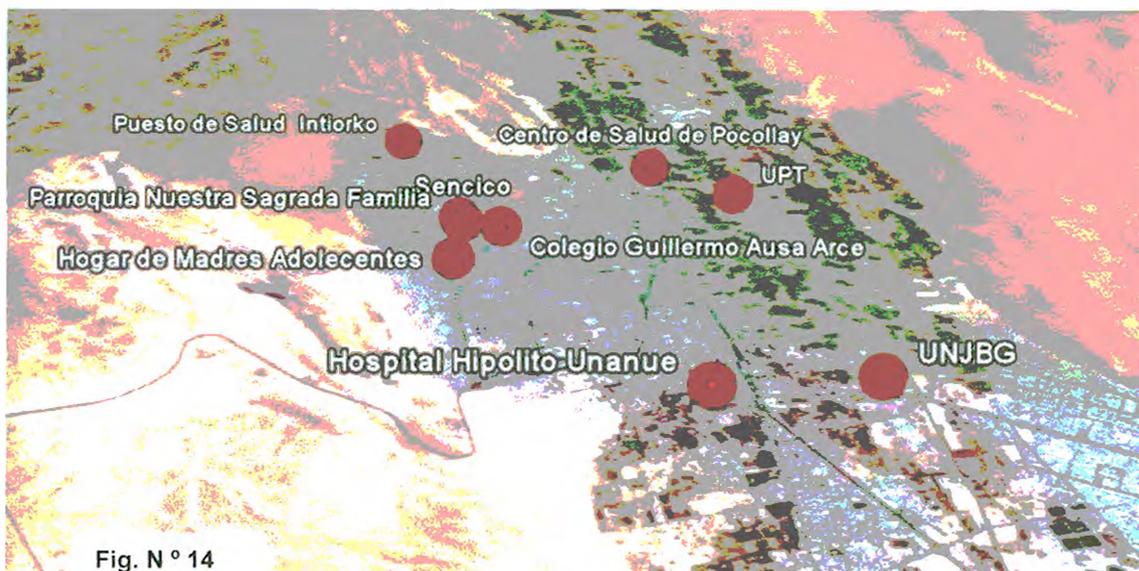


Fig. N ° 14

TABLA N°03

SISMOSCOPIO	UBICACION	DISTRITO	FECHA DE INSTALACION
Nro. 01	Hogar de Madres Adolescentes	Distrito del Alto de Alianza	Marzo - 2006
Nro. 02	Colegio Guillermo Auza Arce	Distrito del Alto de Alianza	Marzo - 2006
Nro. 03	Parroquia Nuestra Sagrada Familia	Distrito de Ciudad Nueva	Marzo - 2006
Nro. 04	SENCICO	Distrito de Ciudad Nueva	Marzo - 2006
Nro. 05	Centro de Salud Pocollay	Distrito de Pocollay	Marzo - 2006
Nro. 06	Hospital Hipólito Unanue	Distrito de Tacna	Marzo - 2006
Nro. 07	Centro de Salud Intiorko	Distrito Ciudad Nueva	Febrero - 2006
Nro. 08	Caseta Acelerográfica UPT	Distrito de Pocollay	Febrero - 2006
Nro. 09	Caseta Acelerográfica UNJBG	Distrito de Gregorio Albarracin.	Febrero - 2006

En las zonas de ubicación, se han construido casetas con un área aproximada de 5.00 m², espacio que permite la operación y mantenimiento del equipo por el personal autorizado. Estas casetas han sido construidas con material prefabricado tipo Drywall, que incluye una puerta de acceso, ventana, techo ligero e instalaciones eléctricas.

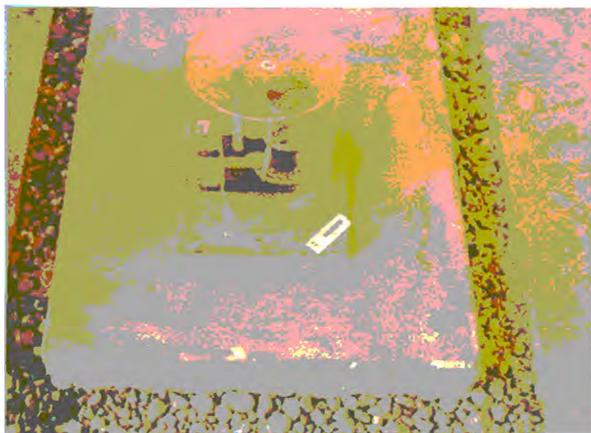


Fig. N° 15

El Sismoscopio se encuentra anclado sobre una base de concreto simple $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, de dimensiones 0.50m x 1.20m (promedio) con 0.80 m de profundidad y aislado del piso interior por un relleno de gravilla de 0.15m de espesor.

Exteriormente la caseta cuenta con una vereda de 0.40 m de ancho y 0.10m de espesor (Figura N°15).

5.2 Interpretación de Resultados Obtenidos

Para interpretar los resultados de los sismoscopios se han utilizado los registros de los sismos con mayores aceleraciones registradas entre los años 2004 al 2010 de las casetas acelerográficas de la Universidad Privada de Tacna y de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

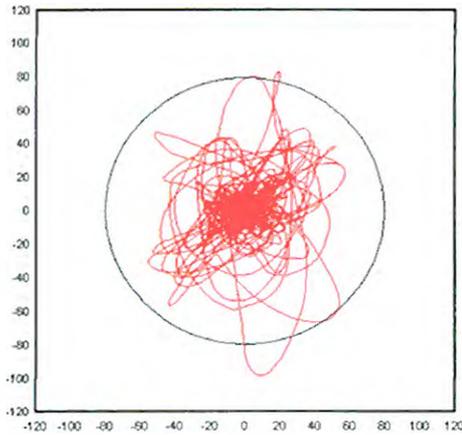
Período 2004-2007

Para el período comprendido entre los años 2004 al 2007, se ha estimado los valores de respuesta espectral para el Sismoscopio considerando un período de 0.7 seg y el amortiguamiento al 10% que se muestran en las Tablas N° 04 y N° 05.

Observándose que el sismo de mayor intensidad durante este período ha sido registrado el 13 de Junio del 2005 el que llegó a tener una intensidad de VI IMM en la zona de la Universidad Privada de Tacna y una intensidad de V a VI en la zona de la Universidad Jorge Basadre Grohmann. De haberse tenido instalado un Sismoscopio, el registro obtenido sería de aproximadamente 4mm, estimando los valores de la respuesta espectral para un período de 0.7 seg y

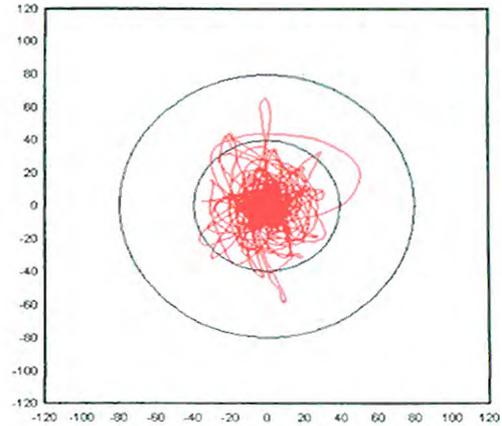
un amortiguamiento del 10 %, serían de 58.5 cm/seg² en la componente EO y de 101 gals en la componente N-S para la caseta de la UPT; y de 50.92 cm/seg² en la componente EO y 67.38 cm/seg² en la componente N-S para la caseta de la UNJBG. Ver Figuras N° 16 y 17

Fig. N ° 16



CASETA UPT 13-JUN-2005

Fig. N ° 17



CASETA UNJBG 13-JUN-2005

De los valores hallados y en concordancia al análisis realizado en la Tabla N° 06, se demuestra que las condiciones locales del suelo pueden tener efectos importantes en las características de los movimientos del terreno y en la extensión de los daños a las edificaciones.

Periodo 2008-2010

Para el período 2008 al 2010 se ha obtenido reportes de los trazos generados en las lunas de los simoscopios, observándose que para valores de intensidades menores a IV, las amplitudes de registro del simoscopio son cercanas a 1mm desde la posición de reposo, representando valores poco perceptibles como aquel registrado en el movimiento sísmico del 07 de Marzo del 2008, el que registró un trazo cercano a 1mm que representa los valores de espectros de aceleración de 9.5 cm/seg² en la componente E-O y 10.2 cm/seg² en la componente N-S y registrando una intensidad de III en la escala de Mercalli Modificada (Figura N°18 y Fotografía N° 01).

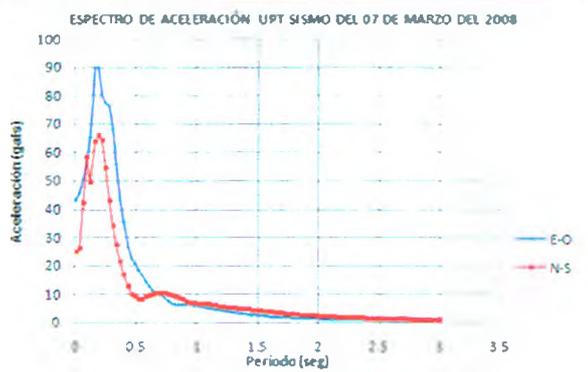
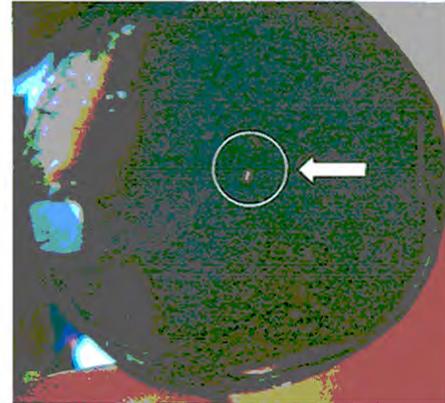


Fig. N° 18



Fotografía N° 01 del registro de Sismoscopio UPT sismo 07 de Marzo del 2008.

Así mismo , se puede apreciar que el sismo de mayor intensidad durante este periodo y que permitió registrar resultados en los sismoscopios instalados fue el del 05 de Mayo del 2010 (Tabla N° 07). Este sismo tuvo una magnitud moderada de 6.5 ML con epicentro a 97 km al SO de la ciudad de Tacna, tuvo una profundidad focal de 36 Km originándose en el proceso de fricción que se desarrolla entre las placas de Nazca y Sudamericana. En general, el sismo presentó un área de percepción con radio del orden de 250 km, siendo mayor su intensidad en las localidades de Tacna.

Los registros obtenidos en los sismoscopios instalados en la Ciudad de Tacna para un periodo de 0.7 seg y un amortiguamiento del 10 % son los siguientes:

a.- Sismoscopio ubicado en la caseta Universidad Privada de Tacna

La longitud registrada en la luna del sismoscopio fue de 5.2mm, que representa un valor de aceleración espectral de 112.23 cm/seg^2 , siendo el obtenido en el acelerógrafo de esta caseta de 113 cm/seg^2 tal como se aprecia en la Figura N°19 y la Fotografía N° 02. Demostrándose que la variación entre ambos resultados es mínimo.

La intensidad calculada para el valor de la aceleración espectral obtenida fue de VI en la escala de MM.

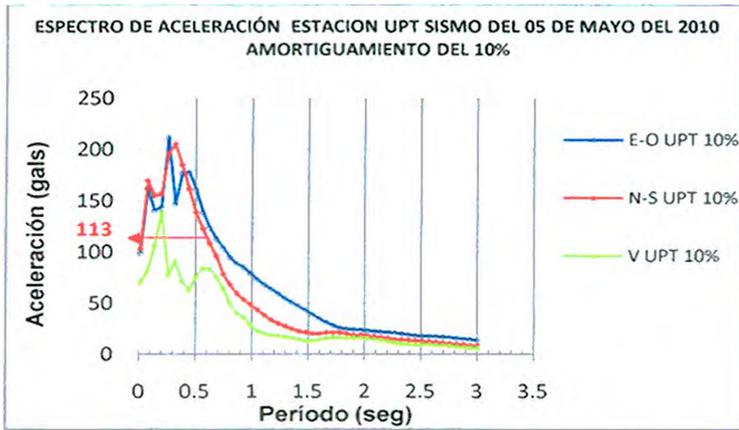


Fig. N° 19



Fotografía N°02. Registro de Sismo del 05 de mayo del 2010 en el sismoscopio ubicado en la UPT se registro aproximadamente Aesp=112.23 cm/seg² y una Intensidad de VI MM.

b.- Sismoscopio ubicado en la Caseta Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

La longitud registrada en la luna del sismoscopio fue de 6.4mm, que representa un valor de aceleración espectral de 125.57 cm/seg², siendo el obtenido en el acelerógrafo de esta caseta de 123 cm/seg² tal como se aprecia en la Figura N° 20 y la Fotografía N° 03. Demostrándose que la variación entre ambos resultados es mínimo.

La intensidad calculada para el valor de la aceleración espectral obtenida fue de VI en la escala de MM.

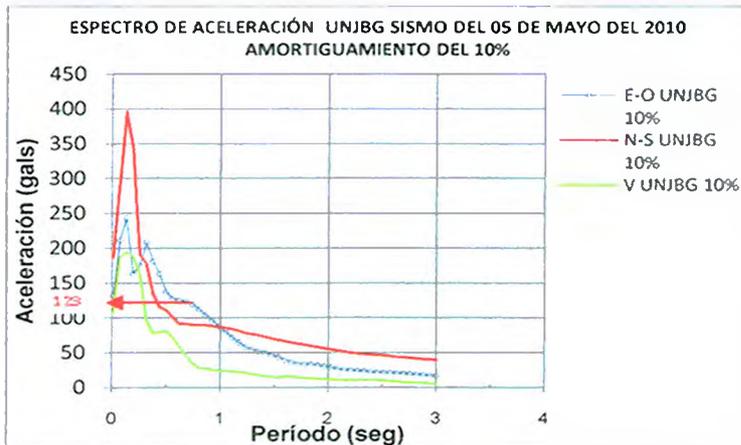


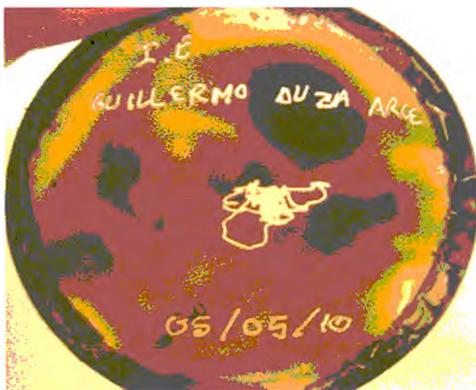
Fig. N° 20



Fotografía N°03. Registro de Sismo del 05 de mayo del 2010 en el sismoscopio ubicado en la UNJBG se registro aproximadamente Aesp=125.57 cm/seg² y una Intensidad de VI MM.

c.- Sismoscopios ubicados en las otras casetas

- Colegio Guillermo Auza arce (Distrito del Alto de la Alianza):
La longitud registrada en la luna del sismoscopio fue de 7.2 mm, que representa un valor de aceleración espectral de 141.26 cm/seg^2 y una intensidad de VII en la escala de MM. (Fotografía N° 04)
- Parroquia Nuestra Sagrada Familia (Distrito de Ciudad Nueva):
La longitud registrada en la luna del sismoscopio fue de 6.49 mm, que representa un valor de aceleración espectral de 127.33 cm/seg^2 y una intensidad de VII en la escala de MM. (Fotografía N° 05)
- Centro de Salud Intiorko (Distrito de Ciudad Nueva):
La longitud registrada en la luna del sismoscopio fue de 8.28 mm, que representa un valor de aceleración espectral de 162.45 cm/seg^2 y una intensidad de VII en la escala de MM. (Fotografía N° 06)
- Centro de Salud Pocollay (Distrito de Pocollay):
La longitud registrada en la luna del sismoscopio fue de 8.50 mm, que representa un valor de aceleración espectral de 166.77 cm/seg^2 y una intensidad de VII en la escala de MM. (Fotografía N° 07)



Fotografía N° 04

Reporte de la caseta ubicada en el Centro de Salud Guillermo Auza Arce. El trazo realizado por el movimiento sísmico en el vidrio del Sismoscopio, representa un sismo de **Intensidad VI MM**.



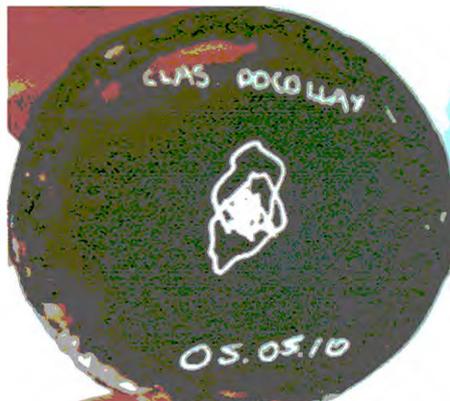
Fotografía N° 05

Reporte de la caseta ubicada en la Parroquia de Ciudad Nueva. El trazo realizado por el movimiento sísmico en el vidrio del Sismoscopio, representa un sismo de **Intensidad VII MM**.



Fotografía N° 06

Reporte de la caseta ubicada en el Centro de Salud Intiorko. El trazo realizado por el movimiento sísmico en el vidrio del Sismoscopio representa un sismo de Intensidad VI MM.



Fotografía N° 07

Reporte de la caseta ubicada en el Centro de Salud Pocollay. El trazo realizado por el movimiento sísmico en el vidrio del Sismoscopio, representa un sismo de Intensidad VI MM.

Se puede apreciar que las condiciones locales del suelo juegan un papel importante en la determinación de la intensidad del movimiento sísmico, esto claramente también quedó demostrado en el sismo del 23 de Junio del 2001, donde las viviendas construidas en los sectores del Cono Norte fueron más afectadas que las ubicadas en el Cono Sur. El evento del 23 de Junio solamente fue registrado por el acelerógrafo ubicado en Moquegua, de haberse tenido un sismoscopio este hubiese registrado para las condiciones dadas 500.00 cm/seg^2 (Figuras N° 21 y 22).



Fig. N ° 21

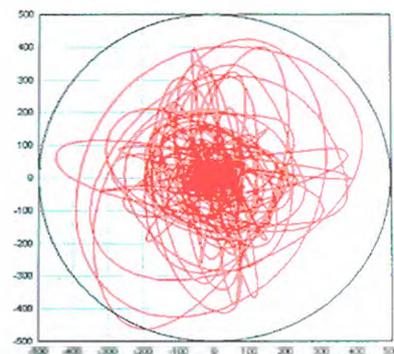


Fig. N ° 22
 El registro en el Sismoscopio sería aprox. 500 gals.

El Sismoscopio permitirá registrar sismos hasta de una intensidad de IX siendo la máxima longitud registrada el vidrio de 30mm mostrado en la Figura N° 23. Los valores registrados se aprecian en la Tabla N° 08.

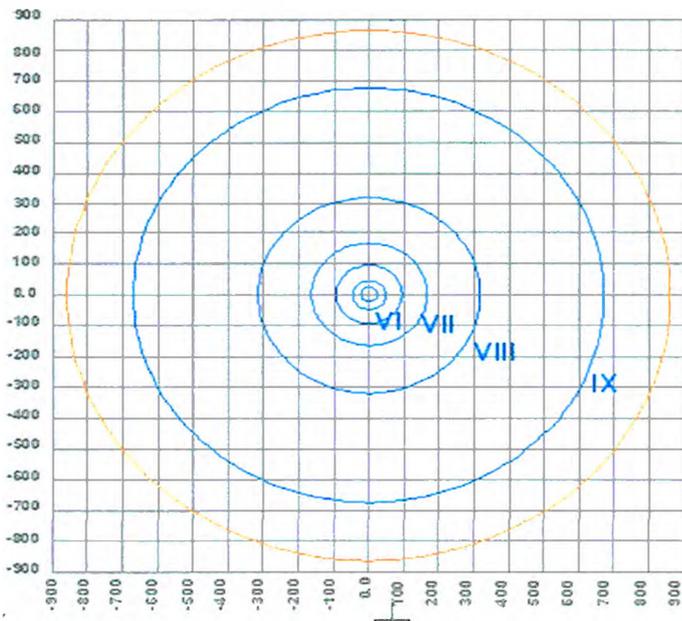
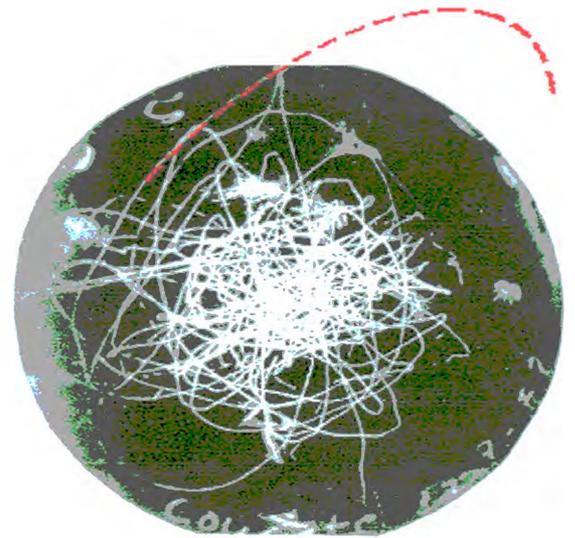


Fig. N° 23. Valores de intensidades registradas en el sismoscopio.



Fotografía N°08. Registro de Sismo de la Ciudad de Caucete.- Argentina (Ing. Juan Carmona)

De las diversas características de los movimientos del terreno ocasionados por los sismos, ninguna es tan susceptible a las condiciones del suelo como el espectro de respuesta.

Con los resultados que se obtengan de los nueve sismoscopios instalados en diversas zonas de la ciudad de Tacna, se pretende identificar el efecto de las condiciones locales del suelo mediante la especificación de valores de aceleraciones registrados por los sismoscopios y los espectros de respuesta obtenidos por los acelerógrafos, los mismos que servirán para planificar la construcción de edificaciones seguras y proponer mayores alcances al Reglamento Nacional de Edificaciones

5.3 Mapa de Intensidades sísmicas en la Ciudad de Tacna

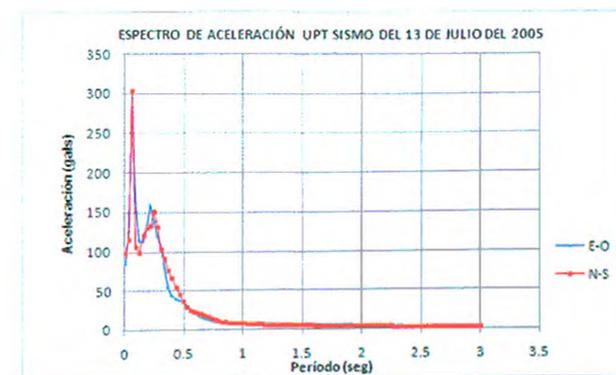
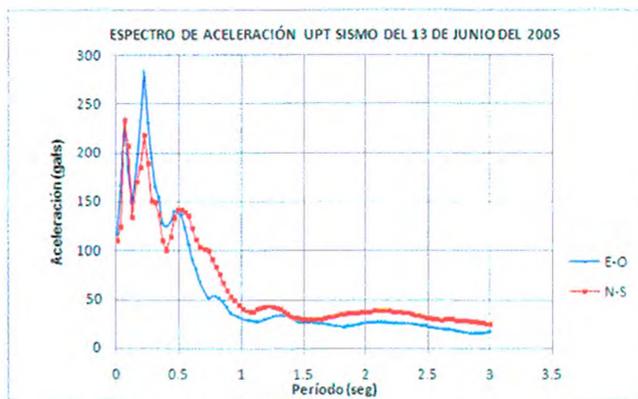
El empleo de mapas sísmicos ha sido ampliamente usado en códigos sísmicos de distintos países del mundo.

En el mapa de intensidades sísmicas, se determina las medidas locales de la severidad del movimiento que se experimentaría en el suelo o en la azotea de edificios de diferentes alturas. Cuanto mayores son las intensidades, mayores las fuerzas que el sismo impondrá a los edificios. Sin embargo, el daño que sufra un edificio depende tanto de la severidad del movimiento como de la resistencia del propio edificio. Dos edificios de la misma altura sometidos al mismo movimiento del suelo podrán tener daños diferentes dependiendo de su diseño y la calidad de su construcción. Además, existen otras características del sismo que hacen que ciertos edificios puedan ser afectados en mayor o menor medida.

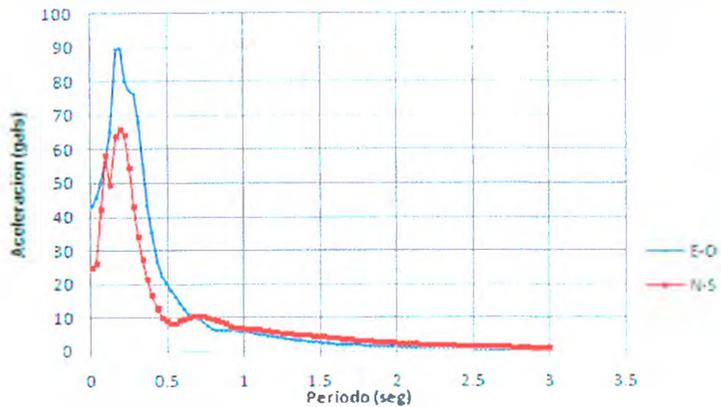
Este trabajo se presenta como un primer esfuerzo por realizar una distribución de intensidades sísmicas en la ciudad de Tacna a partir de los resultados obtenidos en el sismo del 05 de Mayo del 2010, que permitió registrar una intensidad de VII MM en los Distritos de Alto de Alianza y Ciudad Nueva. Estos Distritos se caracterizan por tener suelos areno limosos. Así mismo se obtuvo una intensidad de VI MM en el Distrito de Gregorio Albarracín. Este Distrito se caracterizan por tener suelos con gravas mal graduadas. En el Distrito de Pocollay se obtuvieron intensidades de VI y VII MM debido a que en este Distrito se presentan dos diferentes tipos de suelos; la zona céntrica está compuesta por ceniza volcánica y los alrededores están conformados por gravas mal graduadas con bolonería. Estos resultados se presentan en el Mapa N°02.

TABLA N°04
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

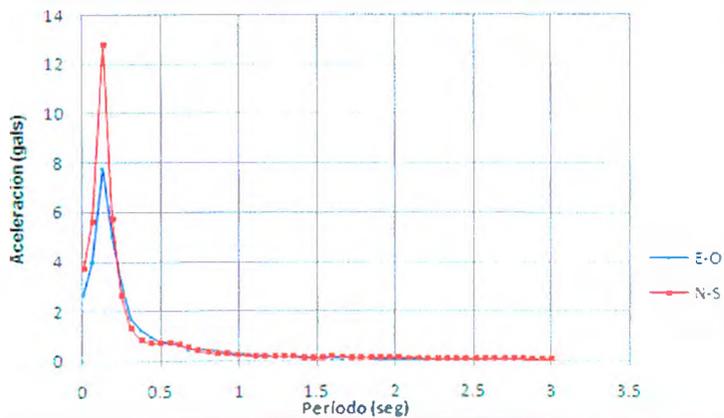
DESCRIPCION	FECHA	ACELERACIÓN MÁXIMA CM/SEG ²		ESPECTRO DE ACELERACION CM/SEG ²		PERIODO CARACTERISTICO (SEG)		REGISTRO SIMULADO EN SISMOSCOPIO, ESPECTRO DE ACELERACION CM/SEG ²		LONGITUD REGISTRADA EN EL SISMOSCOPIO	LONGITUD CONSIDERANDO LA SENSIBILIDAD	COEFICIENTE SISMICO	INTENSIDAD DEL SISMO	ESPECTRO DE VELOCIDAD	ESPECTRO DE DESPLAZAMIENTO
		E-O	N-S	E-O	N-S	E-O	N-S	To= 0.7 Amortiguamiento =10%	mm	mm		IMM	SV (m/seg)	SD (m)	
BE 001	27/01/2004	36.1	42.9	84	87.4	0.25	0.25	32.1	9.3	1.36	0.033	0.033	DE IV A V	0.036	0.004
BI 007	13/06/2005	116	109	284	218	0.22	0.22	58.5	101	4.29	0.103	0.103	VI	0.113	0.013
BI 010	13/07/2005	84.2	96.6	161	151	0.1	0.25	12.1	15.9	0.68	0.016	0.016	DE III A IV	0.018	0.002
BO025	07/03/2008	25	22.6	89.92	65.74	0.19	0.19	9.5	10.2	0.43	0.010	0.010	III	0.011	0.001
BO 031	17/04/2008	7.04	13	36.81	15.37	0.25	0.16	2.91	0.694	0.12	0.003	0.003	-	0.003	0.000
CG 005	04/09/2009	2.36	3.29	7.77	12.8	0.13	0.13	0.5	0.4602	0.02	0.001	0.001	-	0.001	0.000
CI 002	22/09/2009	11.5	3.54	9.12	7.46	0.16	0.16	1.05	0.9775	0.04	0.001	0.001	-	0.001	0.000
EK 001	05/05/2010	99.4	103	211.89	205.21	0.25	0.32	112.23	112.23	5.2	0.114	0.114	VI	0.125	0.014



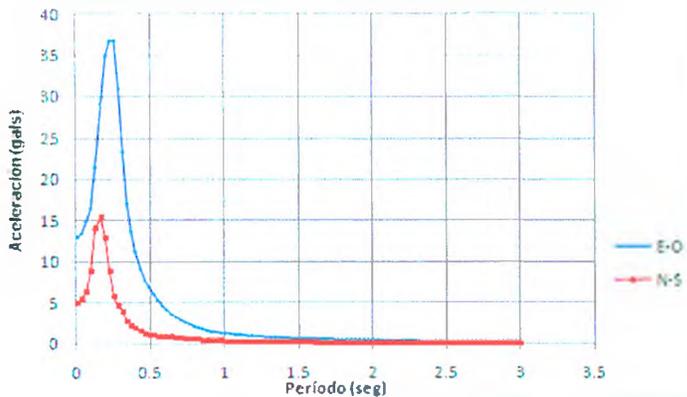
ESPECTRO DE ACELERACIÓN UPT SISMO DEL 07 DE MARZO DEL 2008



ESPECTRO DE ACELERACIÓN UPT SISMO DEL 04 DE SETIEMBRE DEL 2009



ESPECTRO DE ACELERACIÓN UPT SISMO DEL 17 DE ABRIL DEL 2008



ESPECTRO DE ACELERACIÓN UPT SISMO DEL 22 DE SETIEMBRE DEL 2009

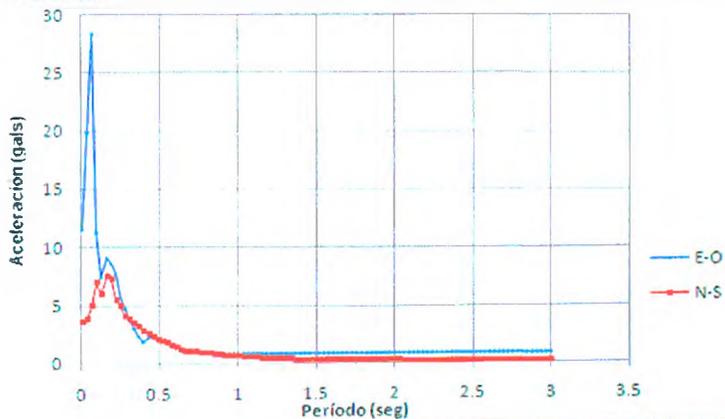
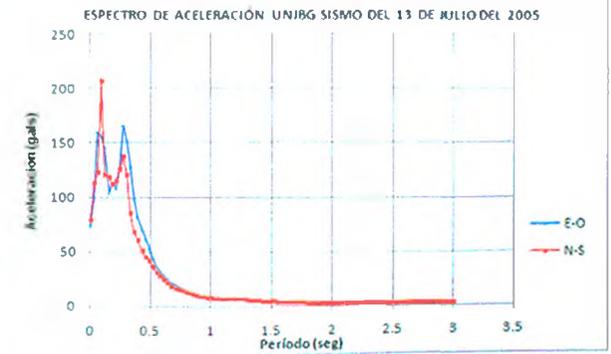
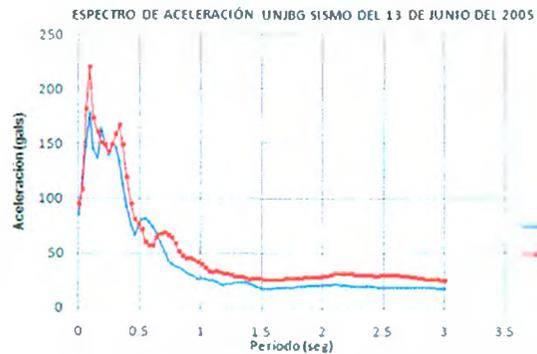
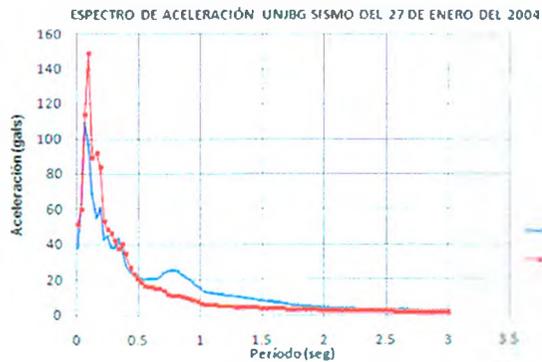
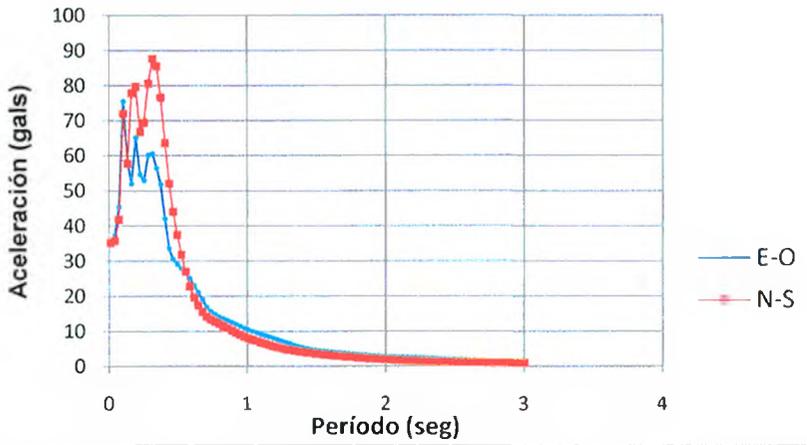


TABLA N°05
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS UNIVERSIDAD JORGE BASADRE GROHMANN

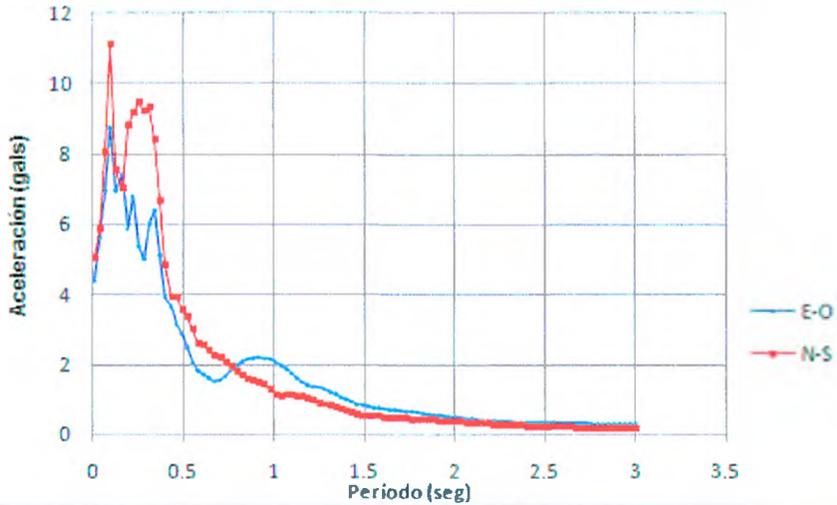
DESCRIPCIÓN	FECHA	ACELERACIÓN MÁXIMA CM/SEG ²		ESPECTRO DE ACCELERACION CM/SEG ²		PERIODO CARACTERISTICO (SEG)		REGISTRO SIMULADO EN SISMOSCOPIO, ESPECTRO DE ACCELERACION CM/SEG ²		LONGITUD REGISTRADA EN EL SISMOSCOPIO	LONGITUD CONSIDERANDO LA SENSIBILIDAD	COEFICIENTE SISMICO	INTENSIDAD DEL SISMO	ESPECTRO DE VELOCIDAD	ESPECTRO DE DESPLAZAMIENTO
		E-O	N-S	E-O	N-S	E-O	N-S	To= 0.7 Amortiguamiento =10%	mm	mm		IMM	SV (m/seg)	SD (m)	
AW 004	27/01/2004	38.5	50.9	96.91	148.58	0.1	0.1	23.96	13.18	1.02	0.024	0.024	IV	0.027	0.003
BB 012	13/06/2005	85.5	94.2	177.94	219.24	0.1	0.1	50.92	67.38	2.86	0.069	0.069	V A VI	0.057	0.006
BB 017	13/07/2005	73.9	80.6	159.45	205.58	0.1	0.1	19.5	15.22	0.83	0.020	0.020	IV	0.022	0.002
BB 027	07/03/2008	35.4	35.2	75.6	87.78	0.1	0.31	17.06	14.26	0.73	0.017	0.017	-	0.019	0.002
BG 014	04/09/2009	4.39	5.03	8.76	11.1	0.1	0.1	1.52	2.15	0.06	0.002	0.002	-	0.002	0.000
BG 015	22/09/2009	3.22	4.43	7.15	8.85	0.1	0.1	0.49	0.83	0.021	0.001	0.001	-	0.001	0.000
8H 008	05/05/2010	132	186	242.43	395.75	0.13	0.13	125.57	125.57	6.40	0.128	0.128	VI	0.140	0.016



ESPECTRO DE ACELERACIÓN UNJBG SISMO DEL 07 DE MARZO DEL 2008



ESPECTRO DE ACELERACIÓN UNJBG SISMO DEL 04 DE SETIEMBRE DEL 2009



ESPECTRO DE ACELERACIÓN UNJBG SISMO DEL 22 DE SETIEMBRE DEL 2009

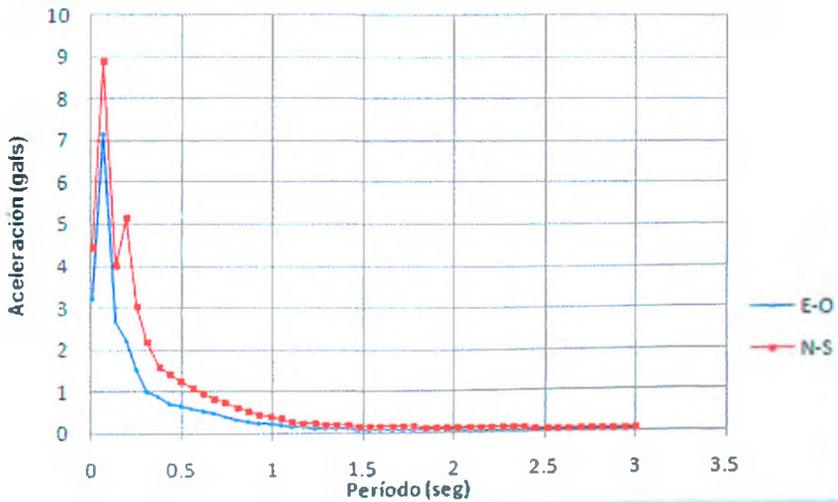


TABLA N°06
COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE CASSETAS ACELEROGRÁFICAS UPT Y UNJBG

DESCRIPCION	FECHA	ACELERACIÓN MÁXIMA CM/SEG ²		ESPECTRO DE ACELERACION CM/SEG ²		REGISTRO SIMULADO EN SISMOSCOPIO, ESPECTRO DE ACELERACION CM/SEG ²		LONGITUD REGISTRADA EN EL SISMOSCOPIO	COEFICIENTE SISMICO	INTENSIDAD DEL SISMO
		E-O	N-S	E-O	N-S	To= 0.7 Amortiguamiento =10%		mm		IMM
UPT	27/01/2004	36.1	42.9	84	87.4	32.1	9.3	1.36	0.033	DE IV A V
	13/06/2005	116	109	284	218	58.5	101	4.29	0.103	VI
	13/07/2005	84.2	96.6	161	151	12.1	15.9	0.68	0.016	DE III A IV
	07/03/2008	25	22.6	89.92	65.74	9.5	10.2	0.43	0.010	III
	17/04/2008	7.04	13	36.81	15.37	2.91	0.694	0.12	0.003	-
	04/09/2009	2.36	3.29	7.77	12.8	0.5	0.4602	0.02	0.001	-
	22/09/2009	11.5	3.54	9.12	7.46	1.05	0.9775	0.04	0.001	-
	05/05/2010	99.4	103	211.89	205.21	112.23	112.23	5.2	0.114	VI
UNJBG	27/01/2004	38.5	50.9	96.91	148.58	23.96	13.18	1.02	0.024	IV
	13/06/2005	85.5	94.2	177.94	219.24	50.92	67.38	2.86	0.069	V A VI
	13/07/2005	73.9	80.6	159.45	205.58	19.5	15.22	0.83	0.020	IV
	07/03/2008	35.4	35.2	75.6	87.78	17.06	14.26	0.73	0.017	DE III A IV
	04/09/2009	4.39	5.03	8.76	11.1	1.52	2.15	0.06	0.002	-
	22/09/2009	3.22	4.43	7.15	8.85	0.49	0.83	0.021	0.001	-
	05/05/2010	132	186	242.43	395.75	125.57	125.57	6.40	0.128	VI

TABLA N°07

REGISTROS OBTENIDOS EN LOS SISMOCOPIOS EN EL SISMO DEL 05 DE MAYO DEL 2010

N°	UBICACIÓN	DISTRITO	Distancia Registrada mm	Sensibilidad mm ⁻¹	A	Sa		Log SA _{sw} (g) = 0,288 I _{MM} - 2,807	INTENSIDAD MM
						m/seg ²	(cm/seg ²)		
1	Colegio Guillermo Auza Arce	Alto de Alianza	7,2	0,02	0,14	1,41	141,26	6,8	VII
2	Parroquia Nuestra Sagrada Familia	Ciudad Nueva	6,49	0,02	0,13	1,27	127,33	6,7	VII
3	Centro de Salud Pocollay	Pocollay	8,5	0,02	0,17	1,67	166,77	7,1	VII
4	Centro de Salud Intiorko	Ciudad Nueva	8,28	0,02	0,17	1,62	162,45	7,0	VII
5	Caseta Acelerográfica UPT	Distrito de Pocollay	5,2	0,02	0,11	1,12	112,23	6,5	VI
6	Caseta Acelerográfica UNJBG	Gregorio Albarracín.	6,4	0,02	0,13	1,26	125,57	6,6	VI

TABLA N° 08
 EQUIVALENCIA DE VALORES EN EL SISMOSCOPIO

Distancia registrada	sensibilidad	A	Cs	Sa	
				m/seg ²	gals (cm/seg ²)
mm	mm-1				
1	0.024	0.024	0.0240	0.235	23.54
2	0.024	0.048	0.0480	0.471	47.09
3	0.024	0.072	0.0720	0.706	70.63
4	0.024	0.096	0.0960	0.942	94.18
5	0.024	0.12	0.1200	1.177	117.72
6	0.024	0.144	0.1440	1.413	141.26
7	0.024	0.168	0.1680	1.648	164.81
8	0.024	0.192	0.1920	1.884	188.35
9	0.024	0.216	0.2160	2.119	211.90
10	0.024	0.24	0.2400	2.354	235.44
11	0.024	0.264	0.2640	2.590	258.98
12	0.024	0.288	0.2880	2.825	282.53
13	0.024	0.312	0.3225	3.164	316.41
14	0.024	0.336	0.3492	3.426	342.61
15	0.024	0.36	0.3764	3.693	369.25
16	0.024	0.384	0.4041	3.964	396.38
17	0.024	0.408	0.4323	4.240	424.04
18	0.024	0.432	0.4610	4.523	452.28
19	0.024	0.456	0.4905	4.812	481.16
20	0.024	0.48	0.5206	5.107	510.72
21	0.024	0.504	0.5515	5.410	541.03
22	0.024	0.528	0.5832	5.722	572.15
23	0.024	0.552	0.6159	6.042	604.16
24	0.024	0.576	0.6495	6.371	637.13
25	0.024	0.6	0.6841	6.711	671.14
26	0.024	0.624	0.7200	7.063	706.29
27	0.024	0.648	0.7571	7.427	742.67
28	0.024	0.672	0.7955	7.804	780.40
29	0.024	0.696	0.8355	8.196	819.60
30	0.024	0.72	0.8771	8.604	860.40

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El Sismoscopio es un instrumento mecánico relativamente simple cuyo costo es mucho menor al de un acelerógrafo, el cual no necesita suministro de energía para operar y cuyo mantenimiento es mínimo. Sin embargo el Sismoscopio no reemplaza a los acelerógrafos sino que lo complementa
- El Sismoscopio permitirá registrar sismos hasta de una intensidad de IX siendo la longitud grabada en el vidrio de 30mm.
- Los registros obtenidos con los sismoscopios en el sismo del 05 de Mayo del 2010 permitieron obtener una intensidad de VII MM en los Distritos de Alto de Alianza , Ciudad Nueva , estos Distritos se caracterizan por tener suelos areno limosos. Así mismo se obtuvo una intensidad de VI MM en el Distritos de Gregorio Albarracín. En el Distrito de Pocollay se obtuvieron intensidades de VI y VII MM debido a que en este Distrito se tiene dos diferentes tipos de suelos; la zona céntrica está compuesta por ceniza volcánica y los alrededores de este Distrito están conformados por gravas mal graduadas con bolonería.
- Las condiciones locales del suelo juegan un papel importante en la determinación de la intensidad del movimiento, esto claramente quedó demostrado en el sismo del 23 de Junio del 2001 en la ciudad de Tacna, donde las viviendas construidas en los sectores del Cono Norte fueron más afectadas que aquellas ubicadas en el Cono Sur.
- Para valores de intensidades menores a IV, las amplitudes de registro del Sismoscopio son cercanas a 1mm desde la posición de reposo, representando valores que empiezan a ser perceptibles y que permiten evaluar instrumentalmente la intensidad sísmica.
- La información que suministra el registro en el Sismoscopio es valiosa para interpretar el efecto de movimiento sísmico en las construcciones ubicadas en zonas cercanas al mismo. La simpleza para la lectura del registro y la

facilidad de interpretación de la información muestran la utilidad de este instrumento.

- La instalación de la Red de Sismoscopios permitirá obtener evaluaciones de la zonificación de los suelos de Tacna que ayudarán a complementar la información de los acelerógrafos.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda mayores investigaciones para realizar la zonificación de la ciudad de Tacna y la elaboración del mapa de intensidades sísmicas en función a los resultados obtenidos en los sismoscopios.
- Se recomienda proveer una adecuada operación y mantenimiento de los sismoscopios instalados.
- Se recomienda gestionar la instalación de un mayor número de sismoscopios y acelerógrafos para completar la red acelerográfica de Tacna a nivel Regional ubicada de acuerdo a las condiciones locales.

FOTOGRAFÍAS DE LA UBICACIÓN DE SISMOSCOPIOS.



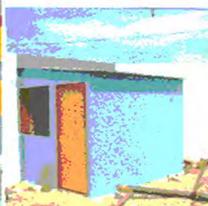
CASETA HOSPITAL HIPOLITO UNANUE



CASETA CENTRO DE SALUD



CASETA CENTRO DE SALUD INTIORKO UNANUE



CASETA SENCICO



CASETA PARROQUIA NUESTRA SAGRADA FAMILIA



COLEGIO GUILLERMO AUZA ARC

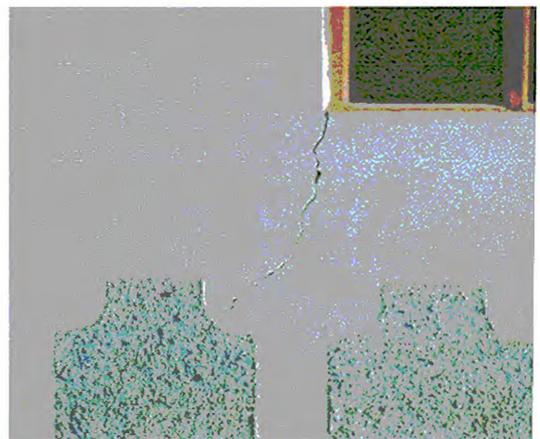
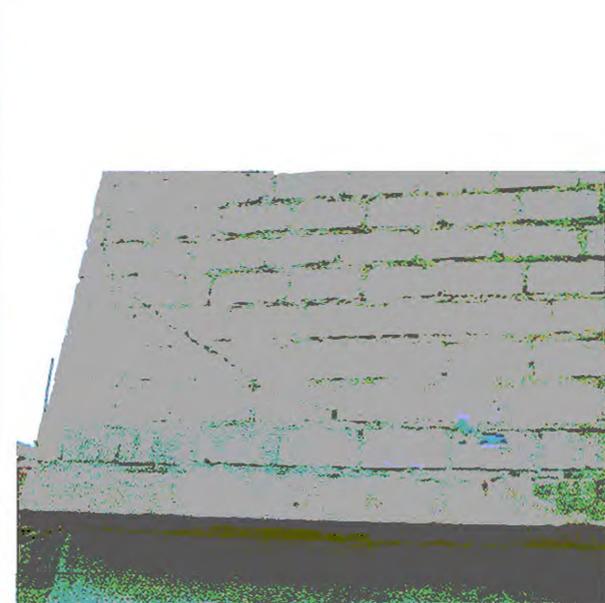


HOGAR DE MADRES ADOLESCENTES



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE G.

**FOTOGRAFÍAS DE VIVIENDAS UBICADAS EN LOS DISTRITOS DE CIUDAD
NUEVA Y ALTO DE LA ALIANZA DAÑADAS POR EL SISMO DEL 05 DE MAYO
DEL 2010**



BIBLIOGRAFÍA

- Alva Hurtado, J.E.; Meneses, J. y Guzmán, V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.
- Alva Hurtado, J.E. (1988), "Riesgo Sísmico de Tacna", Investigación presentada al CONCYTEC.
- Alva Hurtado, J.E. (2002), "Dinámica de Suelos".
- Alva Hurtado, J.E.; Escalaya, M. (2003), "Actualización de los Parámetros Simiológicos en la Evaluación del Peligro Sísmico en el Perú". Simposio Internacional en honor al profesor Yuji Ishiyama organizado por el CISMID UNI.
- Bolaños, A. y Monroy, O. (2004), "Espectros de Peligro Sísmico Uniforme", Tesis para Obtener el Grado de Magister en Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Berrios Manzur, J y Silva Aranibar J. (1998), "Estudio de Suelos para cimentaciones en edificaciones del Cono Norte de la Ciudad de Tacna", Tesis de Grado, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Privada de Tacna.
- Castillo Aedo, J.L. (1993), "Determinación del Peligro Sísmico en el Perú", Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Carmona, J.S. (1995), "Manual de Operaciones del Sismoscopio Tipo Wilmot", Instituto de investigaciones Antisísmicas "Ing. Aldo Bruschi" de la Universidad Nacional de San Juan – Argentina.
- Cotrado D. y Siña, Y. (1994), "Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Tacna", Tesis de Grado, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Privada de Tacna.
- Cloud. W. X. and Hudson (1916), "A Simplified Instrument for Recording Strong Motion Earthquakes", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol 51 Nro. 2.

- Gamarra Rivera, C.A. (2009) ,“Nuevas fuentes sismogénicas para la evaluación del peligro sísmico y generación de espectros de peligro uniforme en el Perú”, Tesis de grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Herraiz Sarachaga, M. “Conceptos Básicos de Sismología para Ingenieros”.
- Jakobsen M.O, Mosegaard K. and Pedersen J.M. “Global Model Optimization in Reflection Seismology by Simulated Annealing”, MOEG-2.
- Reglamento Nacional de Edificaciones , NTE E-030.
- Tokeshi Nagamine J. C. (1990), “Microtrépidaciones en las Ciudades de Tacna y Cusco”, Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Trifunac, M.D. and Brady A.G. (1975),“Correlation of Seismoscope Response with Earthquake Magnitude and Modified Mercalli Intensity”, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol 65.

ANEXOS

Anexo N°01

Escala de Intensidad Mercalli Modificada	
Intensidad I	No sentido en general, excepto por muy pocas circunstancias especialmente favorables.
Intensidad II	Sentido solamente por pocas personas en reposo, especialmente en pisos altos de edificios. Objetos delicadamente suspendidos pueden oscilar.
Intensidad III	Sentidos muy perceptiblemente en el interior de las construcciones, especialmente en los pisos superiores de edificios, pero mucha gente no reconoce la perturbación como movimiento sísmico. Vehículos motorizados estacionados pueden mecerse ligeramente.
Intensidad IV	Durante el día, sentido en interiores por muchos, en exteriores sentidos por pocos. En la noche algunos se despiertan. Platos ventanas y puertas se sacuden; las paredes crujen, líquidos en vasijas abiertas se agitan.
Intensidad V	Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas y similares rotos; grietas en el revestimiento de algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de los árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse.
Intensidad VI	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algunos muebles pesados se mueven; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.
Intensidad VII	Todo el mundo corre al exterior. Daño significativo en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras corrientes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por personas que conducen automóviles
Intensidad VIII	Daño leve en estructuras diseñadas especialmente; considerables en edificios corrientes sólidos con colapso parcial; grande en estructuras de construcción pobre. Paredes separadas de la estructura. Caída de chimeneas, rimeros de fábricas, columnas, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Eyección de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Conductores en automóviles entorpecidos.
Intensidad IX	Daño considerable es estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas.
Intensidad X	Algunos edificios bien construidos en madera destruidos; la mayoría de las obras de estructura de ladrillo, destruidas con los cimientos; suelo muy agrietado. Carriles torcidos. Corrimientos de tierra considerables en las orillas de los ríos y en laderas escarpadas. Movimientos de arena y barro. Agua salpicada y derramada sobre las orillas.
Intensidad XI	Pocas o ningunas obra de albañilería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Carriles muy retorcidos.
Intensidad XII	Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire.

ANEXO 02 :

RESULTADOS DE ENSAYOS DE SUELOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE LA UPT

Nº	UBICACIÓN	CALICATA	ESTRATO	ENSAYOS DE LABORATORIO										
				Clasificación SUCS	DENSIDAD			CONTENIDO HUMEDAD	LIMITE PLASTICO	LIMITE LIQUIDO	GRANULOMETRIA		Parametros de Resistencia al Esfuerzo Cortante	
					δ_{sat} gr/cc.	δ_{max} gr/cc.	δ_{min} gr/cc.				%	LL	% Pasa malla Nro. 4	% pasa la malla Nro.200
1	Institución Educativa Guillermo Auza Arce	1	E-1	SM	1.41	1.74	1.31	4.96	*	24.93	98.24	17.33	0.06	27.2
		2	E-1	SM	1.36	1.85	1.1	3.45	*	22.20	99.33	30.05	0.06	27.2
2	Hogar de Madres Adolescentes	1		SM	1.37	1.56	1.2	6.17	*	28.71	98.2	25.16	0.05	31
		2		SM	1.25	1.41	1.15	11.9	*	31.87	97.28	35.36	0.05	31
3	Parroquia Nuestra Sagrada Familia	1		SP-SM	1.42	1.74	1.3	1.63	*	26.32	99.65	7.21		29
		2		SP	1.34	1.77	1.2	3.49	*	24.58	98.55	1.28		29
4	SENCICO Ciudad Nueva	1		SP	1.49	1.73	1.29	2.25	*	25.51	98.45	4.92		28
		2		SP	1.5	1.7	1.34	2.26	*	26.27	98.98	4.27		28
5	Centro de Salud Intiorko	1	E-1	SM	1.44	1.84	1.2	2.6	*	30.22	99.81	15.82		28
		2	E-1	SM	1.5	1.9	1.23	1.7	*	28.54	100	13.71		28
6	Hospital Hipolito Unanue	1	E-1	SM	1.1	1.78	0.9	5.4	*	25.10	96.15	45.21		32
		2	E-1	SM	1.64	2.11	1.06	8.92	*	24.10	99.40	47.40		32
7	Centro de Salud Pocollay	1	E-1	SM	1.26	1.41	1.18	0.94	*	18.25	84.24	26.75		29
		2	E-1	SM	1.19	1.35	1.12	1.04	*	17.58	89.67	32.99		29
8	Universidad Privada de Tacna	1	E-1	SP-SM	1.7	1.92	1.66	2.2	*	20.24	67.56	5.2		28
		2	E-1	GW	2.04	2.1	2	2.09	*	18.89	37.84	3.03		36
9	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann	1	E-1	GP	2.31	2.38	2.19	1.19	*	20.13	35	4.02		39
		2	E-1	GP	2.12	2.21	1.98	0.82	*	21.97	34.12	3.05		39
10	Institución Educativa Jorge Martorell Flores - TACNA	1	E-1	SM	1.34	2.02	1.45	5.94	NP	20.8	98.1	42.36		
			E-2	SP	1.94	2.184	2.065	0.93	NP	26.38	50.53	1.37		
			E-3	ML	1.78	1.96	1.2	12.14	NP	36.2	98.8	59.1		
		2	E-1	SW	1.83	2.17	2.04	0.91	NP	15.95	98.76	5.18		
			E-2	SP	1.49	1.98	1.4	13.57	NP	20.44	85.12	2.6		
11	Urb. Señor de los Milagros y Asoc. de Viv. San Pedro - DISTR. ALTO DE LA ALIANZA	1	E-1	SM	1.63	1.68	1.602	7.16	NP	25.51	98.2	25.16	0.1	25.4
12		2	E-1	SM	1.55	1.61	1.523	4.26	NP	26.01	97.28	35.58		
13	I.E.I. Santo de la Espada - DISTR. ALTO DE LA ALIANZA	1	E-1	SP-SM	1.61	1.95	*	3.164	NP	3.1	93.48	10.56	*	*
			E-2	SP-SM	1.89	2.01	*	9.804	NP	2.8	100	8.08		
		2	E-1	SP-SM	1.73	1.89	*	4.94	NP	2.6	98.02	6.46		
			E-2	SP-SM	1.83	2.1	*	5.663	NP	2.50	100	6.00		

ENSAYOS DE LABORATORIO

Nº	UBICACIÓN	CALICATA	ESTRATO	Clasificación SUCS	DENSIDAD			CONTENIDO HUMEDAD	LIMITE PLASTICO	LIMITE LIQUIDO	GRANULOMETRIA		Parametros de Resistencia al Esfuerzo Cortante			
					$\delta_{m\text{ sat}}$ gr/cc.	δ_{max} gr/cc.	δ_{min} gr/cc.				% Pasa malla Nro. 4	% pasa la malla Nro. 200	C	ϕ		
14		1	E-1	SP	1.33	1.79	-	4.06	NP	30.22	98.933	4.217				
			E-1	SP-SM	1.63	1.9	-	1.81	NP	28.54	100	9.55				
15	Asoc. de Viv. "28 de Agosto". Asoc. de Viv. "La Unión". Asoc. de Viv. "2 de Febrero" - DISTR. CIUDAD NUEVA	2	E-2	SP-SM	1.69	1.89	-	1.60	NP	23.09	100	7.217				
			E-1	SP	1.60	1.89	-	1.64	NP	26.41	98.45	4.925				
		3	E-2	SM	1.43	1.86	-	1.49	NP	24.94	99.867	13.783				
			E-1	SM	2.27	-	-	1.18	NP	18.25	59.17	13.1				
17	Estadio de Pocollay - DISTR. POCOLLAY	1	E-2	GP	2.13	2.13	-	1.27	NP	17.15	15.02	3.27				
			E-1	GP-GM	2.19	-	-	0.86	NP	17.58	37.34	11.63				
		2	E-2	GP	2.07	2.13	-	1.51	NP	16.62	15.63	3.01				
			E-1 (Relleno)	RELLENO	2.05	-	-	-	-	-	-	-	-			
		18	Parroquia Virgen de Chapi - DISTR. ALTO DE LA ALIANZA	1	E-1 (Relleno)	RELLENO	2.03	-	-	-	-	-	-	-		
					E-2	SM	1.67	1.924	1.39	6.338	NP	25.48	97.3	21.51		
2	E-3			SM	1.31	1.924	1.39	6.722	NP	46.36	99.5	23.78				
	E-4			SM	1.78	1.924	1.39	5.719	NP	28.1	95.33	21.7				
2	E-5			SP-SM	1.72	1.906	1.37	4.604	NP	33.09	98.68	10.52				
	E-1 (Relleno)			RELLENO	2.03	-	-	-	-	-	-	-	-			
19		1	E-1	SP-SM	1.42	1.78	1.247	2	NP	25.44	98.64	2.05				
			E-2	SM	1.53	1.829	1.24	0.884	NP	28.67	99.61	16.4				
20	Estadio "La Bombonera" - DISTR. CIUDAD NUEVA	2	E-1	SP-SM	1.6	1.786	1.221	1.62	NP	9.7	97.92	2.13				
			E-1	SP-SM	1.49	1.73	1.287	2.25	NP	25.51	99.65	7.21				
21		3	E-2	SP-SM	1.56	1.62	1.346	2.26	NP	26.27	98.55	1.28				
			E-1	SP	1.59	2.121	1.247	1.18	NP	20.39	95.51	2.91				
		1	E-2	GP	2.14	2.187	1.687	1.20	NP	19.87	44.84	2.54				
			E-1	GP	2.12	2.209	1.841	0.82	NP	21.97	44.46	0.36				
22	I.E. "Banque Pallaruelo" - DISTR. GREGORIO ALBARRACIN	1	E-1	SW	1.689	1.861	0.804	6.35	NP	10.8	52.444	0.785				
			E-2	GP	2.14	2.187	1.687	1.20	NP	19.87	44.84	2.54				
		2	E-1	GP	2.12	2.209	1.841	0.82	NP	21.97	44.46	0.36				
			E-1	SW	1.689	1.861	0.804	6.35	NP	10.8	52.444	0.785				
23	I.E.P. "San Francisco de Asis" - TACNA	1	E-3	SW	2.199	1.861	0.804	19.58	NP	-	56.208	0.781				
			E-1	SW	1.9	2.054	0.859	-	NP	26.05	50.814	0.785				
		2	E-2	GW	1.32	2.054	0.859	3.3	NP	-	26.539	0.401				
			E-3	SW	2.218	2.054	0.859	-	NP	-	58.205	0.781				

Nº	DISTRITO	CALLE	ESTRATO	Clasificación SUCS	ENSAYOS DE LABORATORIO							Parametros de Resistencia al Esfuerzo Cortante			
					DENSIDAD			CONTENIDO HUMEDAD	LIMITE PLASTICO	LIMITE LIQUIDO	GRANULOMETRIA		C	φ	
					δ _{líquido} gr/cc.	δ _{húmedo} gr/cc.	δ _{mínimo} gr/cc.	%	LL	% Pasa malla Nro 4	% Pasa malla Nro 200				
24	Templo Adventista del 7mo. Día C.P.M. LA NATIVIDAD	1	E-1	SM	1.54	1.74		1.73	NP	20.24	92.87	38.65			
			E-2	GW	2.06	2.14		1.04	NP	19.09	37.84	3.03			
		2	E-1	SW	1.63	1.92		1.84	NP	19.17	74.1	0.47			
			E-2	GW	2.02	2.25		2.17	NP	18.89	51.47	3.58			
25	Comité 81 Lt. 01, Comité 123 Lt. 17, Comité 69 Lt. 28 - DISTR. CIUDAD NUEVA	1	E-1	SM	1.57	1.67	1.17	7.13	NP	21.23	99.89	14.06			
			E-2	SM	1.6	1.69	1.26	6.09	NP	24.7	99.95	12.68			
			E-3	SM	1.65	1.8	1.25	5.25	NP	21.23	91.92	22.7			
26			2	E-1	SM	1.57	1.84	1.35	5.22	NP	22.52	97.56	12.94		
		E-2		SM	1.65	1.68	1.32	4.54	NP	25.66	99.92	31.38			
		E-3		SM	1.7	1.8	1.31	3.52	NP	19.94	92.11	18.93			
27		3	E-1	SM	1.73	1.61	1.3	7.13	NP	25.5	98.25	12.92			
	E-2		SM	1.7	1.9	1.52	6.09	NP	21.54	97.55	12.69				
28	Salon Comunal "San Jose", Interseccion Calle J.V. de Cordova con la Av. Los Proceres, Asoc. De Vivienda Simon Bolivar - DISTR. CIUDAD NUEVA	1	E-1	SP-SM	1.404	1.431	0.935	2.083	NP	22.01	99.33	10.2			
			E-2	SM	1.496	1.692	0.935	1.764	NP	25.9	99.72	18.07			
29			2	E-1	SM	1.529	1.693	0.98	3.196	NP	23.59	100	20.35		
		E-2		SM	1.485		0.98	3.209	NP	28.06	100	11.93			
30			3	E-1	SM	1.503	1.675	1.23	1.489	NP	24.04	99.98	12.70		
		E-2		SM	1.527		1.23	1.249	NP	27.47	98.77	23.88			
	E-3	SW-SM		1.536	1.6906	1.23	1.475	NP	26.40	99.98	9.30				
31	I.E. Jorge Chavez - DISTR. GREGORIO ALBARRACIN	1	E-1	GP	1.88		1.836	1.06	NP	20.11	26.34	3.87			
			E-2	GP	2.04		1.836	1.35	NP	19.01	22.88	4.18			
			E-3	GP	2.14		1.836	1.39	NP	18.59	22.44	3.07			
		E-1	SM	1.33	1.613	1.483	1.01	NP	22.07	98.72	21.02				
		E-2	GP	2.09	2.225	1.483	1.21	NP	21.29	26.63	3.59				
		E-3	GP	2.18	2.231	1.483	1.23	NP	20.53	22.68	0.39				
32	I.E. Luis Alberto Sanchez - DISTR. GREGORIO ALBARRACIN	1	E-1	GP	2.19	2.21	1.89	1.28	NP	16.83	49.37	0.82			
		2	E-1	GP	2.20	2.22	1.88	1.27	NP	24.08	31.15	0.70			
		3	E-3	GP	2.17	2.20	1.89	1.33	NP	23.00	40.7	0.73			
33	Asoc. De Viv. "Primero de Mayo", Asoc. De Viv. "Santa Cruz de Belen", Asoc. De Viv. "27 de Julio" - DISTR. CIUDAD NUEVA	1	E-1	SP-SM	1.44	1.744	1.22	4.63	NP	25.04	99.33	8.05			
			E-2	SM	1.40			1.51	NP	23.34	99.87	13.26			
34			2	E-1	SM	1.437	1.714	1.218	1.62	NP	23.38	99.17	30.63		
	E-2	SM		1.395			1.44	NP	24.16	99.20	19.16				

Nº	UBICACIÓN	CALICATA	ESTRATO	ENSAYOS DE LABORATORIO										Parámetros de Resistencia al Esfuerzo Constante	
				Clasificación SUCS	DENSIDAD			CONTENIDO HUMEDAD	LIMITE PLASTICO	LIMITE LIQUIDO	GRANULOMETRIA				
					δ_{sat} g/cc.	δ_{sua} g/cc.	δ_{min} g/cc.				%	LL	% Pasa malla Nro. 4	% pasa la malla Nro.200	C
35		3	E-1	SM	1.37	1.552	0.88	0.39	NP	14.64	98.42	30.81			
36	Parque Industrial - DISTR. CIUDAD NUEVA	1	E-1	SM	1.48	1.74	1.291	1.16	NP	25.9	92.73	26.93			
37		2	E-1	SM	1.520	1.77	1.3	1.827	NP	22.2	97.99	25.85			
38		3	E-1	SM	1.050	1.85	1.234	4.26	NP	22.26	97.91	23.48			
			E-2	SM	1.17	1.690	1.139	8.01	NP	22.28	96.89	28.13			
39	I.E. Jorge Basadre Grohmann (Peru BIRF) - DISTR. POCOLLAY	1	E-1	GP	2.18	2.211	2.12	3.13	NP	6.82	43.55	2.98			
			E-2	GP-GM	2.25	2.248	2.142	2.76	NP	9.04	37.88	7.08			
		2	E-1	GP	2.190	2.195	2.121	3.02	NP	7.49	34.98	4.33			
			E-2	GP-GM	2.270	2.259	2.182	2.93	NP	7.33	40.68	5.87			
		3	E-1	GP-GM	2.170	2.166	2.117	2.71	NP	9.61	41.53	7.03			
			E-2	GW-GM	2.25	2.259	1.970	2.90	NP	8.19	39.48	5.40			
40	Av. Mariano Necochea y Calle Tupac C. Apassa, Pasaje San Juan de Oro y la Av. Internacional, Pasaje San Juan de Oro y la Av. Internacional - DISTR. CIUDAD NUEVA	1	E-1	SM	1.56	-	0.91	3.138	NP	-	99.24	0			
E-2			SM	1.59	-	0.91	4.326	NP	30.39	99.96	0				
41		2	E-1	SM	1.70	-	1.32	5.306	NP	-	99.24	0.00			
42		3	E-1	SM	1.50	-	1.35	3.749	NP	-	97.80	0.00			
43	I.E.P "El Shaday" - DISTR. POCOLLAY	1	E-1	ML	1.23	1.765	-	1.51	27.91	25.08	87.23	63.38			
			E-2	GP	2.02	2.115	-	3.36	NP	15.34	20.31	1.76			
			E-3	GP	2.06	-	-	0.68	NP	-	3.21	1.24			
		2	E-1	SM	1.23	1.773	-	2.39	26.32	25.17	83.91	45.21			
			E-2	GP	2.02	2.124	-	1.23	NP	9.8	44.44	3.28			
			E-3	GP-GM	2.25	-	-	1.13	NP	-	32.75	5.21			
44	Parroquia "San Jose Misericordioso" - DISTR. GREGORIO ALBARRACIN	1	E-1	SM	1.04	1.767	1.833	1.07	NP	17.53	98.55	33.53			
			E-2	GP	1.97	2.115	1.833	1.09	NP	7.10	28.04	0.8			
			E-3	SM	1.10	1.772	1.833	0.9	NP	12.54	96.46	41.38			
		2	E-1	SM	1.10	1.772	1.962	1.09	NP	20.56	97.08	32.68			
			E-2	GP	1.72	2.138	1.962	1.27	NP	7.70	27.74	4.32			
			E-3	GP	1.98	-	1.962	1.5	NP	-	40.39	4.68			
45	Asoc. De Vlv. "Villa el Triunfo", Asoc. De Pequeños y Medianos Industriales "Francisco Antonio de zela" - DISTR. CIUDAD NUEVA	1	E-1	SP	1.26	1.683	1.24	0.87	NP	14.99	96.12	4.29			
			E-2	SP	1.33	-	1.3	0.92	NP	16.9	95.77	2.31			
46		2	E-1	SP	1.32	1.669	1.29	1.08	NP	17.02	96.06	2.78			
			E-2	SP	1.38	-	1.33	1.030	NP	18.35	90.83	1.66			
47		3	E-1	SP	1.420	-	1.35	1.97	NP	19.79	96.23	2.52			

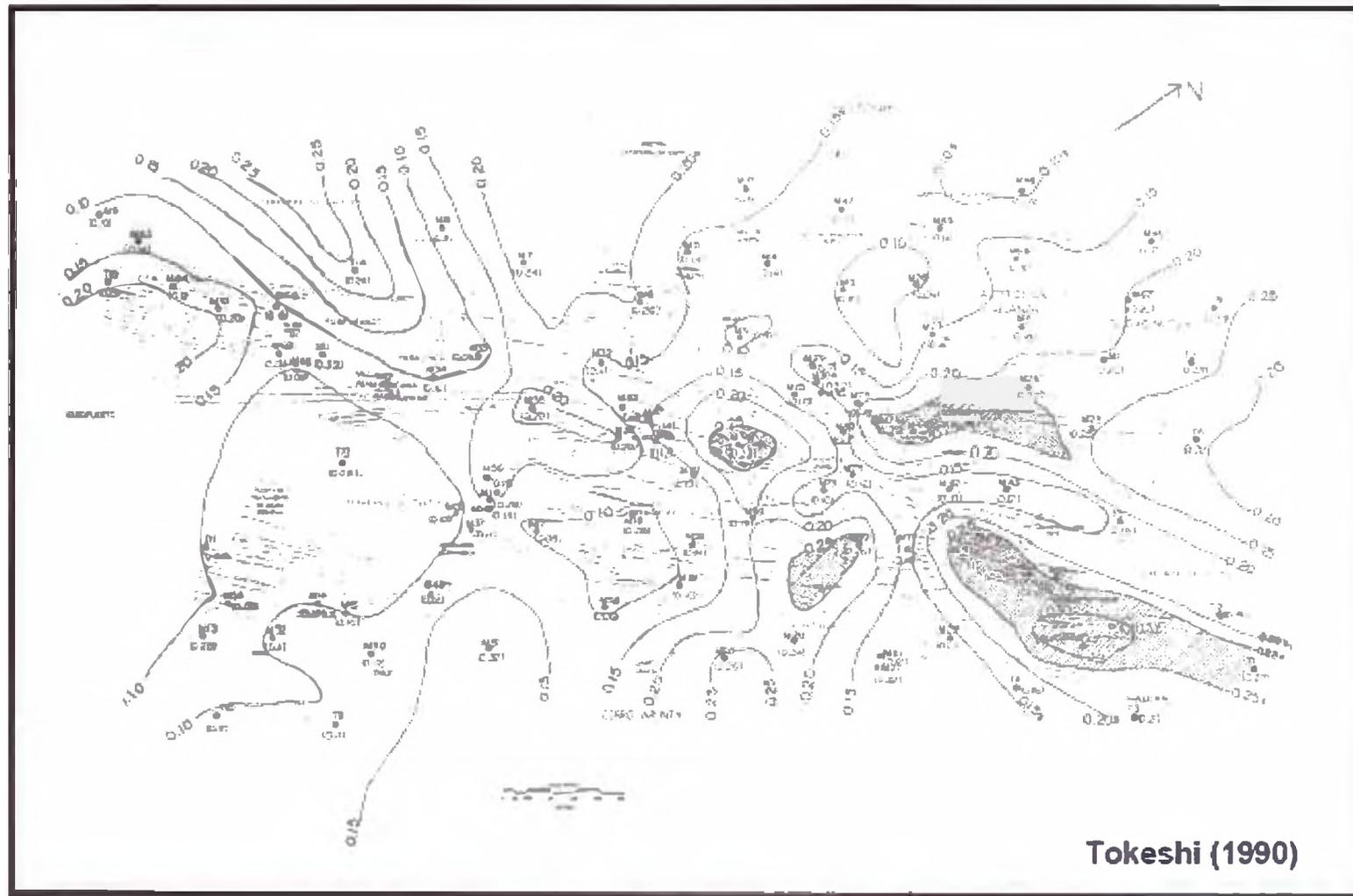
Nº	U A N BIC DIO	CALICATA	ESTRATO	U	ENSAYOS DE LABORATORIO								Parametros de Resistencia al Esfuerzo Corriente		
					Clasificación S CS	DENSIDAD			CONTENIDO HUMEDAD	LIMITE PLAS CO	LIMITE LIQUIDO	GRANOMETRIA		C	φ
						D ₁₀ g/cc.	D ₃₀ g/cc.	D ₆₀ g/cc.				% Pasa malla Nro 4	% Pasa malla Nro. 200		
			E-2	SP	1.46		1.35	2.59	NP	27.89	95.92	2.72			
48	Local Comunal y Comedor Popular - DISTR. ALTO DE LA ALIANZA	1	E-1	SM	1.575	1.763	1.39	4.794	NP	25.99	92.48	30.43	0.5	24	
49		2	E-1	SM	1.446	1.842	1.19	2.331	NP	24.55	99.58	14.78			
				E-1	SP-SM	1.50	2.12	0.849	2.43	NP	19.82	93.83			11.39
50	I. E. "Modesto Basadre" - TACNA	1	E-2	SM	1.47			4.11	NP	22.59	99.58	19.86			
			E-3	SM	2.02			6.73	NP	26.54	98.94	15.3			
			E-1	SM	1.52			1.759	NP	28.76	88.97	28.41			
		2	E-2	SM	1.46			5.13	NP	34.09	96.04	13.60			
			E-3	SM	2.03			8.96	NP	26.24	99.81	24.10			
51	Asociacion Urbanizadora Ramon Copaja - DISTR. ALTO DE LA ALIANZA	1	E-1	SM	1.49	1.571	0.9	4.73	NP	27.9	99.55	29.87	0.4	25	
52		2	E-1	SM	1.56	1.68	0.94	2.53	NP	29.79	99.07	28.1			
53	Centro de Salud "Juan Velasco Alvarado" - DISTR. ALTO DE LA ALIANZA	1	E-1	SW-SM	1.42	1.75		1.65	NP	22.11	99.98	68.76			
			E-2	SW-SM	1.538			1.45	NP	19.93	100	15.72			
			E-3	SW-SM	1.469			1.2	NP	26.79	100	24.7			
			E-4	SW-SM	1.594			0.95	NP	20.1	99.94	39.49			
		2	E-1	SP-SM	1.34	1.64		1.52	NP	27.51	99.97	63.24			
			E-2	SP-SM	1.42			1.11	NP	26.28	100	38.94			
			E-3	SW-SM	1.49			0.94	NP	33.83	97.01	8.83			
			E-4	SW-SM	1.396			0.865	NP	45.83	100	19.17			
54	Propiedad de la Universidad Privada de Tacna - DISTR. POCOLLAY	1	E-1	SP-SM	1.54	1.74		2.27	NP	20.24	67.56	5.2			
			E-2	GW	2.06	2.14		2.14	NP	19.09	37.84	3.03			
		2	E-1	SM	1.86	1.92		2.25	NP	19.17	73.26	19.86			
			E-2	GW	2.22	2.25		1.93	NP	18.89	49.98	3.61			
55	I.E Gustavo Pons Muzo - DISTR. POCOLLAY	1	E-1	SM	1.26	1.41	0.95	0.94	NP	42.88	84.24	26.75			
			E-2	SM	1.04	1.35	0.91	0.71	NP	48.6	89.67	32.99			
		2	E-1	SM	1.19	1.56	0.96	1.04	NP	27.26	98.04	44.42			
			E-2	SM	1.04		0.86	0.7	NP	27.26	90.22	33.93			
56	Asoc. De Viv. "La Colmena" - DISTR. POCOLLAY	1	E-1	SM	1.4095	1.552	0.959	1.24	NP	15.24	93.78	36.96			
		2	E-1	SM	1.447	1.564	0.961	1.23	NP	16.53	93.39	37.57			
		1	E-1	SM	1.36	1.7	1.157	11.11	NP	28.44	89.54	43.84			
			E-2	GP	1.96		1.214	7.8	NP		26.57	2.74			
57	Fundo Baldomero Aguilar -	2	E-1	SM	1.35	1.72	1.139	19.58	NP	25.21	58.35	15.44			

ENSAYOS DE LABORATORIO

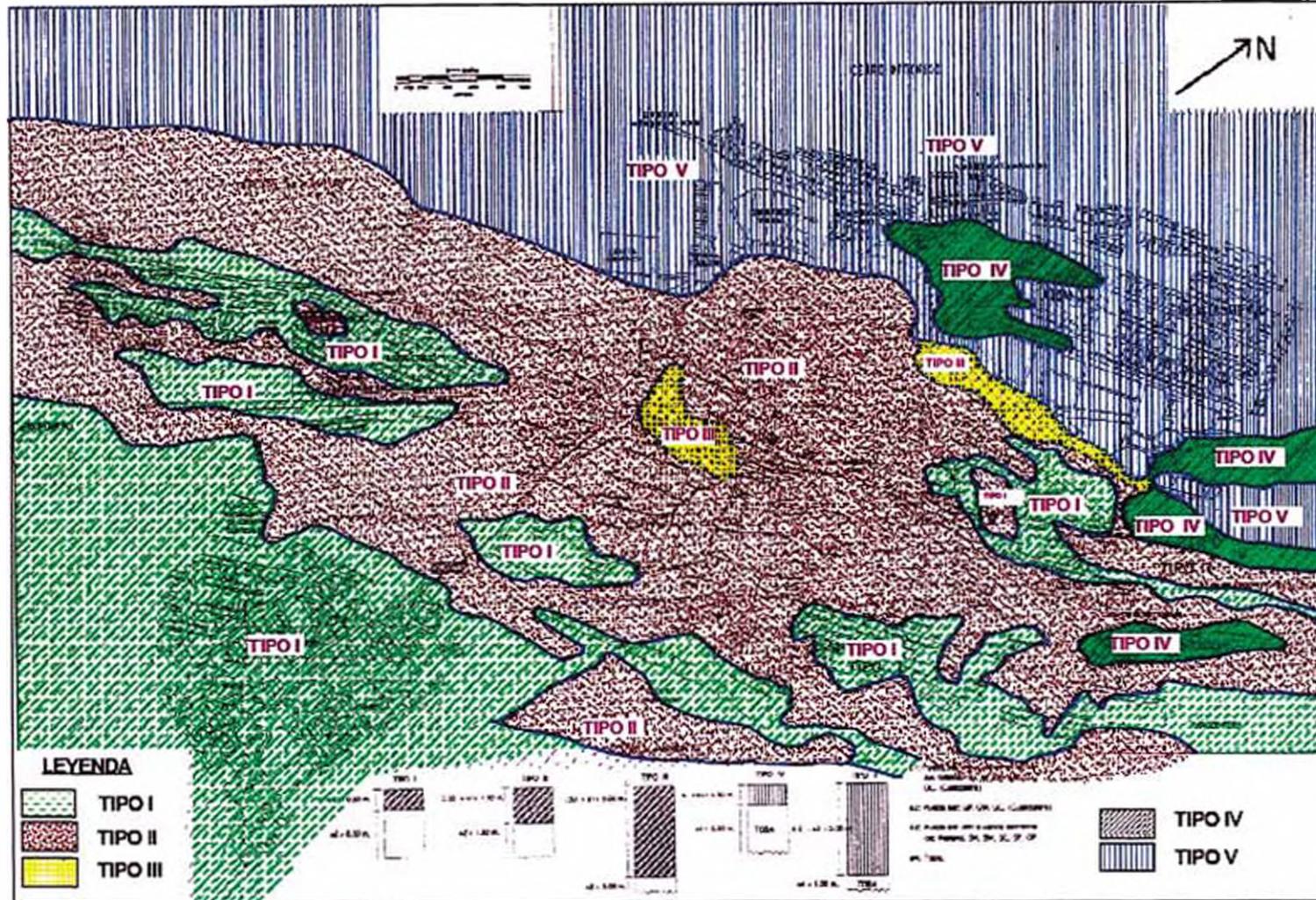
Nº	UBICACIÓN	CALICATA	ESTRATO	DENSIDAD			CONTENIDO HUMEDAD %	LIMITE PLASTICO	LIMITE LIQUIDO	GRANULOMETRIA		Parametros de Resistencia al Esfuerzo Cortante		
				Clasificación SUCS	δ_{max} gr/cc.	δ_{min} gr/cc.				%	LL	% Pasa malla Nro. 4	% pasa la malla Nro. 200	c
58	Av. Celestino Vargas - DISTR. POCOLLAY	3	E-1	SM	1.42	1.79	0.87	2.21	23.14	23.9	99.77	47.23	0.5	35
			E-1	SM	1.37	1.793	1.014	1.6	14.81	15.9	94.2	38.95		
			E-1	SM	1.45	1.785	1.017	2.32	17.84	19.9	99.42	41.32		
			E-2	GP	2.10		1.243	5.03	NP		23.79	1.24		
			E-1	SM	1.49	1.79	1.188	3.75	NP	19.28	91.77	48.08		
			E-2	GP	2.02		1.229	7.94	NP		28.27	3.83		
59	Quinta Florida - DISTR. POCOLLAY	1	E-1	SC	1.32	1.516	1.14	3.353	15.28	19.46	93.06	39.52	0.5	36.5
			E-2	GP	2.01	2.18	1.85	1.825	NP	20.38	32.81	2.46		
			E-1	SC	1.39	1.612	1.2	3.58	15.11	19.32	92.77	23.03		
			E-2	GP	2.1	2.174	1.89	1.84	NP	20.95	31.37	2.2		
			E-1	SC	1.30	1.561	1.16	3.646	14.96	19.09	92.1	29.11		
			E-2	GP	2.09	2.146	1.86	1.881	NP	19.09	26.99	1.92		
		2	E-1	SP	1.289	1.9	1.23	1.5	NP	27	100	2.09		
			E-2	GP	2.01	2.127	1.94	1.1	NP		15.02	3.27		
			E-1	SP	1.29	1.98	1.09	1.52	NP	24.39	100	4.2		
			E-2	GP	2.001	2.127	1.99	1.20	NP		15.63	3.01		
			E-1	SP-SM	1.29	1.912	1.22	1.49	NP	25.53	100	5.64		
			E-2	GP	2.02	2.28	1.83	1.21	NP		14.02	3.85		
60	PP. LL. Alfo Boigonesi - DISTR. POCOLLAY	1	E-1	SM	1.13	1.96	1.121	2.88	31.76	99.19	1.94	0.3	31	
			E-2	SM	1.52	1.98	1.123	3.24	NP	18.58	50.51			1.96
			E-1	ML	1.15	1.201	1	3.75	NP	27.02	99.06			64.56
		E-2	GW	2.07	2.137	1.82	2.786	NP	16.41	30.78	0.53			
		E-1	SP-SM	1.29	1.912	1.22	1.49	NP	25.53	100	5.64			
		E-2	GP	2.02	2.28	1.83	1.21	NP		14.02	3.85			
61	Av. Celestino Vargas - DISTR. POCOLLAY	1	E-1	SM	1.13	1.96	1.121	2.88	31.76	99.19	1.94	0.3	31	
			E-2	SM	1.52	1.98	1.123	3.24	NP	18.58	50.51			1.96
			E-1	ML	1.15	1.201	1	3.75	NP	27.02	99.06			64.56
		E-2	GW	2.07	2.137	1.82	2.786	NP	16.41	30.78	0.53			
		E-1	SP-SM	1.29	1.912	1.22	1.49	NP	25.53	100	5.64			
		E-2	GP	2.02	2.28	1.83	1.21	NP		14.02	3.85			
62	Propiedad de Familia Arias - DISTR. POCOLLAY	1	E-1	ML	1.15	1.201	1	3.75	NP	27.02	99.06	64.56	0.14	16
			E-2	GW	2.07	2.137	1.82	2.786	NP	16.41	30.78	0.53		
			E-1	SM	1.13	1.96	1.121	2.88	NP	31.76	99.19	1.94		
		E-2	SM	1.52	1.98	1.123	3.24	NP	18.58	50.51	1.96			
		E-1	ML	1.18	1.207	0.99	3.72	NP	27.24	100	72.20			
		E-2	GW	2.03	2.128	1.86	2.752	NP	16.10	33.24	0.18			
63	C.E.L. 232 "Virgen de Fatima" - DISTR. POCOLLAY	1	E-1	GM	1.63	2.009	0.97	1.16	NP	21.11	7.76	2.21	0.14	16
			E-2	SM	1.36	1.561	0.73	5.639	NP	27.30	90.22	33.93		
			E-1	SM	1.35	1.658	1.11	2.35	NP	22.9	96.67	33.24		
		E-2	GM	1.72	1.963	0.94	1.477	NP	9.93					
		E-1	SM	1.35	1.658	1.11	2.35	NP	22.9	96.67	33.24			
		E-2	SM	1.36	1.561	0.73	5.639	NP	27.30	90.22	33.93			
64	Pasaje Uchusuma - DISTR. POCOLLAY	1	E-1	SM	1.40	1.626	1.18	2.04	NP	21.7	97.69	26.46	0.14	16
			E-2	GP	2.1	2.3	1.99	1.43	NP		20.56	4.83		
		E-1	SM	1.40	1.626	1.18	2.04	NP	21.7	97.69	26.46			
		E-2	GP	2.06	2.22	2.02	1.63	NP		25.24	4.72			

ANEXO 03

MAPA DE CURVAS ISOPERIODOS EN TACNA - TOKESHI NAGAMINE J. C. (1990)



MAPA DE ZONIFICACIÓN DE SUELOS EN TACNA – D. COTRADO Y Y. SIÑA (1994)



TIPO I: Material fino o relleno hasta 0.5m, por debajo grava tipo conglomerado con $q_{ts} \geq 3.0$ kg/cm²

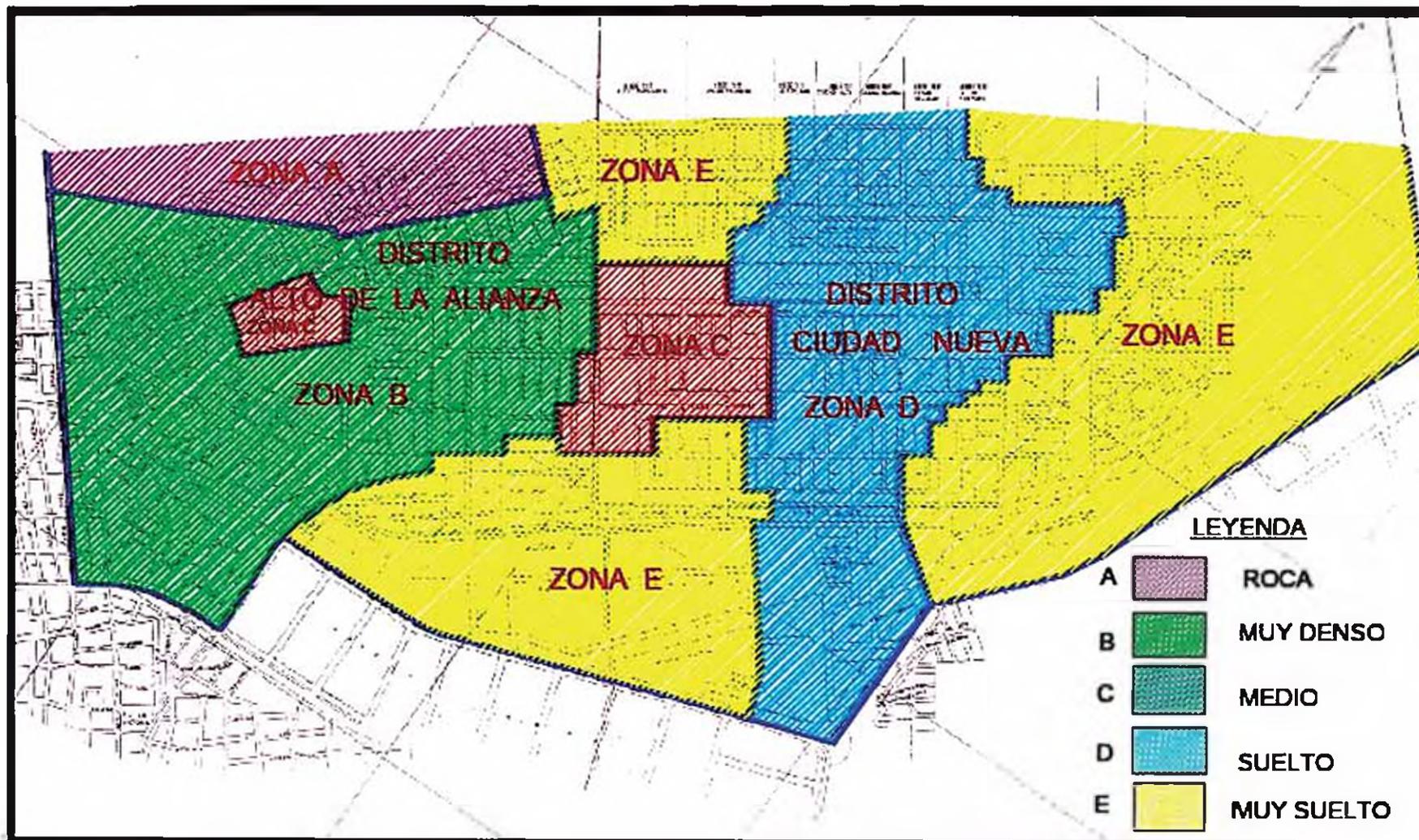
TIPO II: Material fino o relleno hasta 0.5m a 1.50m, por debajo grava tipo conglomerado con $q_{ts} = 2.0$ a 3.0 kg/cm²

TIPO III: Material fino o relleno hasta 1.5m a 3.00m, por debajo grava tipo conglomerado con $q_{ts} = 1.5$ a 2.0 kg/cm²

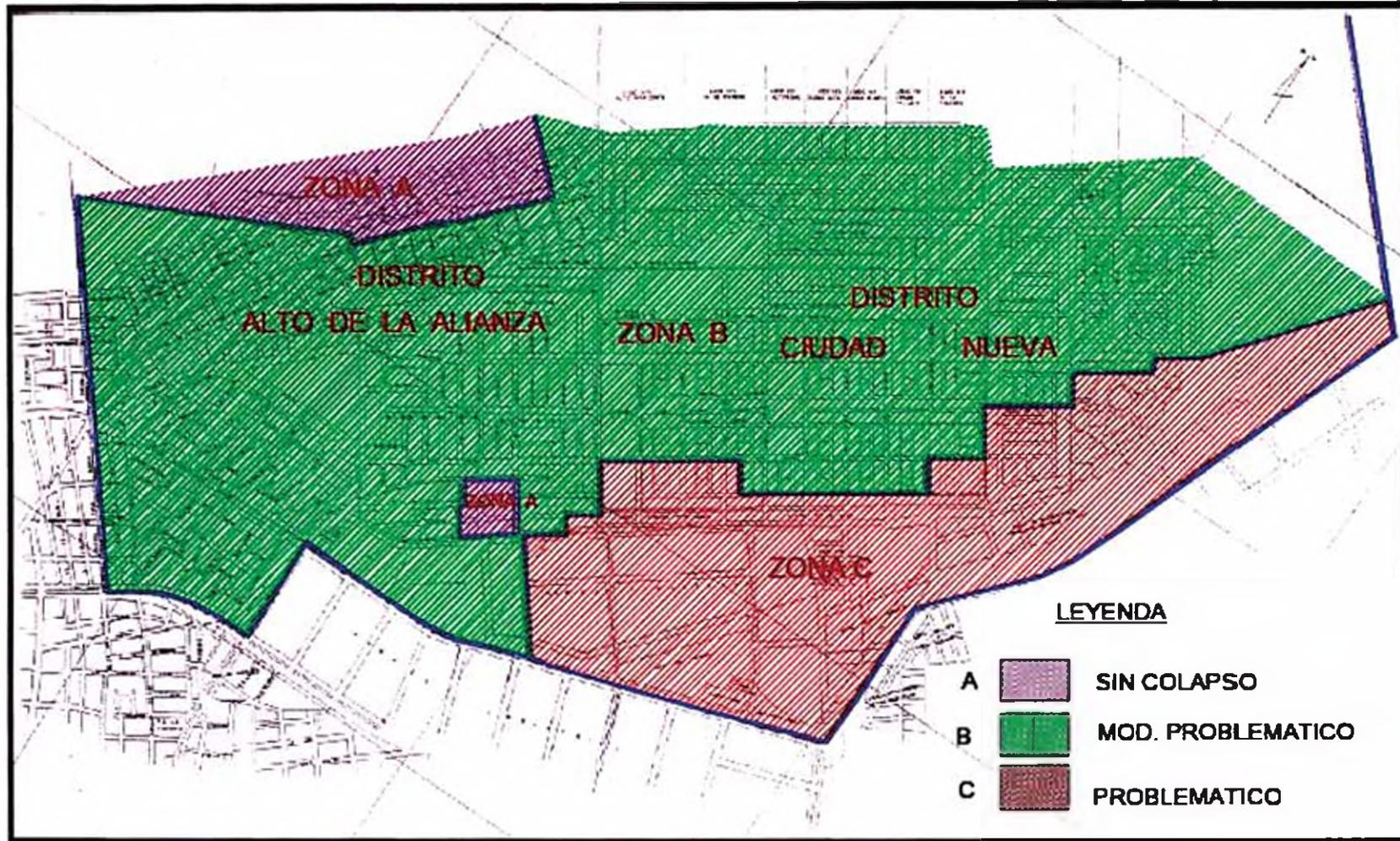
TIPO IV: Material de relleno de arenas limosas con sales de hasta 0.5m, por debajo toba volcánica con $q_{ts} = 1.0$ a 1.5 kg/cm²

TIPO V: Material de relleno de arenas limosas con sales 0.5m a 3.00m, por debajo toba volcánica con $q_{ts} = 0.5$ a 1.0 kg/cm²

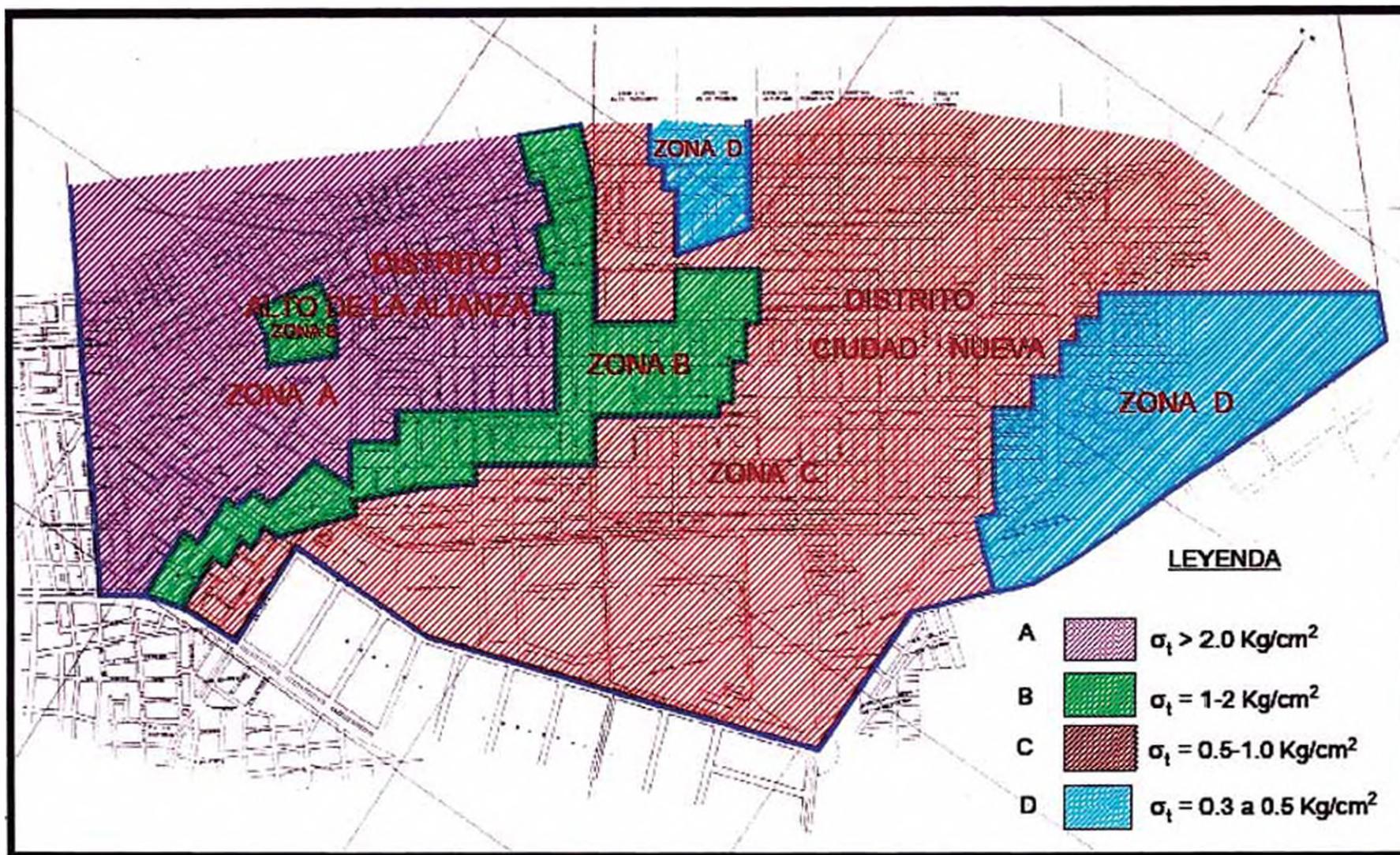
MAPA DE ZONIFICACIÓN GEOTECNICA POR COMPACIDAD – J. BERRIOS Y J. SILVA (1998)



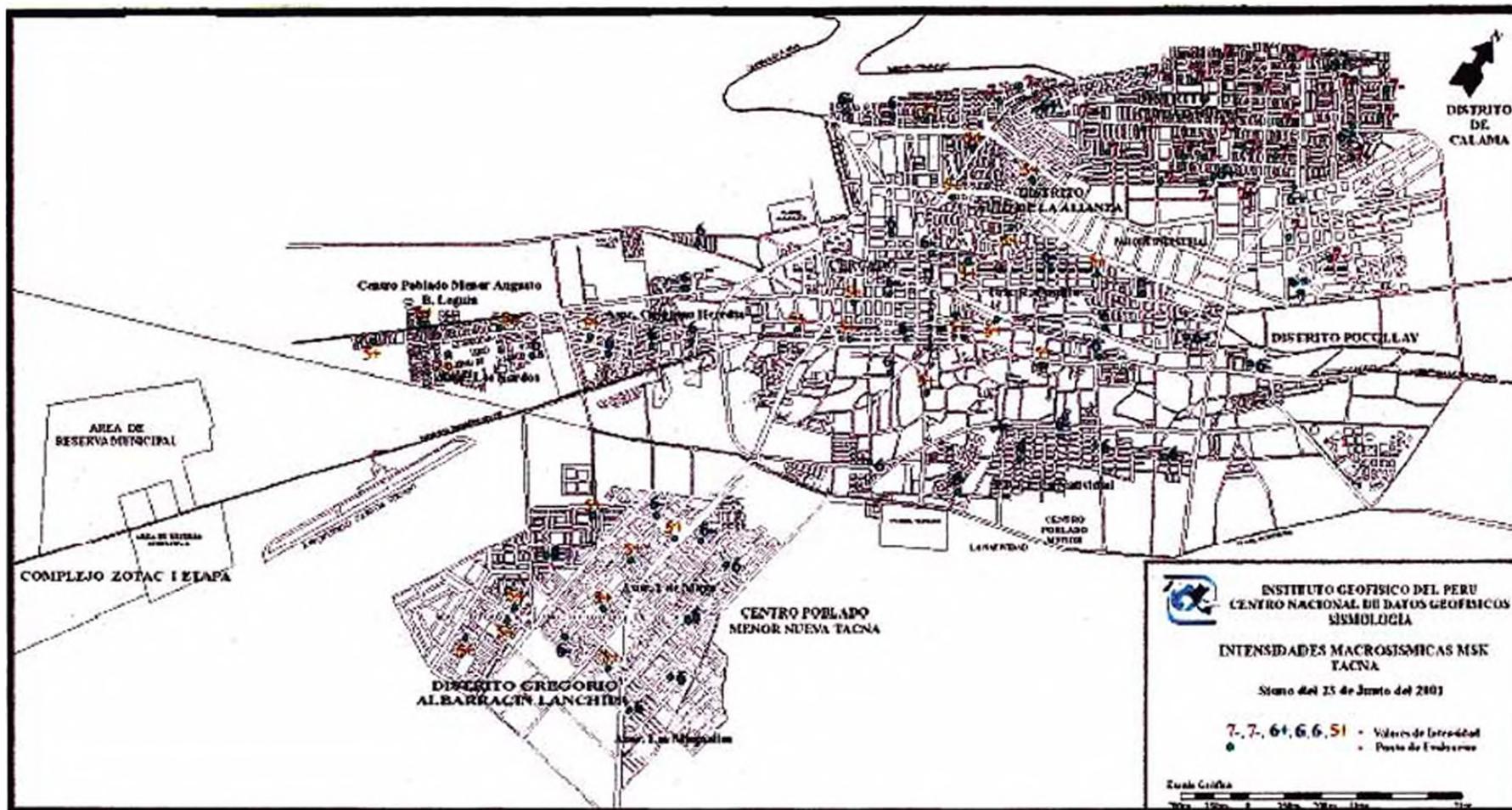
MAPA DE ZONIFICACIÓN GEOTECNICA POR COLAPSO – J. BERRIOS Y J. SILVA (1998)



MAPA DE ZONIFICACIÓN GEOTECNICA POR CAPACIDAD PORTANTE – J. BERRIOS Y J. SILVA (1998)



MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE INTENSIDADES MACROSÍSMICAS MSK EN LA CIUDAD DE TACNA DEBIDAS AL TERREMOTO DE ATICO DEL 23 DE JUNIO DEL 2001- INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERU



Anexo N°04

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 01	Resumen de resultados de ensayos de laboratorio
Tabla N° 02	Correlación de la escala de Mercalli Modificado con el registro del Sismoscopio prototipo
Tabla N° 03	Ubicación de Sismoscopios.
Tabla N° 04	Interpretación de resultados Universidad Privada de Tacna.
Tabla N° 05	Interpretación de resultados Universidad Jorge Basadre Grohmann.
Tabla N° 06	Comparación de resultados de las casetas acelerográficas UPT y UNJBG.
Tabla N° 07	Registros obtenidos en los sismocopios en el sismo del 05 de Mayo del 2010
Tabla N° 08	Equivalencia de valores en el Sismoscopio.

MAPAS

